



# Typické žákovské představy ve výuce fyziky

KONKRÉTNÍ NÁMĚTY PRÁCE S VYBRANÝMI PŘEDSTAVAMI

DANA MANDÍKOVÁ, MARTINA KEKULE A KOL.

KATEDRA DIDAKTIKY FYZIKY MFF UK

2022

Autoři:

Kapitola 1: RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Kapitola 2: RNDr. Martina Kekule, Ph.D.

Kapitoly 3-17 kolektiv autorů

Editorky: RNDr. Martina Kekule, Ph.D. a RNDr. Dana Mandíková, CSc.

Recenze: RNDr. Dana Mandíková, CSc. a RNDr. Petr Kácovský, Ph.D.

Fotografie na obálce: pixabay.com, geralt-9301

Publikace neprošla jazykovou korekturou.

Tisk: Reprostředisko MFF UK, Sokolovská 83, Praha 8

Vydal MatfyzPress, nakladatelství Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, Sokolovská 83, 186 75 Praha 8, jako svou 673. (tištěná verze 670.) publikaci.

První vydání, Praha 2022

Publikace byla vydána pro potřeby Katedry didaktiky fyziky MFF UK.

Nakladatelství MatfyzPress neodpovídá za kvalitu a obsah textu.

Realizace byla v roce 2022 podpořena MŠMT v rámci opatření na podporu studijních programů specificky zaměřených na přípravu učitelů s deficitními aprobacemi na nepedagogických fakultách veřejných vysokých škol.

© Martina Kekule, Dana Mandíková, 2022

© MatfyzPress, nakladatelství Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, 2022

ISBN 978-80-7378-479-9

ISBN 978-80-7378-476-8 (tištěná verze)

Vážení čtenáři,

následující texty vznikly v rámci předmětu Didaktika fyziky I pod vedením Marty Kekule jako studentské seminární práce.

Autoři si vybrali typickou miskoncepci (ať už z odborné literatury nebo z vlastní zkušenosti vyučujících fyziky) a navrhli možnosti jejího odstranění pomocí tří typických strategií – analogie, kognitivního konfliktu a autoreflexivního učení se žáka. Podrobněji o těchto strategiích v první kapitole nebo v monografii:

Mandíková, D., Trna, J.: Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky. Paido, Brno, 2011.  
ISBN 978-80-7315-226-0

Práce jsou autentickými díly studentů, v rámci recenze a odborného posouzení jsme se zaměřili pouze na nezbytnou věcnou správnost, další možnosti rozšíření a doplnění práce.

Texty zabývající se konkrétními miskoncepce z jednotlivých fyzikálních oborů jsou uvedeny dvěma teoretickými kapitolami. V rámci kapitoly 1 se dozvíte více o tom, co to jsou prekoncepce, jaké mají vlastnosti a jaké strategie ve výuce použít k odstraňování chybných prekonceptů. V kapitole 2 se dozvíte o prekonceptech ještě více z pohledu psychologie a získáte tak nadhled, který vám umožní lépe vést se žáky rozhovor a interagovat s jejich představami.

Přejeme zajímavé a užitečné čtení!

Martina Kekule a Dana Mandíková



# Obsah

<b>1 Teoretická část</b> – Dana Mandíková.....	<b>5</b>
<b>2 Představy žáků pohledem psychologie</b> – Martina Kekule .....	<b>17</b>
<b>3 Mechanika</b> .....	<b>31</b>
Letadlo a padající bomba – Zuzana Johanovská	
Volný pád dvou různě hmotných těles – Pavel Gregor	
Stav beztlíže lze zažít pouze ve vesmíru – Klára Loukotová	
Miskoncepce ohledně slapových jevů – Alžběta Krejčí	
Smykové tření – Radek Novák	
Ťažké a velké predmety sa vo vode potopia, ľahké a malé predmety sa vznášajú – Alžbeta Kuižová	
Kečup v láhvi – Kateřina Koubková	
Váží něco vzduch? – Jasmína Tarakjiová	
<b>4 Teplo a teplota</b> .....	<b>67</b>
Teploměr a doba měření – Jana Doležalová	
Železo studí – Tereza Hofrichterová	
Kov je studenější než dřevo – Lydia Ceháková	
Var vs. mírný var – Lukáš Weissgráb	
Vypařuje se voda jen při varu? Aneb vodní páry neexistují při teplotě méně než 100 °C – Libor Adámek	
Vaříme brambory – Markéta Matějková	
<b>5 Elektřina</b> .....	<b>89</b>
Vede grafit (tuha) elektrický proud? – František Laufek	
Rychlost posuvného pohybu elektronů ve vodiči – Jan Paclt	
<b>6 Optika</b> .....	<b>99</b>
Míchání barev – Kateřina Herynková	



# 1 Teoretická část

## Úvod

Člověk nezískává v průběhu života poznatky jen od učitelů, rodičů či z učebnic, ale hlavně tím, že od narození pozoruje své okolí, manipuluje v něm s věcmi, předvídá, co se bude dít, a okolí mu určitým způsobem odpovídá. Na základě těchto činností si člověk postupně vytváří a fixuje své intuitivní představy a interpretace přírodních i společenských objektů a jevů, spojuje je do celků podle toho, jak se mu jeví jejich vzájemná souvislost. Tyto intuitivní představy a interpretace označujeme jako *prekoncepce*.

Než dítě přijde do školy, která mu zprostředkovává vědecké poznatky, má už vytvořenou značnou zásobu prekonceptů o světě. Prekoncepce mohou u žáků vznikat i v průběhu školní docházky a také v následujícím dospělém věku. Správné prekoncepce, tj. takové, které jsou v souladu s vědeckými poznatky, mohou výrazně napomoci porozumění fyzikálním pojmům ve výuce. Naopak chybné prekoncepce (často označované jako *miskoncepce*), které jsou v rozporu s vědeckými poznatky, mohou výrazně bránit pochopení učiva a snižují tak efektivnost výuky. Jsou také velmi trvalé a pro mnohé žáky tvoří vážnou bariéru, přes kterou se při učení těžko dostávají.

Ve vzdělávání je proto třeba s miskoncepty počítat. Známými se staly v 80. letech minulého století, kdy byly předmětem intenzivních výzkumů (např. [4], [8], [11], [15], [19], [21]). Pozornost jim je ale věnovaná dodnes a stále se hledají cesty k účinnému překonávání chybných prekonceptů. Zaměříme se především na prekoncepce v oblasti přírodních věd.

## Typické znaky prekonceptů

Prekoncepce se váží k různým situacím a jevům z běžného života, od pohybu těles k teplu, zvuku, světlu, gravitaci, elektřině a magnetismu, přes jevy kosmologické k jevům souvisejícím se stavbou látek až k živé přírodě. Prekoncepce vyjadřují spontánní, intuitivně a egocentricky získané poznání o tom, jak se vůči člověku chová vnější svět, a také zkušenosti s tím, jak se člověk může efektivně chovat vůči tomuto světu. Slouží člověku jako určité modely, na jejichž základě si vysvětluje svět, předvídá jevy, které v něm nastanou, a podle toho řídí své chování. Jsou to v jistém smyslu modely „nultého řádu“, které v běžném životě často dobře fungují, i když člověk si je nemusí uvědomovat a zpravidla je neumí ani slovně vyjádřit a sdělit ostatním.

Typickým rysem prekonceptů je zejména jejich *trvalost* a *odolnost vůči změnám*. Tyto charakteristiky prekonceptů jsou dány zřejmě procesem jejich vzniku, který je spjat s individuálním prožitkem, jež se ukládá v osobní epizodické paměti, čímž dochází k trvalosti a odolnosti. Většina poznatků vznikajících ve školní výuce se ukládá v neosobní sémantické paměti, která je méně trvalá. Chybné prekoncepce přetrvávají i přes několikeré přeškolení ve výuce na základních a středních školách a uchovávají si je dokonce i ti, kteří studují fyzikální obory na školách vyso-

kých. U lidí, kteří školu opustili a fyzikou se dále nezabývají, podléhají pak školní fyzikální poznatky postupně zapomínání a v jejich mysli opět často převládá v podstatě spontánně vytvořený obraz světa v podobě prekonceptí.

Při řešení úloh zaměřených na odhalování prekonceptí se určité charakteristické chyby opakují u žáků a studentů různých druhů a stupňů škol bez ohledu na hranice států.

Prekoncepte se ani příliš nemění s věkem. S rostoucím věkem a vzděláním se většinou jen mění forma vyjádření, přibývá odborných výrazů, ale podstata prekonceptí zůstává stejná.

Výsledky testů zaměřených na odhalování prekonceptí také nekorelují se studijními výsledky, charakteristické chyby se objevují i v řešení studentů s výborným prospěchem ve fyzice. Tito studenti si zřejmě na úrovni vyžadované ve výuce osvojí „školní“ poznatky a umí je v situacích, do kterých je staví škola, úspěšně využívat. Vedle nich si však ponechávají i své prekoncepte, s nimiž nadále operují v běžném životě. Rozpornost těchto dvou celků představ a interpretací si ani neuvědomují.

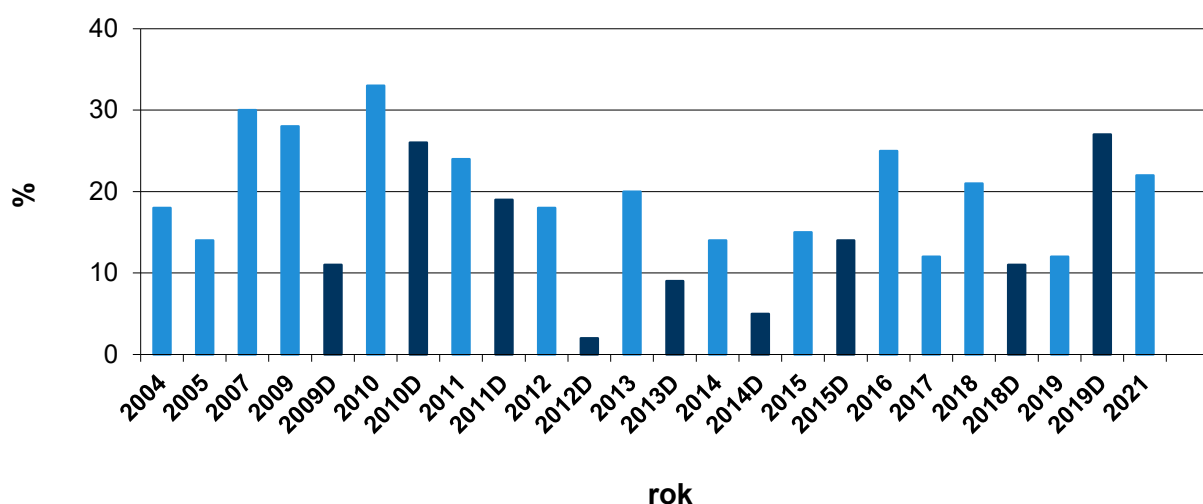
V některých případech se zřejmě školní fyzikální poznatky mísí s prekoncepty a vytvářejí svébytné celky. V nich se mohou částečně modifikovat i prekoncepte, ale hlavně existuje nebezpečí, že v nich dochází k deformování školních poznatků.

Některé z výše uvedených znaků lze ilustrovat na výsledcích dlouhodobého průzkumu, který je realizován od roku 2004 u studentů 1. ročníku učitelství fyziky na MFF UK (prezenčního i kombinovaného studia). Na prvním cvičení z Mechaniky dostanou studenti test obsahující 6 kvalitativních úloh, k jejichž řešení postačuje pochopení Newtonových zákonů (blíže o testu např. v [10], [6]). Jedná se o studenty, kteří prošli výukou mechaniky na základní škole nebo nižším stupni víceletých gymnázií a pak znovu na střední škole. Navíc většina prezenčních studentů z fyziky maturovala a má o ni hlubší zájem. Studenti kombinovaného studia (značeni v grafu D) pak absolvovali většinou i kurz fyziky na některé z vysokých škol a bývá mezi nimi i řada těch, kteří již fyziku učí a doplňují si kvalifikaci.

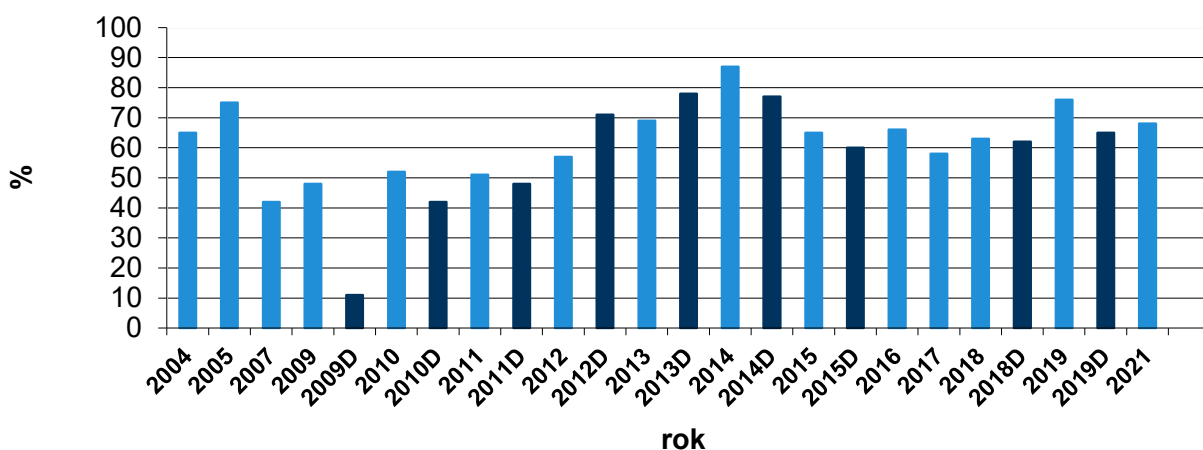
Graf 1 ukazuje relativní četnost *správných* odpovědí skupin studentů v testu v jednotlivých letech. Je vidět, že pouze v roce 2010 přesáhla 30%, a tedy ani vybraní studenti, kteří jdou studovat na MFF UK, si ze střední školy neodnášejí pochopení základních zákonů klasické mechaniky. V jejich řešeních se často objevuje chybná představa, že ve směru pohybu musí vždy působit síla. Relativní četnost těchto odpovědí pak zachycuje graf 2.



**Graf 1: Relativní četnost správných odpovědí -  
1. ročník učitelství**



**Graf 2: Relativní četnost představy o nezbytnosti síly  
ve směru pohybu**



## Prekoncepce a historické fyzikální teorie

Některé prekoncepce jsou nápadně podobné poznatkům, které se objevily ve fyzice (resp. v přírodovědě) v průběhu jejího vývoje.

Děti například často mluví o *teple* jako o nějaké látce, která se přenáší mezi tělesy. Tato představa připomíná fluidovou teorii tepla, která jako jedna z prvních teorií o teple přetrvávala až do začátku 19. století.

V elektřině si řada žáků myslí, že existují *dva elektrické proudy*, jeden jde z kladného pólu zdroje, druhý ze záporného pólu. K rozsvícení žárovky jsou podle nich potřeba oba proudy, které se na žárovce setkají. Představu o existenci kladného a záporného proudu lze ale nalézt i v díle samotného Ampéra [1].

Velmi silná bývá u žáků a studentů představa, že při uvádění tělesa do pohybu (zejména u různých vrhů) se na něj přenáší „něco“, nejčastěji označované jako nějaká síla. Tato představa je velmi blízká teorii *impetu*. Za jejího zakladatele je považován Philoponus (6. stol.), který přišel s myšlenkou jakési vtištěné pohybové síly, která umožňuje pohyb střel. Teorie impetu se pak rozvíjela zejména ve 13. a 14. století. Zastáncem této teorie byl v mládí i Galilei. Společné pro dnešní žáky a studenty i středověké učence je zde připisování dynamické příčiny pohybu samotnému pohybujícímu se tělesu a také představa o úměrnosti velikosti impetu a rychlosti tělesa.

Prekoncepce žáků a studentů o pohybu těles jsou velmi často srovnávány s *aristotelovskou mechanikou*, pro kterou bylo též typické spojování síly s pohybem a nikoliv s jeho změnou.

Kromě hledání paralel mezi prekoncepcemi a určitými omezenými úseky z historie fyzikálního poznávání je účelné sledovat celkový průběh vývoje poznání v některých problematických oblastech fyziky. Jedním z pojmů, který působí žákům a studentům mnoho obtíží, je pojem *síla*. Podíváme-li se na jeho historický vývoj, zjistíme, že představa síly jako určité vlastnosti těles, která se může přenášet z jednoho tělesa na druhé, se udržovala po velmi dlouhou dobu. S představou vnitřní síly pracoval zpočátku i Newton, a i když od ní sám ustoupil, objevovala se ve vědě i po něm. Rovněž pojmy *energie* a *práce* se začaly jasně rozlišovat a vymezovat až během 19. století. Cesta k dnešnímu pojetí a vymezení pojmů jako je síla, energie, hybnost a práce byla velmi dlouhá a složitá. Neměli bychom se proto divit, že s porozuměním těmto pojmům a jejich rozlišováním mají potíže i naši žáci a studenti.

Podobnost prekonceptí s některými historickými fyzikálními teoriemi svědčí o tom, že prekoncepce jsou přirozeným prvním obrazem člověka o světě. Rozhodně bychom žáky a studenty neměli negativně hodnotit za to, že si své prekoncepce přinášejí do výuky. Jsou přirozené a odrážejí svět tak, jak se člověku bezprostředně jeví. Jsou také často funkční a žáci a studenti je v běžném životě občas úspěšně používají. To, že se osvědčují, je pak jen upevňuje v přesvědčení o správnosti prekoncepte.

## Prekoncepce v konstruktivisticky pojaté výuce

Konstruktivismus se v pedagogice a didaktice začal výrazně prosazovat v 80. a 90. letech minulého století. Důležitým východiskem *kognitivního konstruktivismu* je, že člověk si své poznání konstruuje hlavně sám na základě vlastních zkušeností. Konstruktivismus tedy počítá s tím, že děti si do výuky přinášejí řadu vlastních poznatků a představ o okolním světě (prekonceptí), které výrazně ovlivňují jejich další učení.

V konstruktivisticky pojaté výuce hrají prekoncepce klíčovou roli. Stojí na začátku vyučovacího procesu a v podstatě jím celým prolínají. Chceme-li děti seznámit s novým fyzikálním pojmem a přivést je k jeho pochopení, musíme začít od toho, co již ze své zkušenosti vědí a shromáždit informace o jejich prekonceptích. Po identifikaci prekonceptí je třeba zjištěné prekoncepce ně-

jak utřídit, zjistit, zda jsou v souladu či v rozporu s vědeckými poznatky. V prvním případě jich lze využít při budování a rozvíjení daného pojmu a mohou být jeho pevným základem. Ve druhém případě je nejprve třeba, aby si žák existenci prekoncepce sám uvědomil a poznal její rozpor s předkládaným poznatkem. Nejobtížnější je pak hledání cest, jak si s chybnými prekoncepce poradit, aby nebránily pochopení a přijetí nového poznatku. Poté, co žák přijme a upevní si nový pojem či poznatek, je dobré se ještě vrátit k jeho původním představám, aby si plně uvědomil rozsah jejich změn.

## Jak prekoncepce zjišťovat

Ke zjišťování prekonceptů dětí i dospělých byla vyvinuta řada různých diagnostických nástrojů a metod. Podívejme se na ty nejčastěji používané.

### *Písemné didaktické testy*

Písemné testování je jednou z nejpoužívanějších diagnostických metod. Výhodou je, že s pomocí testů se dají v krátké době získat data od velkého vzorku lidí. Nevýhodou naopak je, že neumožňují zkoumat odpovědi do větší hloubky. V rámci výzkumů bývá proto často písemné testování doplněno rozhovory nad konkrétními odpověďmi. Rozhovory se dělají již na užším vzorku. Testy se používají zejména pro zjišťování výskytu prekonceptů a rozpoznání jejich druhu.

Testové úlohy musí být dobře promyšlené a zaměřené na skutečné pochopení a nejen na pamětní reprodukci vědomostí. Používají se většinou kvalitativní úlohy, které nevyžadují výpočty. Úlohy v testech bývají jak s otevřenou odpovědí, tak s volbou odpovědi. Úlohy s otevřenou odpovědí umožňují zjistit typy prekonceptů. Úlohy s volbou odpovědi zjišťují výskyt prekonceptů a míru jejich zastoupení, zejména u chybných prekonceptů.

Testy bývají zadávány jak před probíráním nového tématu, aby se zjistilo, s jakými prekoncepce- mi žáci do výuky přicházejí, tak po jeho probrání, aby bylo vidět, nakolik se podařilo dojít k očekávaným výsledkům.

Úloh zaměřených na zjišťování prekonceptů byla již v rámci různých výzkumů vytvořena celá řada. Jedná se o úlohy různých typů z nejrůznějších oblastí fyziky (blíže v [14]). Existují i standardizované testy určené k identifikaci prekonceptů (např. [12], [9]).

### *Rozhovory*

Rozhovor je další z diagnostických metod, které se často používají ke zjišťování prekonceptů. Jeho výhodou je zejména to, že se dá jít do hloubky k podstatě problému. Je při něm možné okamžitě reagovat na výroky dotazovaného a upřesnit jejich význam, aby při interpretaci nedošlo ke zkreslení. Nevýhodou je velká časová náročnost. Rozhovory se proto využívají v kombinaci s testováním, kdy se provádějí na užším vzorku nebo jako doplněk při interpretaci výtvorů (např. kreseb) dětí.

Využívají se různé techniky rozhovorů. Například „rozhovor o příkladech“ (Interview about instances) bývá zaměřen na zjišťování informací o konkrétním přírodovědném pojmu. Rozhovory probíhají obvykle nad obrázky zachycujícími různé situace. Prekoncepce odhalené v rámci rozhovorů

se často využívají při konstrukci testových úloh, jimiž se pak na širším vzorku žáků zjišťuje, nakolik jsou tyto prekoncepce rozšířené. Jiným typem je „rozhovor o jevech či událostech“ (Interview about events). Tato technika rozhovoru je podobná předchozí, místo obrázků s příklady situací je ale žákovi demonstrován nějaký přírodní jev, případně je žák požádán, aby okomentoval nějakou běžnou událost, kterou viděl. Rozhovor může být zaměřený také na konkrétní experiment, na popis jeho průběhu a vysvětlení.

Další technikou rozhovoru je zadat úkol a vyzvat řešitele, aby veškeré své úvahy při jeho řešení vyslovoval nahlas a tyto si zaznamenával pro další analýzu. Cílem této techniky je porozumět tomu, jak lidé postupují při řešení intelektuálních úkolů jako je např. řešení přírodovědných úloh.

### ***Pojmové mapy***

Pojmové mapy vizuálně (graficky) znázorňují strukturu, hierarchii a vzájemné vztahy mezi pojmy. Jejich výhodou je, že mohou zachytit nejen to, jak žák rozumí danému pojmu, ale i to, do jakých ho dává vztahů s ostatními pojmy. Nevýhodou je, že jejich tvorba není jednoduchá a je třeba se ji naučit a trénovat. V rámci výzkumů se tato obtíž dá částečně obejít tím, že respondenti dostanou pojmy již napsané na kartičkách a jejich úkolem je uspořádat a propojit je do vzájemných vztahů. Jednoduchá není ani interpretace výsledků a vyhodnocení, které by umožnilo vzájemné porovnání.

### ***Asociační úlohy***

Používají se úlohy dvojího typu, buď volné, nebo řízené. Ve volných je žákovi předloženo určité slovo (např. slovo výkon či energie) a on má říci nebo napsat první slovo či řadu slov, která ho přitom napadnou. V řízené úloze je žákovi předloženo stimulační slovo a seznam možných odpovídajících slov. Žák si má pečlivě projít seznam a vybrat slovo, u kterého má pocit, že nejtěsněji souvisí se stimulem. Záměrem této diagnostické metody je zjistit, jak žáci rozumí slovům, která mají v poznávacích strukturách, a zda existují určité spojitosti mezi stimulem a udávanými odpověďmi.

Výsledky asociačních úloh dávají první obrázek o tom, v jakém kontextu žáci a studenti daný pojem používají, s jakými dalšími pojmy a slovy ho spojují. Úspěšně se také využívají ve výzkumech zaměřených na zjišťování toho, jak běžný jazyk ovlivňuje chápání některých vědeckých pojmů. Vhodné je jejich zařazení na úvod probíraného tématu, aby si učitel se žáky či studenty ujasnil, v jakém smyslu budou daný pojem používat, a nedocházelo k tomu, že ač používají stejných slov, mají na mysli něco jiného. Důležité je to např. u fyzikálních pojmů, které se v různých smyslech používají i v běžném jazyce (např. pojmy práce, síla, teplo, energie).

### ***Analýza žákovských výkonů a výtvorů***

Další metodou, jak diagnostikovat prekoncepce, je analýza výkonů a konkrétních výtvorů žáků, při nichž se lze dozvědět mnohé např. o přístupech žáka k danému problému a postupu jeho řešení. Ke zjišťování představ o světě zejména u mladších dětí se využívá kresba. Ta může říci leccos i o vnitřním světě dítěte. Často se tato metoda kombinuje s metodou rozhovoru, kdy dítě svou kresbu interpretuje. Nicméně rozbor a interpretace kreseb jsou dosti složité.

## Překonávání chybných prekonceptů

Ovlivňování a odstraňování chybných prekonceptů není vzhledem k jejich značné rezistenci snadnou záležitostí. Než se budeme zabývat řešením tohoto problému, zastavme se u otázky, nakolik jsou miskoncepce, přetrvávající v mysli celé řady lidí i po dlouhodobé systematické výuce fyziky, závažným jevem a do jaké míry je třeba usilovat o jejich poznání a ovlivnění. Názory na to mohou být různé.

Prekoncepce se staly předmětem intenzivního výzkumu a zájmu didaktiků v osmdesátých letech minulého století. Předtím však celé generace žáků a studentů procházely školou a učily se fyziku, aniž by přitom na sebe prekoncepce nějak upozornily, aniž by učitelům či žákům vědomě překážely. Ze školy vycházelo i v té době potřebné množství odborníků, kteří byli schopni nést vědecký i technický pokrok. Navíc v celé řadě povolání nemusí být prekoncepce na překážku. Je nutné, aby lékař, učitel jazyků, sekretářka, traktorista chápali roli síly při pohybu tělesa skutečně v newtonovském smyslu?

I v běžném životě mimo povolání vystačí člověk zpravidla s prekoncepty. Dokonce lze říci, že jsou v něm velmi funkční a efektivní; z potřeb tohoto života vyrůstají a jemu také slouží. Intuitivní poznatkové struktury jsou výsledkem obrovské tvůrčí a poznávací aktivity jednotlivého člověka. Vytváří se nejen jako výsledek lidské touhy po poznání, ale i jako nástroj pro jeho styk s vnějším světem. Model vytvořený pro tento styk je efektivní a jeho efektivnost pro běžné životní situace je mnohonásobně ověřená. Něco takového nelze jednoduše zamítnout, odsoudit k vymazání.

Takové jsou důvody, které podepírají názor, že miskoncepce a jejich přetrvávání ve výuce nejsou tak významným jevem, aby bylo nutné se jim příliš věnovat a usilovat o jejich výraznější ovlivňování.

Jsou však i argumenty, které hovoří ve prospěch druhé strany. Úkolem fyziky přece není jen přispět k přípravě pro určité povolání. Fyzika je mnohostrannou součástí lidské kultury, což by se mělo nějak promítnout do všeobecného vzdělání. Lze se těžko smířit s tím, že v době, kdy má fyzika tolik co říci o světě přírody a kdy má takový význam pro rozvoj techniky, zůstává asi většina i vysokoškolsky vzdělaných lidí u představ, jejichž ontologická i gnoseologická hodnota pokulhává za poznatky dnešní fyziky o celá tisíciletí.

To, že žáky a studenty neumíme přesvědčit o závažnosti fyzikálních poznatků a dovést je k jejich hlubšímu pochopení a osvojení, má i své důsledky didaktické a jimi se uzavírá ve výuce fyziky začarovaný kruh. Žáci nemají zájem o poznatky, jejichž smysl nechápou a jejichž význam nevidí. To se zpětně promítá do výuky a ovlivňuje kvalitu učení. Fyzika se jeví mnoha lidem jako předmět sám pro sebe, který je izolovaný, který nemá hodnotu z hlediska jejich životních potřeb a který nechápou. Výuka fyziky tak vlastně přispívá k rozštěpování humanitní a přírodovědné kultury, místo aby spolupůsobila k jejímu sjednocení.

To jsou důvody, pro které podle našeho názoru bude vždy užitečné vynakládat úsilí na poznání prekonceptů a na jejich didaktické zvládnutí.

Odpovíme-li na otázku o významu prekonceptů takto, je třeba začít hledat cesty, jak uspořádat výuku fyziky, v níž by se s miskoncepty žáků a studentů počítalo a která by usilovala o jejich pře-

konání. Přistupovat k tomu lze různými způsoby. Dále uvádíme tři obecné přístupy a pak některé konkrétní výukové techniky.

## Obecné přístupy

Výuku orientovanou na překonávání chybných prekonceptů je možné vést třemi směry. První z nich spočívá v jejich *rozbití*. Je třeba ukázat je žákům a studentům jako vědecky nesprávné a nefunkční a na jejich místě vybudovat nově systém vědeckých poznatků, který by ovšem žáci a studenti byli schopni pochopit a využívat i v běžném životě.

Druhý směr by se dal označit jako „*cesta postupného modelování*“. Prekoncepte je třeba nejprve vtáhnout do vědomí žáků a studentů a ukázat jim je jako jistý model (nulté přiblížení) světa, který je v některých situacích postačující. Nad ním pak můžeme začít budovat systémy vědeckých fyzikálních poznatků jako modely, které jsou lepším přiblížením realitě a fungují i v situacích, kdy prekoncepte selhávají.

Třetí směr vychází z toho, že v prekonceptech lze nalézt i prvky, které je možné využít při vytváření vědeckých fyzikálních pojmů. Příkladem může být představa o síle přenášené na těleso při jeho uvádění do pohybu. Ta v sobě nese výrazné prvky pojmu hybnost, stejně jako představa o síle působící tečně k trajektorii ve směru rychlosti. Z takových prvků lze začít stavět soustavu fyzikálních poznatků, které by měly základ ve vlastních zkušenostech žáků a mohly by být velmi pevné a trvalé. Někdy by přitom stačilo nahradit chybně užívané výrazy správnými, jindy bude třeba ukázat, že představa žáka či studenta platí (popř. částečně platí) v jiných podmínkách (třeba i bližších realitě), než uvažujeme my.

## Konkrétní výukové techniky

### *Analogie, přemostování*

Podstatou tohoto postupu je využití analogie mezi správnou představou jevu, kterou již žák má, a jeho chybnou prekoncept. Podle [3] je třeba sestavit v rámci diskuse učitele a žáka *analogii* mezi již správně chápaným jevem a chybnou prekoncept. *Přemostěním* nazýváme další analogický jev, který leží významově mezi správnou učitelovou a chybnou žakovou představou. Tak by mělo dojít k přechodu mezi dvěma žákovými představami, který povede k odmítnutí chybné prekoncepte a k rozšiřování správných představ a interpretací. Předpokladem úspěchu tohoto postupu je schopnost žáka analogicky myslet. Mezi hlavní nevýhody patří obtížnost a pracnost sestavování řetězců analogických jevů a situací.

### *Poznatkový konflikt*

Klíčovým bodem tohoto postupu je nalézt takový problém, při jehož řešení se střetne správný poznatek s žakovou chybnou prekoncept, což vede k vyvolání *konfliktu*. Předpokládá se, že správná představa a interpretace zvítězí a nahradí ve vědomí žáka jeho chybnou prekoncept. Důležitým předpokladem také je, že žák chce přijít pravdě na kloub a vědět, jak je to „správně“. Nevýhodou může být emocemi zbarvený odpor neúspěšných žáků ke kognitivním konfliktům [7].

## ***Autoreflexivní aktivní učení žáka***

Jedná se o postup, kdy žák či student sám *aktivně a vědomě spolurealizuje* výuku [23]. Pro tento výukový postup jsou nutné jeho věkově přiměřené znalosti průběhu výuky a učení. Žák či student by měl umět reflektovat své vlastní učení, vědět o vlastní prekonceptci a aktivně se spolupodílet na práci s ní. Výuka pak musí být problémová, naplněná alternativními řešeními problémů, aktivitou žáka atd. Tento postup je vhodný pro žáky a studenty vyššího věku (střední a vysoká škola) a vyžaduje poměrně dlouhou přípravnou etapu. Stejně tak klade značné nároky na učitele a jeho přípravu i realizaci výuky.

## ***Peer Instruction***

Jedná se o výukovou metodu, která využívá *vzájemného učení žáků*, kteří mají možnost diskutovat nad krátkými konceptuálními úlohami (tzv. konceptesty). Učitel pak od žáků získává okamžitou zpětnou vazbu pomocí hlasovacích zařízení. Metodu vytvořil v devadesátých letech minulého století Eric Mazur ([16], [5]). Určena byla původně pro jeho vysokoškolské studenty. Podnětem byly neuspokojivé výsledky studentů v testu FCI (Force Concept Inventory), které ukázaly na řadu přetrvávajících miskonceptů i u studentů, kteří byli v tradičních testech a zkouškách úspěšní. Metoda Peer Instruction se ukazuje jako efektivní nástroj ke zvýšení konceptuálního porozumění probírané problematice. Vyžaduje ovšem aktivní zapojení studentů do práce, a tedy i dobrou motivaci. Její výhodou je, že se dá využít v různých oborech a vyučující si ji mohou přizpůsobit svému stylu výuky. Dnes se tato metoda využívá po celém světě, stále se vyvíjí a vylepšuje.

## ***Just-in-Time Teaching***

Jde o pedagogickou strategii, která využívá *zpětnou vazbu mezi domácí přípravou žáka na výuku a vlastní výukou* ([13], [20]). Cílem je zefektivnit čas, který stráví vyučující se žáky. Využívá se zejména na úrovni vysokých či vyšších středních škol. V předstihu před vlastní výukou dostávají studenti studijní materiály k následující hodině. Jejich součástí jsou i úkoly, které musí vyřešit a před začátkem výuky poslat (obvykle elektronicky) vyučujícímu. Ten má možnost přečíst si řešení studentů i to, kde sami cítili, že mají problémy, a zacílit tak výuku na tato problematická místa.

Úkoly obsahují obvykle otevřené otázky a vyžadují hlubší zamyšlení a pochopení problematiky ze studijních materiálů. Studenti bývají také tázáni na to, co jim ještě není jasné či s čím měli největší problémy. Oceňováno je pak hlavně, do jaké míry se studenti řešení úkolu věnovali, jak se nad ním zamýšleli, a ne správnost odpovědí. To, že se nelpí na správnosti odpovědí, má také postupně odbourávat strach z chyby. Tento způsob práce motivuje studenty k učení, umožňuje jim více se zamýšlet nad vlastním učením, přebírat za něj odpovědnost a vytvářet metakognitivní dovednosti. Cílem je též vytvářet prostředí týmové spolupráce studentů s vyučujícími a pomáhat všem studentům úspěšně absolvovat daný kurz a odnést si z něj maximum poznání a pochopení.

## ***Active Learning***

Poslední dvě uvedené metody se často kombinují a přidávají se k nim další metody, jejichž snahou je, aby žáci jen pasivně nepřijímali poznatky, ale sami se do procesu výuky aktivně zapojovali.

Patří k nim například Inquiry-Based Learning (IBL) [17] a Interactive Lecture Demonstrations [22]. Souhrnně se označují jako Active Learning (AL) [2].

## Závěr

Chceme-li ve výuce chybné prekoncepce korigovat, je třeba nejen, aby učitelé sami důkladně ovládali a chápali vědecké fyzikální poznatky, ale aby si byli též vědomi možných chybných prekonceptů svých žáků a dokázali je odhalovat. Učitelé by proto měli být o této problematice informováni, měli by mít možnost seznámit se s výsledky výzkumů a typickými chybnými prekoncepty.

Vzhledem k tomu, že si žáci a studenti přinášejí do školní výuky fyziky z běžného života řadu zkušeností, poznatků a představ o okolním světě, neměla by výuka začínat výkladem, předáváním poznatků, ale zjištěním toho, co žáci o daném problému již ví, co si myslí. Žáci by měli mít možnost hovořit při výuce o svých zkušenostech a představách, diskutovat o nich s učitelem i spolu navzájem. V takových rozhovorech jsou nuceni obhajovat svá stanoviska, hledat pro ně vhodné a rozumné argumenty a také posuzovat a hodnotit názory druhých. Učitel má přitom možnost rozpoznat prekoncepce žáků. Žáci mají na druhé straně možnost své prekoncepce explicitně formulovat a plně si je uvědomit.

K tomu, aby se žáci a studenti nebáli vyslovit svůj názor, je třeba vytvořit ve třídě dobrou atmosféru. Nelze připustit jakékoliv zesměšňování názorů žáků, ani bychom je neměli bez vysvětlení zamítat jako chybná. Všechny názory je třeba vzít v úvahu a v diskuzi se jim věnovat.

Vyrovnat se ve výuce s chybnými prekoncepty není snadné. Nelze navíc očekávat, že by existovala nějaká univerzální, spolehlivá cesta k jejich odstranění. Spíše je třeba hledat cesty různé s ohledem na potřeby a schopnosti konkrétních žáků i učitelů.



## Literatura

- [1] Ampère, A. M. (1822) Recueil d'observations électrodynamiques. Paris.
- [2] Bonwell, C., Eison, J. (1991) Active learning: Creating excitement in the classroom. Washington D.C.: Jossey-Bass.
- [3] Brown, D. E., Clement, J. (1989) Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18 (4), pp. 237 – 261.
- [4] Clement, J. (1982) Students' alternative conceptions in introductory mechanics. *Am. J. Phys.*, 50, pp. 66 – 71.
- [5] Crouch, C. H., Mazur, E. (2001) Peer Instruction: Ten years of experience and results. *Am. J. Phys.*, 69 (9), pp. 970 – 977.
- [6] Čížková, D. (2009) Prekoncepce studentů o síle a pohybu. Diplomová práce. Praha, MFF UK.
- [7] Dreyfus, A., Jungwirth, E., Eliovitch, R. (1990) Applying the cognitive conflict strategy for conceptual change – some implications, difficulties and problems. *Science Educ.*, 74 (5), pp. 555 – 569.
- [8] Driver, R., Squires, A., Rushford, P., Wood-Robinson, V. (2003) Making Sense of Secondary Science. Routledge Falmer, New York.
- [9] Engelhardt, P. V., Beichner, R. J. (2004) Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys.* 72 (1).
- [10] Hejnová, D. (1984) Představy studentů o základních vlastnostech pohybu makroskopických těles. Diplomová práce. Praha, MFF UK.
- [11] Helm, H., Novak, J. D. (1983) Proceedings of the International Seminar on „Misconceptions in Science and Mathematics.“ New York, Ithaca, Cornell-University.
- [12] Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. (1992) Force Concept Inventory. *Phys. Teach.* 30 (3), pp. 141 – 158.
- [13] Just-in-Time Teaching. [http://en.wikipedia.org/wiki/Just\\_in\\_Time\\_Teaching](http://en.wikipedia.org/wiki/Just_in_Time_Teaching)
- [14] Mandíková, D., Trna, J. (2011) Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky. Paido, Brno.
- [15] Mandíková, D., Čížková, D. (2010) Prekoncepce studentů o síle a pohybu. *MFI*, 19 (7, 8), Prométheus, Praha 2010, pp. 406 – 414, pp. 478 – 484.
- [16] Mazur, E. (1997) Peer Instruction: A User's Manual. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

- [17] McDermott, L. C. (1996) *Physics by inquiry — volume 1*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [18] Nachtigall, D. (1981) *The Pre-Newtonian Concept of Motion in the Minds of Students*. Referát na konferenci: *Methods of Teaching Physics*. Khon Kaen University, Thailand.
- [19] *Naturwissenschaften im Unterricht (1986) Physik/Chemie*, 34 (13).
- [20] Novak, G. M., Patterson, E. T., Gavrin, A. D., Christian, W. (1999) *Just-in-time teaching: Blending active learning with web technology*. Upper Saddle River: Prentice Hall, Inc..
- [21] Peters, P. C. (1982) Even honors students have conceptual difficulties with physics. *Am. J. Phys.* 50 (6), pp. 501 – 508.
- [22] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K. (2004) *Interactive lecture demonstrations — Active learning in introductory physics*. USA: Wiley.
- [23] White, R. T., Gunstone, R. F. (1989) Metalearning and conceptual change. *Int. J. of Science Educ.*, 11 (5), pp. 577 – 586.

## 2 Představy žáků pohledem psychologie

V první kapitole jste se dozvěděli, co jsou prekoncepce, jaké mají typické znaky, jak je zjišťovat a jakými strategiemi s nimi nakládat ve výuce. Jak uvádí Dana Mandíková, prekoncepce si můžeme představit jako „v jistém smyslu modely „nultého řádu“, které v běžném životě často dobře fungují, i když člověk si je nemusí uvědomovat a zpravidla je neumí ani slovně vyjádřit a sdělit ostatním.“

Chceme-li ve výuce účinně pracovat s chybnými prekoncepce, je důležité v rámci výuky tyto představy žáků konfrontovat [1]. Pro vyučující je tedy důležité, aby o těchto typických chybných představách měli přehled a uměli je i explicitně formulovat. Následující kapitoly přinášejí ukázky konkrétních fyzikálních miskoncepce. V této kapitole se zaměříme na obecné příklady, jak si všimnout představ žáků v jejich slovním vyjádření a také se podíváme na vědeckou diskuzi o původu prekoncepce a budeme *konfrontovat paradigma konstruktivismu* právě v souvislosti s miskoncepce. Nejprve ale začneme motivací, proč se intuitivními a neintuitivními představami ve výuce vůbec zabývat. Někdy to může být i otázka života a smrti.

### Požár lanovky v Kaprunu

V roce 2000 se v rakouském Kaprunu stala tragédie, při které ze 161 lidí přežilo jen 12 [2], [3]; přitom 37 lidí bylo mladších dvaceti let. Na vině byla technická závada v rámci lanovky, která způsobila požár, ale jak uvidíte v příběhu dále, také špatné na intuici založené rozhodnutí lidí. O co v této tragédii šlo? V Kaprunu už od roku 1974 fungovala pozemní lanovka (podobně jako lanovka v Praze na Petřín), jejíž trasa vedla většinou v tunelu. V den tragédie začalo v zadní části lanovky hořet a lanovka s cestujícími uvízla v tunelu, tunel byl dlouhý 3,2 km se sklonem 30°. Když se cestujícím podařilo vyprostit z vozidla, měli na výběr: pokračovat tunelem k dolnímu konci přes plameny hořící zadní části lanovky nebo k hornímu konci, kde nebyly viditelné překážky. Kterou cestu byste zvolili? A proč?

Lidé, kteří přežili, zvolili pod vedením dobrovolného hasiče na první pohled nebezpečnější cestu dolů kolem plamenů hořící lanovky. Naopak drtivá většina lidí se vydala nahoru, kde se po krátké vzdálenosti udusili toxickým kouřem. Nejdále se podařilo dostat jednomu japonskému lyžaři, jeho tělo bylo nalezeno ve vzdálenosti 142 m.

V procesu rozhodování zřejmě u mnohých účastníků zvítězil strach z fyzicky viditelných plamenů a nikoliv představa možného udušení se. A to i přes přesvědčování odborníkem – dobrovolným hasičem, že kouřem nebude možné projít. Naše intuitivní představy mohou být někdy ku prospěchu, například budeme se zdráhat sníst něco, co hnilobně zapáchá. Někdy ale také mohou vést k jednání, které nás může poškodit. Proto může být užitečné naše intuitivní tendence poznat a případně umět jednat i kontra intuitivně. Na závěr se ještě můžete zamyslet, zda by vás při rozhodování ovlivnilo, že drtivá většina, tj. 149 lidí zvolilo cestu k hornímu konci tunelu.

## Jazyk – klíč k představě

Jak poznat, jaké máme my nebo žáci intuitivní představy? V první kapitole uvádí Dana Mandíková dva typické přístupy – jednak pomocí testů a jednak vedením hloubkových rozhovorů se žáky. Testové úlohy, zejména ty s výběrem odpovědi, už předpokládají nějaká naše očekávání, jaké představy žáci mohou mít. Naproti tomu rozhovory většinou poskytují volnější rámec pro žákovské vyjádření se. Na základě nejčtenějších typicky se vyskytujících představ, které žáci vyjeví během rozhovoru, se pak obvykle vytvářejí testové úlohy.

Základním prostředkem, jak identifikovat naše představy (a to nejen v učitelské praxi), je tedy jazyk. Georg Lakoff a Mark Johnson ve své knize *Metafory, kterými žijeme* (anglicky [4], česky [5]) dokonce tvrdí, že jazyk je ze své podstaty metaforický. Například tvrzení o někom, kdo pociťuje vztek: *He had to let off steam/Musel upustit páru*, ukazuje na představu vzteku jako *hot fluid/horké tekutiny*. Tyto metaforické představy prostupují celý náš jazyk a ukazují nejen na metaforickou povahu našeho myšlení, ale v návaznosti se pak promítají i do našeho jednání.

### *Jaké typické metafory v našem jazyce užíváme?*

Například **spor/argumentaci** typicky chápeme **jako válku** [5]:

*Napadl každou slabinu v mé argumentaci.*

*Jeho kritika mířila přímo do černého.*

*Nikdy jsem ho v debatě neporazil.*

Tato metafora je obvyklá v naší kultuře a často z ní vychází i naše rozhodnutí postavit se na něčí stranu apod. Lakoff a Johnson uvádějí, že v jiné kultuře by lidé mohli žít metaforou sporu jako tance, kdy je cílem sporu tančit vyváženě, esteticky. Tento typ nazírání sporu je někdy přítomný v intelektuální debatě. Metafora, kterou ohledně nějakého pojmu máme, nám otevírá nebo naopak uzavírá možnosti jednat jinak. Například chápeme-li spor jako válku, můžeme opomíjet kooperativní aspekty sporu [5]; třeba, že nám druhý člověk umožňuje rozšířit si náhled na danou problematiku.

Kromě kulturně určených metafor existují i metafory, které souvisejí s naší fyzickou realitou a zřejmě budou do nějaké míry kulturně nezávislé. Lakoff a Johnson je nazývají orientačními metaforami, protože většina z nich souvisí s orientací v prostoru a atributy nahoru – dolů, dovnitř – ven, vpředu – vzadu, hluboký – mělký, centrální – periferní. Mezi orientační metafory patří například (převzato z [5]):

### **Šťastný je nahoře, smutný je dole.**

*Dneska se mi zvedla nálada.*

*Cítím se skleslý.*

*Upadl jsem do deprese.*

*Jsem úplně na dně.*

### **Zdraví a život jsou nahoře, nemoc a smrt jsou dole.**

Je ve *vrcholné* formě.

S tím jeho zdravím to jde *nahoru dolů*.

### **Dobry je nahoře, špatný je dole. Morálnost je nahoře, amorálnost je dole.**

Byl to *vznešený* člověk.

Je to člověk *vysokých* morálních zásad.

Tak *hluboko* bych nikdy *neklesl*.

**Více je nahoře, méně je dole.** Původ této metafory zřejmě souvisí s tím, že pokud přidáváme více látky na hromadu, hromada roste. Přiléváme-li vodu, hladina stoupá apod.

Jak je z ukázek patrné, obecně máme tendenci pozitivnímu přisuzovat atribut „nahoře“. Dali byste na této stezce přednost cestě po horním nebo spodním oblouku?

<https://www.facebook.com/reel/1223091471815995/?s=ifu>



S těmito základními metaforami pak souvisí i náš základní kulturní přístup, například *Čím víc, tím líp / Čím větší, tím lepší*. Tuto tendenci můžeme ilustrovat příkladem ze života. Na louce plné sedmikrásek jsem zkoušela fotit novým foťákem. Hlavně mě zajímalo, jak dobře umí zoomovat, a tak jsem detailně vyfotila jednu sedmikrásku. Předškolní holčička mojí kamarádky si od maminky půjčila mobil, aby také mohla fotit. Když u mě na displeji viděla tu jednu sedmikrásku, tak mi vítězoslavně ukázala svoji fotku se spoustou sedmikrásek se slovy: „Já mám lepší foťák, mně se tam těch kytiček vejde víc.“

Toto nastavení se také projevuje v typickém uspořádání adjektiv. Například je normálnější říci nahoře a dole než dole a nahoře, nebo například dobrý a zlý než zlý a dobrý, teď a potom, než potom a teď [5].

Mezi typické metafory, které souvisí se vzděláváním, patří například (převzato z [5]):

### **Myšlenky jsou jídlo.**

Ať se ty jeho názory ještě *uleží*.

Tu knihu přímo *zhltl*.

To je *potrava* pro přemýšlení.

To jsou *nedopečené* myšlenky.

### **Myšlenky jsou rostliny.**

Má *suchopárného* ducha.

Má velmi *plodnou* fantazii.

Jeho myšlenky konečně začaly *přinášet své plody*.

### **Myšlenky jsou peníze.**

Má *bohatou* fantazii.

Taky bych chtěl přispět *svou troškou*.

### **Porozumění je uchopení.**

Hned *pochytil*, oč běží.

### **Porozumění je vidění, myšlenky jsou zdroje světla, rozprava je světelné médium.**

Už *vidím*, oč ti jde.

*Nahlížím* na to poněkud jinak.

Teď už máme o věci úplný obraz.

Tento argument je *jasný*.

Můžeš to více *osvětlit*.

### **Vidění je dotýkání, oči jsou údy.**

Jejich oči se *setkaly*.

Nemohu od ní *odtrhnout* oči.

Sedí s očima *přilepenýma* na televizi.

### **Racionální je nahoře, emocionální je dole.**

Diskuze *poklesla* na emocionální úroveň, ale podařilo se ji *zvednout* do racionální roviny.

### **Učení jako metafora potrubní pošty**

*Myšlenky jsou objekty*

*Jazykové výrazy jsou nádoby*

*Komunikace je posílání*

*Podat* mu vysvětlení tak, aby mu to *došlo*, je hrozně těžké.

Jeho zpráva *přináší* jenom málo nového.

To jsou jen *prázdna* slova.

### **Proč se zabývat těmito metaforami v rámci vzdělávání?**

Jednak se s těmito metaforami můžeme setkat v argumentaci našich žáků; více zřetelné budou spíše u mladších dětí (viz na předchozí stránce příklad u metafory Čím víc, tím líp). A jednak, jak už jsme nastínili v úvodu této části, problémem každé metafory je její omezení. Metafora postihuje pouze část reality a vede k opomíjení jiných aspektů. Například naše přesvědčení Čím více, tím lépe je určitým východiskem pro růstovou ekonomiku. Pokud se přílišný růst ukazuje jako problematický, nahrazujeme ho trvale udržitelným rozvojem. Nerůstová ekonomika je už slovní spojení méně příjemné, přitom může odrážet důraz na kvalitu místo kvantity. Ve výuce pak můžeme stejně ocenit žáky, kteří vypočítají spoustu úloh ze sbírky, a také ty, kteří přijdou s originálním řešením jedné úlohy.

Metafora učení jako potrubní pošty, resp. její východisko, kdy „jazykové výrazy jsou nádoby na význam“ implikuje, že slova a věty mají význam samy o sobě, nezáleží na kontextu. Někdy opravdu kontext k porozumění není nutný. Ale například věta „Potřebujeme více aktivních metod vyučová-

ní“ může znamenat něco jiného z úst propagátorky alternativních směrů vzdělávání a něco jiného od úředníka MŠMT. *Zdůrazňování významu kontextu* namísto jeho ignorování je důležité v rámci diskuzí. Může eliminovat faulovou argumentaci „vytržením z kontextu“ a posilovat zaměření se na celý příběh diskutujícího. Podobně pokud nás v procesu učení zajímají představy žáků a vedeme-li s nimi za tím účelem rozhovory, obvykle se nespokojíme s nějakým výkřikem žáka, ale počkáme si nebo přímo vyzveme žáka k vykreslení celé představy.

### ***Proč se zabývat metaforami v rámci fyzikálního vzdělávání?***

Ať už ve vědě nebo ve fyzikálním vzdělávání z podstaty oboru realitu zjednodušíme, vytváříme *model*. Případně žákům předkládáme už přímo *metafory jevů*. Také žáci sami si na základě našeho výkladu mohou vytvářet nejrůznější představy, připodobňovat si vysvětlované jevy k již známým skutečnostem. I když v určitém rámci náš model funguje, jeho rozšíření už může být od reality dost vzdálené. Například na základní škole pro ukázkou fungování elektrického obvodu často užíváme analogie s vodním modelem. Velmi dobře tento model může u žáků vytvořit představu účinků odporu a napětí v elektrickém obvodu, jejich vliv na protékající proud. Ovšem v případě, že uděláme na drátu uzel, někteří žáci na základě této představy hadice s vodou, mohou tvrdit, že obvodem proud procházet nebude. Viz následující příklad v souboru bublinových úloh (anglicky concept cartoons) [6].

Úloha týkající se obvodu elektrického proudu s uzlem na drátě – viz odkaz/druhý obrázek.

<https://www.millgatehouse.co.uk/product/science-concept-cartoons-set-1/>



## **Jsou miskoncepce strukturované podobně jako vědecké představy? A co to jsou p-prims?**

Jak uvádí Dana Mandíková v první kapitole, po letech výzkumů v oblasti miskonceptů, známe celkem spolehlivě vlastnosti a charakteristiky typických (nejen) žakovských miskonceptů. Například jejich trvalost a odolnost vůči vzdělávání. Zatím ale nevíme jistě, jaký je původ miskonceptů, co je to za entity v kognitivním procesu. Slova jako miskoncepce, alternativní představy (koncepce) mohou ukazovat na představu celkem strukturovaných komplexnějších představ, podobně jako jsou strukturované expertní vědecké představy. Tomu by např. odpovídala tzv. teorie impetu. Také konstruktivistické pojetí učení nás vede k představě, že si žáci tvoří (konstruují) na základě vlastní předchozí zkušenosti tyto prekoncepce. Mezi odborníky ve vzdělávání existuje i alternativní hypotéza, která jde za rámec konstruktivistického pojetí, a kterou si teď představíme.

Jde o hypotézu tzv. *p-prims*, se kterou přišel Andrea diSessa. Jedná se o zkratku z anglického „phenomenological primitives“. DiSessa představil tuto hypotézu poprvé v článku *Knowledge in pieces* [7] v roce 1988. A jak už název a předchozí charakteristika napovídá, místo nějakého koherentního bytí chybného rámce jsme spíše vybaveni izolovanými základními abstraktními kognitivními struk-

turami (p-prims). Jak studenti odpovídají na otázku nebo fyzikální problém, pak závisí na tom, který p-prims je zrovna aktivován.

Pokud se například žáků zeptáme, proč je v létě tepleji než v zimě, můžeme aktivovat p-prims *Blížkost znamená větší sílu (intenzitu)/ Closer means stronger*. Je zřejmé, že se jedná o abstraktní „zákon“, který v některých případech odpovídá naší zkušenosti: blíže je hudba hlasitější, výrazné jídlo cítíme silněji. Místo toho, aby měli žáci přímo konkrétní miskoncepci, že v létě na severní polokouli je naše planeta blíže Slunci, aplikují při dotazu abstraktní p-prims a na jeho základě vyvozují svoji odpověď [8].

Například *teorie impetu* nebo typická miskoncepce *pohyb implikuje (působící) sílu* může být důsledkem aktivace p-prims *continuing push/trvalé popostrkávání*. David Hammer navrhuje pro tento p-prim lepší výraz, a sice *maintaining agency/udržující zprostředkovatel*.

Žákovské představy tedy můžeme chápat v klasickém konstruktivistickém pojetí jako provázané konstruované stabilní struktury podobné expertním představám, byť někdy chybné a tedy nazývané miskoncepce. Nebo také jako abstraktní izolovaná tvrzení, která jednoduše platí, tzv. p-prims. Abstraktní p-prim v různých situacích dobře koresponduje s naší zkušeností. Jeho vybavení je závislé na kontextu a jeho „správnost“ je dána relevancí pro daný kontext. V praxi se zřejmě u žáků setkáte s obojím.

Ještě než se podíváme na konkrétní p-prims, zmíníme jednu jejich důležitou vlastnost, která by mohla ovlivnit učitelovo jednání ve výuce. P-prims nepotřebují žádné vysvětlení. Jsou to samozřejmě pravdy, které nezpochybňujeme, implicitní znalosti. To s sebou přináší jednak problém argumentace při diskuzi. Těžko budou žáci uvádět jako argument něco, co je pro ně samozřejmé a nezpochybnitelné. A jednak opravdový zájem u většiny žáků vzbudíme pouze tehdy, když se v realitě stane něco odporujícího těmto p-prims. Například máme představu, že intenzita s časem slábne, tj. auto, které na rovině roztlačíme, po čase zastaví. Pokud se stále a stále (bez zjevného motoru) bude pohybovat vpřed, začne nám to být divné a budeme v tom hledat nějaký trik, skrytý pohon. Ne kvůli tomu, že to není fyzikálně možné, protože určitě dochází ke ztrátě mechanické energie vlivem tření, ale proto, že to odporuje našemu intuitivnímu „zákonu“. I malé děti vykazují moment překvapení, pokud se svět nechová podle jejich očekávání (viz další podkapitola). V první kapitole zmiňuje Dana Mandíková jako účinnou strategii při práci s miskoncepce tzv. kognitivní konflikt. Tato strategie je zejména účinná, chceme-li žákům zviditelnit jejich intuitivní implicitní představy, samozřejmá očekávání apod.

**Rozšiřující poznámka:** I v případě, že nebudeme žáky konfrontovat experimentem, můžeme principu této strategie využít v různých dalších vyučovacích metodách, např. při psaném nebo mluveném výkladu nebo rozhovoru se žáky. Jednoduše předpokládáme typickou žákovskou odpověď na určitý problém a žáky s touto představou konfrontujeme: *Myslíte si, že....?/ Kdo si myslí, že....?* Například *Myslíte si, že když je u nás léto, je naše planeta blíže Slunci?* Po přitakání ze strany studentů jednoduše řekneme, že to tak není a následujeme klasickým výkladem, proč a jak to tedy je. V případě, že z různých důvodů máme prostor pouze pro výklad, můžeme tuto konfrontaci realizovat minimálně jako řečnickou otázku. Ariasi a Mason provedli výzkum s touto formou konfrontace v psaném textu učebnice [9]. Ke klasickému výkladovému textu z učebnice vytvořili tzv. **refutational/vyvracející text**. Před vlastní odstavec výkladového textu (zde konkrétně o slapo-



vých jevech) přidali otázku a odpověď ve výše uvedeném duchu. Žáky tak upozorníme na to, že je to jinak, než si představují. Žáci, kteří se učili z takto upraveného textu, se naučili více než ti, kteří se učili z původního textu. Přehledový článek Chrise Tippetta, který shrnuje dvacet let výzkumu s touto formou textu, ukazuje, že při čtení vyvracejícího textu je více pravděpodobné, že u žáků dojde ke konceptuální změně než při čtení textu v klasické formě [10].

### ***Jaké jsou konkrétní p-prims?***

Začneme p-prims, které by spadaly zejména do učiva matematiky, nicméně protože je matematika hojně používaným nástrojem ve fyzice, můžeme se s aktivací těchto p-prims setkat i ve fyzice.

#### ***Multiplication makes numbers bigger/ násobení čísla zvětšuje***

Kontextem, ve kterém tento „zákon“ neplatí, je například násobení čísel v intervalu (0;1).

Podobně s tím souvisí ***more implies more/více implikuje více; less implies less/méně implikuje méně.***

Opět bychom mohli uvést protipříklady. Např. v klasické eukleidovské geometrii si umíme představit objekty, kde zmenšujeme plochu, ale zvětšujeme obvod objektu, apod.

#### ***Linearity/závislosti jsou lineární***

Každý učitel z praxe zná tendenci studentů argumentovat lineárně, např. čím víc  $x$ , tím víc  $y$ ;  $\sin(x+y) = \sin(x) + \sin(y)$  apod.

V rámci fyziky se můžeme setkat s následujícími p-prims. Uvádíme jednak jak původní DiSessiho názvy, tak případně i další navržené alternativy. DiSessa nazval některé p-prims „zákony“ podle fyzikálních zákonů, ale jde jen o metaforu, principiální analogii.

#### ***Increased effort begets greater results/větší úsilí přináší větší výsledky***

Určitě najdeme v životě spoustu situací, kdy aplikace tohoto „zákona“ nese svoje ovoce. Konec konců i lidové rčení „Když to nejde silou, jde to ještě větší silou“ ukazuje na naši tendenci podle tohoto „zákona“ jednat. Můžete si rozmyslet protipříklady, kontext, kdy tento „zákon“ není relevantní. Ve výuce fyziky se může jednat například o var vody. Kdy častou typicky chybnou představou žáků je, že když vroucí vodu zahříváme, její teplota stále roste.

#### ***Ohm's Law / Ohmův zákon***

Tzv. Ohmův zákon k již zmíněnému *increased effort implies increased results/větší úsilí implikuje větší výsledky* přidává existenci odporu.

*increased resistance implies reduced result/větší odpor znamená zredukování výsledků*

Dalším obecným „zákonem“, bohatě souznícím s naší zkušeností v různých oblastech je

#### ***Dying away/ přirozené uvadání***

Nebo více sofistikovaně *fading amplitude/slábnutí amplitudy*. Cinkneme-li například do zvonku, ladičky, zvuk slábne, až vymizí. Podobně, roztlačíme-li autíčko, rozjede se a po chvíli zastaví. Kyvadlo také postupně snižuje výšku výkmitu. Velmi známým kontra intuitivním zákonem je 1. Newtonův zákon. Ve školních podmínkách často neexistenci tření na podložce modelujeme

vzduchovou dráhou. Můžeme díky ní velmi hezky ukázat rovnoměrnost pohybu (místo typického zpomalování). Často ale bývají vzduchové dráhy krátké (1,5 až 2 m) a nemusí u žáků vyvolat wow efekt, že se předmět stále a stále pohybuje, aniž by zpomaloval. Proti naší intuitivní představě jdou různé skládky využívající domino efektu nebo v angličtině nazývané chain reactions, kdy kulička prochází námi připravenou dráhu. V tomto případě sice často energii do systému dodáváme nebo potenciální energii měníme na kinetickou, to ale není intuitivně patrné a zůstává tak pouze efekt dlouhotrvajícího nezpomalujícího pohybu.

Spoustu videí s touto tématikou naleznete například na tomto Youtube Kanálu

<https://www.youtube.com/c/DaksDominos/videos>



Pro zajímavost se můžete podívat na dominovou dráhu, která využívá efektu, kdy strčením do malé kostičky spadne na konci dominová kostka mnohem větší. Se žáky můžete diskutovat, který efekt je zajímavější a více kontra intuitivní.

<https://www.youtube.com/watch?v=sL2WIXdbjH0>



Další p-prim ukazuje na naši tendenci a smysl pro rovnováhu a vyvažování. Nakreslí-li někdo například na papír v levém dolním rohu sluníčko a budete-li požádáni nakreslit na stejný papír také sluníčko, nejspíše ho nakreslíte více vpravo a více nahoru. Je málo pravděpodobné, že ho někdo nakreslí těsně vedle původní kresby.

### ***Dynamic balance/ dynamická rovnováha***

Nebo také *being in equilibrium/ být v rovnováze*. Tento p-prim se může také aktivovat v případě přidání referenčního objektu. Například v případě popisu pohybu míčku, můžeme mít tendenci popisovat těžiště původního míčku a referenčního míčku. Ve výuce fyziky také často realizujeme pokus, který ukazuje souvislost mezi poloměrem bubliny a tlakem uvnitř této bubliny. Při propojení bublin budeme intuitivně očekávat, že dojde k rovnováze *velikosti* bublin, že se menší bublina zvětší a naopak. Reálný výsledek, kdy se větší bublina ještě více zvětšuje, je pro nás kontraintuitivní a připadá nám, že k rovnováze nedošlo.

Na pokus se můžete podívat například ve sbírce fyzikálních pokusů:

<https://fyzikalnipokusy.cz/1954/mydlove-bubliny-propojene-trubickou>



### **Heuristiky**

Pro doplnění existence metaforického jazyka a p-prims ještě uvedeme, že v rámci psychologie byly identifikovány tzv. heuristiky [13]. S touto ideou přišli Amos Tversky a Daniel Kahneman [14], [18] a jedná se o intuitivní, na zkušenosti nebo tzv. zdravém rozumu založené strategie při řešení problémů a rozhodovacích procesech.

První heuristikou je *heuristika reprezentativnosti*. Pokud se například daná osoba nebo jev podobá prototypu nějaké kategorie, odhadujeme, že tím spíše do ní patří. I když by to mohlo odporovat re-

lativní četnosti zastoupení osob v dané kategorii a tím je to v rozporu s očekávanou pravděpodobností. S tím také souvisí posuzování průběhu náhodných událostí. Typicky po sekvenci hodů mincí P (Panna), P, P, P, očekáváme, že spíše padne orel. I když pravděpodobnost zůstává stále 50 na 50.

*Heuristika dostupnosti.* Za čtenější výskyt považujeme to, co si snáze vybavíme.

V případě žákovské argumentace se snadno setkáme s *heuristikou ukotvení a přizpůsobení* aneb mylný výchozí bod. To, co vidíme nebo vnímáme jako první, na nás udělá větší dojem a podle toho pak posuzujeme celek. Například nevíme, kolik stojí šaty na ples. V jednom obchodě zjistíme, že stojí okolo pěti tisíc, v dalším budou mít podobný model za dva tisíce. Rychle ho koupíme, protože nám budou připadat velmi levné, i když například většina obchodů podobné modely prodává jen za tisíc korun. Nového žáka, který vypočítá tři příklady výborně, budeme mít tendenci posuzovat jako lepšího žáka, než kdybychom mu zrovna zadali úlohy, které mu nesesdnu, a on by zpočátku v jejich řešení úspěšný nebyl. A ještě jeden podobný příklad ze života: představte si, že dvě kamarádky na bowlingu ve dvou hrách dosáhnou stejného skóre: jednou plného počtu sejmutých kuželek a jednou jen dvou sejmutých kuželek. Jedna kamarádka hodila výhru jako první, druhá naopak. I toto pořadí by mohlo ovlivnit, jak je budou diváci vnímat. Co byste od každé očekávali při jejich třetím hodu?

I ve škole se můžeme setkat s tzv. *efektem rámování*. Lidé mají tendenci posoudit, zda mají spíše šanci na zisk nebo prohru. V případě šance na zisk méně riskují, v případě šance na prohru riskují více (už nemám co ztratit). Bude více hádat žák, který ví, že nemá moc tušení, o co jde, nebo žák, který si myslí, že dané látce rozumí?

## Učení se fyzice pohledem kognitivní psychologie aneb je mozek „general“ nebo „domain-specific“ „device“?

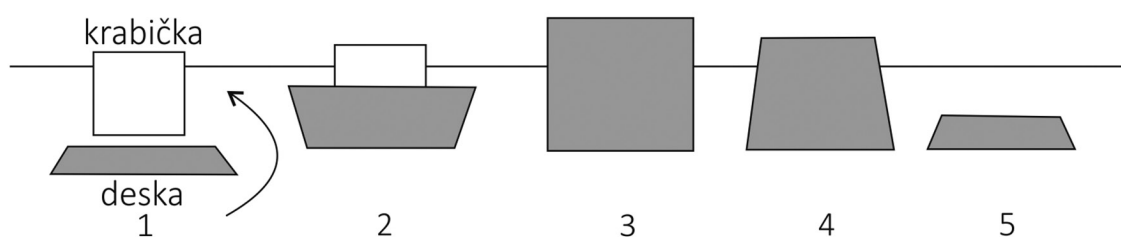
V této části textu trochu poodhalíme základní otázku vzniku a vývoje miskonceptů. Podíváme se na pohled a argumentaci P. S. C. Matthewse [15], který kontrastuje s typickou představou o mozku jako o „general device“. Tj. o nějakém netknutém přístroji, který se postupně z naší zkušenosti učí, co je potřeba. Jedná se o argumenty, které ukazují na možné evolučně dané specifické oblasti v mozku, které nám vtištějí určité „zákony“ (nejen) fyzického světa. Z tohoto pohledu se zdá být mozek tzv. „domain-specific“, tj. připraven na řešení vybraných konkrétních problémů. Tento pohled dobře rámuje výše uvedené příklady, ať už orientačních metafor nebo p-prims, které souzní s naší zkušeností. Odborný článek [15] nebyl vybrán náhodně, ale proto, že byl součástí výběru nejlepších článků pro Science Education/Major Themes in Education [12].

Stále v této oblasti probíhá diskuze a zejména my pokročilí v matematice a fyzice víme, že můžeme konstruovat poznání přesahující rámec běžných zkušeností a intuice. Pohled na mozek jako „general device“ nemusíme zavrhnout, ale můžeme zvážit dvoustupňový model [15], kdy budeme uvažovat i hypotézu určitých specifických oblastí mozku, které jsou dané evolučně a ovlivňují naše vnímání světa.

Proč bychom měli na mozek nazírat jako na „domain-specific“? Argument je jednoduchý, nic nepadá z nebe a stejně, jako je naše tělo postupnou evolucí přizpůsobeno pobytu na souši či chůzi po dvou, může být evolučně výhodné, když i mozek/ naše kognitivní funkce budou očekávat, že

se například narodíme do světa s gravitací a třením. Pro přežití v nebezpečném světě se jeví jako účinnější strategie rychlá odpověď na nebezpečí než dlouhé zvažování všech pro a proti. Kámen prostě spadne dolů, chvilku se kutálí, až se zastaví. Toto je očekávaná a nepřekvapivá situace/jev. Pokud by se kámen v půlce pádu směrem na zem najednou začal vznášet, byli bychom překvapeni. Takové chování kamene prostě neočekáváme.

Zastánci hypotézy, že mozek je pouze „general device“, vnímají tuto zkušenost jako naučenou (malé dítě postupně získává zkušenost, až se naučí, že věci (většinou) padají dolů). Výzkumy však ukazují, že momenty překvapení můžeme zaznamenat i u malých pětiměsíčních miminek [15], která zřejmě příliš zkušenosti nabrat nestihla. Například položíme před ně na stůl krabičku a před ni dáme větší desku, kterou sklápíme (viz obr. 1). Když se deska dotkne krabičky (obr. 1, událost 4), desku opět narovnáme. V případě, že mezitím necháme krabičku zmizet (propadne se deskou stolu), můžeme desku úplně položit na stůl (obr. 1, událost 5). Tato událost je i pro miminka překvapivá (neviděla, že krabička zmizela). Dále miminka „vědí“, že objekty jsou pevné, nikam se neztrácí (i když jsou mimo pohled), padají k zemi a jsou v klidu, dokud na ně někdo nebo něco nezapůsobí, aby se pohnuly [16].



Obr. 1. Pokus s naklápěním desky před krabičkou položenou na stole. Možné události a neúplné sklopení desky – události 1-4. Nemožná událost úplného sklopení desky – událost 5. Upraveno z [15].

Naopak silové působení bez zjevné příčiny, je pro nás velmi překvapivé. Malé děti jsou často překvapené, když poprvé vidí přitahující se magnety. V dospělém věku si už na tuto skutečnost zvykne a nijak zvláště divná nám v současné době nepřipadá. V 17. století ale byl tento jev stále překvapivý a například William Gilbert vysvětloval toto působení podobně jako v případě pohybu lidských bytostí, že je způsobeno jistou inteligencí a že magnety mají duši [17].

Intuitivně také rozeznáváme nelibé vůně, zejména vůně pro nás nebezpečné, například zkaženého masa a vajec. Žádné dítě není třeba učit, že ta vůně je strašná a je lepší se od ní vzdálit. Naučit se pak může, jakou sloučeninou je konkrétně způsobena nebo jakého rozkladu se týká.

Přestože v dospělosti si na triky nebo vědecké jevy, které ukazují „impossible events/nemožné události“ zvykne, díky novým trikům nebo technologiím můžeme zažít překvapení stejně jako v dětském věku. Před několika lety jsem šla zamyšleně v Berlíně podloubím a periferním zrakem zahlédla něco, co mě přinutilo se zastavit a podívat se tam. Byl to pouliční umělec s tehdy novým trikem „levitujícího muže“ a mozek mi vyslal signál, že tady v realitě něco neseď (a to doslova ;). Stále se tedy i v dospělém věku můžeme na vlastní kůži přesvědčit, že existují jevy, které neo-

čekáváme a připadají nám nepřírozené až nemožné. Podívejte se na následující obrázky a videa levitujícího muže, živou sochu v MOCA nebo mostu na „tenkých“ nožičkách.

<https://www.techeblog.com/secret-behind-levitating-street-performers-revealed/>



<https://www.facebook.com/watch/?ref=saved&v=745250199236433>



<https://www.facebook.com/HistoricPhotographs/posts/pfbid-02Sp5re1dpUN3qoBiQkT4HuCPHTzk6YGrhtFCsyHDU4qtZVoX1Bzv-BjDq8fHPzjTE3I>



V případě učení se jazyku je dnes již díky tzv. vlčím dětem evidentní, že se v pozdějším věku nemohou (nebo jen velmi obtížně) naučit mateřský jazyk. Pokud jsou děti v citlivém věku vystaveny řeči dospělých, proces získávání jazyka je *spuštěn (triggered)* a mateřský jazyk se učí snadno, rychle a zvládnou to i bez nějaké školní podpory. Pokud ne, proces spuštěn není a tyto děti se už jazyk dobře nenaučí. Konstruktivistickému pojetí pak může odpovídat naše učení se dalším jazykům v pozdějším věku. Podobně, jak uvádí Matthews [15], je možné, že určité naše konceptuální představy nejsou naučené, ale vlivem setkání s naším fyzickým světem byly jednoduše jen aktivovány evolučním tlakem vyvinuté dispozice pro interpretaci našich zkušeností. Například určitá vůně indikuje nepoživatelné maso, kus utržené skály znamená pád dolů, apod. Dítě neumí říct, proč tomu tak je, proč to ví, ale ví, že to tak je. A překvapené je pouze, když se svět podle těchto očekávání nechová.

Stručně tedy můžeme tento proces „učení se“ shrnout do následujících tezí: pro interpretaci naší reality jsme předprogramováni; pokud dojde v senzitivním období k vystavení se spouštěči, program je aktivován. **Získání znalosti je pak spíše spuštěno než naučeno!** [15] Tento mechanismus byl identifikován i u opic [15]. S opicemi vědci prováděli další experimenty, ze kterých vyplynula dvě zásadní zjištění. Pokud mládě u dospělého nevidí dané chování, znalost spuštěna není a mládě jí v dospělosti nedisponuje. A naopak, naučíme-li dospělého jedince jinému chování, mládě pozorující tohoto dospělého se tomuto „neinstinktivnímu“ chování nenaučilo. Např. makak rhesus je známý svým instinktivním vyhýbáním se jedovatým hadům. Pokud je makak vychováván v zajetí a nevidí reakci dospělého, jak se hadům vyhýbá, tento instinkt se nespustí a mládě později na hada vyhýbavě nereaguje. V případě, že naučíme dospělého makaka mít strach a vyhýbat se květinám, přestože mládě tuto jeho reakci vidí, k naučení tomuto chování nedojde.

Celá tato druhá kapitola je zaměřená na ukázky možných jednoduše formulovaných znalostí-“zákonů“, metafor apod., které mohou být výsledkem evolučního vývoje a pokud se omezíme pouze

na znalosti související s fyzikou, byly by díky evoluci společné celému lidstvu. Jak uvádí Matthews [15], v případě lidí je zřejmě proces učení kombinace obou přístupů – jak konstruktivistického, který předpokládá mozek jako nástroj pracující s obecnými informacemi (general device), tak získávání znalostí spuštěním evolučně již předpřipravených programů (domain-specific approach). Pak i chybné představy studentů mohou mít různý základ a z praxe známe i případy chybných představ jednoduše vytvořených během školního vzdělávání. Výše uvedený model se tedy jeví jako model rozumně popisující realitu.

### *Jaké z těchto představ plynou důsledky pro fyzikální vzdělávání?*

Na základě výše uvedeného bychom očekávali, že tyto *získané znalosti* budou trvalé, odolné, nebudou záviset na kultuře, rase, pohlaví, apod. Toto v případě testování úloh zaměřených na miskoncepce pozorujeme (viz první kapitola). Pokud jsou některé naše znalosti takto hluboko zakořeněné, nelze očekávat jejich odstranění, spíše se je můžeme **naučit** v nevhodném kontextu ignorovat a **dát přednost vědeckému přístupu**. Z tohoto pohledu může být také žádoucí o intuitivních a neintuitivních představách se žáky **explicitně mluvit**. Jevy, které jsou pro žáky překvapivé, jim mohou ukázat na jejich samozřejmé představy.

Zřejmě dochází k vytváření paralelních představ, pokud se snažíme naučit studenty vědeckým konceptům. Z výzkumů vyplývá, že v neobvyklých kontextech i vědci vykazují chybné nevědecké představy. Pravděpodobně si spuštěné znalosti držíme celý život a záleží zejména na kontextu, které představy se při řešení problému zapojí. Chceme-li s žáky aktivně s představami pracovat, **střídání různých kontextů** může být užitečné.

Vezmeme-li v úvahu určitý nevědomý aspekt těchto znalostí, je evidentní, že může být těžké žáky přesvědčit o jiné koncepci. Tady se jeví jako zásadně účinná strategie kognitivního konfliktu, tj. **konfrontace žákovské představy s realitou** nejlépe pomocí experimentu nebo do hloubky vedeného rozhovoru. Na druhou stranu, je vhodné nekonfrontovat žáky příliš často, aby neztratili důvěru v jejich instinktivní jednání, které jim je nebo určitě bude v leckterých situacích běžného života ku prospěchu.

Při výuce už můžeme předpokládat nějakou **typickou žákovskou představu** a konfrontovat žáky s touto představou. Také můžeme zjišťovat **autentické žákovské představy** analýzou jejich metafor, vysvětlování jevů, apod.

Jak jsme si ukázali na příběhu tragédie lanovky v Kaprunu v úvodu, existují situace, kdy správné rozhodnutí, ať už založené na naší prvotní intuici nebo naopak podpořené kontraintuitivní znalostí, může být pro náš život zásadní. I z tohoto příběhu je patrné, že na naše rozhodnutí může mít vliv autorita, rozhodnutí většiny ostatních lidí, či možná i jen nevýznamný iracionální detail.

## Literatura

- [1] Smith III, J.P., diSessa, A. & Roschelle, J. (1993) Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition, *Journal of the Learning Sciences*, 3:2, 115-163.
- [2] Požár lanovky v Kaprunu, Wikipedie.cz, cit. [6.9.2022]. Dostupné on-line: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C5%BE%C3%A1r\\_lanovky\\_v\\_Kaprunu](https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C5%BE%C3%A1r_lanovky_v_Kaprunu)
- [3] Krupka, J. Požár lanovky v Kaprunu, Denik.cz, cit. [6.9.2022]. Dostupné on-line: [https://www.denik.cz/ze\\_sveta/katastrofa-kaprun.html](https://www.denik.cz/ze_sveta/katastrofa-kaprun.html)
- [4] Lakoff, G., & Johnson, M. (1981) *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.
- [5] Lakoff, G., & Johnson, M. (2002) *Metafory, kterými žijeme*. Host, Brno. ISBN 80-7294-071-6.
- [6] Naylor, S., & Keogh, B. (2014) *Science Concept Cartoons*. Goldsworthy, AnneMillgate House Education.
- [7] DiSessa, A. (1988) Knowledge in pieces, In Forman, G.; Pufall, P. (eds.), *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 49–70.
- [8] Hammer, D. (1996) Misconceptions or p-prims: How may alternative perspectives of cognitive structure influence instructional perceptions and intentions? *Journal of the Learning Sciences*, 5(2), 97–127.
- [9] Ariasi, N., & Mason, L. (2011) Uncovering the effect of text structure in learning from a science text: An eye-tracking study. *Instructional Science*, 39(5), 581–601.
- [10] Tippett, Chris. (2010) Refutation Text In Science Education: A Review Of Two Decades Of Research. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 8. 951-970. 10.1007/s10763-010-9203-x.
- [11] DiSessa, Andrea. (2018) A Friendly Introduction to “Knowledge in Pieces”: Modeling Types of Knowledge and Their Roles in Learning. 10.1007/978-3-319-72170-5\_5.
- [12] Gilbert, J. (editor) (2006). *Science Education: Major Themes in Education*. London: Routledge.
- [13] Heuristika, Wikipedie, cit. [1.7.2022]. Dostupné on-line: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Heuristika>
- [14] Kahneman, D., & Tversky, A. (1996) On the reality of cognitive illusions. *Psychological Review*, 103(3), 582–591.
- [15] Matthews, P. (2000) Learning Science: Some Insights from Cognitive Science. *Science & Education*, 9, 507-535. 10.1023/A:1008785406609.

[16] Bloom, Paul & Weisberg, Deena (2007) Childhood Origins of Adult Resistance to Science. *Science* (New York, N.Y.), 316, 996-7. 10.1126/science.1133398.

[17] The “Souls” of Magnets, cit. [1. 7. 2022]. Dostupné on-line:  
<https://brewminate.com/the-souls-of-magnets-in-the-17th-century/>

[18] Kašková, T. Tři zkratky k omylu, cit. [1. 7. 2022]. Dostupné on-line:  
<https://psychologie.cz/tri-zkratky-k-omylu/>



# 3 Mechanika

<b>Letadlo a padající bomba</b> – Zuzana Johanovská.....	<b>33</b>
<b>Volný pád dvou různě hmotných těles</b> – Pavel Gregor.....	<b>41</b>
<b>Stav beztlíže lze zažít pouze ve vesmíru</b> – Klára Loukotová.....	<b>44</b>
<b>Miskoncepce ohledně slapových jevů</b> – Alžběta Krejčí.....	<b>49</b>
<b>Smykové tření</b> – Radek Novák.....	<b>53</b>
<b>Ťažké a velké predmety sa vo vode potopia, ľahké a malé predmety sa vznášajú</b> – Alžbeta Kuižová .....	<b>58</b>
<b>Kečup v láhvi</b> – Kateřina Koubková.....	<b>61</b>
<b>Váží něco vzduch?</b> – Jasmína Tarakjiová.....	<b>64</b>



## Letadlo a padající bomba

*Akční scéna z filmu – nad městem se řítí letadlo (rovnoměrně a přímočaře – což ale trošku kazí atmosféru popisu ☺), pod kterým jsou přidělaný nálože. Strašlivý záporák už tahá za páčku, která uvolňuje upevnění smrtonosného závaží, které začíná padat k zemi... Zbývá jediná otázka – kam nálož dopadne, a kde tedy dojde k výbuchu?*

Na tuhle poměrně jednoduchou otázku můžeme uslyšet v zásadě tři odpovědi:

- 1) k dopadu na zem dojde dále po směru letu od místa, kde došlo k vypuštění nálože
- 2) nálož dopadne přímo pod místo, kde byla vypuštěna
- 3) nálož padá opačným směrem, než letí letadlo, a dopadne tedy někde proti směru letu před místo, kde byla vypuštěna

Správná varianta je samozřejmě odpověď číslo 1. Nálož se před uvolněním pohybuje společně s letadlem a má tedy stejnou rychlost. Po uvolnění začne sice ve svislém směru padat, rychlost ve vodorovném směru ale neztratí a pohybuje se tak kupředu společně s letadlem (alespoň v ideálním případě ve vzduchoprázdnu, v reálné situaci začne hrát vliv také odpor vzduchu). Důvod, proč zaznívají odpovědi 2 a 3, jsou pravděpodobně spojeny s představou, že padající nálož nemá přece žádný motor či jinou hnací sílu, a neměla by se tak pohybovat kupředu, ale měla by hezky poslušně spadnout přímo k zemi (tedy je zde pravděpodobně přítomno očekávání, že rychlost je náloži udělena kontaktem s letadlem a v okamžiku upuštění ji nálož ztrácí). Případně může hrát roli také představa získaná ze sledování reálných záběrů, kdy protipůsobící vzduch brzdí padající objekty a ty tedy za letadlem „zaostávají“ (přičemž zemi či jinou nehybnou vztažnou soustavu, která by nám pomohla získat správnější představu, již v záběrech dobře nevidíme). Názorným příkladem je obr 1.



Obrázek 1. Projektily padající z letadla. U těch, co se nachází přímo pod letadlem, vidíme, že jsou na úrovni poklopů, z nichž byly vypuštěny; postupně však za letadlem zaostávají, pravděpodobně v důsledku zrychlení letadla či působením vzduchu (jejich pohyb vůči zemi přitom z obrázku odhadnutelný není). Takovéto záběry bohužel pravděpodobně přispívají ke zmíněné miskonceptci (obrázek převzat z [1]).

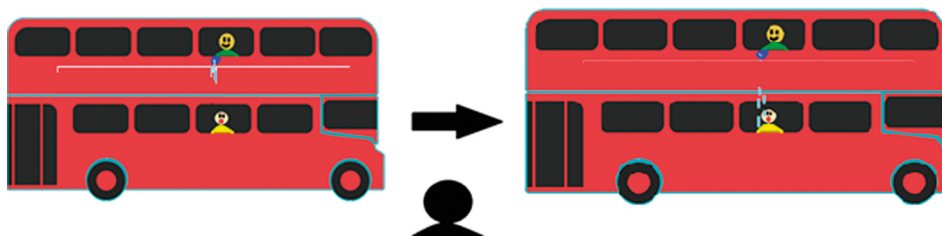
Proti nejasnostem, spojeným s touto na první pohled jednoduchou úlohou, máme naštěstí účinné zbraně – důsledné pochopení 1. Newtonova zákona (a zejména uvědomění si, že při uvolnění neztratí nálož onu rychlost, kterou se předtím pohybovala s letadlem) a alespoň fenomenologické vysvětlení působení odporové síly vzduchu či větru. Aby byla tato porozumění jednodušší a posílená i nějakými silnějšími vjemy, které přebijí i nešťastně pochopené reálné záznamy ve stylu obrázku 1, můžeme využít následující strategie:

## Diskuze analogií

Pro lepší představu situace můžeme žákům nabídnout analogii, na které se dá celý problém ukázat a je tak šance na to jej snáze uchopit. Zde by to mohla být například úvaha na téma cesty dvoupatrovým autobusem, při níž chce jeden nezbedný spolužák polít hlavu jiného kolegy, sedícího na sedačce umístěné o patro níže přímo pod ním. Pokud by se vykláněli oba spolužáci při jízdě z okna a pokud by se autobus pohyboval rovnoměrně přímočaře, pak by jistě stačilo, aby horní nezbedník vystrčil ruku s kelímkem a vylil vodu přímo svisle dolů na nic netušícího nebohého kolegu (vůči sobě navzájem svou polohu nijak nemění, jeden žák stále sedí pod tím druhým). Z pohledu obou žáků tedy padá voda z kelímku směrem svisle k zemi. Pro kolemjdoucího by to ale vypadalo tak, že v jeden moment by horní žák obrátil kelímek a voda začala padat, a o chvíli později, o pár metrů dále (neboť autobus stále jede), by viděl vodu dopadat na hlavu nešťastníka v dolním patře. Na tomhle příkladu by tedy bylo hezky vidět, že pro okolní pozorovatele padá předmět směrem dolů a dopředu, což by byl případ i u naší bomby a našeho letadla. Celá výše popsaná situace je pak ilustrována na obr. 2 a 3.



Obrázek 2. Vztahná soustava autobusu. Žáci se vůči sobě nepohybují, pokud chce tedy jeden druhému vylít na hlavu vodu, stačí mu jednoduše převrátit kelímek a nechat vodu spadnout svisle dolů k zemi. V této vztahné soustavě tedy padá voda jen směrem dolů. (Obr. převzat a upraven z [2].)



Obrázek 3. Vztahná soustava vnějšího pozorovatele. Nyní se oba žáci pohybují oproti pozorovateli rovnoměrně přímočaře spolu s autobusem, a vidíme, že voda nejenže padá dolů jako ve vztahné soustavě autobusu, ale také se pohybuje dopředu s autobusem. (Obrázek převzat a upraven z [2].)

## Poznatkový konflikt

S trochou snahy se dají najít i další velmi názorné ukázky tohoto problému. První varianta je celou situaci zkusit přímo s třídou – žák se může pokusit co nejvíce rovnoměrně běžet a u předem dané značky upustit předmět, přičemž zbytek třídy může sledovat, co se s tímto objektem při pádu stane – jestli skončí na značce, před ní či za ní. V dnešní době je pak možné využít i toho, že někteří ze sledujících žáků zkusí celý pokus natočit na telefon z různých úhlů, přičemž se následně mohou na záznam všichni opakovaně podívat a společně jej popsat a zanalyzovat.

Příklad podobných videí, natočených v rámci tělocviku samotnými žáky, je potom k dispozici v [3]. Vznikly v rámci ČŽV práce Herberta Pohla na MFF UK, a jde o hezkou ukázkou problematiky skládání rychlostí.

Další možností je využít i videa z internetu, ilustrující podobný problém, a to i ve větších rychlostech. Již při kratším hledání lze nalézt následující možnosti, které by s potřebným komentářem mohly sloužit jako zajímavá ukázka k dané problematice, možných ukázkových videí pak bude jistě i více.

<https://www.youtube.com/watch?v=KacTRPL1MtE> – pokus přímo z přednáškové místnosti – z jedoucího vozíku je kolmo vzhůru vystřelen míček, a tento míček je stejným vozíkem při dopadu následně zachycen. Jde vlastně o „letadlo, vystřelující projektil směrem vzhůru“.

[https://www.youtube.com/watch?v=-VJzr\\_aSSE4](https://www.youtube.com/watch?v=-VJzr_aSSE4) – hezká ukázka provedená ve vyšší rychlosti, navíc je zde dobře viditelný pohyb objektu jak vůči pohybuujícímu se „letadlu“ (zde autu), tak i vůči zemi. Míč není přímo upuštěn, ale pro lepší viditelnost hozen kolmo na směr pohybu, což je ale jediný rozdíl oproti popisované situaci s letadlem.

<https://www.youtube.com/watch?v=qQVDAMzo4mE> – pokus od MythBusters, kdy je z jedoucího vozu vystřelen projektil proti směru pohybu tohoto vozu při stejné velikosti rychlosti jako je rychlost vozidla. Z pohledu ze země je potom hezky vidět, že teprve při vystřelení zpět padne projektil přímo svisle směrem k zemi. Jedná se spíše o rozšíření popisovaného problému, bylo by tedy vhodnější toto video ukázat až později po nějakém úvodním objasnění – nicméně jde i tak o hezkou ukázkou, která může pomoci se získáním lepší představy.

## Autoreflexivní aktivní učení se žáka

Chceme-li, aby na řešení přišli žáci sami, je možné jim dát sadu intuitivněji přijatelných úloh, které je pak při aplikování stejných postupů mohou dovést až ke správnému výsledku i v případě padající bomby a letadla. Příklad (obrázky převzaty a upraveny z [2]):

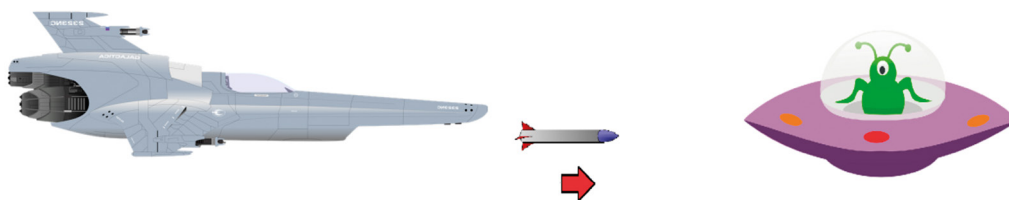
- 1) Vesmírná loď pronásleduje ve volném prostoru (daleko od jiných vesmírných objektů) létající talíř, přičemž oba objekty se pohybují kupředu stejně velkou rychlostí 200 km/h vzhledem k pozorovateli, vznášejícímu se ve skafandru. Loď potom vystřelí střelu, pohybující se od ní rychlostí 50 km/h. Určete, jakou rychlostí se střela pohybuje vůči létajícímu talíři a jakou rychlostí se pohybuje vůči onomu pozorovateli.

Řešení: Vzhledem k létajícímu talíři se střela přibližuje rychlostí 50 km/h, přičemž obecně lze tuto rychlost získat jako:

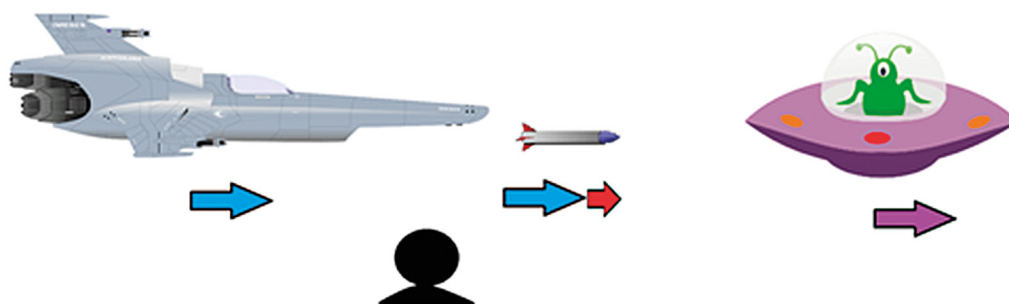
$$\text{Rychlost přibližování střely vůči létajícímu talíři} = \text{rychlost lodi vzhledem k talíři (zde 0 km/h)} + \text{rychlost vzdalování střely od lodi (zde 50 km/h)}^1$$

Vůči vnějšímu pozorovateli se nicméně obě plavidla pohybují rychlostí oněch 200 km/h, což se přičte i k rychlosti samotné střely. Ta se pak vzhledem k vnějšímu pozorovateli pohybuje rychlostí 200 km/h + 50 km/h = 250 km/h směrem k létajícímu talíři, obecně

$$\text{Rychlost střely vzhledem k vnějšímu pozorovateli} = \text{rychlost lodi, z níž byla vystřelena, vzhledem k vnějšímu pozorovateli} + \text{rychlost střely vzhledem k lodi}$$



Obrázek 4. Vztažná soustava plavidel. Loď i létající talíř se vůči sobě pohybují s nulovou rychlostí, a střela se tedy přibližuje k létajícímu talíři pouze rychlostí, kterou se vzdaluje od lodi (červená šipka)



Obrázek 5. Vztažná soustava vnějšího pozorovatele. Modrá šipka zde značí rychlost lodi, fialová rychlost talíře, obojí vzhledem k vnějšímu pozorovateli (zde jsou ovšem stejně velké), červená šipka pak opět symbolizuje rychlost vzdalování střely od lodi.

- 2) Může se stát, že by vystřelená střela v předchozím případě zasáhla loď, která ji vypálila, protože by ji loď „dohnala“? A co by se stalo, pokud by střela nebyla vystřelena, ale pouze volně upuštěna z lodi? Jakou rychlostí by se pak pohybovala vůči našemu volně se vznášejícímu pozorovateli? A jak by vypadala trajektorie jedné vystřelené a jedné pouze uvolněné střely z pohledu vnějšího pozorovatele?

<sup>1</sup> Pro jistotu zdůrazníme, že směr rychlostí je podstatný a je tedy nutné jej zde i dále brát vždy v potaz.

Řešení: Z předchozí otázky a vizuálně i z obrázku 5 lze celkem snadno vidět, že střela vypálená vpřed se musí vždy pohybovat vůči vnějšímu pozorovateli rychleji, než samotná loď (už jen proto, že rychlost lodi je jednou ze složek rychlosti střely. Ve vztažné soustavě lodi je to ještě zřejmější – pokud směrem od sebe vypálí střelu, pak, pokud si udržuje stále stejnou rychlost, tuto střelu jistě nedožene). Pokud by byla střela pouze „upuštěna“, tedy vypálena nulovou rychlostí, tak by se v souladu s předchozím příkladem a obrázkem pohybovala opět podle vztahů

Rychlost přibližování střely vůči létajícímu talíři =  
 rychlost lodi vzhledem k talíři (zde 0 km/h) + rychlost vzdalování střely od lodi (zde 0 km/h)

Rychlost střely vzhledem k vnějšímu pozorovateli = rychlost lodi, z níž byla vystřelena,  
 vzhledem k vnějšímu pozorovateli (zde 200 km/h) + rychlost vzdalování střely od lodi  
 (zde 0 km/h)

Tedy vidíme, že vzhledem k lodi by se nepohybovala a vzhledem k vnějšímu pozorovateli by letěla stejnou rychlostí, jako má samotná loď (vizuálně se opět můžeme podívat na obrázek 5 a představit si, že červená šipka je nulová, tedy že v obrázku není).

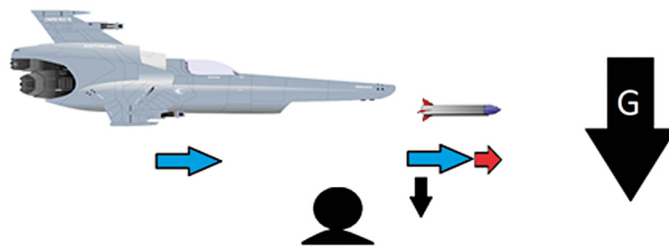
Porovnání trajektorií z pohledu vnějšího pozorovatele by pak ukázalo, že vypálená střela se pohybuje po přímce od lodi k létajícímu talíři, stejně jako upuštěná střela, která by se ale pohybovala stále přímo u lodi.

- 3) Nyní přesuneme naše lodě a kosmonauty do blízkosti Země, která je přitahuje tíhovou silou. Odpor vzduchu nebudeme uvažovat. Jak se změní rychlost vypálené střely vzhledem k lodi, ze které vyletěla, letí-li loď paralelně s povrchem Země? (Stačí, popíšeš-li tuto změnu kvalitativně.) Rozkresli si také, z jakých složek se v těchto případech skládá výsledná rychlost vztažená k zemi (svisle k zemi padá střela samozřejmě rovnoměrně zrychleně, vyber si tedy pro znázornění alespoň dva body v různé výšce). Jakou trajektorii by měla vystřelená střela z pohledu vnějšího pozorovatele stojícího na zemi nyní, v porovnání se stavem ve volném vesmíru?

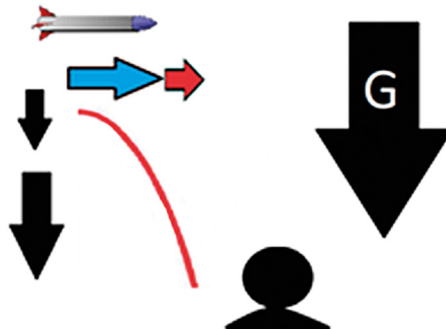
Řešení: Odpovědi na výše uvedenou otázku jsou zahrnuty v následujících obrázcích.



Obrázek 6. Vztažná soustava plavidel v tíhovém poli Země. Kromě rychlosti, se kterou se vzdaluje od lodi, nabírá nyní střela i rychlost, způsobenou tíhovým polem Země.



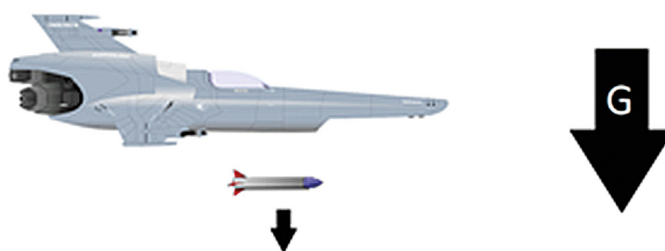
Obrázek 7. Pro srovnání stejná situace, ve vztažné soustavě vnějšího pozorovatele. I zde se samozřejmě objevuje svislá složka rychlosti v důsledku působení tíhové síly.



Obrázek 8. Detail dílčích složek rychlostí, s níž se střela pohybuje (svislá černá složka je důsledkem působení tíhové síly, v různých bodech má tak různou velikost; červená šipka značí rychlost střely vzhledem k lodi a modrá šipka značí rychlost samotné lodi, z níž byla střela vystřelena, vzhledem k vnějšímu pozorovateli). Pomocí těchto složek pak můžeme poměrně jednoduše naznačit trajektorii střely, z níž je jasně vidět, že při vystřelení se vzhledem k okolnímu světu pohybuje ve směru letu lodi, z níž byla vystřelena, a zároveň padá k zemi.

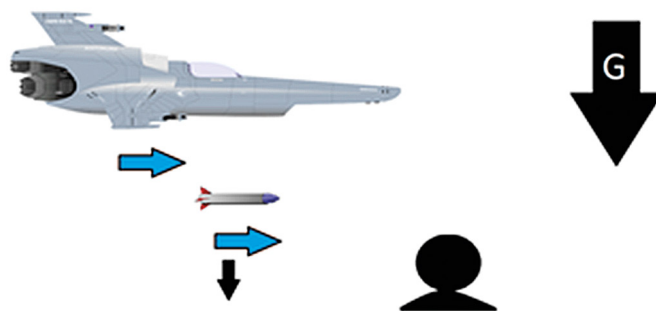
4) Co by se stalo, pokud by místo vystřelení kupředu střela z lodi pouze „upuštěna“? Nakresli si obrázek podobný situaci 3 a popiš, jak by se taková střela pohybovala vzhledem k lodi a vzhledem k zemi.

*Řešení: Jde vlastně o stejnou situaci, jako v obrázcích 6-8, ale červená šipka by zde byla nulová.*



Obrázek 9. Vzhledem k lodi padá upuštěná střela svisle dolů

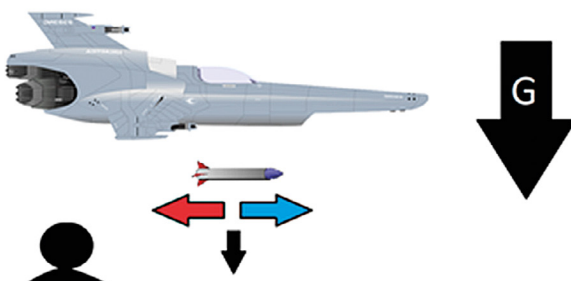




Obrázek 10. Vzhledem k vnějšímu pozorovateli se střela opět pohybuje směrem dolů a zároveň ve směru letu lodi

5) Jakou rychlostí by musela být střela vystřelena a v jakém směru, pokud bychom chtěli, aby padala přímo kolmo k zemi v místě svého vypuštění? (Vyjdi z dříve nakreslených obrázků.)

*Řešení:*



Obrázek 11. Vzhledem k tomu, že chceme dopad střely přesně kolmo pod místem jejího vypuštění, jsme ve vztažné soustavě pozorovatele (a vnějšího světa). Chceme-li tedy pouze svislý pád, musí být oproti rychlosti lodi (modrá šipka) rychlost vystřelení střely (červená šipka) stejně velká a musí mířit opačným směrem. Opět jde o jakési rozšíření dané úlohy, které by ale mohlo pomoci promyslet celou situaci a lépe ji tak pochopit.

Postup, jaký je v předchozím příkladu uveden, by snad mohl vést k nenásilnému pochopení celé problematiky a odstranění miskoncepce skrze vlastní zažitě porozumění, neboť nutí žáky uvědomit si všechny charakteristiky dané situace a dát je do souvislostí. Výhodou tohoto postupu je i to, že vede ke způsobu myšlení, který je aplikovatelný i u jiných problémů, na které mohou žáci později narazit.

## Závěr

Zmíněná miskoncepce nás nakonec dovedla k hezkému rozebrání celé situace. Lze na ní ukázat skládání rychlostí, je s ní možné pečlivě procvičit Newtonovy zákony a představy o pohybu v různých vztažných soustavách, a dotkne se pak třeba i odporu vzduchu. Původní omyl tedy může nakonec vést k rozšíření znalostí a dovedností, které jsou navíc zapamatovatelnější díky tak trochu „detektivnímu“ vyvracení zažitě miskoncepce. Postupy a poznatky takto získané se pak dají ve fyzice v různých obměnách uplatnit i v jiných příkladech. Navíc toto vše může žáky upozornit na to, že se nemohou úplně pokaždé spolehnout na prvotní intuici a že mnohdy přitom stačí nezaujatě se nad celou situací zamyslet a rozebrat si ji.

## Zdroje a literatura

[1] Rockwell B-1 Lancer, Wikipedie,  
[https://simple.wikipedia.org/wiki/Rockwell\\_B-1\\_Lancer](https://simple.wikipedia.org/wiki/Rockwell_B-1_Lancer), převzato 20. 12. 2020

[2] Pixabay, <https://pixabay.com>, převzato 20. 12. 2020

[3] Pohl, Herbert (2018). Výuka fyziky pomocí prožitkových aktivit. Závěrečná práce Kurzu všeobecně vzdělávacího předmětu fyzika. Praha: MFF UK.

# Volný pád dvou různě hmotných těles

Zeptáte-li se běžného člověka, zda závisí rychlost tělesa padajícího ve vakuu na jeho hmotnosti, zřejmě odpoví, že ano. Každý má přeci zkušenost, že např. železná koule padá rychleji než list papíru nebo peří. Správná odpověď však je, že rychlost tělesa padajícího ve vakuu na jeho hmotnosti nezávisí. Popsanou zkušenost z běžného života lze vysvětlit tím, že musíme brát v úvahu odpor vzduchu, který způsobuje rozdíly v rychlostech. Dle mých zkušeností je, i přes toto vysvětlení, situace, že by např. betonový kvádr mohl padat ve vakuu stejně rychle jako pírko, pro mnohé nepředstavitelná.

## Kognitivní konflikt

Uvedenou miskoncepti (tj. že hmotnější těleso by ve vakuu mělo padat rychleji) lze vyvrátit pomocí experimentu. Patrně nebudeme mít k dispozici „experimentální“ místnost, ze které bychom mohli vyčerpat vzduch. Ve školních podmínkách lze vyrobit vakuum např. pomocí vývěvy – v ní si ale realizaci experimentu moc neumím představit. Na internetu<sup>2</sup> lze najít, že existuje tzv. *Newtonova trubice*, což je skleněná trubice, ze které lze vyčerpat vzduch. V ní pak můžeme demonstrovat, že např. pírko padá ve vakuu stejně rychle jako kovová diabolka. Kromě toho můžeme také najít záznam pokusu<sup>3</sup> astronautů Irwina a Scotta z Apolla 15, kteří na Měsíci nechali současně ze stejné výšky spadnout sokolí pírko a geologické kladívko. Na povrch Měsíce dopadly současně. Nebo lze nalézt video<sup>4</sup> z vakuové komory, kde pouštějí bowlingovou kouli a peří. Opět dopadnou na zem současně.

Jak přiblížit, že kdybychom „odstranili“ odpor vzduchu, rychlost padajícího tělesa by nezávisela na jeho hmotnosti? Velikost odporové síly závisí mimo jiné na průřezu tělesa. Kdybychom zmenšili průřez padajícího tělesa na minimum, zmenšili bychom i odporovou sílu a mohli bychom ji vůči tíhové síle skoro zanedbat.

*Experiment* bychom mohli realizovat např. pomocí *dvou různě hmotných desek*. Jedna deska by byla z kartónu a druhá deska by mohla být plechová. Obě mají zřejmě rozdílnou hmotnost. Nejprve bychom pouštěli desky „naplocho“ (tak, aby rozrážely vzduch co největším průřezem) a pozorovali bychom, že plechová deska dopadne na zem dříve než deska z kartónu. Poté bychom pouštěli desky „hranou svisle dolů“ (tak, aby byl průřez rozrážející vzduch co nejmenší). Tentokrát by měly desky dopadnout na zem téměř ve stejnou chvíli.

Před experimentem bych vždy chtěl od žáků slyšet, jakou mají představu o výsledku (včetně pokusů obhájit své představy). Po provedení experimentu bych se vrátil k tomu, co žáci říkali a pokusil bych se o vysvětlení (alespoň kvalitativní).

<sup>2</sup> Např. viz [1].

<sup>3</sup> Viz [2].

<sup>4</sup> Viz [3].

## Analogie

S žáky bych vedl rozhovor (diskuzi), kde bychom si objasňovali, na čem závisí odpor vzduchu, resp. odporová síla.

- Mohli bychom se bavit např. o tom, jak funguje padák a co se stane, když parašutista padák otevře.
- Ptal bych se, proč se liší rychlost, jakou padá list papíru, když papír pustíme „hranou svísele dolů“ a když z téhož papíru vyrobím „vaničku“ (zvětším průřez). Přitom hmotnost listu papíru je v obou případech stejná.

Chtěl bych dojít k závěru, že zkušenost ze života není v rozporu se skutečností, že rychlost tělesa padajícího ve vakuu nezávisí na jeho hmotnosti. Jen je třeba si uvědomit, že kolem nás je vzduch, který rychlost pádu těles ovlivňuje (ten ve vakuu není). Na padající tělesa působí vzduch odporovou silou, ta závisí na tvaru tělesa, průřezu v rovině kolmé na směr rychlosti, rychlosti pádu<sup>5</sup>.

## Autoreflexivní učení žáka

Zde bych se přikláněl k řešení daného problému početně, pomocí známých vztahů. Pro žáky bych připravil pracovní list, který by je provedl odvozením vztahu pro rychlost padajícího tělesa ve vakuu. Odvození bych postavil na přeměně potenciální energie na kinetickou energii.

Návrh otázek:

- Jakou energii má např. míček v dané výšce (před puštěním)?
- Jak tuto (potenciální) energii určíme?
- Jaká bude situace před dopadem? Bude mít míček stále potenciální energii? Nebo třeba jenom kinetickou?
- Jak určíme velikost kinetické energie?
- Porovnejte situaci před puštěním míčku a těsně před dopadem. Bude se zachovávat nějaká veličina, popř. neznáte nějaký vhodný zákon zachování?

Alternativně lze vysvětlení postavit na tom, že jediná síla, která na padající těleso ve vakuu působí, je síla tíhová. S využitím druhého Newtonova zákona tak dostáváme rovnost  $m \cdot g = m \cdot a$ , kde  $m$  je hmotnost tělesa,  $a$  je zrychlení tělesa a  $g$  je tíhové zrychlení. Stejně jako u výpočtu postaveného na přeměně potenciální energie na kinetickou energii se hmotnosti vykrátí. Zrychlení tělesa  $a$  je tak rovno tíhovému zrychlení  $g$ , které je při pádu konstantní.

Jsem toho názoru, že když si žáci odvodí vztah pro výpočet rychlosti padajícího tělesa ve vakuu a uvidí, že se hmotnost ve výpočtu vykrátí, mohlo by je to přesvědčit o tom, že zde závislost na hmotnosti skutečně není. Žák při odvození vychází z myšlenek, které by měl bezpečně ovládat a pomocí jednoduchých úprav dochází ke vztahu, z něhož lze učinit závěr.

<sup>5</sup> Mohli bychom zmínit i vztah pro odporovou sílu:  $F_o = \frac{1}{2} C S \rho v^2$  (tento vztah platí při vyšších rychlostech, při malých rychlostech je odporová síla úměrná první mocnině rychlosti).

## Diskuze

Myslím, že je představa nezávislosti rychlosti pádu tělesa ve vakuu na jeho hmotnosti pro mnohé lidi téměř nepřijatelná. Její vyvrácení je, bez alespoň základních znalostí fyziky, poměrně obtížné. Osobně bych s případným vyvrácením této miskoncepce počkal až na střední školu. Mne osobně nejvíce přesvědčil výpočet založený na rovnosti potenciální a kinetické energie. Jsem si ale vědom toho, že pro většinu lidí může být nejnázornější např. pokus s Newtonovou trubicí.

Obecně jsem pro vyvrácení pouze některých miskoncepčí, a to těch, které jsou (z mého pohledu) lehce vyvratitelné nebo těch, které mají důležitý dopad do běžného života – zejména těch, které souvisejí s bezpečností. Do výuky bych zařazoval příklady „na vyvrácení miskoncepčí“ jen občas. Byl bych totiž velice nerad, kdyby žáci nabyli dojmu, že se neustále mýlí, a tak že je fyzika jen pro vyvolené.

Na druhou stranu, vyvrácení některých miskoncepčí vyžaduje poměrně hluboké znalosti z fyziky, a tak může být zajímavé zařadit úlohy tohoto typu do fyzikálního semináře. Tam se již očekává, že mají studenti o fyziku zájem, a tak by je řešení takovýchto úloh mohlo spíše obohatit než otrávit.

## Zdroje a literatura

[1] *Fyzikální kabinet: Newtonova trubice* [online]. Praha: [www.fyzikalnikabinet.cz](http://www.fyzikalnikabinet.cz), 2021 [cit. 2021-11-30]. Dostupné z: <https://fyzikalnikabinet.cz/pokus/newtonova-trubice/>.

[2] *Kladivo vs. pírkó na Měsíci*. *Youtube* [online]. USA: Google, 2014 [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=05X00kMg9yU>.

[3] *Největší vakuová komora na světě*. *Videačesky* [online]. Praha: Internet Info, 2021 [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://videacesky.cz/video/nejvetsi-vakuova-komora-na-svete>.

# Stav beztíže lze zažít pouze ve vesmíru

Většina žáků zná stav beztíže zejména z různých sci-fi filmů a ze záběrů astronautů z Mezinárodní vesmírné stanice. Intuitivně tak chápou, o co jde, a je to pro ně atraktivní téma. Mají ovšem často pocit, že tento stav, kdy *nic nevážíme*, můžeme zažít pouze mimo Zemi. Následující text předkládá dva rozhovory učitele se žáky, které mají pomoci tuto miskoncepci vyvrátit.

## Rozdíl mezi tíhou a tíhovou silou

**Učitel:** Nejprve si musíme ujasnit *co je to vlastně stav beztíže?* Řekněme si to pomalu: *stav beztíže*. Tedy vypadá to, jako by to byl stav, kdybychom nic nevážili. Lépe řečeno nepocítovali *tíži*. Co je to tedy tíha?

**Žáci:** Že něco vážíme....

**Učitel:** Dobře, a jak to můžeme zjistit?

**Žák:** Zvážíme se na váze.

**Učitel:** To je dobrý nápad, považujme tedy klasickou osobní váhu za měřicí přístroj, který dokáže naměřit velikost tíhy. Jak váha *pozná*, že na ní stojíme?

**Žák:** Že na ni tlačíme.

**Učitel:** Aha, tak to se nám může dále hodit. Já teď ještě dodám, že tíha je fyzikální pojem, že je to síla. Tedy má jednak velikost a jednak směr. Nepřipomíná vám náhodou tíha svým názvem nějakou další sílu, o které jsme se nedávno bavili?

**Žák:** Tíhovou sílu?

**Učitel:** To je pravda. Název je velmi podobný. Nemůže se tedy nakonec stát, že pojem tíha a tíhová síla budou synonyma? Tedy prostě jen dvě možná označení jednoho a toho samého? Pojdme to prozkoumat. Začněme tím, že budeme stát v klidu na zemi. Bude na nás působit tíhová síla?

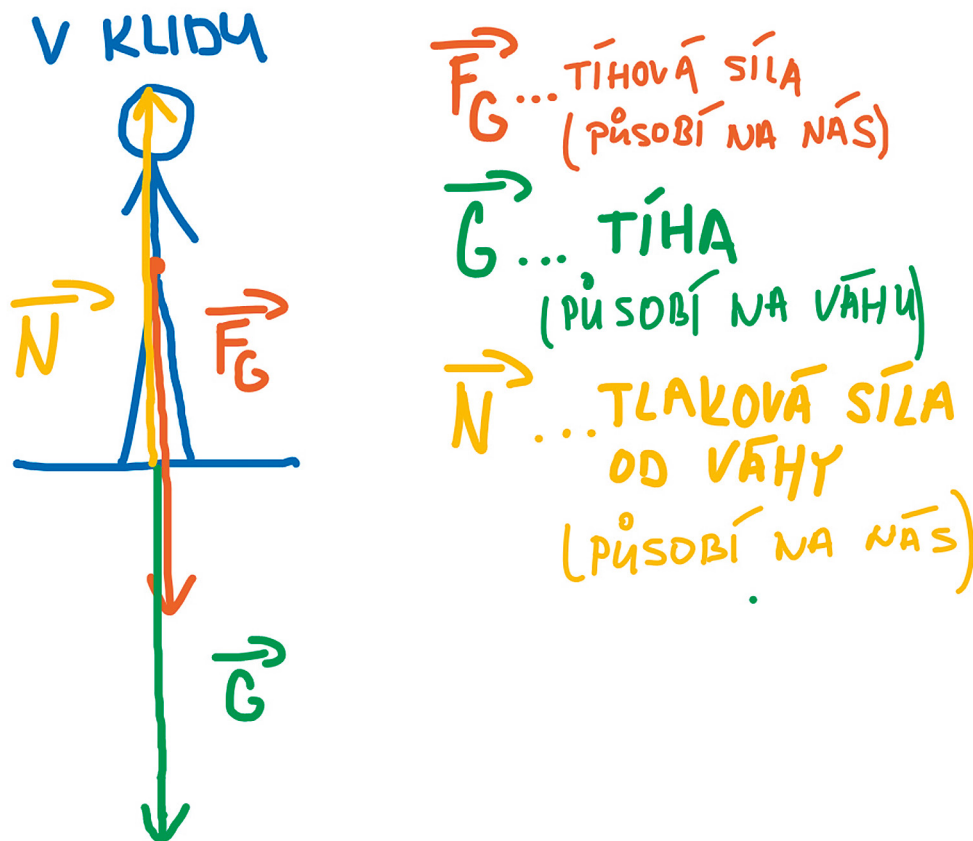
**Žáci:** Ano.

**Učitel:** Jistěže ano. Jsme v tíhovém poli Země, není tedy důvod, aby na nás nepůsobila. Možná si dokonce vzpomenete, že tíhová síla má působiště v těžišti tělesa a že její velikost můžeme vypočítat jako  $F_G = m \cdot g$ .

A jak to bude s tíhou? Tady se nám bude hodit představa, že stojíme v klidu na již zmiňované osobní váze. Naměří váha něco?

**Žáci:** Ano.

**Učitel:** Je to tak. Váha změří naši hmotnost, protože na ni působí naše tíha, neboli jak už jste řekli, na ni „tlačíme“. V tomto případě bude velikost tíhy a tíhové síly stejně velká. Tyto dvě síly se ale liší v tom, kde mají působiště a na co působí. Tíhová síla má působiště v našem těžišti a působí na nás. Tíha má působiště v místě styku tělesa s podložkou, v našem případě v místě, kde stojíme na váze, a působí na váhu. Tíha je v podstatě tlaková síla, kterou působíme na podložku – v našem případě váhu. Pojdme si to zakreslit na tabuli.



Obrázek 1. Tíhová síla a tíha, když je těleso v klidu<sup>6</sup>.

Do obrázku jsme si ještě zakreslili tlakovou sílu od váhy (jde vlastně o reakci k tíze dle 3. Newtonova pohybového zákona). Když vektorově sečteme všechny síly působící na nás, dostáváme nulovou výslednou sílu. Což odpovídá tomu, že se nacházíme v klidu. Tedy zatím to vypadá, že tíhová síla a tíha jsou víceméně *stejně* síly, které se liší pouze v místě působiště a tělese, na které působí. Ale raději to ještě zkoumejme dál. Co kdybychom volně padali volným pádem. Působila by při tom na nás tíhová síla?

**Žáci:** Ano.

**Učitel:** Jistě, jinak bychom ostatně ani volným pádem nepadali. A navíc jsme stále v tíhovém poli Země. Jak by to bylo s tíhou? Chci, abyste si to teď pořádně rozmysleli a vzali v úvahu, co jsme si doteď o tíze řekli (je to v podstatě tlaková síla, kterou působíme na podložku).

<sup>6</sup> Váha je také v klidu a výsledná síla, která na ni působí, je nulová. Kromě tíhy na ni působí tíhová síla a tlaková síla od podložky, na které leží. Tyto síly jsme kvůli přehlednosti již do obrázku nekreslili.

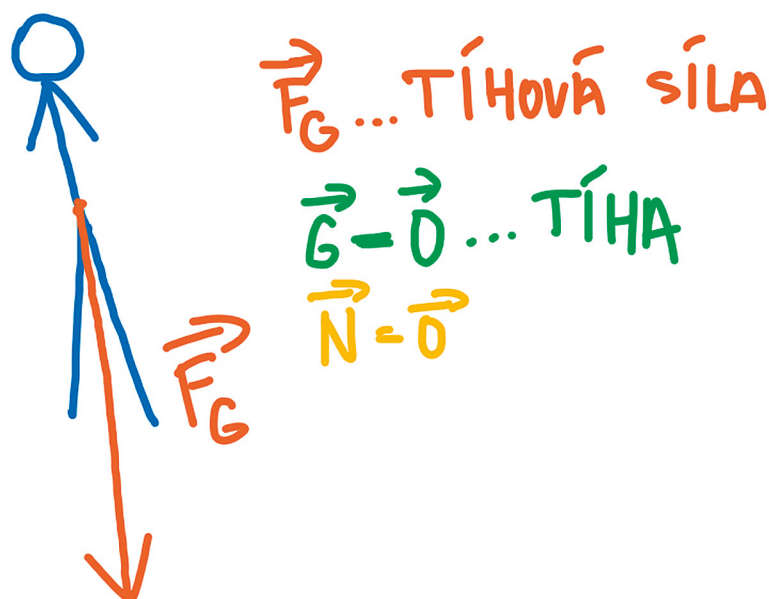
Jak velká by v tomto případě tedy byla tíha? Neboli jak velkou silou bychom působili na podložku?

**Žáci:** Nulovou?

**Učitel:** Ano! Na váhu bychom působili nulovou tíhou, byli bychom tedy ve stavu beztíže!

Tedy tíha není to samé co tíhová síla. A při volném pádu zažíváme stav beztíže!

## VE VOLNÉM PÁDU



Obrázek 2. Tíhová síla a tíha při volném pádu.

### Bližší pohled na volný pád

**Učitel:** Kde můžeme zažít stav beztíže?

**Žáci:** Ve vesmíru!

**Učitel:** S tím souhlasím, a je to jediná možnost, jak tento unikátní pocit zažít?

**Žáci:** Asi ano.

**Učitel:** Podívejme se na video astronauta z Mezinárodní vesmírné stanice, kde zažívají stav beztíže. A to přesněji na část videa, kde ukazuje, co se stane, když před sebe vytlačím trochu vody.  
[https://youtu.be/H\\_qPWZbxFl8](https://youtu.be/H_qPWZbxFl8)

**Učitel:** Co jsme viděli, že se stalo s vodou?



**Žáci:** Voda byla ve tvaru koule.

**Učitel:** Výborně. A co se s ní naopak nestalo oproti tomu, co bychom očekávali tady na Zemi?

**Žáci:** Nespadla na zem, ale zůstala „viset ve vzduchu“.

**Učitel:** Pojdme společně vyzkoušet pokus. Vezmeme PET lahev a uděláme do ní několik malých děr. Tuto láhev nyní naplníme vodou a budeme držet. Asi nás nepřekvapí, že z ní začne voda vytékat a padat na zem.

Co by se s takovouto PET lahví stalo, kdyby ji držel astronaut z předchozího videa?

**Žáci:** Tam by voda nevytékala, ale zůstala v láhvi.

**Učitel:** Dobře, pojdme teď vyzkoušet malý pokus. Půjdeme ven a Honza zůstane ve třídě. Až budeme venku před školou, Honza pustí volně lahev z okna. My budeme pozorně sledovat, co se s vodou bude dít během pádu. Můžeme zvolit někoho z vás, aby celý pokus natočil pomocí mobilu a my se pak mohli na něj opakovaně podívat.

**Učitel:** Co jsme viděli?

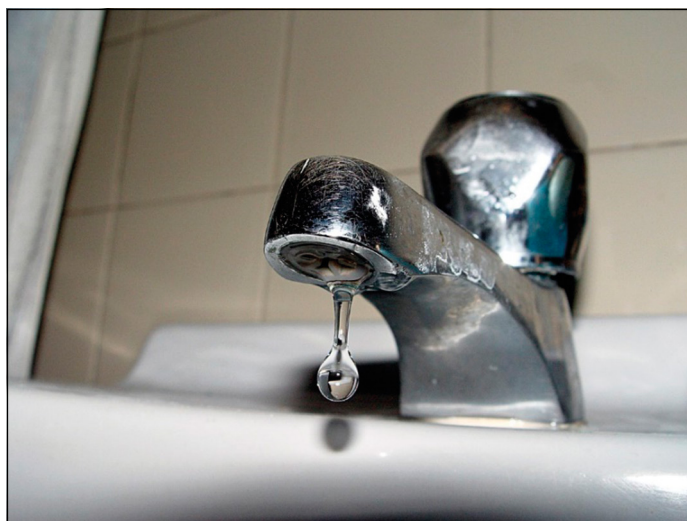
**Žáci:** Voda nevytékala, když láhev padala.

**Učitel:** Ano, a přesně to jsme říkali, že by se stalo při tomto pokusu, kdyby ho zkoušel astronaut.

Zkusme ještě jeden pokus. Nechám tu z kohoutku kapat vodu. Jaký mají padající kapky tvar?

**Žáci:** Jako tvar kapky...

**Učitel:** Ty kapky padají příliš rychle, než abychom to viděli na vlastní oči, pojdme to zkusit vyfotit a následně si fotky prohlédneme.



Obrázek 3. Padající kapka vody. [3]

**Učitel:** Jaké mají padající kapky tvar?

**Žáci:** Mají tvar kuličky.

**Učitel:** Aha, tak to vypadá, že minimálně voda má při volném pádu stejný tvar jako ve stavu beztíže. To proto, že při volném pádu voda *JE* ve stavu beztíže. A nejenom voda. Při volném pádu zažívají stav beztíže všechna tělesa, tedy i my bychom mohli. Jediný problém je, že obvykle ve volném pádu nebýváme příliš dlouho.

Zkusme ještě jeden pokus. Vybereme si mezi námi někoho, kdo má dlouhé vlasy, a zkusíme se vyfotit při skákání na trampolíně v tělocvičně (případně při seskoku ze švédské bedny do žíněnky apod.). Prostě budeme se snažit vyfotit člověka s rozpuštěnými dlouhými vlasy ve volném pádu. Porovnejte naši fotku se záběry astronautky na ISS <https://youtu.be/kOIJ7AgonHM>:



Ze všech našich úvah a pokusů vyplývá, že stav beztíže můžeme zažít i na Zemi, pokud jsme ve volném pádu. Na závěr si můžeme vyzkoušet ještě jeden jednoduchý pokus. Stoupneme si na židli a na natažené ruce si položíme těžkou knihu. Cítíme, jak nám kniha do rukou tlačí, cítíme její tíhu. Když s knihou ze židle seskočíme, tak během pádu žádný tlak do rukou pociťovat nebudeme – my i kniha jsme ve stavu beztíže.

## Zdroje a literatura

[1] Galili, I. (1995). Interpretation of students' understanding of the concept of weightlessness. *Research in Science Education* 25, 51–74. <https://doi.org/10.1007/BF02356460>

[2] Gönen, Selahattin (2008). A Study on Student Teachers' Misconceptions and Scientifically Acceptable Conceptions About Mass and Gravity. *Journal of Science Education and Technology* [online]., 17(1), 70-81 [cit. 2021-11-24]. ISSN 1059-0145. Doi:10.1007/s10956-007-9083-1

[3] [online]. File:Dropping faucet.jpg – Wikimedia Commons. [online]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dropping\\_faucet.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dropping_faucet.jpg)

# Miskoncepce ohledně slapových jevů

Žáci se často v zeměpise, případně ještě v přírodovědě, naučí, že za příliv a odliv může působení Měsíce. Tím vznikají hned dvě miskoncepce najednou – že slapové jevy ovlivňuje jen Měsíc, a že se týkají jen vody. V krajních případech vzniká i třetí miskoncepce, totiž že příliv i odliv nastávají jen jednou za den, nebo jednou za dobu oběhu Měsíce kolem Země. Všechny tři miskoncepce můžeme dohledat v zahraničních zdrojích [1] nebo [2] a podle výsledků [3] lze usuzovat, že k nim dochází i v České republice. Důvody vzniku těchto miskoncepce mohou být různé. V prvním a druhém případě se žák v nižším ročníku učí zjednodušenou verzi popisu daného jevu – je snazší představit si (a ukázat), že se hýbe vlivem gravitačního působení Měsíce voda, než pevnina. Zároveň jde o učebnicový příklad „fyzikálního zanedbávání“, kdy vliv gravitační síly Měsíce na slapové jevy je nejméně významnější, proto vliv ostatních kosmických těles v nižších ročnících ani nezmiňujeme a tiše a nenápadně ho zanedbáme. U třetí miskoncepce nastává problém s představivostí – je snazší představit si model, kdy příliv (v horším případě voda) „obíhá“ Zemi, jako by pronásledovala Měsíc, než model skutečný, který můžeme najít popsany a přiblížený středoškolské úrovni například v práci [3].

Zaměřím se primárně na chybnou představu, že slapové jevy ovlivňují pouze vodu. Zároveň budu navrhané postupy směřovat spíše na starší žáky, protože slapové jevy jsou skutečně složité zejména na prostorovou představivost, která u mladších žáků není vždy tolik rozvinutá. Zároveň se u starších žáků můžeme opírat o poznatky, které ještě mladší žáci nemají.

## Diskuze analogií

Zde bych postupovala po sérii otázek, které ukazují, že i když na sebe dvě tělesa vzájemně působí stejně velkou silou, projevy této síly mohou být různé:

- 1) Když jede traktor, jeho otáčející se kola se „odstrkují“ od země pod ním. To ale znamená, že stejně velkou silou, jakou působí Země na kola traktoru, musí působit i kola traktoru na Zemi a otáčet jí v opačném směru, než jakým traktor jede – proč toto otáčení nepozorujeme? Země má mnohem vyšší hmotnost a pootočení způsobené traktorem (ke kterému dochází) je tak malé, že ho nepozorujeme, ani kdyby všechny traktory světa vyrazily najednou stejným směrem.
- 2) Co se stane, když tlačím na houbu na mytí tabule? Na basketbalový míč? Na cihlu? Proč jsou výsledky různé, i když tlačím stejnou silou?

Dále bych žáky navedla k tomu, že i když si při počítání příkladů představujeme, že přitažlivé síly působí v těžišti, ve skutečnosti to znamená, že každá část tělesa k této síle přispívá – už jen tím, že hmotnost každé části a to, jak je na tělese rozložena, přispívá k tomu, kde je těžiště umístěno! Přes toto bych došla k otázce, jak to, že slapové jevy působí jen na vodu, a ne na zbytek Země – tedy jak to, že Měsíc a Slunce si umí vybírat, že budou přitahovat jenom vodu? Je to nějaký zvláštní druh přitažlivosti, který jsme neprobírali? Magie?

Vzhledem k tomu, že nic takového nepozorujeme kdekoliv jinde v přírodě, pravděpodobně to nebude pravda – s trochou štěstí se tedy povede přes částečné analogie žáky navést na to, že gravitační působení mezi Měsícem a Zemí a Sluncem ovlivňuje i pevninu, jen je toto hůře pozorovatelné než změny hladiny vody. V případě starších žáků bych zvažila následnou otázku, jak to bude s atmosférou – ta se přece také skládá z částic.

## Poznatkový konflikt

U poznatkového konfliktu bych se opřela poměrně stručně o to, že ve vztahu pro výpočet gravitační síly nikde nefiguruje složení nebo skupenství látky, ze které je těleso složeno (pokud už pracujeme s hmotností tělesa). A když v poměrně přesném výpočtu počítáme s tím, že působíme na Zemi „tak nějak obecně jako na celek“, neexistuje důvod z tohoto jakkoliv speciálně vyčleňovat vodu ani pevninu. Nebo je snad tabulková hmotnost Země uváděna bez vody, nebo bez pevnin?

Dále bych žáky seznámila s tím, že slapové jevy se netýkají jen Země, ale všech vesmírných těles – třeba Měsíce! A je poměrně známým faktem, že na Měsíci vodu nenajdeme. Tedy když tam dochází ke slapovým jevům, musí se týkat toho, co tam najdeme – pevniny. Doufala bych, že spojení „Týká se to i Měsíce – tam není voda – musí se to týkat ne jen vody“ žákům pomůže upevnit správný model.

## Autoreflexivní aktivní učení se žáka

Pro autoreflexivní učení žáků není vybraný jev úplně příznivý, protože se špatně pozoruje – až na mořské dmutí, což nám nepomůže, když chceme žáky přesvědčit, že to není jediný projev slapových jevů. Také by bylo složité ve školních podmínkách vymyslet snadno proveditelný pokus. Zde bych se tedy spolehla na aktivní učení v tom smyslu, že v některé z hodin, kdy mají žáci pracovat na počítačích v rámci mezipředmětových vztahů, bych jim zadala například vypracování nějakého projektu o slapových jevech. Nebo samostatné zkoumání pomocí internetu s tím, že budou mít k dispozici pracovní list, který mají vyplnit – a který by obsahoval otázky kontrolující pochopení toho, že slapové jevy působí i na pevninu, případně i na atmosféru.

V každém případě bych žákům pro začátek poskytla tři odkazy, na kterých mohou začít se svým bádáním, aby neměli pocit, že neví kudy do toho – a aby se v ideálním případě dostali alespoň ke dvěma stránkám s různou obtížností, které obě zmiňují požadované téma. Vybrané stránky jsou následující:

- 1) [https://cs.wikipedia.org/wiki/Slapov%C3%A9\\_jevy](https://cs.wikipedia.org/wiki/Slapov%C3%A9_jevy)
- 2) [https://cs.wikipedia.org/wiki/Shoemaker-Levy\\_9](https://cs.wikipedia.org/wiki/Shoemaker-Levy_9)
- 3) <http://www.stranypotapecske.cz/teorie/priliv-odliv.asp?str=200803150009040>

Voleny byly takto z prostého důvodu. Wikipedii mnoho žáků považuje za spolehlivý zdroj, navíc už se s ní pravděpodobně setkali. Informace o slapových jevech jsou tu poměrně stručné, ale nejsou chybné. Tedy sice bohužel přispíváme k tomu, že žáci budou hledat věci na wikipedii, ale s trochou štěstí jim to poskytne dobrý odrazový můstek pro samostatné hledání.

Kometa Shoemaker-Levy 9 zanikla mimo jiné působením slapových jevů, jak je zmíněno už v prvním článku na wikipedii. Doufám, že to, že si o ní přečtou velice stručný samostatný článek, opět posílí vzpomínku, že se slapové jevy netýkají jen těles, na kterých očekáváme výskyt vody – a když kometu roztrhaly, implikuje to doufám působení na její pevné části.

Třetí odkaz je poměrně podrobný a složitý, zařadila bych ho tedy opět u starších žáků. Je to jiný zdroj než wikipedie, abychom alespoň nastínili, že hledat lze i jinde. Přes vysokou úroveň je text psaný relativně čtivě (dle mého osobního názoru), je dobře ilustrovaný a zabývá se více otázkami, než jen touto jednou miskoncepcí. Stránku bych proto obecně považovala za dobrý studijní materiál.

## Diskuze

Z mnou nastíněných možností mi jako nejefektivnější přijde vlastní práce žáka usměrněná učitelem, tedy autoreflexivní učení a diskuze. Sama jsem se při hledání zdrojů pro část s aktivním učením dozvěděla spoustu nového, nebo mi to tak přišlo – pravděpodobně jsou to věci, které se ve škole jednou zmíní a už nikdy je nikdo znovu nepotřebuje a nevyžaduje. Nepřišlo mi to nejspíš důležité ani zajímavé, než jsem si to sama našla. Celkově se proto domnívám, že pokud už by chtěl vyučující bojovat zrovna s touto miskoncepcí, samostatná práce je nejlepší cesta.

Otázkou však je, zda věnovat čas zrovna slapovým jevům, když existuje tolik jiných miskoncepcí, které navíc dále ovlivňují učení se fyziky. Například že větší těleso přitahuje menší větší silou než naopak. Oproti takovým miskoncepcím je přínosem zrovna slapových jevů snad jen to, že se na nich dobře ilustruje, že někdy pozorujeme jenom část toho, jak se věci skutečně mají.

Samozřejmě také narážíme opět na to, že odstranění libovolné miskoncepce je složitý proces a naše snahy nemusí být úspěšné, nezávisle na investovaném čase a úsilí. Přesto se domnívám, že má smysl se o to pokoušet, už jen z hlediska osobnostního rozvoje žáka – je potřeba, abychom uměli přijmout, že naše představa je třeba chybná a v některých situacích nefunguje, a zamysleli se nad tím, proč to tak je a co s tím můžeme dělat.

## Závěr

Odstranění miskoncepce, že slapové jevy ovlivňují na Zemi jen vodu, bohužel nemůžeme plně podpořit pokusem nebo pozorováním. Musíme se tedy spolehnout na to, že když tuto informaci žákům spojíme s něčím zajímavým, jako zničení komety, nebo je k ní dovedeme logickou cestou, alespoň někteří si ji zapamatují. Nejedná se však o miskoncepci, která by negativně ovlivňovala další učení.

## Zdroje a literatura

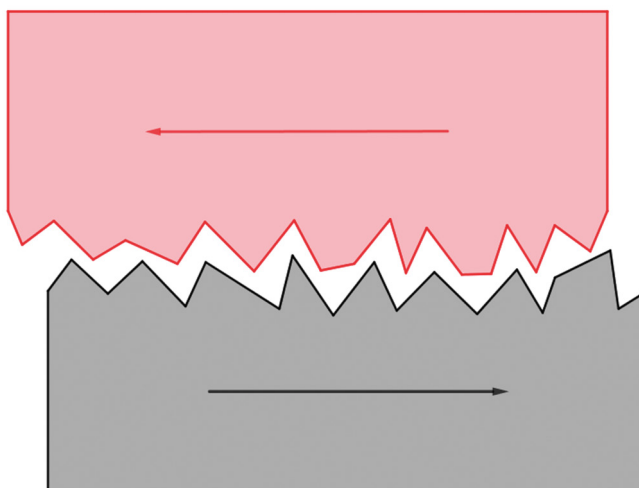
[1] Engelmann, C. et al. (2011) *MiTEP List of Common Geoscience Misconceptions*. Dostupné online [24.1.2022] <http://www.mspnet.org/projects/mitep/22601.html>

[2] Viiri, Jouni. (2000). *Students' understanding of tides*. Physics Education. 35. 10.1088/0031-9120/35/2/305.

[3] Franc, Tomáš (2014). *Vybrané gravitační jevy ve vesmíru a jejich přiblížení středoškolkům* [Diplomová práce]. Astronomický ústav Univerzity Karlovy.

# Smykové tření

Dynamické smykové tření je fyzikální jev, k němuž dochází na styčných plochách dvou pevných těles (resp. tělesa a podložky), jež se vůči sobě pohybují<sup>7</sup>. Jeho příčinou jsou obvykle nerovnosti styčných ploch a vzájemné přitažlivé působení povrchových atomů v obou plochách. Velikost třecí síly se určuje jako  $F_t = f \cdot F_n$ , kde  $f$  je součinitel smykového tření (závisející na materiálu a hladkosti obou ploch) a  $F_n$  je velikost kolmé tlakové síly, kterou těleso působí na podložku, po níž se pohybuje.



Obrázek 1: Znárodnění vzniku tření mezi dvěma drsnými povrchy těles (zdroj: autorův archiv)

## Miskoncepce

Žáci většinou dokáží dobře odhadnout, že velikost třecí síly bude záviset na materiálu styčných ploch a na hmotnosti tělesa. (Od hmotnosti se dá již snadno přejít ke správnému pojetí, že tření závisí na velikosti normálové síly, například pomocí pokusu, kdy přitiskneme knihu ke stěně. Když budeme na knihu „málo tlačit“, tj. bude působit malá normálová síla, kniha nám vyklouzne a spadne na zem. Z nakresleného silového diagramu si žáci uvědomí, že kniha u zdi vlastně držela pomocí třecí síly.) Objevují se však i návrhy, že třecí síla silně závisí na rychlosti a velikosti styčné plochy. Přestože obojí může být v některých situacích pravda, tato závislost není například pro malé rychlosti a pevné povrchy výrazná tak, jako závislost na velikosti normálové síly a materiálu.

V tomto textu se tedy zaměříme na tři způsoby, jakými odstraňovat následující miskoncepce:

- 1) Velikost třecí síly působící na pohybující se těleso je nepřímo úměrná velikosti rychlosti, jakou se těleso pohybuje.

<sup>7</sup> Pro jednoduchost se v tomto textu budeme bavit pouze o dynamickém smykovém tření, odlišnost statického smykového tření nebudeme zmiňovat. Je samozřejmostí, že by rozdíl měl být při výuce o tření alespoň zmíněn, tento text si však neklade za cíl být kompletním návodem o tom, jak o tření učit.

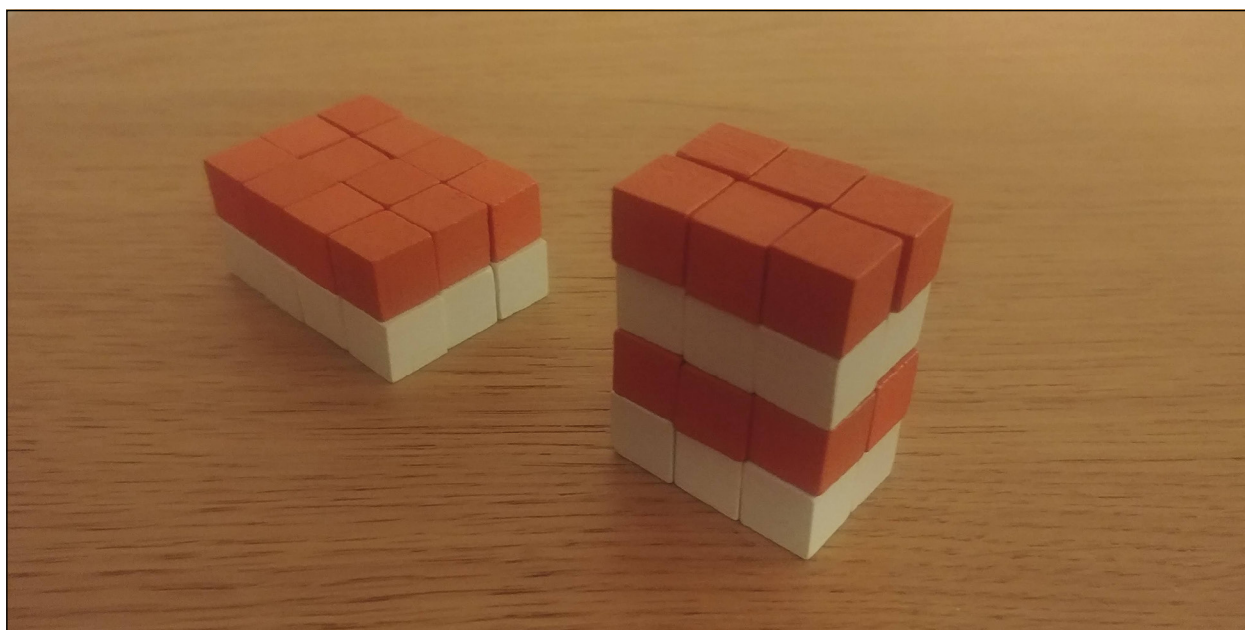
- 2) Velikost třecí síly působící na pohybující se těleso je přímo úměrná velikosti styčné plochy mezi tělesem a podložkou.

Ohledně tření můžeme samozřejmě narazit i na další miskoncepce, například „tření působí vždy proti pohybu“ a „tření působí jen za pohybu“. Těmi se v tomto textu nebudeme zabývat.

## Diskuze analogií

Když žáci zmíní závislost tření na rychlosti, mohou mít na mysli situaci, kdy je těleso uváděno do pohybu. Ze začátku to moc nejde, pak se těleso začne hýbat a už to jde snáz. (Mohou s tím mít zkušenost například při stěhování nábytku šoupáním po podlaze.) V tomto případě připomeneme rozdíl mezi statickým a dynamickým třením. Odůvodníme, že když je těleso v klidu a snažíme se ho rozpohybovat, více se projeví (mikroskopické) nerovnosti povrchu. Neformálně si to žáci mohou představit například tak, že pohybující se těleso snáz „přeskočí“ nerovnosti podložky, zatímco když ho uvádíme do pohybu, musíme ho nejprve „vytáhnout“ přes první nerovnosti.

Oproti tomu miskoncepce ohledně závislosti na velikosti styčných ploch může mít původ právě v „hrbolkovém“ vysvětlení tření – když na sebe naráží víc hrbolků, tak se přece těleso musí zpomalovat víc! Než se pustíme do této debaty, je dobré mít už detailně se žáky prodiskutováno, že třecí síla závisí na velikosti normálové síly. Každý z následujících úvahových kroků by bylo dobré se žáky probrat a ideálně je dovést k tomu, aby k dílčím závěrům dokázali dospět sami.



Obrázek 2: Dva různé kvádry složené ze stejného počtu kostiček (zdroj: autorův archiv)

Představme si, že těleso je složené z mnoha malých kostiček. (Můžeme situaci i demonstrovat pomocí stavebnice.) Třecí síla je zřejmě součtem třecích sil, které působí na jednotlivé sloupce. My kostičky vezmeme a přeskládáme tak, aby se nově vzniklé těleso dotýkalo podložky větší plochou. Podívejme se teď na jeden sloupec kostiček – je nižší, než byly předchozí sloupečky. Má tedy úměrně menší hmotnost, méně tlačí na podložku a působí na něj tím pádem i úměrně menší třecí síla. Sloupečků však máme víc než předtím! A to dokonce tolikrát, kolikrát byly slou-



pečky menší. (To můžeme rozkreslit na nějakém jednoduchém příkladu, například když vyrobíme sloupečky poloviční, je hned vidět, že jich bude dvakrát víc.) Součet příspěvků k celkové třecí síle se tedy nezměnil.



Obrázek 3: Siloměr od firmy Vernier (zdroj: autorův archiv)

## Kognitivní konflikt

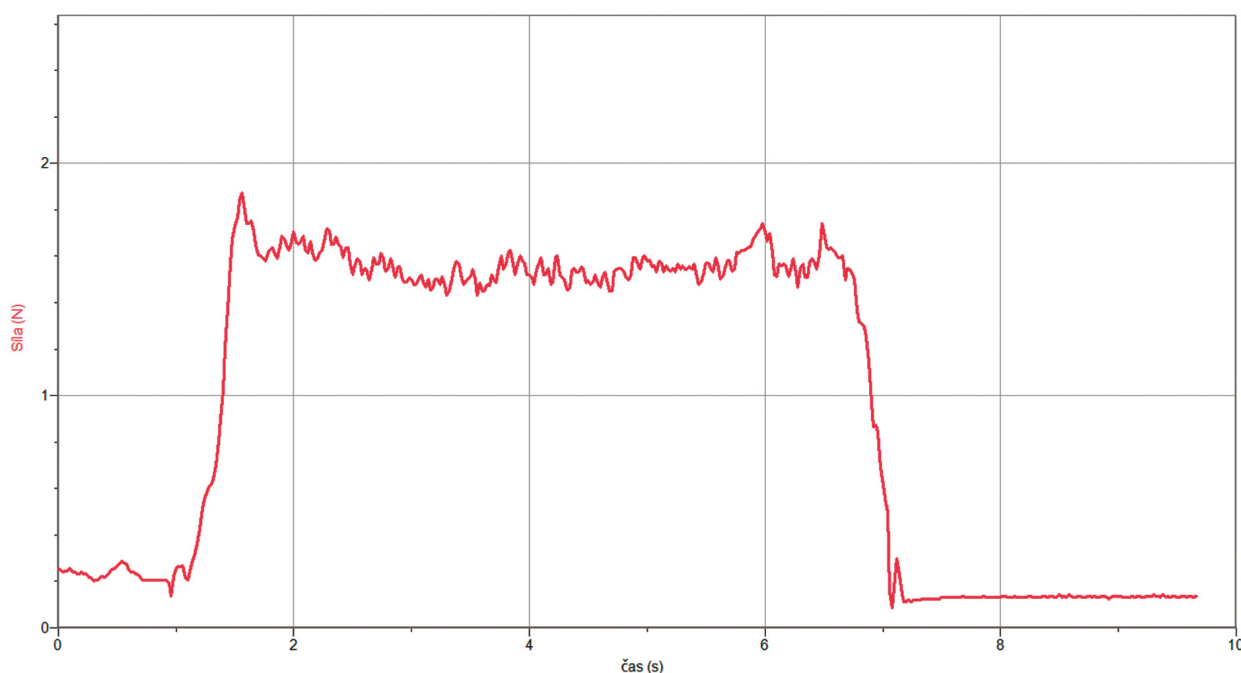
Zde by bylo vhodné použít místo klasického siloměru například siloměr od firmy Vernier, aby se měření dalo promítat projektorem a měli jsme z něj záznam, o kterém pak můžeme s žáky diskutovat.

Nejprve ukážeme, jak měření síly probíhá (= rovnoměrně táhneme například dřevěný kvádrík po katedře) a vysvětlíme naměřený graf – viz obr. 4. Pro další postup je esenciální, aby žáci dokázali graf správně „přečíst“ a viděli v něm naměřenou hodnotu, v tomto případě přibližně 1,6 N. V závislosti na tom, jak často se žáci s podobnými grafy setkávají, je rovněž vhodné okomentovat některé jeho vlastnosti – například proč naměřená síla není jen jeden bod nebo proč vykreslené čáry nejsou hezky rovné. V tomto okamžiku můžeme zmínit i statické tření – odpovídá prvnímu výraznému maximu.

Můžeme udělat několik různých měření (táhneme těžší předmět, předmět s větší styčnou plochou, táhneme po jiném povrchu, ...) a vždy nechat žáky odhadovat, zda naměříme větší či menší třecí sílu. Situace by měly být voleny tak, aby všichni žáci dokázali správně určit správnou odpověď. Žáci se tím jednak naučí věřit správnosti našeho měření a jednak se myšlenkově rozhýbou a v další části výuky sami formulují, na čem by velikost třecí síly mohla záviset – různé návrhy zapíšeme na tabuli.

Žáky necháme promyslet, se kterými uvedenými body souhlasí a se kterými nikoliv. (Souhlasí znamená „Myslím si, že velikost třecí síly závisí na ...“). Provádíme pak jednotlivá měření, kdy postupně měníme tlakovou sílu, kterou působí tažené těleso na podložku (skládáme další kvádříky navrch), povrch, velikost rychlosti, plochu (otáčení kvádříku) a případné další návrhy, pokud to bude s dostupným vybavením možné.

Žáci jsou konfrontováni s tím, že výsledky měření v některých situacích neodpovídají jejich odhadu a jsou nuceni ho přehodnotit.



Obrázek 4: Měření velikosti třecí síly pomocí senzoru Vernier (zdroj: autorův archiv)

## Autoreflexivní aktivní učení se žáka

Žáci (stejně jako v předešlém případě) nejprve ve společné diskuzi navrhnou, na čem by velikost třecí síly mohla záviset, různé body zapíšeme na tabuli. Žáci si tímto aktivují předešlé znalosti a u každého bodu si (třeba i nevědomě) uvědomí, zda s ním souhlasí nebo ne. Demonstrujeme žákům, jak pomocí siloměru správně měřit velikost třecí síly, poté jim rozdáme siloměry a dřevěné kvádříky s očkem, které se k nim dají připojit, a necháme je experimentálně ověřovat jednotlivé body.

Zde se nabízí prostor pro rozvíjení experimentálních schopností – žáci si musí uvědomit, že pokud ověřují závislost velikosti třecí síly například na kolmé tlakové síle, musí měnit pouze ji a postarat se o to, aby se ostatní proměnné neměnily. To bude výzva především u nutnosti táhnout kvádřík vždy stejně rychle a rovnoběžně s podložkou – zde bude nutné aktivní zapojení učitele, který bude žáky obcházet a upozorňovat na chyby, kterých se při svých pokusech dopouští. Miskoncepce ohledně toho, jak vypadá správné fyzikální měření, by nepochybně vydaly na celou další práci...

Měnit velikost rychlosti a kolmou tlakovou sílu (např. prostřednictvím změny hmotnosti tělesa) nebude pro žáky problém. V rámci přípravy je třeba, aby učitel zajistil několik dalších povrchů a žáci měli k dispozici i nějaký dostatečně hrubý povrch. (Lavice, učebnice, lino jsou poměrně hladké povrchy, rozdíly ve velikosti třecí síly nemusí být příliš patrné. Proto by bylo vhodné přinést do učebny např. kus koberce, pokud už v ní není.) Pro změnu velikosti styčné plochy stačí položit kvádřík na jinou stěnu. V nejhorším případě budeme mít k dispozici alespoň dvě různé velké plochy. (V ideálním případě budeme mít k dispozici kvádříky, které mají očka na třech stěnách.) Při používání jinak velkých kvádříků bychom měli být opatrní – měly by mít stejný materiál a kvalitu povrchu!

Žáci si zaznamenávají výsledky experimentování, závislost na kolmé tlakové síle a kvalitě povrchu se zřetelně potvrzuje, významná závislost na rychlosti a styčné ploše nevypadá průkazně. Samozřejmě zde riskujeme, že žákům pokus nedopadne tak, jak bychom očekávali, a vyvracení miskoncepce se tím nejspíše nepodaří. Zde je vhodné s žáky diskutovat, proč nenaměřili vždy úplně stejné hodnoty třecí síly – příčinou může být například kvalita povrchu na různých stěnách hranolu nebo různé zaboření se do podložky při různém natočení apod.



Obrázek 5: Měření velikosti třecí síly pomocí siloměru (zdroj: autorův archiv)

## Závěr

Uvedli jsme si několik různých způsobů, jak se zaměřit na odstranění vybraných miskoncepí ohledně tření. Uvedené metody se dají velmi přímočaře zařadit do výuky a dají se využít i na rozvíjení dalších dovedností žáků (orientace v naměřených datech, resp. experimentální ověřování vlastních fyzikálních hypotéz). Dle autorova názoru se vyplatí věnovat jim ve vyučování čas.

# Ťažké a veľké predmety sa vo vode potopia, ľahké a malé predmety sa vznášajú

Prečo sa niektoré predmety vznášajú a niektoré klesajú ku dnu? Najčastejšie sa s týmto javom stretávame v spojení s vodou, ale táto téma je v skutočnosti veľmi široká. Pre pochopenie správania predmetov vo vode alebo v inej tekutine je na začiatok nutné rozumieť a vedieť aplikovať Newtonové zákony, či pochopiť ako funguje tlak a tlaková sila. Pri tejto téme sa ale často u žiakov v škole stretávame s minimom potrebných znalostí, čo opakovane vedie k chybným predstavám, teda miskoncepciám. Na tomto mieste by sme s chybnou predstavou týkajúcej sa vznášania či klesania predmetov ku dnu chceli pracovať bez nutnosti širších vedomostí a u žiakov vychádzať z ich skúseností mimo školy, z bežného života. Pôvodná otázka by mala viesť k pochopeniu, čo znamená hustota telesa a ako s týmto pojmom pracovať.

## Možnosti, ako so žiakmi pracovať na odstránení zadanej miskoncepcie

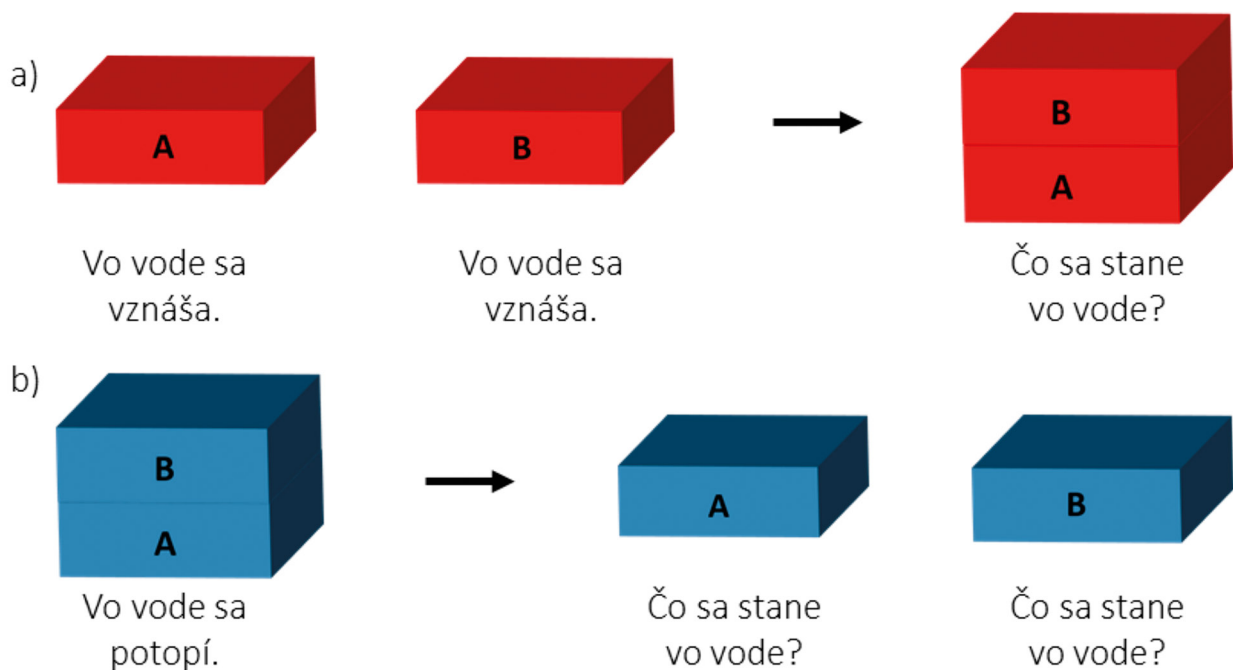
### Analógia

Chybnú predstavu, ťažké/veľké predmety vo vode klesajú ku dnu a ľahké/malé predmety sa vznášajú, si so sebou niektoré deti môžu priniesť zo skúsenosti, že predmety, ako lístie, vtáčie pierko, či papier, teda ľahké a vo všeobecnosti malé predmety sa pri položení na vodnú hladinu vznášajú a neklesajú ku dnu. Naopak predmety, ktoré sú vo všeobecnosti ťažké, ako veľké kamene (ktoré často vidieť v korytách riek) vo vode klesajú. Osobne si nemyslím, že táto miskoncepcia je rozšírená, pretože okolo seba nájdeme aj veľa príkladov, ktoré túto chybnú predstavu nepodporujú. Môžeme pozorovať malé kamienky, ktoré ku dnu klesajú či veľké lode, ktoré sú schopné sa na vode udržať a zároveň prevážať ťažký materiál. Ak by sa ukázalo, že sa táto miskoncepcia v triede vyskytuje, na začiatok by bolo vhodné poukázať na analogické prípady. Ako vhodný príklad sa javí let balóna vo vzduchu, ten je veľký a určite ťažký (dokonca unesie aj nás), ale aj tak sa dokáže vzniesť k oblohe bez toho, aby bol poháňaný motorom. Táto analógia je ale z môjho pohľadu nedostatočná a nepresvedčivá a pre lepšiu názornosť a pochopenie je vhodnejšie prejsť ku stratégii kognitívny konflikt.

### Kognitívny konflikt

Nástrojom na odstránenie úvodnej chybnej predstavy a zároveň aj presvedčivejšou metódou by mohol byť experiment s rôznymi predmetmi a priama ukážka, ako to v skutočnosti je [1]. Na začiatok by som zvolila úlohu na zamyslenie, aby mohol každý žiak samostatne premýšľať a odpovedať podľa svojich skúseností a podľa svojho presvedčenia. K riešeniu by sme následne dospeli vďaka experimentu. Príklady úloh sú naznačené na obrázku 1, kde sú schematicky znázornené kvádre A,

B a kváder vytvorený ich zložením. Pre variantu a) sa oba kvádre vo vode samostatne vznášajú, pre variantu b) sa zložený kváder vo vode potopí. Materiál kvádrov by sa nešpecifikoval, aby si každý žiak mohol podľa svojich skúseností sám domyslieť z čoho budú tie „jeho“ kvádre. Žiaci by v prvom prípade hľadali a experimentálne overovali, ako by sa správal vo vode kváder, ktorý by vznikol zložením pôvodných dvoch, ktoré sa vo vode vznášajú. Nadväzujúca otázka by smerovala k tomu, čo sa stane ak výsledný kváder bude zložený z troch a viacerých kvádrov, ktoré sa vo vode vznášajú. Experiment by sme následne mohli zrealizovať napríklad s korkovými podložkami pod pohár, ktoré sa dajú kúpiť bežne v domácich potrebách, alebo s vyrobenými polystyrénovými či drevenými kvádrami (použiť drevo s vhodnou hustotou). Tento experiment by sa so žiakmi dal realizovať aj vo väčšom a skúsiť naozaj veľké kusy polystyrénu, či dreva a porovnať výsledky z experimentu s menšími kusmi. Pre druhú variantu by sa dalo pracovať s materiálom, ktorý sa vo vode potopí a dá sa deliť na menšie a teda ľahšie kusy (napríklad plastelína). Experiment by prebiehal opačne a veľký kus plastelíny by sa delil na menšie a menšie kúsky. Cieľom by bolo vyvrátiť predstavu, že to, či sa predmet vznáša alebo klesá ku dnu závisí len od jeho veľkosti či hmotnosti.



Obrázok 1. Schéma experimentu k zamysleniu na vyslovenie hypotézy.

## Autoreflexívne aktívne učenie žiaka

Ďalšia možnosť ako pracovať s úvodnou chybnou predstavou, čo sa vo vode skutočne vznáša a čo klesá ku dnu, a podľa čoho to vieme rozlíšiť, by bola diskusia s uvádzaním rôznych príkladov, primárne od žiakov. Zámerom učiteľa by bolo zistiť, akým spôsobom o probléme žiaci premýšľajú a čo ich vedie k ich presvedčeniu, že niečo sa vo vode vznáša a niečo vo vode klesá ku dnu. V rozhovore/diskusii by bolo vhodné diskutovať o predmetoch z rôznych materiálov a aké s nimi majú žiaci skúsenosti, čo sa týka ponárania do vody.

Príklady otázok pre diskusiu:

- Aké konkrétne predmety sa z Vašej skúsenosti vo vode potopia a z akého sú materiálu?
- Z akého materiálu sú predmety, ktoré sa na vode vznášajú? Uveďte príklady predmetov.
- Ako sa mení hmotnosť predmetov z rovnakého materiálu s veľkosťou? (Zväčšuje/zmenšuje sa hmotnosť so zmenou veľkosti?)
- Ako veľkosť predmetov z rovnakého materiálu ovplyvňuje to, či sa vo vode potopia alebo sa vo vode vznášajú?
- Akým spôsobom ovplyvňuje hmotnosť predmetov z rovnakého materiálu to či sa vo vode potopia alebo či sa budú vo vode vznášať?
- Od čoho podľa Vás závisí to, či sa predmet vo vode potopí alebo nie? (Závisí od veľkosti predmetu? Závisí od hmotnosti predmetu?)

Týmito otázkami by následne mohlo dôjsť k pochopeniu, že nejde o to, ako sú predmety ťažké/ veľké či ľahké/malé, ale o to, s akým materiálom pracujeme a aký je pomer jeho hmotnosti a objemu. V diskusii by sa dalo spomenúť, že malá kovová minca sa do vody potopí, ale veľký polystyrénový kváder sa bude na vode vznášať. Žiaci by mali za úlohu si doma dopredu premyslieť, vyskúšať a nájsť príklady toho, čo sa na vode vznáša a čo nie. V diskusii by sa dala použiť hádanka: „Čo je ľahšie? Kilo peria alebo kilo železa?“, z ktorej by sme chceli žiakov naviesť k tomu, že samotná hmotnosť nám nezaručuje, že niečo bude klesať ku dnu a niečo nie.

## Zdroje a literatura

[1] Yin, Y., M. Tomita, R. Shavelson (2008). Diagnosing and Dealing with Student Misconceptions: Floating and Sinking. Science Scope.

## Kečup v láhvi

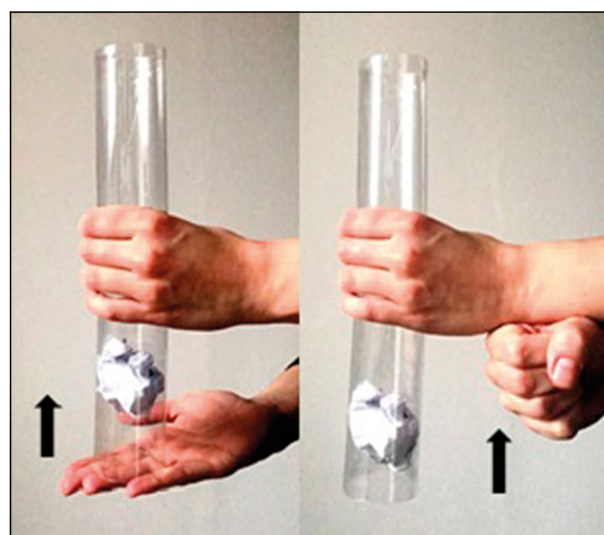
Miskoncepce, se kterou se nesetkáme pouze u žáků, ale také u dospělých kolem nás, je nesprávný postup při dostávání například kečupu z láhve. Když se zeptáme ve třídě žáků, jak doma „dolují“ kečup z nádoby, naprostá většina ukáže, že do převrácené láhve bouchají pěstí nebo dlaní seshora. Neuvědomují si však, že tímto postupem dělají přesný opak, tedy kečup sunou dál od otvoru. Miskoncepce lze odstraňovat pomocí následujících tří strategií [1]:

### Kognitivní konflikt

Žáky nejlépe přesvědčíme pokusem. Buď můžeme vzít opravdovou láhev s kečupem, nebo si situaci nasimulovat třeba průhlednou plastovou trubicou, do které zmuchláme kus papíru, který nám bude představovat kečup. Nejdříve předvedeme postup, který většina označí za ten, který doma aplikuje, tedy budeme do láhve/trubky bouchat seshora, čímž ukážeme, že se kečup/papír naopak s každým bouchnutím posouvá směrem nahoru (Obrázek 1). Po překvapivém zjištění zkusíme pokus opakovat, tentokrát boucháme dlaní do láhve/trubky zespodu (Obrázek 2). Sledujeme, že se nám v tomto případě kečup/papír opravdu konečně posouvá směrem dolů. Kdybychom opravdu chtěli dostat kečup z láhve, bylo by nepraktické bouchat na otevřený konec, jelikož bychom se umazali. Proto je dobré ukázat žákům, že můžeme dlaní bouchat zespoda do předloktí ruky, která drží láhev, tím docílíme stejného výsledku (Obrázek 2 vpravo).



Obrázek 1



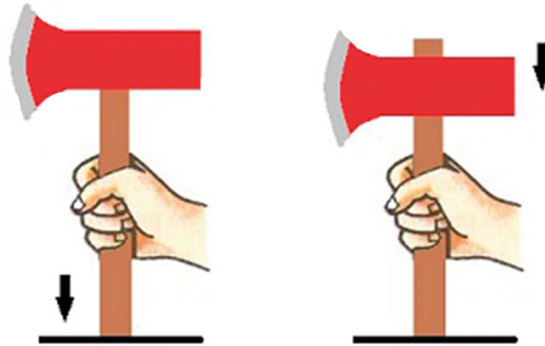
Obrázek 2

### Analogie

O tom, že tento příklad není ojedinělý, můžeme žáky přesvědčit dalším příkladem založeným na stejném principu jako je „kečup v láhvi“, se kterým se pravděpodobně již setkali, jen si neuvědomili, že se zde využívá stejné vlastnosti těles, a to setrvačnosti. Jako příklad bych uvedla nasazování sekery nebo kladiva na topůrko (Obrázek 3). Sekyru nasadíme na topůrko a praštíme



jím o podložku. Topůrko se o podložku zastaví, ale samotná sekyra setrvává v pohybu směrem dolů a o kousek se ještě na topůrku směrem dolů posune.



Obrázek 3  
(převzat a upraven z [2])

## Autoreflexivní aktivní učení žáka

Kdybychom chtěli, aby žáci sami přišli na to, jak je to s tím „kečupem“, mohli bychom je nechat, aby si pokusy sami zkoušeli a zodpověděli přitom následující otázky:

- o Jakým směrem se bude pohybovat trubka, kterou držíme volně v ruce, když do ní praštíme seshora dlaní?

*Řešení: Proklouzne směrem dolů.*

- o Co udělá trubka, do které praštíme seshora dlaní, ale rukou ji pevně svíráme a snažíme se ji udržet v původní poloze?

*Řešení: Pohne se i s rukou trochu směrem dolů.*

- o Co se děje se zmuchlaným papírem v trubce, když trubkou pomalu pohybujeme dolů?

*Řešení: Papír se pohybuje společně s trubkou směrem dolů, ale vzhledem k trubce se nepohybuje.*

- o Co se děje s týmž papírem, když praštíme seshora do trubky a rukou se snažíme trubku udržet v původní poloze?

*Řešení: Trubka i s rukou poklesne trochu dolů, ale papír se vzhledem k nám nepohne. Vzhledem k trubce se tak papír pohne směrem nahoru.*

- o Jak se říká vlastnosti těles, která zapříčinila chování papíru v předchozím bodě?

*Řešení: Setrvačnost.*

- o Co se změní, když budeme trubku pevně držet a budeme do ní bouchat tentokrát naopak ze-  
spodu? Popište a vysvětlete chování papíru.

*Řešení: Trubka se při úderu pohne i s rukou trochu směrem nahoru. Papír má tendenci setrvat ve své původní poloze, proto se vzhledem k trubce posune směrem dolů.*



## Závěr

S různými druhy miskoncepcí se setkáváme neustále. Není v moci učitele na všechny „základnosti“ světa žáky upozornit, ale když už se při výuce nějaká miskoncepce objeví, měl by na ni učitel reagovat a snažit se ji uvést na pravou míru. Osobně mám ráda, když se žáci snaží přijít na řešení problému sami pomocí odpovědí na otázky, které dostanou od učitele, nicméně nejvhodnější je dle mého názoru kombinace zde uvedených strategií.

## Zdroje a literatura

[1] Mandíková, D., Trna, J. (2011). *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido.

[2] Bohuněk, J., Kolářová, R. (1998). *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. Praha: Prometheus.

# Váží něco vzduch?

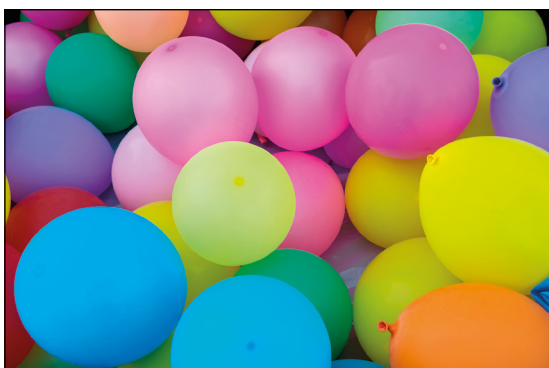
Následující miskoncepce se týká vzduchu, který nás obklopuje po celý náš život, a žáci tak mohou mít vlastní názory na jeho vlastnosti už od útlého věku. Otázka zní jasně: Váží něco vzduch?

## Možnosti odbourání miskoncepce

Podle zkušeností [1] je nejčastější žákovskou reakcí na úvodní otázku odpověď, že vzduch neváží nic. [1] dále uvádí, že by tato miskoncepce mohla vyvolat následující chybnou myšlenku: Pokud bychom veškerý vzduch ve škole směstnali a uzavřeli do speciálního pytle, snadno bychom ho unesli – zvedali bychom totiž pouze pytel, který takřka nic neváží.

### Analogie

Nafukovací balonek naplněný vzduchem, který podle žáků nic neváží, zůstane ležet na zemi (obr. 1). Jak je možné, že balonek, který naplníme heliem, odletí (obr. 2)? Neznamenaloby to podle naší původní úvahy, že by helium muselo mít hmotnost menší než nula, tedy zápornou?



Obrázek 1 Balonky naplněné vzduchem [2]



Obrázek 2 Balonky naplněné heliem [3]

Faktem je, že helium má skutečně nižší hustotu než vzduch. Hmotnost helia, kterým je naplněn balonek, však záporná být nemůže. To znamená, že jak hmotnost vzduchu, tak hmotnost helia musí být kladné. Důvod, proč balonek s heliem odletí, je ten, že tíhová síla působící na balonek a helium v něm je menší než vztlaková síla, která na ně působí směrem vzhůru.

### Kognitivní konflikt

Někteří žáci by mohli mít problém s vysvětlením výše, jelikož je potřeba rozumět silám a jejich směru působení. Mohli by tvrdit, že jestliže má helium hmotnost, tak by přeci měla působit síla  $F = m \cdot g$ , a ta působí směrem dolů. V tuto chvíli je potřeba pojmy tíhová a vztlaková síla vysvětlit/připomenout. V další části od helia upustíme, a pojdme se věnovat tomu, co nás zajímá – vzduchu.

V tuto chvíli by bylo vhodné zařadit pokus, aby žáci na vlastní oči viděli, že hmotnost vzduchu skutečně není nulová. Žáci by mohli sami navrhnout experiment, kterým by tuto skutečnost ověřili.

Pro jednu z demonstrací nenulové hmotnosti vzduchu, kterou uvádí [1], jsou zapotřebí rovnoramenné váhy. Na obr. 3 je uveden QR kód vedoucí na webovou stránku s obrázkem tohoto druhu vah.



Obrázek 3 QR kód odkazující na obrázek rovnoramenných vah

Na misky vah položíme prázdné nafukovací balonky (případně i provázky) a vyvážíme je. V dalším kroku jeden z balonků nafoukneme. Zajistíme, aby neunikal vzduch (zavážeme na uzlík či provázekem), a vrátíme ho na misku. Rameno s nafouknutým balonkem by mělo klesnout.

Tento pokus nám sice na první pohled neřekne, kolik přesně vzduch váží, ani nic o jeho hustotě, ale demonstruje nám fakt, že vůbec taková hmotnost existuje, a to je v tuto chvíli nejdůležitější. V dětech by měl pokus v ideálním případě vyvolat *Aha efekt* a probudit v nich zvědavost.

Jak snadno provést vážení vzduchu, při kterém získáme konkrétní číselné údaje, je popsáno v pokusu uvedeném např. v: [https://kdf.mff.cuni.cz/ucitele/kurzprirodoveda/vzduch\\_def.pdf](https://kdf.mff.cuni.cz/ucitele/kurzprirodoveda/vzduch_def.pdf).

### Autoreflexivní učení žáka

Do této části by bylo schůdné zařadit úlohu, která byla naznačena již v úvodu. Jak by se žáci nyní vypořádali s otázkou, kolik váží vzduch ve třídě? Na začátku by nám většina pravděpodobně odpověděla, že nic. Nyní by měli žáci dospět k tomu, aby začali nad otázkou přemýšlet, a dávat do souvislostí veličiny a vzorečky, které nám o hmotnosti něco napoví. Jestliže bude hmotnost nulová, jaké další veličiny by musely být nulové?

*Úloha:* Vypočítej hmotnost vzduchu v místnosti.

Dílčí úkoly

- Změřit rozměry místnosti
- Vypočítat objem místnosti
- Dohledat hustotu vzduchu (tabulky, internet)
- Dosadit do vzorce pro výpočet hmotnosti  $m = \rho \cdot V$

Pozn.: Úlohu lze zadat jako domácí úkol, kdy by každý žák spočetl hmotnost vzduchu ve svém pokoji a následně by žáci hodnoty mezi sebou porovnávali a diskutovali.

## Diskuse a závěr

Myslím si, že se tato miskoncepce vyskytuje poměrně často. Její vyvrácení nám může pomoci porozumět některým fyzikálním zajímavostem kolem nás, třeba právě tomu, proč některé balonky létají a některé ne. Myslím si také, že pokusy týkající se hmotnosti vzduchu mohou mnohdy překvapit a být tak pro žáky jak poutavé, tak přínosné.

Vyvrácení této miskoncepce bych bez váhání zařadila i do výuky. Myslím si, že se během vysvětlování pěkně zopakují i témata jako síly a jejich skládání, zároveň si však člověk může hezky započítat.

## Zdroje a literatura

[1] 1.5.6 Kolik váží vzduch. *Www.realisticky.cz: když (se) chcete naučit...* [online]. © 2010 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <http://www.realisticky.cz/ucebnice/04%20Fyzika%20Z%C5%A0/01%206.%20ro%C4%8Dn%C3%ADk/05%20Kapaliny%20a%20plyny/06%20Kolik%20v%C3%A1%C5%BE%C3%AD%20vzduch.pdf>

[2] Zdroj obrázku:

<https://pixabay.com/cs/photos/bal%C3%B3nky-srdce-nebe-dekorace-oslava-1786430/>

[3] Zdroj obrázku: <https://pixabay.com/cs/photos/bal%C3%B3nky-barvit%C3%BD-v%C3%ADcebarvn%C3%BD-1869790/>

# 4 Teplo a teplota

<b>Teploměr a doba měření</b> – Jana Doležalová .....	<b>69</b>
<b>Železo studí</b> – Tereza Hofrichterová .....	<b>72</b>
<b>Kov je studenější než dřevo</b> – Lydia Ceháková .....	<b>75</b>
<b>Var vs. mírný var</b> – Lukáš Weissgráb .....	<b>78</b>
<b>Vypařuje se voda jen při varu? Aneb vodní páry neexistují při teplotě méně než 100 °C</b> – Libor Adámek.....	<b>81</b>
<b>Vaříme brambory</b> – Markéta Matějková.....	<b>86</b>



## Teploměr a doba měření

Vybrala jsem si miskoncepci, která se u žáků snad neobjevuje až tak často – teplota, kterou teploměr ukáže, závisí na tom, jak dlouho si teplotu měříme. Budeme-li si ji měřit déle, bude vyšší. Přesto jsem se s touto miskoncepcí při doučování již potkala.

S lékařským teploměrem se ve svém životě setká každý člověk. Většinou se s ním však setkáváme v situaci, která je pro nás do určité míry stresující – není nám dobře nebo není dobře někomu z našich blízkých. Není vhodné, abychom se až v takovýchto situacích najednou museli zamýšlet, jestli teploměr používáme správně. Proto je podle mne vhodné se touto, pro některé žáky možná triviální, otázkou ve škole zabývat a zařadit některé z aktivit, které mohou pomoci k vyvrácení výše zmíněné miskoncepce. K odhalení miskoncepce může pomoci následující úloha.

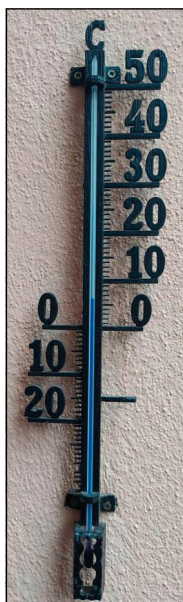
*Alena má skleněný lékařský teploměr, který si pořídila v lékárně. V návodu je uvedeno, že správnou teplotu můžeme z teploměru odečítat po deseti minutách. Alena si vzala teploměr sklepaný na teplotu 35,3 °C a začala si s ním měřit teplotu. Po pěti minutách teploměr ukazoval 36,3 °C. Alena pokračovala v měření dalších pět minut, pak si na teploměru přečetla údaj 37,3 °C. Jaký údaj by si přečetla na teploměru, kdyby v měření pokračovala dalších pět minut?*

Správná odpověď je 37,3 °C. Některé žáky může zmást to, že předchozí údaje svádí k použití lineární závislosti. Na této skutečnosti ale můžeme žákům ukázat, že je potřeba se nad úlohami zamýšlet a ne hned něco bez rozmyslu počítat. Úlohu jsem vyzkoušela na bratrovi, který navštěvuje sedmou třídu, odpověděl chybně 38,3 °C.

Níže jsou uvedeny tři různé způsoby, které mohou pomoci s odstraněním této miskoncepce u žáků.

### Diskuze analogií

Provedeme analogii s venkovním (lihovým) teploměrem (viz obr. 1). Zeptáme se žáků, kde se takový teploměr používá, jak se z něho odečítá teplota a v jakých jednotkách se udává. Použijeme nástěnný teploměr, který jsme předtím měli na místě s teplotou rozdílnou od teploty ve třídě. Necháme žáky diskutovat, jak správně změřit teplotu na chodbě či v prázdné učebně, kdy ji můžeme z teploměru odečíst. Zeptáme se, jakou teplotu očekávají, že naměří po dvaceti minutách a na konci hodiny. Jejich předpoklady následně během hodiny ověříme měřením.



Obrázek 1. Venkovní nástěnný teploměr

## Poznatkový konflikt

Zeptáme se žáků, jaký doma používají lékařský teploměr. Pokud zjistíme, že jich většina používá skleněný lékařský teploměr, tak je necháme doma provést měření, které prováděla Alena v zadání úlohy. Budeme chtít, aby si naměřené hodnoty zapsali do tabulky, a ve škole to ještě znovu prodiskutujeme.

- Překvapilo vás při měření něco?
- Co byste naměřili, pokud byste si takhle měřili teplotu po dobu jedné hodiny?

Pokud při druhé otázce zjistíme, že děti stále očekávají, že teplota bude záviset na čase měření, můžeme nechat jednoho z žáků, ať si měří teplotu po dobu jedné vyučovací hodiny. Během této hodiny můžeme hodinu fyziky propojit s biologií a se žáky prodiskutovat, jakou největší teplotu lidského těla člověk přežije a při které teplotě lidského těla už je dobré jet do nemocnice.

## Autoreflexivní aktivní učení se žáka

Necháme žáky pracovat na laboratorní úloze, jejímž cílem bude odstranit výše zmíněnou miskoncepci a zároveň procvičit a ujasnit, jak správně měřit teplotu.

Žákům nejprve dáme velmi studenou vodu. Jejich úkolem bude pozorovat, co se stane, když do vody ponoří teploměr. Žáky necháváme pracovat s kapalinovým teploměrem. Měli by pozorovat, že kapalina v teploměru se bude nejprve pohybovat a pak se zastaví na určité teplotě. Při této části úlohy si mají žáci uvědomit, jak správně měřit s kapalinovým teploměrem, a proč je nutné počkat na ustálení teploty. Zároveň by po provedení této části měli být schopni vysvětlit, proč Alena v úvodní úloze neměřila hned při prvním pohledu na teploměr konečnou hodnotu.



Následně žákům dáme nádobu s vodou o pokojové teplotě, u které budou mít za úkol měřit teplotu jednak teploměrem, který po celou dobu nechají ponořený v nádobě s vodou, a současně i teploměrem, který vždy po změření teploty z kapaliny vyndají<sup>8</sup>. Jejich úkolem bude změřit teplotu vody na začátku, po dvou minutách, po pěti minutách, po deseti minutách a po patnácti minutách. Žáci poté budou porovnávat naměřené hodnoty a diskutovat, které jsou přesnější a proč. Z naměřených výsledků by měli vidět, že pokud měřili správně, tedy u teploměru, který nebyl stále ve vodě, vždy počkali na ustálení teploty, tak obě metody dávají stejné hodnoty.

Pokud děti neměly doma skleněný lékařský teploměr, můžeme do laboratorních prací zařadit i měření teploty jednoho z žáků obdobné jako Alena provedla v úvodní úloze.

## Závěr

Myslím si, že by neměl být problém výše zmíněnou miskoncepci u žáků odstranit a přitom je i naučit více o správném používání teploměrů, aby jim to v budoucnu již nečinilo problém.

---

<sup>8</sup> Je důležité, aby žáci odečítali teploty vždy ještě na teploměru, který je ponořen ve vodě. Po vyndání teploměru z vody se bude jeho, a tedy i měřená, teplota snižovat vlivem odpařování.

# Železo studí, protože má nižší teplotu

Z vlastní zkušenosti víme, že v zimě při procházce venku se nám kovové zábradlí zdá na dotek studenější než dřevěné. Tento fyzikální jev je též humorně prezentován ve známém českém filmu *Obecná škola*, kdy studentům neuposlechnuvším pokyn pana ředitele přimrzou jazyky ke kovovému zábradlí. Většina diváků intuitivně tuší, že pokud by zábradlí bylo dřevěné, zmiňovaný problém by nenastal, a proto poměrně logicky usuzují, že kovové zábradlí musí mít nižší teplotu.



Obrázek 6<sup>9</sup>: K dřevěnému zábradlí by žákům jazyk pravděpodobně nepřimrzl. Čím to je?

Tato miskoncepce se často vyskytuje společně s miskonceptí „kožich hřeje“, je tedy mezi žáky velmi rozšířena. I když jsou tyto dvě miskoncepce sobě blízké, zakládají se na drobně odlišném fyzikálním základu.

## Fyzikální podstata

Ve skutečnosti je to tak, že všechna tělesa vyskytující se v pozorovaném systému mají poté, co tento systém dojde do rovnováhy, teplotu stejnou. Naše receptory ale nevnímají teplotu předmětů jako absolutní, ale do jejího vyhodnocování zahrnují i jiné parametry. Jedním z nich je měrná tepelná vodivost. Tepelná vodivost je veličina, která určuje jak dobře je daný materiál schopen přenášet teplo vedením. Většina kovů má tepelnou vodivost poměrně vysokou, materiálům s ní-

<sup>9</sup> Zdroj obrázku: <https://pxhere.com/cs/photo/1509355>

kou tepelnou vodivostí říkáme tepelné izolanty a patří mezi ně například dřevo, polystyren a nej-  
různější textilní vlákna. V případě, kdy se dotkneme železného zábradlí, toto začne rychle odvádět  
teplo z naší dlaně, a proto se nám zdá (za stejných fyzikálních podmínek – teplota, vlhkost vzdu-  
chu) studenější, než stejné zábradlí ze dřeva.

## Možnosti odbourání miskoncepce

### Analogie

Analogii bych využila k tomu, aby si žáci prostřednictvím příkladů z reálného života uvědomili,  
že to, jak subjektivně vnímáme teplotu, nesouvisí pouze se skutečnou teplotou těles, se kterými  
jsme v kontaktu. Jako vhodný příklad mě napadá například plavání v bazénu. Přestože má voda  
většinou teplotu okolo 26-28° C, tak je nám v ní chladněji než na suchu při téže teplotě vzduchu.  
Stejně tak můžeme v předpovědi počasí slyšet údaj „pocitová teplota“, která závisí i na rychlosti  
větru, vlhkosti vzduchu a podobně. Přímo ve třídě by se potom dal realizovat pokus, kdy při-  
pravíme tři misky s vodou – studenou, vlažnou a teplou. Nejprve současně vložíme jednu ruku  
do studené a jednu ruku do teplé vody, následně obě ruce vložíme do vlažné vody. Pozorujeme,  
že teplotu vlažné vody vnímáme každou rukou jinak. Tyto analogie sice nesouvisí přímo s tepel-  
nou vodivostí, ale mohou být vhodnou ilustrací toho, že naše termoreceptory nejsou dokonalými  
měřidly teploty a nechají se snadno ovlivnit i jinými fyzikálními vlivy.

### Kognitivní konflikt

Kognitivní konflikt bych se u žáků snažila vyvolat praktickým experimentem vycházejícím z jejich  
vlastní zkušenosti. Dovedu si představit pokus provedený přímo venku za pomoci bezkontaktní-  
ho teploměru. Nejprve bych vyvolala diskuzi, proč se nám kov zdá studenější než jiné materiály.  
Počítám, že jako jeden z prvních nápadů by padlo, že je to způsobeno odlišnou teplotou těles.  
Zhodnotila bych tuto hypotézu jako poměrně logickou a hodnou zřetele a připravila bych experi-  
ment. Přímo venku bych zvolila nějaké dva vhodné předměty (kovový a například dřevěný), a pak  
bych nechala žáky dané předměty osahat a tipnout si, který bude mít vyšší teplotu. Následně  
bych jejich teplotu změřila bezkontaktním teploměrem a seznámila žáky s výsledkem. Společně  
s nimi bych se pak snažila ověřovat i další hypotézy, které by problém vysvětlovaly, a postupně  
jim představila a vysvětlila pojem „tepelná vodivost“. Různou tepelnou vodivost látek bych pak  
demonstrovala dalšími experimenty.

### Autoreflexivní učení žáka

Cílem autoreflexivního učení by z mého pohledu měly být dva poznatky: 1) vnímání teplé/studené  
není dáno pouze teplotou těles, ale je ovlivněno i jinými vlivy, 2) v tomto konkrétním případě je  
náš pocit ovlivněn měrnou tepelnou vodivostí daných materiálů. Žákům bych rozdala teploměry  
vhodné konstrukce a vhodného rozsahu a vyslala je ven, aby mohli studovat vlastnosti nej-  
různějších těles. Pro tyto účely bych připravila pracovní listy s tabulkami. První dva řádky bych předvypl-  
nila, ale následně ponechala prostor i pro svobodné bádání.

<b>Těleso</b>	<b>Pocit teplé/studené.. (rozepište co nejpodrobněji)</b>	<b>Naměřená teplota</b>
Dřevěné zábradlí		
Kovové zábradlí		

Výsledky pokusu bych se žáky rozebrala a snažila se je přimět k tomu, aby sami navrhli, co jiného než teplota by mohlo způsobovat rozdíl v pocitové teplotě. Pokud by to bylo možné, nechala bych je ověřit jejich nápady experimentem. Snažila bych se žáky dovést k závěru, že zde hraje roli měrná tepelná vodivost.

## Shrnutí

Domnívám se, že výše uvedená miskoncepce je mezi žáky poměrně široce rozšířena a že stojí za to ji ve výuce fyziky zmínit a cíleně ji odstraňovat. Výše uvedené postupy bych použila primárně na základní škole, ale není od věci je ještě jednou zopakovat i na škole střední, protože jak známo, miskoncepce je nutné překonávat opakovaně.

# Kov je studenější než dřevo

Budeme se zabývat otázkou, který předmět (pro jednoduchost dvě stejně tvarované tyče), kovový nebo dřevěný je studenější za pokojové teploty. Tedy přeformulováno fyzikálněji, na kterém z předmětů naměříme nižší teplotu. Lze se setkat s názory, že kovový předmět bude vždy „studenější“, jak uvádí [1]. To by znamenalo, že studenost – nízká teplota – je přirozenou vlastností látky.

## Proč pocítujeme při dotyku kov jako chladnější než dřevo?

Pro upřesnění dodejme, při teplotě nižší než je teplota lidského těla. Klíčem ke správné odpovědi je na jedné straně rozdíl teplot daného předmětu a lidské dlaně, na straně druhé vlastnost látky, kterou ovšem není teplota jako taková, ale *tepelná vodivost* – tedy schopnost látky odvádět (resp. rozvádět) teplo do celého objemu předmětu, který látka tvoří.

Dvě tvarem stejné, materiálem různé tyče umístěné do téhož prostředí budou mít stejnou teplotu, a to teplotu prostředí, uplyne-li dostatečně dlouhá doba pro vytvoření termodynamické rovnováhy. Naproti tomu lidské tělo si udržuje teplotu cca 37 °C, takže i dlaň bude mít typicky podobnou teplotu, případně o pár stupňů nižší. Předpokládejme, že okolí má teplotu 20 °C, tedy nižší než dlaň. Při dotyku se tyč ohřívá a dlaň ochlazuje (podle druhého termodynamického zákona). Rozdílná tepelná vodivost kovu a dřeva způsobí, že předané teplo se z místa kontaktu s dlaní rozvádí do celého objemu tyče různě rychle. Snadno lze dohledat (např. [2]), že pro tepelnou vodivost  $\lambda$  platí  $\lambda_{dřevo} < \lambda_{kov}$ . V důsledku toho se u dřevěné tyče rychleji zmenší rozdíl teplot mezi tyčí a dlaní v místě kontaktu, a my tak vnímáme dřevěnou tyč jako teplejší než kovovou. V kovu se totiž předané teplo z místa dotyku rychleji rozvede do celého objemu tyče. Rozdíl teplot v místě kontaktu kovové tyče s dlaní se zmenšuje pomaleji, a my ji tak pocítujeme jako chladnější než dřevěnou.

Správné pochopení miskoncepce pomůže žákům se lépe orientovat nejen v problematice tepelných vodičů a izolantů, ale i v běžném životě (např. proč si dávat pozor na hřebíky v dřevěných lavicích v sauně, do čeho nalít pití, aby zůstalo déle studené/teplé apod.). Odstraňováním této miskoncepce u žáků zároveň rozvíjíme představu míry spolehlivosti lidské dlaně jako měřicího přístroje.

## Jak bojovat s miskoncepací?

V několika následujících odstavcích se pokusíme představit tři způsoby, jakými lze s miskoncepací u žáků bojovat. Jedná se o užití metod analogie, kognitivního konfliktu a autoreflexivního aktivního učení, které uvádí [1].

### Analogie

Přivedeme žáky na myšlenku tepelné rovnováhy dvou předmětů v místnosti. Když budeme mít studenou/teplou vodu v láhvi dostatečně dlouho v místnosti, budou mít stejnou teplotu jako okolní vzduch. A jak to bude v případě dřevěné a kovové tyče? Když budou dostatečně dlouho

v místnosti, budou mít také stejnou teplotu jako okolní vzduch. Když vyvětráme a zase dlouho počkáme, jak to bude s teplotou předmětů teď? Existuje tedy stav, kdy mohou mít dřevo a kov stejnou teplotu – teplotu místnosti. Takto lze dojít k poznání, že problematickým místem v úvaze je dotek – lidské vnímání.

Pokud by toto nestačilo, lze uvažovat dál: A co parapet (nebo lavička) v létě, když na něj praží slunce – bude příjemnější sáhnout na dřevěný nebo kovový? (Zde předpokládáme zkušenost, že kovové předměty bývají rozpálené – na dřevěných lavičkách se za horkého dne sedět dá, na kovových se často při doteku spálíme.) Najednou je chybně uvažovaná vlastnost kovu „opačná“.

## Kognitivní konflikt

Na začátku vyučovací hodiny přineseme do třídy dvě tyče, dřevěnou a kovovou. V průběhu hodiny položíme otázku, která z tyčí má nižší teplotu, tj. která je studenější. Dále bodovým teploměrem či termokamerou<sup>10</sup> provedeme měření teploty – ideálně s promítáním hodnot v reálném čase, aby se k údajům dostal každý ze žáků. Obdobně je možné provést měření se stejnými tyčemi v sauně, kde je udržována teplota vyšší, než je teplota lidského těla (s dotykem kovové tyče je třeba být opatrný).

Po každém z experimentů je nutná diskuze, co je tedy příčinou toho, že my skutečně cítíme, že předmět je studenější/teplejší.

## Autoreflexivní aktivní učení

Otázka, ke které se chceme dostat: Co má nižší teplotu – kovová, nebo dřevěná tyč umístěná v téže místnosti za běžného podzimního dne? K odpovědi můžeme žáky dovést například následující posloupností otázek a úkolů:

1. Odhadněte a následně změřte teplotu v místnosti.
2. Jaká je teplota vaší dlaně?
3. Jakou teplotu má baňka teploměru, vzduch, lavice v místnosti?
4. Jakou teplotu má dřevěná tyč v téže místnosti? A jakou kovová? K porovnání teploty použijte
  - a. teploměr (termokameru),
  - b. dlaň.
5. Liší se závěry (ano/ne)? Svou odpověď zdůvodněte.
6. Pomocí termokamery pozorujte, co se děje v okolí místa dotyku dlaně u dřevěné a kovové tyče. Vytvořte hypotézu, která by zdůvodnila závěry předchozí úlohy. Diskutujte ji se spolužáky či vyučujícím.

## Závěrem

Každá z metod může být přesvědčivá pro jinou skupinu žáků. Zároveň každá vyžaduje různé úsilí, čas, vybavení. Učitel může do odbourávání miskoncepce investovat mnoho, ale vždy je to žák, který si musí uvědomit a připustit si omyl ve svém uvažování. Je třeba, aby přijal nové vysvětlení,

---

<sup>10</sup> Aby termokamera správně změřila teplotu kovové tyče, je třeba tyč omotat např. izolepou.

novou skutečnost zcela a úplně tak, aby bylo zdůvodnění problému či nahlížení na daný jev nadále v souladu s jeho uvažováním.

## Zdroje a literatura

[1] Mandíková, Dana, Trna, Josef. (2011). *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno: Paido.

[2] *Tepelná vodivost*. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2021-10-26]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1\\_vodivost](https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_vodivost)



## Var vs. mírný var

Miskoncepce, kterou bych nyní chtěl detailněji popsat, je z termiky a týká se varu vody. Mnoho lidí si myslí, že když se vaří voda, tak se při delším a případně intenzivnějším zahřívání zvyšuje teplota vody. Tedy že existuje něco jako „malý“ a „velký“ var, viz Obrázek 1. Nutno zdůraznit, že tato špatná představa bude nejspíše hodně zakořeněná. V anglickém jazyce mají pro účely vaření dokonce pro tyto dva „různé“ vary dvě různá slova – boil (vřít) a simmer (vřít mírně).



Obrázek 1. Var vody („boil“) [1]



Obrázek 2. Var vody („simmer“) [2]

### Diskuze analogií

Analogií k této miskoncepti bohužel moc nenajdeme. Potřebujeme zdůraznit, že dodávané teplo již po dosažení varu nepřispívá ke zvyšování teploty, ale na skupenskou přeměnu. Učitel se může pokusit vysvětlit tento problém například na modelu stavebního spoření. To funguje tak, že každý rok stát přispívá k naší naspořené částce nějakou další pevnou částkou. Jenže po dosažení určité maximální částky za rok (dosažení určité teploty – varu vody) již další částku od státu nedostaneme (teplota se nezvýší). Některé banky pak otevírají například nějaký další druh účtu, na kterém můžeme spořit (to by znamenalo investování do té skupenské přeměny).

### Poznatkový konflikt

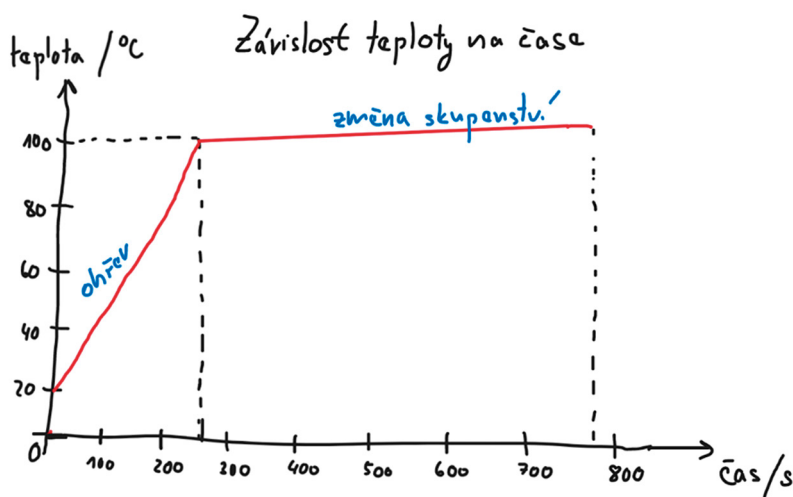
Pokud by žáci neměli s předchozím bodem moc zkušeností, nebo by jim to naopak přišlo moc těžké na představu, můžeme se pokusit vyvrátit tuto špatnou představu jednoduchým experimentem. Například za pomoci školního vařiče, teploměru a hrnce bychom přivedli vodu v hrnci k varu a následně bychom změřili její teplotu. Výkon vařiče bychom následně zvýšili a teploměrem bychom ověřili to, že je teplota stejná (i když opticky voda „více vře“). Jako rozvinutí předchozí myšlenky by se v experimentu dalo pokračovat tak, že změříme dobu, za kterou se voda v hrnci vypaří. Tak by žáci mohli dojít k tomu, že se zvyšováním výkonu vařiče pouze urychluje doba vyvaření vody.



Pokud by se učitelé nechtělo používat teploměr, může například na vaření vajíček kvalitativně ukázat, že nezáleží na „velikosti“ varu. Experiment by se mohl například realizovat tak, že by učitel dal do dvou hrnců s vroucí vodou vejce a snažil by se je uvařit nahniličko s tím, že pod jedním hrncem by zvýšil výkon vařiče. Zkoumali bychom tedy to, které vajíčko se uvaří nahniličko rychleji. Po přibližně 7 minutách bychom zjistili, že jsou obě vejce nahniličko<sup>11</sup> (nikoliv vejce pod výkonnějším vařičem natvrdo, jak by mohlo žáky svádět). Žáci by tak došli k poznatkovému konfliktu i na základě každodenní zkušenosti s vařením vajec.

## Autoreflexivní aktivní učení se žáka

Asi nejlepší a také časově nejnáročnější možností v odstraňování této miskoncepce je, že žáci si ji odbourají sami. Můžeme například zadat jednoduchou laboratorní práci, kdy žáci dostanou vařič o známém výkonu, teploměr, vodu o určitém objemu a budou následně proměřovat závislost teploty vody na čase. Podobná úloha (experiment) je popsána například v [1]. Žáci tedy ideálně dojdou k následujícímu grafu, který je znázorněn na Obrázku 3.



Obrázek 3. Závislost teploty vody na čase

Pomocí této jednoduché úlohy si tedy žáci sami ověří, že se teplota vody poté, co dosáhne varu, již nezvyšuje. Jak jsem již diskutoval výše, myslím si, že tato možnost je pro odbourání uvedené miskoncepce asi nejlepší. Vzhledem ke své časové náročnosti by se ale spíše hodila například do laboratorních cvičení.

## Závěr

V tomto krátkém článku jsme si ukázali některé možnosti odbourání miskoncepce týkající se varu vody. Myslím si, že tato miskoncepce je velmi častá (i jazykově zakořeněná) a tedy stojí za to pracovat na jejím odstranění.

<sup>11</sup> Při velmi přesném měření by bylo vejce vařené na výkonnějším vařiči nahniličko opravdu o trochu rychleji a to z důvodu, že vložením studeného vejce do vody var na chvíli ustane (a obnoví se rychleji na výkonnějším vařiči).

## Literatura

[1] Elektronická sbírka pokusů MFF. Dostupné online [3. 1. 2021]  
<http://fyzikalnipokusy.cz/1620/urceni-merneho-skupenskeho-tepla-varu-vody>

## Zdroje obrázků

[1] Boiling water by GRAN is licensed under CC 3.0, dostupné online na  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boiling\\_water.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boiling_water.jpg), citováno [21. 11. 22]

[2] HK food drink boiling hot water by Fiarwalloe 2015 is licensed under CC 4.0, dostupné online na  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HK\\_food\\_drink\\_boiling\\_hot\\_water\\_Dec-2015\\_DSC.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HK_food_drink_boiling_hot_water_Dec-2015_DSC.JPG), citováno [21. 11. 22]

# Vypařuje se voda jen při varu? Aneb vodní páry neexistují při teplotě méně než 100 °C

Téma skupenských přeměn a skupenství vůbec se v samostatném předmětu Fyzika obvykle učí v průběhu šesté třídy základní školy, viz [1] (či primy pro osmiletá gymnázia). Zkušenosti však každý z nás má dozajista i z útlejšího věku – pravděpodobně víme, že rybník plný vody je v zimě, když mrzne, náhle pokrytý vrstvou něčeho pevného a klouzavého, nebo že po letní koupeli se ani není potřeba utírat ručníkem, ale kapky z nás zmizí jen tak samovolně, a přitom nikam neodtečou. Všimli jsme si, že místo deště v zimě někdy sněží, že v horku a po lijáku stoupají z lesů mlhavá oblaka.

Ve škole se pak dozvídáme, že výše uvedené příklady se týkají různých *skupenství* vody<sup>12</sup>. Při uvedení do tématu pokládám za vhodné začít s přeměnou kapalného skupenství na pevné, neboť obě formy jde snadno vizuálně rozpoznat. K tomu navíc v případě vody, která funguje jako výborně dostupný exemplář, existuje určitá teplota, při které k přeměně dochází<sup>13</sup>. To může žákům na jednu stranu usnadnit orientaci v tématu, na stranu druhou si celou situaci mohou zjednodušit na formuli: „Při této teplotě led, při této teplotě voda“.

A právě tento zjednodušující přístup, podporovaný například nevhodně stavěnými vyučovacími hodinami, může do následujícího tématu *vypařování/var* přinést zmatek a vést k tvorbě silných miskonceptů, že *odpařování probíhá pouze při varu* nebo *vodní páry nemohou vůbec existovat pro teploty nižší, než je teplota varu*. Žák jim může podlehnout ještě snadněji, pokud se například nešikovně začne mluvit o varu pouze v souvislosti s teplotou 100 °C<sup>14</sup>. Navíc může dojít i k naprostému nepochopení varu jakožto odpařování z celého objemu, jehož následné porozumění se hledá vcelku obtížně (z autorovy vlastní zkušenosti).

V následujícím textu se nebudu věnovat sublimaci, pro zachování jednoduchosti se spíše soustředím na vypařování/kondenzaci. Hlavním motivem je vůbec samotná existence plynného skupenství vody při teplotě nižší, než je teplota varu.

Ačkoliv nejde o nijak obsáhlé téma, prostoru k nabrání chybných představ je dostatek. Jak takovým miskonceptům předcházet? Případně, jaké jsou možnosti pro jejich odbourání, pokud přeci jen zakořenily?

<sup>12</sup> Domnívám se, že i často používané tvrzení „skupenství vody jsou led, voda a pára“ není úplně z nejšťastnějších a může přispívat k neúplnému či nesprávnému pochopení tématu (respektive vnáší určitý chaos). Osobně bych se tomu snažil předejít utvrzováním představ: pevné skupenství – led, kapalně – voda, plynně – vodní pára (explicitně zmínit „vodní“, protože se vypařují i další látky).

<sup>13</sup> Tvrzení není samozřejmě zcela přesné, neboť je možné (a v případě demonstračního experimentu poměrně efektivní) poukázat na možnost podchlazené kapaliny, ale i přesto je konkrétně pro vodu teplota 0 °C významná při tání a tuhnutí.

<sup>14</sup> I zde je možné nesprávnému tvrzení předejít diskusí o přehřáté kapalině, či spíše o snížení teploty varu v závislosti na tlaku. Opět jde ale o nějaký bod, kterého se žáci mohou mít tendenci chytat. Vhodnější se mi jeví nejprve představit proces vypařování samotný a var pak jako jakýsi vrcholek této přeměny.

## Analogie

Analogie nám umožní nahlédnout na problematickou a neuchopenou situaci skrze představu, které rozumět dokážeme.

Představme si listí hezky shrabané na hromádce. Ta nám vytváří analogii s nějakým objemem vody, přičemž jednotlivé lístky mají hrát roli molekul vody. Chtěli bychom poukázat na proces vypařování za různých teplot. Proto do naší analogie zavedeme teplotu v podobě síly okolního větru. Vyšší teplota odpovídá větší síle větru.

Co se stane, když zafouká velmi silný vítr (vysoká teplota vody)? Lze uvažovat sílu natolik velkou, že se celá hromada listí pod jejím náporem zvedne do vzduchu a každý lístek si letí jinam. Nemusí nutně celá naráz, ale vítr je natolik silný, že je schopen ji „rozbít“ i postupně, a hlavně z hromady „vyjme“ listy, které ležely někde v hlubších vrstvách. Tak vlastně máme představu varu vody – molekuly jsou „vyňaty“ i z vnitřního objemu a opouští kapalinu.

Jak dopadne situace, kdy vítr není natolik silný, aby rozfoukal celou hromadu? Přeci to není tak, že by se žádný lístek nehnul. Může se stát, že do některého foukne tak vhodně, že se zvedne do vzduchu a z hromady odletí pryč (molekula, která objem vody opustí). Hlavně tomuto náporu budou čelit pouze lístky na povrchu hromady (odpařování jen z povrchu). Spoustu lístků ale chudák větřík nezvedne (vzájemně na sobě leží, „drží se“, působí na sebe). Pokud bychom však nechali i tento spíše slabý vítr působit dostatečně dlouho, nakonec by postupně po jednotlivých listech mohl celou hromadu rozfoukat (časem by se voda mohla zcela vypařit).

⇒ Listí z hromady může unikát i při slabém větru (voda se může vypařovat při nižší teplotě, než je teplota varu).

Za celkem vhodné bych považoval zmínit, že jednotlivé utržené lístky vznášející se ve vzduchu pak právě odpovídají vodním parám a k tomu lístky, které dopadnou na zem či zpět na hromadu, představují proces kondenzace.

Analogie jistě (bohužel) není bezchybná. Problémem například je, že vítr působí na hromadu listí zvenčí, tj. analogie vlastně uvažuje teplotu okolí (nad povrchem), což je chybné<sup>15</sup>. Listí také bez větru leží nehybně, což v případě vody a jejích molekul opět neplatí – list, který leží vespod hromady, se sám nikdy nedostane na povrch, ačkoliv díky chaotickému pohybu částic to pro molekuly platit může. Další problematickou otázkou je, co se děje, když vítr nefouká<sup>16</sup>. Zřejmou odpovědí je, že se žádný lístek z hromady nezvedne – k odpařování nedochází. Takový stav pak můžeme přirovnat situaci pevného skupenství. Nicméně nelze tak učinit naprosto bezhlavě, aby analogie v žácích například nezbudila dojem, že „nulová teplota“ (žádný vítr) znamená „žádný pohyb“<sup>17</sup>. Větší konflikt zcela jednoznačně vzniká v otázce sublimace, kterou pevné skupenství prochází, ale analogie ji ani v tomto případě nijak nezachycuje.

<sup>15</sup> Těžko však zavést sílu větru uvnitř hromady listí (jakožto teplotu vody).

<sup>16</sup> Jaké teplotě by takový stav v analogii mohl odpovídat?

<sup>17</sup> Na úrovni šesté třídy základní školy je možné, že většina žáků nad takovou spojitostí nepřemýšlí, přesto je třeba mít tento nedostatek v analogii na paměti.

Nedostatků je tedy celá řada. Tato analogie tedy může posloužit minimálně jako základ pro narušení zavedených miskoncepcí, nicméně ne za cenu tvorby dalších.

## Kognitivní konflikt

V úvodu článku jsou zmíněny některé přirozené situace, kdy se člověk s přeměnou kapalného skupenství na plynné setkává. Ne každý si však dá do souvislosti odpaření (člověk na sluníčku uschne), existenci vodních par ve vzduchu okolo nás a teplotu nižší než teplota varu. Pro kognitivní konflikt by bylo možné vybrat právě každým zažitě situace – rozlitá voda postupně uschne, zrovna tak mokré prádlo na šňůře – a to určitě ani louže, ani prádlo zrovna *nevře*. Nechal bych žáky nad těmito zkušenostmi přemýšlet a vyvozovat důsledky.

Domnívám se, že začít právě situacemi týkajícími se vypařování je důležité. Najít odpověď na otázku „Kam se kapalina ztratila?“ se mi jeví jako snazší cesta. Druhou sadou situací, které na toto téma narážejí, je totiž projev kondenzace – například zamlžení otevřeného okna v chladném období, stejně jako zamlžení sklíček u brýlí, či mlha stoupající v zimě od úst, ba dokonce mlha nad vařící se vodou v hrnci. Ačkoliv také vypovídají o tématu zde probíraném a žáci se s nimi jistě setkali, je princip náhlého „objevení něčeho (kapek) z ničeho (páry)“ obtížněji uchopitelný. Právě skutečnost, že páru vlastně nevidíme (ale mlhu, tedy již zkondenzované kapičky, ano) činí tyto situace obtížněji vysvětlitelné bez prvotního povědomí o existenci vodních par v okolním vzduchu.

K přijetí toho, že vypařování vody probíhá i při pokojových teplotách, může posloužit třeba jednoduchý (i když časově náročnější – řádově asi dny) dobrovolný domácí úkol. Žáci nalijí do vhodné nádoby (například širší misky) vodu, zaznamenají výšku hladiny (přilepením kousku izolace, fixem, kancelářskou sponkou apod.) a nechají misku v klidu stát někde na stinném místě na polici. V průběhu času sledují změnu výšky hladiny a pro kontrolu mohou měřit i teplotu vody. Na základě pokusu by měli dojít k tomu, že se voda vypařuje i při pokojové teplotě.

Předchozí pokus by šel hromadně realizovat ve škole, kde by učitel mohl nádobku s vodou nechat ve třídě například do příští hodiny fyziky. Je totiž možné, že ne každý žák/žákyně má doma k dispozici vhodný teploměr.

Ať už pokus, či situace popsané výše mohou být podkladem pro debatu s žáky, která by vždy měla mířit k utvrzení, že někde okolo nás se musí i za běžných teplot vyskytovat voda, která se zdánlivě „zjeví z ničeho“. To se dá podložit a případně ukázat například tím, že vychlazená láhev vyndaná z lednice se orosí, nebo že za chladných rán je rosa, aniž by v noci přšelo.

## Autoreflexivní učení žáka

Autoreflexivní učení zde uvažuji formou dialogu s učitelskými návodnými otázkami a představou, jaký by mohl být alespoň směr žakovské odpovědi, respektive, jaké by byly ideální odpovědi, či kam by je bylo vhodné navést prostřednictvím doplňujících, detailnějších otázek.

Tato strategie je určena pro starší žáky, kteří již vědí, jak si na molekulové úrovni představit teplotu a jak se ta pojí s energií, tedy že vědí o srážkách molekul, chaotickém pohybu i o tom, jak vypadá na mikroskopické úrovni kapalina a jak plyn.

Současně tuto fiktivní situaci uvažuji jako strategii pro vyvrácení již nabytých miskoncepcí, nikoliv jejich prevenci – proto si zde trochu protiřečím (viz úvod) a celý rozhovor začínám od varu.

Dotazy učitele jsou označeny písmenem U, potenciální žákovské odpovědi pak písmenem Ž a pro přehlednost jsou psány kurzívou.

### Rozhovor:

U: Jak poznám, že se voda v hrnci při varu vypařuje z celého objemu?

Ž: *Páry jsou vidět nad hladinou.* (nejsou to páry, je to mlha, ale to s ohledem na cíl dialogu není tak podstatné)

U: To není úplně přesné, nad horkou kávou také vidíme „páry“. Jak to poznám přesněji?

Ž: *Voda také bublá.*

U: Co znamená bubláni vody?

Ž: *Dno hrnce se zahřeje od plamene, od něj voda a to na tak vysokou teplotu, že se změní na plyn, který stoupá vzhůru, protože má menší hustotu než voda.* (asi bych opět pominul přesnější fakt, že ohřevem dosáhneme teploty, kdy jí odpovídající tlak nasycených par se vyrovná s tlakem atmosférickým, a proto se kapalina začíná vypařovat v celém objemu)

U: A jak je to pak s tím plynem u hladiny?

Ž: *Páry opustí vodu.*

U: Opouští vodu jen páry ze dna?

Ž: *Nejen, i přímo na hladině by měly molekuly z vody odcházet.*

U: A co u stěn hrnce? Nebo například uprostřed vody?

Ž: *Také. Vlastně z celého objemu.*

U: Co znamená, že má voda vysokou teplotu?

Ž: *Molekuly mají velkou energii, což znamená, že se rychle hýbou.*

U: Energie se zdá být klíčem k „vypaření se“. Jak molekuly vody získaly tuhle energii, aby se rychle hýbaly?

Ž: *Od částic nádoby, které jí zase získaly od plamene.*

U: Jak se zvětšuje energie v celém objemu kapaliny?

Ž: *Molekuly vody si ji předávají srážkami, nebo působením přes vazby.*

U: Už dokážeme říci, proč tedy i molekuly vody uprostřed hrnce mohou odejít z kapaliny, vypařit se?

Ž: *Všechny mají dost energie na to, aby se z kapaliny vymanily.*

Poté by bylo vhodné přejít k situaci, kdy už nemáme zdroj tepla:

U: Přenáší se energie v kapalině, i když nemáme tepelný zdroj?

Ž: *Měla by, stejně jako při varu – přes srážky a přes vazby.*

U: Které molekuly potřebují v této situaci nejméně energie k opuštění vody?

Ž: *Ty, které jsou ve vodě drženy nejmenšími silami.*

U: A které to budou?

Ž: *Ty na hladině.*

U: Je tedy možné, aby molekuly na hladině někdy získaly dostatečně velkou energii na odtržení a vypaření se?

Ž: *Mělo by to být možné. Tu energii obdrží vzájemnými srážkami s molekulami vody, ale i molekulami vzduchu nad hladinou, případně s molekulami nádoby.*

Tímto by se myšlenkově prošlo, že odpařování probíhá i pro menší teploty než je teplota varu a vše je v režii energetické bilance molekul. Rozhovor by šlo vést s přesnějšími popisy, záleží na konkrétním cíli.

Ještě by bylo možné zahrnout následující doplňující dotazy (opět závisí na směru a cíli rozhovoru):

U: Byl by pro možnost opustit objem vody rozdíl v tom, jestli molekula na hladině dostala energii od vnějšího zdroje tepla (stěn nádoby), případně okolí hladiny, nebo by ji shodou okolností získala čistě ze vzájemného působení okolní vody (srážek molekul)?

U: Bylo by takové „štěstí“ pro molekuly častější s rostoucí teplotou?

V této strategii je nevýhodou vyšší úroveň znalostí, na kterých rozhovor staví. Na učiteli také je přizpůsobit vedení dialogu konkrétním odpovědím žáků.

## Zdroje a literatura

[1] Krynický, Martin. *Realisticky.cz – Tři podoby látky*. Dostupné online [14. 10. 2021]  
<http://www.realisticky.cz/ucebnice/04%20Fyzika%20ZŠ/01%206.%20ročník/04%20Látky%20a%20jejich%20podoby/05%20Tři%20podoby%20látky.pdf>

# Vaříme brambory

V této úloze se budeme zabývat tím, jak s rostoucí nadmořskou výškou souvisí změna tlaku, která má vliv na to, jaké hodnoty dosahuje teplota varu vybrané kapaliny, a s tím souvisejícími miskoncepcemi. V našem případě budeme uvažovat vodu. Konkrétně si představíme, že Anna bude vařit brambory v hrnci v Praze, zatímco její manžel si bude chtít uvařit brambory v chatě na jednom z vrcholů Alp. Otázkou je, jestli se někomu z nich podaří uvařit brambory za kratší čas (uvažujme zjednodušeně, že oba používají stejnou plotýnku a budou vařit stejné množství a typ brambor ve stejném hrnci, ve vodě o stejném objemu).

## Rozbor

Podstatou úlohy „vaříme brambory“ je pro dospělého člověka jednoduchá úvaha, že s rostoucí nadmořskou výškou klesá tlak, a tedy že na horách uvaříme brambory později (budeme je vařit delší dobu), protože v důsledku nižšího tlaku vzduchu je na horách nižší bod varu vody. Zde je důležitá znalost žáka: žák musí předem vědět, jak se s rostoucí nadmořskou výškou mění tlak. Další znalost nutná k tomu, aby žák odpověděl správně, je fakt, že teplota varu vody závisí na tlaku. Posledním krokem k uvědomění si, k čemu skutečně dojde, je představa toho, že voda se začne na horách vařit při nižší teplotě, což ale neznamená, že se brambory ohřejí a změkknou dříve, ale právě naopak: při nižší teplotě varu nám brambory jen tak nezměkknou.

Žákům bychom mohli položit otázku, co by měl mít manžel Anny na horské chatě v kuchyni, aby měl brambory uvařené stejně rychle nebo dokonce rychleji než Anna. Po chvilce přemýšlení bychom žákům odhalili správnou odpověď, pokud by „nepřišla“ od nich, v každém případě by následovalo vysvětlení – které se obecně ve fyzice i jinde hodí (je dobré vyhýbat se suchým krátkým odpovědím). Odpovědí na tuto konkrétní otázku je Papinův hrnec, lidově řečeno „papiňák“ či „tlakáč“. Tento hrnec je založen na tom principu, že v něm vaříme pokrm za vyššího tlaku oproti (běžnému) atmosférickému, čímž dosáhneme chtěné vyšší teploty varu.

## Kognitivní konflikt

Aby žák dokázal úlohu vyřešit, musí vědět: 1. jak závisí tlak vzduchu na nadmořské výšce, 2. jak závisí teplota varu vody na tlaku, 3. správně si rozmyslet, jak rychle se brambory uvaří při různé teplotě varu vody. Jinými slovy musí vědět, že s rostoucí nadmořskou výškou tlak vzduchu klesá, s klesajícím tlakem teplota varu vody klesá (neboli s rostoucím tlakem teplota varu vody roste) a že při nižší teplotě varu vody se brambory uvaří později. K dopracování se ke správnému řešení je třeba učinit několik dílčích kroků. První žakovou miskoncepcí může být to, že si žák myslí, že s nadmořskou výškou tlak vzduchu roste. Pokud žák bude dále předpokládat, že s rostoucím tlakem teplota varu vody roste, nedopustí se sice chyby, ale v důsledku mylné prvotní úvahy dojde k nesprávnému závěru, tj. že s rostoucí nadmořskou výškou teplota varu vody roste. V opačném případě – kdyby se žák domníval, že s rostoucím tlakem teplota varu vody klesá – by došlo k druhé



miskoncepci (na základě dvojité chyby by vyšel správný závěr, že s nadmořskou výškou teplota varu vody klesá).

V obou zmíněných úvahách, kde je možné chybovat, jsme za chybnou závislost považovali opačnou oproti správné. Je nutné si dále uvědomit, že žáci mohou uvažovat nulovou závislost mezi jedním či více páry z dvojic: nadmořská výška – tlak vzduchu, nadmořská výška – teplota varu vody, tlak vzduchu – teplota varu vody. Možná nejtěžší pak může být uvědomění, že nižší teplota varu nezajistí rychlejší změknutí brambor. Závěr: můžeme vidět, že žák musí uskutečnit několik dílčích úvah a mít více znalostí, které musí umět aplikovat, a tedy jde o hezký příklad ze života, na němž si může „lámat hlavu“.

Tento příklad jsem si vybrala na základě vzpomínky z přestávky na gymnáziu, kdy jsme si se spolužačkou Jitkou nad jednotlivými závislostmi lámaly hlavu. Se smíchem jsme se snažily zapamatovat si výsledky našich úvah, protože být bývá často citován Albert Einstein s tím, že se něco naučíme – zapamatujeme si to tím, jakmile to pochopíme, nemusí tomu tak vždy být.

Jak by se miskoncepce ohledně tlaku a teploty varu dala u žáka odstranit? Jednoduchým pokusem. Vzali bychom si do hodiny brambory, plotýnku, klasický hrnec a Papinův hrnec. Za jinak stejných podmínek (plotýnka, množství a počáteční teplota vody, množství a typ brambor) by se nám měly brambory v případě Papinova hrnce uvařit dříve než v klasickém hrnci. To bychom ověřili. Z návodu k papiňáku bychom zjistili maximální hodnotu tlaku v hrnci a našli (na internetu či v tabulkách) odpovídající teplotu varu vody. Tím bychom ukázali žákovi to, co si de facto může vyzkoušet doma, ale ne každému se do toho chce, a on by si odnesl praktický poznatek do života s důrazem kladeným na závislost teploty varu vody na tlaku okolního vzduchu. Jak by si žák lépe zapamatoval, jak je to se závislostí tlaku vzduchu a nadmořské výšky? Vyřešíme pomocí analogie.

## Analogie

Pakliže sejdem z hory do údolí, splaskne vlivem vyššího tlaku plastová lahev s pitím, kterou si s sebou ponese. To se dobře projevuje i na našich kopcích. Ve škole je možné tuto závislost prakticky ukázat pomocí lahve a vývěvy<sup>18</sup>.

Představme si dále, že jsme ve vysokých horách. Uvažujme jihoamerické Andy. Budeme ve vysoké nadmořské výšce na jezeře Titicaca (3 000 metrů nad mořem) a některým z nás se bude hůř dýchat (či dokonce nás rozbolí hlava). V této horské oblasti je „řidší“ vzduch (tím pádem i méně kyslíku). Můžeme si to představit tak, že molekuly plynů tvořících vzduch jsou v rámci chaotického pohybu od sebe průměrně více vzdáleny, dochází k méně častým srážkám – s tím souvisí představa nižší hustoty vzduchu a s ní spojený nižší tlak. Na základě této analogie by si žák měl být schopen vizualizovat, že v horách je tlak nižší než v nížinách či na úrovni moře.

---

<sup>18</sup> Pod vývěvu dáme mírně splasklou plastovou lahev. Při snižování tlaku vzduchu (stoupání na kopec) se lahev nafoukne. Při opětovném zvyšování tlaku vzduchu (sestup do údolí) lahev opět splaskne.



Obrázek 1. Krajina u jezera Titicaca

## Autoreflexivní učení žáka

Žáci dostanou dobrovolný domácí úkol za plusový bod / práci do skupinek:

### Úloha:

Uděláme si výlet do Jižní Ameriky, země, odkud jsme si my, Evropané, dovezli brambory. Poplujeme na jezeře Titicaca a na naší lodi budeme mít přenosnou plotýnku. Budeme chtít na ní v hrnci uvařit brambory. Bude nás zajímat, za jak dlouho budou brambory takto vysoko v horách uvařené.

### Dílčí úkoly pro žáka:

1. Najdi na internetu či v jiných zdrojích, jaká je nadmořská výška na jezeře Titicaca.
2. Pro tuto nadmořskou výšku najdi v tabulkách nebo na internetu tlak vzduchu.
3. Pro tlak, který jsi našel, zjisti v tabulkách nebo na internetu teplotu varu vody.
4. Uvařily by se nám brambory v takové nadmořské výšce? Jak dlouho bychom je museli vařit, aby dostatečně změkly?

Odpovědi na první tři otázky jsou přímočaré, žák by se při hledání správných odpovědí měl dostat k pochopení problému. V poslední otázce by si musel zjistit, jak dlouho se musí brambory ohřívat při nižší teplotě varu, aby změkly – žák by na internetu mohl při tom narazit na různé příběhy a uvědomit si „luxus“ žití v našich podmínkách apod.

# 5 Elektřina

<b>Vede grafit (tuha) elektrický proud?</b> – František Laufek.....	<b>91</b>
<b>Rychlost posuvného pohybu elektronů ve vodiči</b> – Jan Paclt .....	<b>94</b>



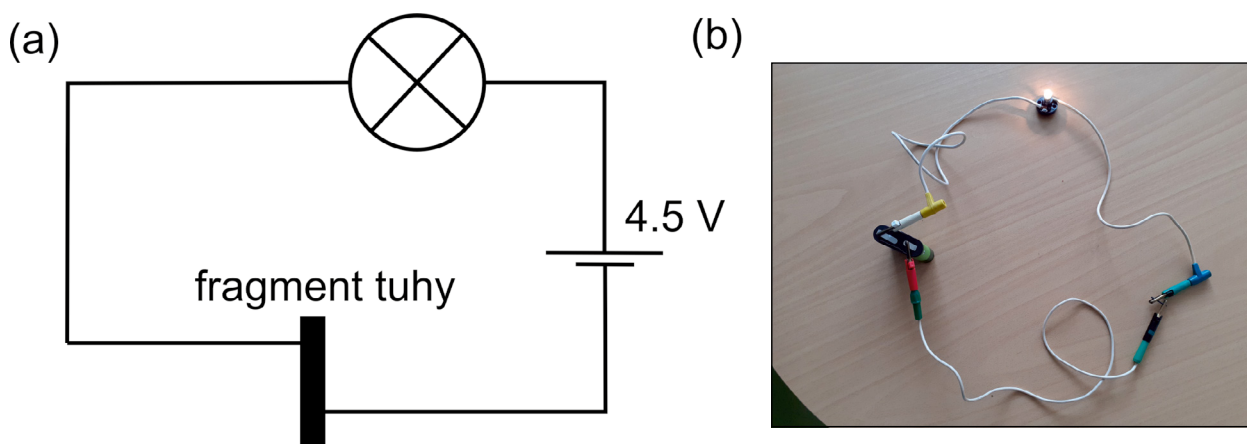
## Vede grafit (tuha) elektrický proud?

Obvyklá prekoncepce dětí ze základní školy založená na pozorování okolního světa (spotřebiče v domácnosti, venkovní elektrické vedení apod.) je, že jsou to pouze kovy, které vedou elektrický proud. Někteří žáci si ještě vybaví elektrolyzu a jevy s ní spojené. Na otázku „A co tuha v obyčejné tužce, resp. grafit v ní obsažený, vede také elektrický proud?“ překvapivě nemalá část dětí odpoví: „Ne, nevede, vždyť to není kov.“ I autor tohoto příspěvku a řada jeho tehdejších spolužáků podlela na základní škole této miskoncepci. V následujících odstavcích se pokusím navrhnout konkrétní strategie, jak tuto miskoncepci odstranit.

### Možnosti odbourání miskoncepcí

#### a) Kognitivní konflikt

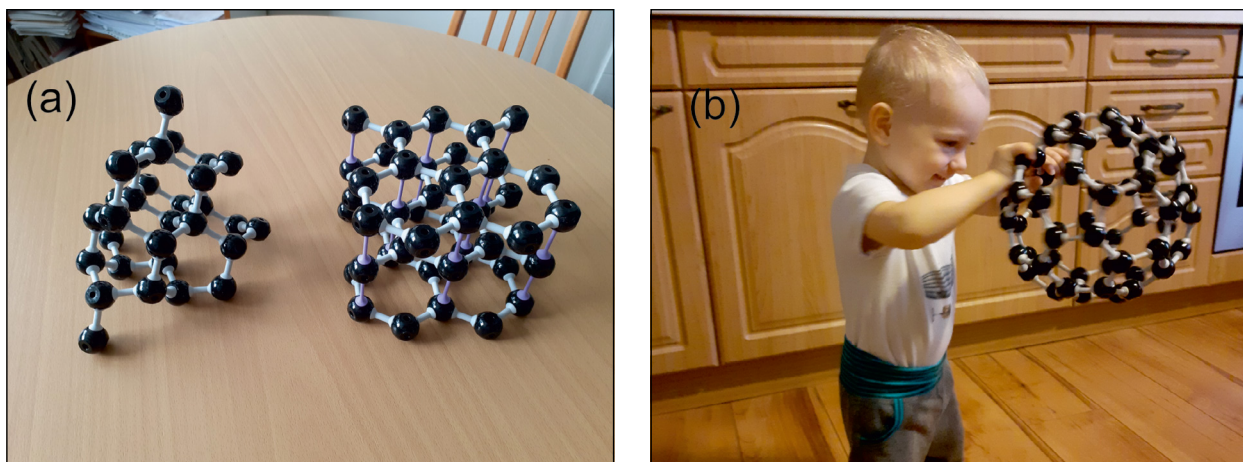
Kognitivní konflikt bych se u žáků snažil vyvolat praktickým experimentem, který by vycházel z jejich vlastní zkušenosti. Pro tyto účely jsem sestavil jednoduchý elektrický obvod, který tvoří zdroj elektrického napětí (plochá 4,5 V baterie), měděné spojovací vodiče s krokosvorkami, objímka na žárovku (E10), malá žárovka (3,5 V/200 mA) a tuha do versatilky (průměr 2 mm, tvrdost 3H) koupená v běžném papírnictví. Před provedením samotného experimentu bych ve třídě položil otázku, které materiály vedou elektrický proud. Následně bych položil otázku „A co tuha ve vašich tužkách, která obsahuje grafit, vede také elektrický proud?“ Počítám s tím, že by se ve třídě našel minimálně jeden žák, který by odpověděl negativně. Následně by se žáci seznámili s parametry žárovky a baterie a zapojili jednoduchý elektrický obvod s baterií a žárovkou bez vložené tuhy. Žárovka svítí, proud vodiči protéká, vše běží podle běžných představ žáků. V druhé fázi experimentu bych nechal žáky vložit do elektrického obvodu malý kus tuhy (délka cca 2 cm, obr. 1a, b). Tuhu uchytí pomocí krokosvorek, jak je patrné z obr. 1b. Žárovka se opět rozsvítí, což experimentálně prokáže elektrickou vodivost tuhy (resp. grafitu). Tento velmi jednoduchý a levný experiment tak může vyvrátit původní miskoncepci o elektrické (ne)vodivosti grafitu (resp. tuhy). Navíc je pokus zcela bezpečný, a tak ho žáci mohou provádět samostatně pouze pod dozorem vyučujícího. Za velmi vhodné považuji zmínit alotropickou modifikaci tuhy – diamant, který žáci jistě dobře znají. Oproti grafitu, diamant ale elektrický proud nevede.



Obrázek 1. (a) Schéma zapojení pokusu s tuhou. (b) Reálné provedení pokusu, tuha je zapojena do obvodu pomocí krokosvorek.

## b) Diskuze analogií

V této strategii bych s žáky diskutoval na téma, co je podstatou vedení elektrického proudu a následné rozdělení pevných látek na vodiče, polovodiče a izolanty. V diskuzi s žáky bych došel k závěru, že podstatou vodivosti elektrického proudu v pevných látkách je přítomnost volných částic s elektrickým nábojem (volné elektrony, kladné díry). Následně bych zmínil elektrickou vodivost u kovů, kterou žáci dobře znají ze své zkušenosti. Výklad, resp. diskuzi s žáky bych doprovázel ukázkou měděných drátů ve vhodném elektrickém spotřebiči a snímkem hliníkových drátů ve vedení vysokého napětí. V této fázi výkladu, resp. diskuze je důležitý závěr (tzv. kotva), že kovy obsahují volné elektrony, a proto dobře vedou elektrický proud. Žákům bych následně ukázal krystalovou strukturu grafitu (např. model sestavený ze stavebnice Molymod<sup>19</sup>, obr. 2) a diskutoval s nimi vaznost atomů uhlíku. Dílčím závěrem by mělo být, že uhlík je čtyřvazný, a má tedy k chemickým vazbám k dispozici čtyři elektrony. Struktura grafitu je ovšem složena z vrstev, kde má každý uhlík pouze tři vazby s okolními atomy uhlíku. Čtvrtý elektron není vázán na chemickou vazbu a může se tak pohybovat po uhlíkových vrstvách. Při připojení grafitu k elektrickému napětí se tyto volné elektrony dají do usměrněného pohybu, a tak grafit v analogii s kovy dobře vede elektrický proud.



Obrázek 2. (a) Krystalové struktury diamantu (vlevo) a grafitu sestavené ze stavebnice Molymod. (b) Modely struktur ze stavebnice Molymod jsou oblíbené i mezi nejmladšími dětmi. Znárodněna je struktura molekuly fullerenu C<sub>60</sub>.

<sup>19</sup> Stavebnici Molymod lze zakoupit u celé řady prodejců didaktických pomůcek v ČR.

Žákům se dá také ukázat struktura diamantu, kde každý atom uhlíku vytváří čtyři vazby a není zde žádný volný elektron. To je důvod, proč se diamant – ve srovnání s grafitem – chová jako izolant. V případě, že je v hodině dostatek času, mohou si žáci model struktury grafitu a diamantu ze stavebnice Molymod vyrobit sami podle přiloženého návodu, případně rad učitele.

### c) Autoreflexivní aktivní učení žáka

Aplikace této strategie by již nebyla zaměřena na miskoncepci o vodivosti grafitu, ale na poznatek týkající se závislosti elektrického odporu na délce vodiče. Vycházelo by se z provedení experimentu s elektrickým obvodem obsahujícím tuhu, který byl popsán v části a). Vlastní experiment by byl modifikován tak, že by se místo krátké tyčinky tuhy (cca 2 cm) použila delší tuha (cca 10 cm). Cílem této části by bylo osvojení poznatku, že elektrický odpor závisí kromě typu materiálu i na dalších parametrech, jako je např. délka vodiče. Na začátku bych žákům položil otázku, na jakých vlastnostech vodiče může záviset elektrický odpor. Každý žák by samostatně sepsal svoji odpověď a následně bychom jejich odpovědi společně prodiskutovali. V diskuzi se žáky bych se zaměřil na délku vodiče a na to, jak by tato délka mohla kvalitativně ovlivňovat výsledný odpor vodiče. Následně by žáci vyměnili krátkou tyčinku tuhy v předchozím experimentu za delší (délka cca 10 cm). V takové konfiguraci experimentu se žárovka nerozsvítí (experimentálně ověřeno autorem). Žáci následně na pokyn vyučujícího posunují krokosvorkou na tyčince tuhy tak, aby se zmenšila délka tuhy, kterou protéká elektrický proud. Přitom sledují žárovku. Nad určitou délkou tuhy žárovka nesvítí. Po překročení hranice cca 8 cm je již patrné slabé světlo žárovky a pod 5 cm žárovka svítí již dost jasně. Intenzita světla žárovky dále vzroste (je patrné vizuálně) se zkracováním délky tuhy zapojené v elektrickém obvodu. Výsledky pokusu bych se žáky analyzoval. Závislost mezi intenzitou světla žárovky a délkou tuhy zapojené v obvodu je zřejmá, a tak žáci snadno dojdou ke správnému kvalitativnímu závěru o závislosti elektrického odporu tuhy na její délce zapojené v elektrickém obvodu. Jak bylo zjištěno v předchozím experimentu, grafit obsažený v tuze je dobrým vodičem elektrického proudu. V případě, že je tuha zapojená v obvodu příliš dlouhá, je výsledný elektrický odpor tuhy příliš velký a žárovka se nerozsvítí.

## Závěr

Domnívám se, že výše uvedená miskoncepce je mezi žáky rozšířená a stojí za to ji ve výuce fyziky cíleně odstraňovat. Za nejúčinnější metodu považuji provedení experimentu s elektrickým obvodem obsahujícím tuhu, který je doprovázen ukázkou modelů struktur grafitu a diamantu. Nedílnou součástí je navazující diskuze s žáky o vlastnostech těchto látek (vliv struktury na fyzikální vlastnosti).

# Rychlost posuvného pohybu elektronů ve vodiči

Během nedávného rozhovoru se svým známým, kterému tehdy v domě vypadl hlavní jistič, jsem si u něj všiml náznaku zajímavé a poměrně časté miskoncepce. Dodejme, že tato miskoncepce se projevila, ačkoliv zmíněný známý je vystudovaný strojní inženýr. Jedná se o představu, že při vedení proudu (v kovu) nabitě částice „běží“ od jednoho pólu zdroje napětí vysokou rychlostí (dokonce blízkou rychlosti světla) ke druhému místo toho, aby se ve vodiči pomalu a v podstatě všechny současně „posouvaly“. Nutno podotknout, že jsem se sám nad touto zdánlivě elementární otázkou zamyslel hlouběji až během maturitního ročníku na gymnáziu. Když jsem se dále ptal některých svých spolužáků z MFF, kteří nemají fyziku jako svůj obor, jak vysokou rychlostí si myslí, že se běžně pohybují elektrony při vedení proudu ve vodiči, dostalo se mi nejčastěji odpovědi, že jistě „velice vysokou“.

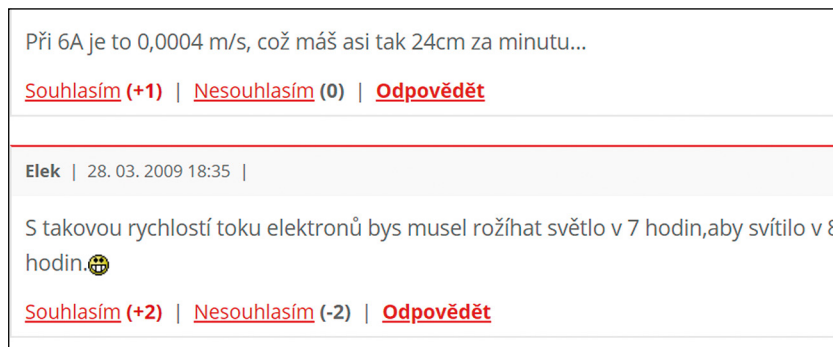
Řekl bych, že tato představa může být někdy podporována i během samotné formální výuky. V elektřině se například obvykle začíná elektrostatikou a zkoumáním pohybu jediné částice v elektrickém poli. Žák pak může i později, při zkoumání elektrického proudu, aplikovat představu, že částice zajišťující vedení elektrického proudu se ve vodiči pohybují jaksi „jednotlivě“. Dále může učitel v žácích tuto představu nechtěně pěstovat v situaci, kdy jezdí prstem po schématu elektrického obvodu a říká, kudy proud bude procházet. To může evokovat, že elektrony zajišťující vedení proudu procházejí vodičem právě tak postupně a relativně rychle.

## Diskuse analogií

Jednoduchým příkladem, který může snadno v žácích navodit přesnější představu o pohybu elektronů ve vodiči, je zjednodušený model několika stejně nabitých částic v řadě za sebou. Žáci na základě znalosti vzájemného elektrostatického působení snadno určí, že např. přitlačení první částice v řadě ke druhé způsobí dále přisunutí druhé ke třetí atd. Situaci lze modelovat též pomocí několika magnetů v řadě, kdy sousední magnety jsou k sobě vždy otočeny souhlasnými póly. Samozřejmě je na místě říci, že reálné elektrony ve vodiči v elektrickém poli konají kromě uspořádaného pohybu také chaotický tepelný pohyb (jeho rychlost je velká – až  $10^6$  m/s). Můžeme si názorněji místo elektronů ve vodiči představit stádo ovcí, které je pastýři (elektrickým polem) hnáno do ovčína. Ovce (elektrony) se pohybují ve stádu chaoticky, stádo jako celek však koná uspořádaný pohyb směrem k ovčínu.

Při psaní tohoto článku jsem zabrousil do internetové diskuse, ve které byla rozebírána právě rychlost uspořádaného pohybu elektronů ve vodiči. Na Obrázku 1 je snímek dvou příspěvků.





Obrázek 1: Snímek z internetové diskuse týkající se rychlosti pohybu elektronů ve vodiči [1]. Pro úplnost dodejme, že v prvním příspěvku rychlost uvedená v základních jednotkách odpovídá ve skutečnosti pouze 24 milimetrům za minutu.

Vysvětlení problému druhého diskutujícího tkví pochopitelně v tom, že žárovku „nerozsvítí“ ty stejné elektrony, které se při rozsvícení začnou pohybovat směrem od záporného pólu zdroje, nýbrž dojde k pomalému uspořádanému pohybu elektronů celým uzavřeným obvodem včetně vlákna žárovky. Analogií je puštění kohoutu u zahradní hadice (naplněné vodou), kdy voda začíná tryskat z ústí hadice okamžitě po otevření kohoutu, ačkoliv nejde o „stejnou“ vodu, která v okamžiku otevření kohoutem prošla. Místo toho na sebe začnou jednotlivé vrstvy vody v hadici tlačit, načež vrstva vody u ústí z hadice vyteče.

## Poznatkový konflikt

Na střední škole můžeme výpočtem ověřit, jaká je rychlost posuvného pohybu elektronů například v měděném vodiči. Stacionární elektrický proud  $I$  vyjádříme jako podíl náboje  $\Delta Q$ , který projde příčným průřezem vodiče  $S$  za nějaký čas  $\Delta t$ :

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}.$$

Elektrony, které dohromady nesou náboj  $\Delta Q$ , po průchodu průřezem  $S$  za dobu  $\Delta t$  „zaplní“ část vodiče délky  $\Delta l$  (viz Obrázek 2). Rychlost jejich uspořádaného pohybu  $v_D$  (tzv. **driftovou rychlost**) pak vyjádříme jako podíl uražené vzdálenosti  $\Delta l$  a času  $\Delta t$ .

$$v_D = \frac{\Delta l}{\Delta t}.$$

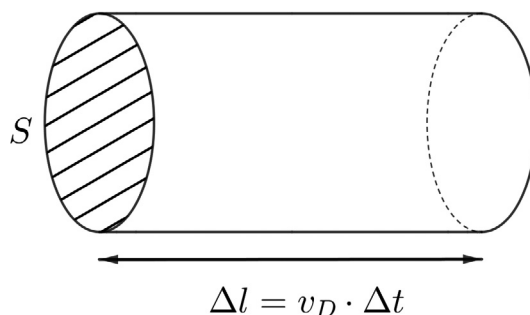
Ve vztahu pro  $v_D$  pak můžeme substituovat za čas  $\Delta t$ :

$$v_D = \frac{\Delta l}{\frac{\Delta Q}{I}} = \frac{I \cdot \Delta l}{\Delta Q}.$$

Pro  $\Delta Q$  dále platí

$$\Delta Q = n \cdot S \cdot \Delta l \cdot e$$

kde  $n$  je objemová hustota volných elektronů ve vodiči, součin  $S \cdot \Delta l$  udává objem části vodiče s konstantním příčným průřezem  $S$  a délkou  $\Delta l$  a  $e$  je elementární náboj.



Obrázek 2: Elektrony se uspořádaně pohybují vodičem o příčném průřezu  $S$ , za čas  $\Delta t$  překonají vzdálenost  $\Delta l$ .

Dostáváme tedy

$$v_D = \frac{I \cdot \Delta l}{n \cdot S \cdot \Delta l \cdot e} = \frac{I}{n \cdot S \cdot e}.$$

Zbývá určit, jaká je objemová hustota náboje  $n$ . Nachází-li se v objemu  $V$  vodiče  $N$  nosičů náboje, platí

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\frac{m}{A_r \cdot m_u}}{V},$$

kde  $m$  je hmotnost části vodiče o objemu  $V$ ,  $A_r$  je relativní atomová hmotnost mědi a  $m_u$  je atomová hmotnostní konstanta. Předpokládáme, že v měděném vodiči je obsažen stejný počet vodivostních elektronů jako atomů, což u jednoduše mědi platí. Známe-li hustotu mědi  $\rho$ , je výhodné zlomek upravit:

$$n = \frac{m}{V} \cdot \frac{1}{A_r \cdot m_u} = \frac{\rho}{A_r \cdot m_u},$$

pro  $v_D$  tedy konečně dostáváme

$$v_D = \frac{I}{n \cdot S \cdot e} = \frac{I \cdot A_r \cdot m_u}{\rho \cdot S \cdot e}.$$

Po dosazení dostaneme pro měděný drát o průřezu  $2 \text{ mm}^2$ , jímž prochází proud  $1 \text{ A}$

$$v_D \approx 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1},$$

v lépe představitelných jednotkách pak

$$v_D \approx 13 \text{ cm} \cdot \text{hod}^{-1}.$$

Věřím, že výsledek výpočtu bude pro žáky poměrně přesvědčivý a zajímavý. S myšlenkami, které se v průběhu odvození vyskytují, se navíc mohou žáci setkat i v jiných partiích fyziky (zejména jde o využívání myšlených válců).

## Závěr

Uvedená miskoncepce o vedení elektrického proudu je výjimečná v tom, že často není překážkou k tomu, aby žák pokračoval v dalším vzdělávání v elektřině a magnetismu a dosáhl i kvalifikace, která je s touto problematikou přímo spjata v různých aplikacích. I u člověka, který má o jevech z elektřiny dobrý přehled, se může tato miskoncepce objevovat, pokud se nad povahou vedení proudu tímto způsobem nezamýšlel. Přesto si myslím, že její odstranění není pro učitele nijak náročné, protože samotný fakt, že se elektrony ve vodiči pohybují ve skutečnosti velice pomalu, je pro žáky natolik zajímavý, že si jej alespoň zapamatují a uvědomí si, že představa „postupného“ šíření proudu není kompatibilní s uceleným fyzikálním pojetím.

## Zdroje a literatura

[1] Internetová poradna Živě.cz

<https://www.zive.cz/poradna/rychlosti-pohybu-eletronu-v-medi/sc-20-cq-407757/default.aspx?-consultanswers=1>



# 6 Optika

<b>Míchání barev</b> – Kateřina Herynková .....	<b>101</b>
---	------------



# Míchání barev

Miskoncepce, kterou se budu ve svém příspěvku zabývat, je z optiky a týká se míchání barev. Na první pohled vypadá, že si s ní učitel fyziky poradí velmi jednoduše, avšak diskuse nad touto úlohou se může stát východiskem pro mnoho zajímavých úvah a experimentů. Narazila jsem na ni v bublinových úlohách na webu paní Evy Hejnové [1]:

**Optika** **Míchání barev**

**Jaká barva vznikne, smíchá-li se zelené, červené a modré světlo?**

**A** Smícháním vznikne **černá barva.**

**B** Smícháním vznikne **bílá barva.**

**C** Smícháním vznikne **hnědá barva.**

**D** **Nemáte pravdu. Já si myslím, že ...**

Vojta, Katka, Petr, Martina

Poznámka

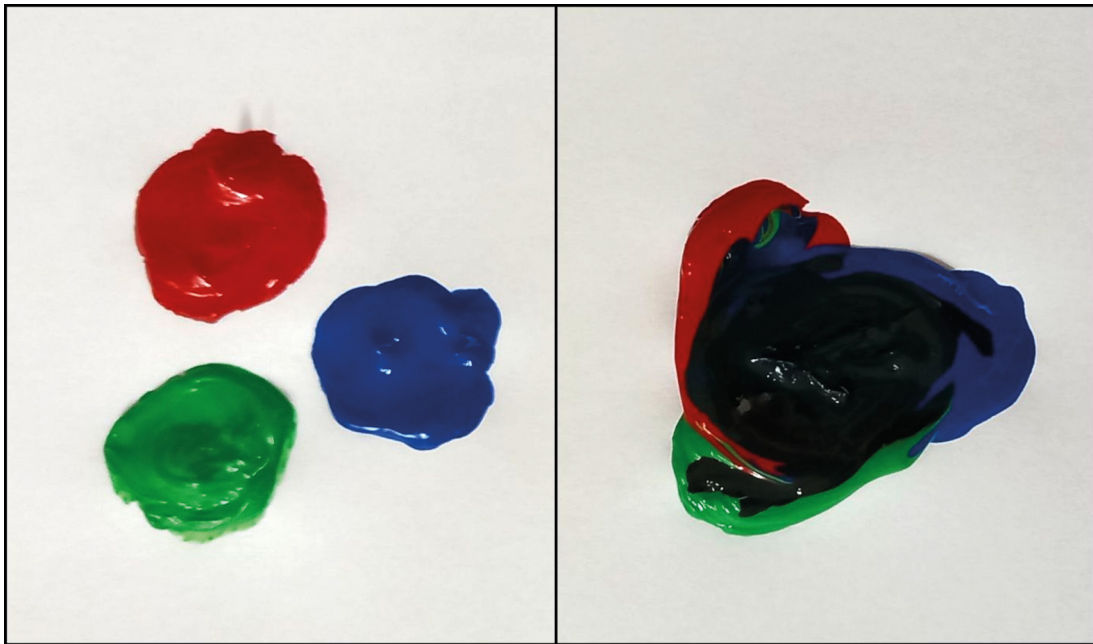
Obrázek 1. Bublinová úloha na téma míchání barev [1]. Přetisknuto s laskavým svolením Dr. E. Hejnové.

Otázka zní: „Jaká barva vznikne, smíchá-li se zelené, červené a modré světlo?“ a správná autorská odpověď je B, vznikne bílá barva.<sup>20,21</sup>

Zdrojem typických chybných odpovědí A a C, že složením světél vznikne černá nebo hnědá barva, je zřejmě dětská zkušenost například z práce s modelínou nebo míchání temperových barev při výtvarné výchově, kdy dostaneme obvykle nějakou „špinavou“ hnědou nebo černou. Podstata odstranění této miskoncepce tedy bude spočívat v uvědomění si faktu, že mícháme *světlo*, a ne barevné pigmenty.

<sup>20</sup> Pro zajímavost, můj syn, žák sedmé třídy a počítačový fanda, však s jistotou odpověděl za D: „šedá a záleží na tom, jak jsou dané barvy jasné“. Tato odpověď zřejmě vychází ze znalosti míchání RGB barev v displejích a počítačových monitorech, kdy bílá vzniká jen při maximálních intenzitách dílčích barev, považuji ji také za správnou a myslím, že se navíc může stát vhodným podnětem k další diskusi ve třídě.

<sup>21</sup> Úloha byla poprvé představena v letech 2002-2003, kdy ještě většina žáků neměla běžnou zkušenost s počítačovou grafikou. Dnes by možná podobně odpověděl větší podíl studentů a nabízí se otázka, zdali podobnou odpověď do kvízu nezařadit.



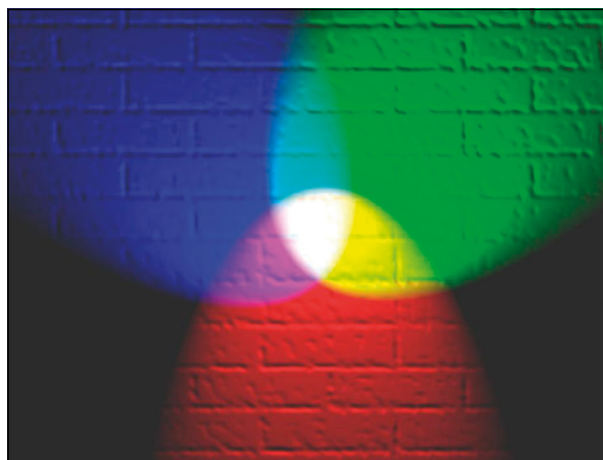
Obrázek 2. Míchání barevných pigmentů

## Trocha teorie

Existují tedy dva typy míchání barev, nazývají se *aditivní* a *subtraktivní*.

*Aditivní* míchání barev je takový způsob míchání barev, kdy se intenzity jednotlivých barev sčítají a vytváří světlo větší intenzity. Výchozím stavem „bez barvy“ je černá plocha (s nulovou intenzitou) a intenzita výsledné barvy se rovná součtu intenzit jednotlivých složek. Pracuje se se třemi základními barvami: červená, zelená, modrá [2].

Aditivní míchání barev odpovídá vzájemnému prolínání tří barevných kuželů světla ze tří barevných zdrojů světla (červený, zelený, modrý) na neosvětlené ploše. Toto je také případ naší úvodní úlohy, a jak je zřejmé z obrázku 3 [3], složením tří základních barev (RGB) skutečně vzniká bílá barva.



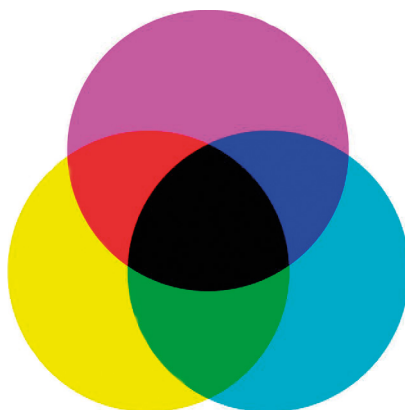
Obrázek 3. Aditivní míchání barev [3]



Smícháme-li jen dvě barvy světla, např. červené a zelené, dostaneme barvu žlutou, modrá a zelená barva ve stejném poměru dávají azurovou barvu, červená a modrá dávají barvu purpurovou. Barva, která vznikne smícháním dvou základních barev, je barvou komplementární (doplňkovou) k třetí základní barvě.

Princip aditivního míchání barev se uplatňuje například na počítačových monitorech, displejích a televizních obrazovkách.

*Subtraktivní míchání barev* je způsob míchání barev, kdy se s každou další přidanou barvou ubírá část původního světla. Počáteční stav „bez barvy“ je bílé světlo nebo plocha (papír), přidává se „tmavost“. Světlo prochází jednotlivými barevnými vrstvami a je stále více pohlcováno. Výsledná barva se skládá z vlnových délek, které zbydou po odrazu nebo průchodu filtrem. Pokud například skládáme na sebe barevné filtry nebo mícháme pigmentové barvy, mícháme je subtraktivní metodou [4].



Obrázek 4. Subtraktivní míchání barev [4]

Základní barvy jsou žlutá, azurová, purpurová (CMY). Smícháním modrozelené (azurové) a žluté barvy vznikne barva zelená, žluté a purpurové barva červená a purpurové a modrozelené barva modrá. Smícháním všech tří základních barev dostaneme barvu černou. Základní barvy subtraktivního míchání jsou komplementární (doplňkové) k základním barvám při jejich aditivním míchání.

Tento princip se používá v tiskárnách. Z důvodu úspory pigmentu (inkoustu, toneru) při tisku tmavých odstínů se navíc používá i samostatný černý pigment – „key“ (vzniká známá zkratka CMYK).

## Diskuse analogií

Příklad analogické fyzikální situace k této miskoncepti se mi bohužel najít nepodařilo. V rámci diskuse však v tomto případě můžeme žákům názorně ukázat, že použití analogie může být v některých případech zavádějící. Miskoncepce žáků – tj. neuvědomění si, že jde o skládání světel – vlastně vychází z reálného pozorování, které je sice správné, ale nelze jej aplikovat na situaci uvedenou v naší úloze. Během diskuse bych se se žáky bavila o jejich zkušenostech s mícháním barev. Předpokládám, že by sami uvedli míchání pigmentů a míchání barev na počítači (pokud ne, připomněla bych nějaký jednoduchý směšovač RGB barev na internetu, např. [5], případně video [6]). Snažila bych se je navést, aby sami přišli na to, že existuje rozdíl mezi mícháním barev v malířství a mícháním barev na monitoru počítače a v čem spočívá. Zeptala bych se jich, která bar-

va je jasnější, černá nebo bílá. Která z nich vznikne „přidáváním“ světla a která jeho „ubíráním“. Myšlenkovým experimentem, kdy bychom postupně rozsvěcovali červenou, modrou a zelenou baterku, bychom dospěli k závěru, že jasu přibývá. A naopak, přidávám-li při malování obrazu další a další temperovou barvu, výsledná barva tmavne. Analogie, kterou chybuující žáci nevědomky použili, byla jednoduše příliš jednoduchá.

## Kognitivní konflikt

Poznávací konflikt bych u žáků vyvolala jednoduchým praktickým experimentem se třemi barevnými baterkami nebo LED diodami, jejichž světlo bych promítla na tmavou stěnu. Správná odpověď na otázku v úvodu tedy zní: bílá. Dále bych se žáky probrala, jak nejspíš ke své miskoncepci došli. V dalším experimentu by žáci mohli smíchat temperové barvy nebo modelínu. Výsledky jsou rozdílné: Záleží tedy na způsobu, jakým se barvy míchají? Jaký je v obou způsobech rozdíl? K jaké barvě dojdeme, když se skládají barevná světla? Když barevné povrchy světlo pohlcují? Opět bych se žáky snažila navést, aby přišli na to, čím se experimenty liší.

## Autoreflexivní učení se žáka

Sami žáci by si nejlépe mohli problém osahat, pokud by si vyzkoušeli skládání barev v rámci jednoduché laboratorní práce. Měli by k dispozici tři barevné (RGB) zdroje světla a plnili postupně následující úkoly [7]:

1. Nejdříve nechte svítit vždy jen jeden zdroj světla, poté až přidejte druhou barvu.
2. Následně vyzkoušejte všechny možné kombinace dvou barev.
3. Pozorujte, jaké barvy vzniknou (např. když zvolíte modrou a zelenou, vznikne azurová barva).
4. Jako poslední použijte všechny zdroje světla najednou. Jaká barva vznikne sečtením všech tří barev?
5. Digitálním USB mikroskopem pozorujte rozsvícený displej vašeho mobilního telefonu. (Žáci by měli vidět soustavu červených, modrých a zelených bodů.)

Žáci by posléze popsali svá pozorování a společně bychom diskutovali jejich odpovědi.

Pokud by zbyl v rámci laboratorní práce čas, zadala bych rozšiřující úkol – „hru se stíny“, kde jsou dobře vidět jak základní, tak i doplňkové barvy a žáci si mohou hravým způsobem zopakovat, co se naučili: Posvítíme-li na zeď všemi třemi barvami RGB LED diody a do cesty světlu vložíme objekt, vznikne na zdi několik stínů a ploch různých barev. Kromě černého stínu (kam nedopadá žádné světlo) vzniknou plochy základních barev červená-zelená-modrá (tam, kde dopadá světlo jen jedné z diod) a také plochy tvořené doplňkovými barvami azurová-purpurová-žlutá (tam, kam dopadá světlo ze dvou diod) a bílé okolí (kam dopadá světlo ze všech tří diod).



Obrázek 5. Hra se stíny

Úkolem z jiného soudku by mohla být samostatná práce žáků, internetová rešerše na téma grafických RGB a CMYK palet – proč weboví designéři malují na počítači obrázky v RGB, zatímco chcete-li si nechat vytisknout třeba pozvánku na maturitní ples, grafické studio po vás bude chtít obrázky převedené do palety barev CMYK.

Jako doplněk k učivu bych se domluvila s učitelem výtvarné výchovy na hodině, ve které by si žáci vyzkoušeli míchání základních barev např. při malování technikou akvarelu. Na kurzech akvarelu, které jsem sama absolvovala, a také v odkaze [8] s ukázkami žákovských prací jsem se setkala s jistou fyzikální nepřesností, která by se dala s žáky diskutovat: „Existují základní barvy, které nelze namíchat z jiných barev, a jsou to: červená, modrá a žlutá.“ Jak již nyní víme, fyzikálně přesněji bychom měli mluvit o barvě purpurové, azurové a žluté.

## Závěr

Optika má ve fyzice velkou výhodu, že se mnoho věcí dá ověřit experimentálně. Pokusy s barevnými světly jsou navíc pěkné, efektní a žáky baví. Zdánlivě triviální otázka ohledně míchání barev nás přivedla k poměrně hlubokému rozboru problematiky a rozšíření žákovských znalostí. Ty se navíc neomezují pouze na obor fyziky, skládání barev se v praxi běžně využívá např. v počítačové grafice a grafických studiích. V obecnější rovině také mohly naše úvahy upozornit žáky na fakt, že různé analogie nám sice občas mohou pomoci, někdy naopak ale mohou být zcela zavádějící a měli bychom je používat pouze s velkou opatrností.

## Zdroje a literatura

[1] Dostupné online [cit. 15. 11. 2021]

[http://physics.ujep.cz/~ehejnova/Pro\\_ucitele/bublinove\\_ulohy\\_pdf/Bublinove\\_ulohy\\_optika\\_v5.pdf](http://physics.ujep.cz/~ehejnova/Pro_ucitele/bublinove_ulohy_pdf/Bublinove_ulohy_optika_v5.pdf)

[2] Dostupné online [cit. 15. 11. 2021]

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Aditivn%C3%AD\\_m%C3%ADch%C3%A1n%C3%AD\\_barev](https://cs.wikipedia.org/wiki/Aditivn%C3%AD_m%C3%ADch%C3%A1n%C3%AD_barev)

[3] Dostupné online [cit. 15. 11. 2021]

[https://en.wikipedia.org/wiki/Additive\\_color#/media/File:RGB\\_illumination.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Additive_color#/media/File:RGB_illumination.jpg), obrázek je licencován pod CC BY-SA 3.0 International Licence. (Offline use: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

[4] Dostupné online [cit. 15. 11. 2021]

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Subtraktivn%C3%AD\\_m%C3%ADch%C3%A1n%C3%AD\\_barev](https://cs.wikipedia.org/wiki/Subtraktivn%C3%AD_m%C3%ADch%C3%A1n%C3%AD_barev), Quark67: obrázek SubtractiveColorMixing.png je licencován pod CC BY-SA 2.5 International Licence. (Offline use: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)

[5] Dostupné online [cit. 15. 11. 2021] <https://www.csfieldguide.org.nz/en/interactives/rgb-mixer/>

[6] Video – animace RGB: Dostupné online [cit. 15. 11. 2021]

<https://rkm.com.au/ANIMATIONS/Animation-RGB-additive-colour-mixing-MOBILE.html>

[7] Částečně převzato z: Dostupné online [cit. 15. 11. 2021]

<https://fyzikalnikabinet.cz/pokus/michani-barev-led-diodami/>

[8] Inspirace – práce žáků: Dostupné online [cit. 15. 11. 2021]

[https://www.zs-studanka.cz/dum/3roc/vytv/vy\\_32\\_inovace\\_sada\\_xxi\\_vv\\_dum\\_9.ppt](https://www.zs-studanka.cz/dum/3roc/vytv/vy_32_inovace_sada_xxi_vv_dum_9.ppt)



Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha 2022

<https://kdf.mff.cuni.cz/>