

OSTRAVSKÁ UNIVERZITA V OSTRAVĚ



DIDAKTIKA FYZIKY 1

ERIKA MECHLOVÁ

OSTRAVA 2004

Tento projekt byl spolufinancován Evropskou unií a českým státním rozpočtem

Recenzenti:

Doc. František Kamenčák, CSc.

Mgr. Alexandra Holoušková

Název: Didaktika fyziky 1
Autoři: Prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc.
Vydání: první, 2004
Počet stran: 74
Náklad: 50
Tisk: Ediční středisko CIT OU

Studijní materiály pro distanční kurz: Didaktika fyziky

Jazyková korektura nebyla provedena, za jazykovou stránku odpovídá autor.
Určeno výhradně pro kurzy Celoživotního vzdělávání Moravskoslezska

Vydavatel a tisk: Ostravská univerzita v Ostravě,
Systém celoživotního vzdělávání Moravskoslezska

© Prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc.

© Ostravská univerzita v Ostravě

ISBN 80-7042-982-8

OBSAH

ÚVOD.....	5
SYMBOLY VE STUDIJNÍ OPOŘE	6
1 METODOLOGIE FYZIKY A DIDAKTIKY FYZIKY	7
1.1 Co je předmětem zkoumání fyziky?	8
1.2 Didaktický postup učitele fyziky	9
1.3 Příčinnost ve fyzice	9
Shrnutí kapitoly.....	11
2 METODY VĚDECKÉHO POZNÁNÍ VE FYZICE.....	13
2.1 Úvod do vědeckého poznání ve fyzice.....	13
2.2 Metody vědeckého poznání.....	14
2.2.1 Idealizace objektů a procesů	16
2.2.2 Formalizace	21
2.2.3 Systémový přístup	22
Shrnutí kapitoly.....	23
3 METODY ZÍSKÁVÁNÍ EMPIRICKÝCH POZNATKŮ	27
3.1 Pozorování.....	27
3.1.1 Pozorování – metoda shody	29
3.1.2 Pozorování – metoda reprezentativního výběru.....	30
3.1.3 Psychické procesy při pozorování.....	30
3.2 Experiment	32
3.2.1 Reálný experiment	32
3.2.2 Myšlenkový experiment.....	33
3.2.3 Didaktický pohled na reálný a myšlenkový experiment.....	35
3.2.4 Fyzikální měření.....	37
Shrnutí kapitoly.....	38

4 METODY ROZVOJE VĚDĚNÍ	43
4.1 Úvod do metod rozvoje vědění ve fyzice	43
4.2 Dedukce ve fyzice	44
4.3 Indukce ve fyzice	45
4.4 Analogie ve fyzice	46
4.4.1 Modelování	47
4.4.2 Modely ve fyzikální vědě	48
4.4.3 Modely ve vyučování fyzice	49
4.5 Používání vědeckých fyzikálních metod ve fyzikálním vzdělávání	49
Shrnutí kapitoly	51
5 METODOLOGICKÁ ANALÝZA OBSAHU VZDĚLÁVÁNÍ PŘÍRODOVĚDNÝCH	
PŘEDMĚTŮ	55
5.1 Obsah vzdělávání	55
5.2 Prvky obsahu vzdělávání	56
5.3 Informační model vzdělávacího procesu	57
5.3.1 Hodnocení informací žákem	59
5.3.2 Výběr informací žákem	59
5.3.3 Zapamatování informací žákem	60
5.3.4 Transformace informací u žáka	60
5.3.5 Generování nových informací žákem	61
5.4 Přírodovědné pojmy a jejich utváření	63
5.5 Přírodovědné zákony a principy, jejich utváření	68
Shrnutí kapitoly	69
ZÁVĚR	73
LITERATURA	74

ÚVOD

Předmět je určen studujícím učitelství fyziky a učitelům fyziky v praxi. Studijní opora může být používána nejen studujícími učitelství fyziky, ale také učitelství dalších přírodovědných oborů vzhledem k mezipředmětovému zaměření. Ve studijní opoře jsou zdůrazňovány společné přístupy přírodních věd (integrace), konkrétní ukázky jsou z oblasti fyziky.

Ve vzdělávání přírodních věd v každé době převládají určité priority. Dnes jsou to čtyři základní ideje. Jsou to: přiblížení vyučovacího procesu výzkumnému procesu, transfer vědomostí, dovedností a postojů ve vyučování přírodovědných předmětů, integrace vědomostí o přírodě a humanizace přírodních věd ve vzdělávání. V uvedených oblastech je ještě mnoho nevyřešeného, v oblasti praktických otázek existuje mnoho hypotéz, které čekají na Vaše ověřování. Uvedené myšlenky prolínají studijní oporou, i když jim nejsou věnovány samostatné kapitoly.

Studijní opora je napsána poměrně podrobně. Autorka předpokládá, že bude sloužit k samostudiu studujících. Vychází z toho, že každý budoucí učitel fyziky musí **dobře** rozumět fyzice, aby z něho byl **dobrý** učitel. Předpokládá tvořivého studujícího, který dokáže obecnou rovinu úvah transformovat až do úrovně empirické. Předpokládá tedy **tvořivé osvojení a uplatnění** problematiky při srovnávacích analýzách osnov, alternativních učebnic a zejména reálné pedagogické praxe, která je poněkud odlišná od ideálu. Mnoho pohledů ve studijní opoře je nových, vznikly na základě zobecnění pedagogických a psychologických výzkumů v oblasti přírodních věd u nás i v zahraničí. Když s něčím nebudete souhlasit, pokuste se sami objasnit dané formou pedagogické sondy a zveřejněte své výsledky v časopise. Některé zvláště důležité části se v opoře opakují v různém kontextu až na třech místech. Je to provedeno záměrně.

V textu a za každou kapitolou jsou uvedeny otázky a úkoly, které obsahují úlohy různé náročnosti. U problémových úloh, které vyžadují tvořivé myšlení a jsou uvedeny pod označením „korespondenční úkoly“, tutor určí, který úkol máte vypracovat a domluvenou formou tutorovi odeslat k hodnocení.

Přeji příjemné chvílky nad didaktikou fyziky z poněkud odlišného pohledu, než bylo dříve zvykem.

V Ostravě 5. ledna 2004

Erika Mechlová, autorka studijní opory

Po prostudování textu budete znát:

- metody vědeckého poznání ve fyzice
- vědecké metody fyziky ve fyzikálním vzdělávání;
- informační model vzdělávacího procesu;
- utváření přírodovědných pojmů a zákonů.

Budete schopni:

- řešit otázky výběru a systému obsahu přírodovědných předmětů z metodologického hlediska;

- vybrat a optimalizovat vědecké metody fyzikálního poznávání ve vzdělávacím procesu fyzice;
- minimalizovat ztráty informace ve fyzikálním vzdělávání na základě čtyřstupňového informačního modelu vzdělávacího procesu;
- vhodně volit pedagogické metody a formy se záměrem maximálního zisku informací žákem ve vzdělávacím procesu;
- využít třístupňového Jammerova modelu při utváření fyzikálních pojmů a zákonů v myšlení žáků.

Čas potřebný k prostudování učiva předmětu:
15 hodin teorie + 30 hodin řešení úloh

SYMBOLY VE STUDIJNÍ OPOŘE



Příklad



Úkol k textu, odpověď naleznete v předchozím textu



Úkol k zamyšlení



Část pro zájemce



**Korespondenční úkol – nutno odeslat doporučenou formou tutorovi
Maximálně 2 strany**



Shrnutí kapitoly



Otázky



Úlohy, odpovědi naleznete v předcházejícím textu



Průvodce studiem

Neformální pokyny ke studiu.



Další zdroje

1 METODOLOGIE FYZIKY A DIDAKTIKY FYZIKY

V této kapitole se dozvíte:

- o odlišnosti metodologie fyziky a didaktiky fyziky;
- o tom, co vše je možno zahrnout do jednoduchého vyjádření, že učitel má rozumět fyzice;
- o tom, proč existuje didaktická struktura fyziky;
- jak navodit situaci, aby žák sám chtěl vědět, proč daný děj probíhá zrovna takto.

Budete schopni:

- vyjmenovat, které problémy řeší metodologie fyziky;
- rozhodnout, které metody a formy ve vyučovací hodině budete volit častěji tak, aby žák byl aktivnější a chtěl vědět více;
- ukázat na příkladech z meziplanetárních letů a letů kosmických sond, jak jsou velmi přesné předpovědi, které fyzika díky příčinnosti v přírodě může dávat i na 12 let dopředu s přesností na desítky minut.

Klíčová slova této kapitoly:

událost, jev, proces, stav, didaktická struktura fyziky, konstrukce a rekonstrukce vědění žáka, otázky žáka, příčinnost ve fyzice.



Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:

1 hodina teorie + 2 hodiny řešení úloh

Základní podmínkou toho, aby učitel fyziky realizoval vzdělávací proces ve fyzice a správně řídil učení žáka ve fyzice, je jeho znalost fyziky. Obecně tuto stránku vzdělávání učitele nazýváme *speciální odborností*. Učitel fyziky by měl fyzice rozumět jako vědnímu systému. Nestačí, když učitel fyziky má pouze vědomosti z oblasti fyziky.

Co rozumíme tím, že učitel fyziky má rozumět fyzice jako vědnímu systému? Znamená to, že pro učitele fyziky nestačí, aby dobře rozuměl a uměl například Archimédův zákon, ale pro učitele je důležité, aby

- rozuměl tomuto zákonu na pozadí dalších zákonů v uvažované oblasti fyziky,
- viděl logické vazby mezi obsahem této oblasti fyziky a celou fyzikou,
- znal metody pro ověření tohoto zákona a uměl je použít,
- znal omezení při jeho použití a nakonec
- uměl zákon zdůvodnit nebo vyvodit pomocí základních zákonů fyziky, je-li to možné.

Uvedené porozumění fyzice reprezentuje vědecká disciplína **metodologie fyziky**.

metodologie
fyziky

1. Co je předmětem zkoumání ve fyzice?
2. Jaké jsou výzkumné metody fyziky?
3. Jaký je proces poznávání vědeckých faktů ve fyzice?
4. Ze kterých částí se skládá fyzika?
5. Jaké jsou vazby fyziky s ostatními vědami, společenskými podmínkami, civilizací?



Úkol k zamyšlení

Odpovězte stručně na výše uvedených pět otázek. Odpovědi si запиšte. Po prostudování kapitoly se ke svým původním názorům znovu vrátíte.

1.1 CO JE PŘEDMĚTEM ZKOUMÁNÍ FYZIKY?

předmět
zkoumání

Na první otázku, čím se zabývá fyzika, si určitě již sami dáváte odpověď po kurzu obecné a části teoretické fyziky. Předmětem výzkumů ve fyzice jsou události, jevy a procesy, které nastávají v objektivně existujícím světě.

- **Události** jsou vždy lokalizovány v daném místě prostoru, nastávají v určitém čase.
- **Jevy a procesy** se odehrávají a probíhají ve stejném fyzikálním časoprostoru a mohou být v prvním přiblížení považovány za změnu stavu události nebo obecně za změnu stavu těles a polí.
- **Stav** je určen soustavou okamžitých měřitelných charakteristik a vlastností, které ve fyzice nazýváme fyzikálními veličinami. To znamená, že fyzika shromažďuje **informace o vědeckých faktech** metodami **pozorování a registrace údajů**. Ale fyzice nestačí pouze odpověď na otázku „Co je to?“, fyzika usiluje o zjištění odpovědi na otázku „Jak je to?“. Proto fyzika zkoumá nejen události, jevy a procesy, ale současně intenzivně pátrá po zákonitostech, které jimi vládou. Nechceme pouze vědět, jestli dané těleso padá k zemi, ale chceme se dovědět „Proč padá? Jak padá?“. Zajímají nás objektivní vztahy mezi událostmi, jevy a procesy. Fyzika usiluje o **odhalení a zformulování zákonů přírody**.

Znalost zákonů přírody nám nedává pouze intelektuální uspokojení. Když známe zákon, podle kterého jedna fyzikální veličina závisí na jiných (např. druhý Newtonův pohybový zákon udává, jak zrychlení tělesa závisí na hmotnosti tělesa a na síle, která na dané těleso působí), potom současně můžeme předvídat se spolehlivým přiblížením hodnotu fyzikální veličiny za určitých podmínek. Možnost **předvídání jevů a procesů** rozhoduje o **užitečnosti fyziky** pro život člověka i společnosti.

Ale chceme nejen odpověď na otázky „Co je to?“, „Jak je to?“, dráždí nás také problém „Proč je to tak, jak to je?“. Popsání přírody, to není pouze registrace faktů a vztahů mezi nimi, ale také, a možná především, uvedení příčinných objasnění těchto událostí, jevů a procesů a také uvedení zákonů, kterými se události, jevy a procesy řídí, které jsou již člověku známy. Konkrétně fyzik chce nejen vědět, z čeho je složena Sluneční soustava, jak se pohybují jednotlivé planety a jaké síly mezi nimi působí, ale také chce vypátrat, proč zrovna takovou strukturu má Sluneční soustava, proč například planeta ve vzdálenosti R od Slunce oběhne kolem Slunce právě za dobu oběhu T . Odpovědi na otázku „Proč?“ jsou mnohem těžší.

Již nyní víte, že mezi velkým počtem odhalených a zformulovaných fyzikálních zákonů existují **základní zákony**, které dovolují zdůvodnit a vysvětlit ostatní **speciální zákony**. Hledání těchto základních zákonů přírody, které vysvětlují jiné speciální zákony přírody, je hlavním předmětem zkoumání fyziky. Například z Newtonova gravitačního zákona se dá dokázat, že trajektorii tělesa, na které působí gravitační síla centrálního tělesa, může být pouze jedna z kuželoseček: kružnice, elipsa, parabola nebo hyperbola.

1.2 DIDAKTICKÝ POSTUP UČITELE FYZIKY

Z uvedeného hlediska bude velmi cenný takový didaktický postup učitele fyziky, když žákovi pomůže nalézt odpovědi nejen na otázky „Jaká fakta vystupují v přírodě?“, „Jak vzájemně souvisejí jevy nebo procesy?“, ale také podle poznávacích schopností a možností žáka mu učitel pomůže hledat odpovědi na otázky, které začínají „Proč...?“.

To se stane tehdy, když učitel fyziky naučí žáka pozorovat logické vazby mezi zákony, hodnotit, který zákon je univerzálnější a které zákony z něj vyplývají. To znamená, když učitel fyziky bude klást důraz na didaktickou strukturu fyziky jako vyučovacího předmětu. Nesmí při tom zapomenout, že při strukturování žákovy systému fyzikálních vědomostí, hrají vedle myšlenkových postupů, kritickou roli i emoce žáka. Fyzikální vědění je něco, co si vytváří každý žák sám, nelze je přijmout hotové zvnějšku. Žák musí být ochoten vybírat z informací, které jsou mu předkládány, a konstruovat, případně rekonstruovat své fyzikální vědění. Žák konstruuje svůj obraz světa a je za vlastní učení zodpovědný.

*didaktická
struktura*

Proto je vhodné užívat takových příkladů ve výuce, které by otřásl dosavadními představami žáka, například klást otázky typu „Co by se stalo, kdyby daný zákon neplatil?“. Aby žák byl ochoten konstrukce, či rekonstrukce svých představ, je nutno **změnit vyučovací metody** fyziky tak, aby **nové pojmy žák sám „objevoval“** a pojmy byly zaváděny tak, aby **navazovaly na dosavadní pojmové konstrukce** žáka, které ovšem **učitel musí nejdříve poznat**. Současně by měl učitel fyziky navodit takovou atmosféru, aby žák se mohl a chtěl ptát a tím zpřesňovat svůj obraz světa; řečeno jinými slovy, učitel fyziky by měl vymezovat „čas na otázky žáků“.

1.3 PŘÍČINNOST VE FYZICE

Fyzika zasáhla a zasahuje do mnoha oblastí lidské činnosti a přesností svých odpovědí a výsledků dosáhla výsadního postavení mezi ostatními vědami. Uvedeme z této oblasti několik konkrétních příkladů.

příčinnost

Nejstarší a nejpropracovanější disciplínou fyziky je mechanika. Tvůrce klasické mechaniky Isaac Newton (1643 – 1727) zobecnil poznatky svých předchůdců a shrnul základní principy mechaniky do tří pohybových zákonů a slavného gravitačního zákona. Další následovníci, především Joseph Louis Lagrange (1736 – 1813) a William Rowan Hamilton (1805 – 1865) přepsali Newtonovy pohybové zákony do tak obecného tvaru, který je pro svou krásu a jednoduchost dodnes vzorem a ideálem všech fyzikálních teorií.

V klasické fyzice mluvíme o tzv. *deterministické příčinnosti*. Když zadáme nebo zjistíme polohu a rychlost tělesa v nějakém okamžiku t_0 , můžeme podle zákonů mechaniky **úplně přesně a jednoznačně předpovědět** jeho polohu a rychlost v libovolném budoucím čase t , případně s jistotou rekonstruovat jeho polohu a rychlost v libovolném minulém čase. Toto krédo klasické mechaniky shrnul Pierre Simon Laplace (1749 – 1827) do svého slavného výroku: „Zadejte mi v jediném okamžiku polohy a rychlosti všech částic ve vesmíru, potom určíme minulost a předpovíme budoucnost vesmíru.“ Tento zdánlivě bombastický Laplaceův výrok měl a má svoje opodstatnění v obrovských úspěších klasické mechaniky. V balistice se ze znalosti počáteční polohy a počáteční rychlosti střely dá přesně vypočítat místo dopadu (zásah) střely.



Příklad z praxe

Newtonova mechanika však slavila své největší vědecké triumfy při studiu pohybů planet.

Z Newtonových pohybových rovnic se dají vypočítat polohy a rychlosti kosmických těles, předpovědět zatmění a podobné jevy. Pohyb každé planety ve Sluneční soustavě je určen gravitačním působením Slunce a ostatních těles. Samozřejmě, že do výpočtů byla zahrnuta pouze působení známých již těles v dané době; případná neznámá tělesa působící na danou planetu vytvoří odchylky mezi vypočítanou a pozorovanou trajektorií planety. A skutečně v první polovině 19. století byla zpozorována odchylka planety Uran (byla objevena 1781) od předem vypočítané trajektorie. Při kladení otázky „Proč?“ byla možná dvě vysvětlení: buď neplatí Newtonovy pohybové zákony nebo příčinou rozdílu je nové, neznámé těleso ve Sluneční soustavě, které působí na planetu Uran a tím mění její trajektorii. Z odchylek dráhy Uranu francouzský matematik a astronom Urbain Jean Leverrier (1811 – 1877) vypočítal polohu a další údaje neznámé planety. V dopise, který napsal 18. září 1846, oznamuje německému astronomovi J. G. Gallemu vypočítané souřadnice (polohu), na nichž by se měla nová planeta nacházet. Joseph Gottfried Galle (1812 – 1901) skutečně 23. září 1846 na daném místě našel těleso již následující noci, které, jak se ukázalo, mělo vlastní pohyb a bylo tedy neznámou planetou vypočítanou Leverrierem. Nová planeta sluneční soustavy dostala jméno Neptun.

Když po nějaké době Leverrier navštívil Galleho v Berlíně, hvězdář ho ihned pozval k dalekohledu, aby se na vlastní oči přesvědčil, že nová planeta skutečně existuje a je na vypočítaném místě. Leverrier to odmítl s poznámkou, že o tom nikdy nepochyboval, že nepotřebuje se o tomto přesvědčovat tímto způsobem.

Objev Neptuna je jedním z největších triumfů lidského ducha v 19. století. Ze spojení matematických rovnic a teoretických úvah vyplynul krásný výsledek, potvrzení toho, že lidský duch může vniknout i do nejhlubších tajemství přírody.

Podobná situace se opakovala za 84 roky. Z nepatrných rozdílů mezi vypočítanou a pozorovanou dráhou planety Neptun byla vypočítána nová planeta Pluto, kterou 12. března 1930 na označeném místě objevili.

Dnes v éře kosmonautiky máme dost nových důkazů o vysoké přesnosti Newtonových zákonů. Můžeme zařídít, aby kosmická sonda po několikaletém putování dorazila v přesně určený čas k danému kosmickému tělesu a vyslala odtamtud požadované údaje. Nebo je možno přesně vypočítat okamžik a místo setkání rakety vypuštěné ze Země s orbitální stanicí Země, ale také místo přistání rakety při zpětném letu na Zem.

Ke konci úvah o předmětu fyzikálního bádání se budeme snažit stručně zformulovat odpověď na otázku „**Čím se zabývá fyzika?**“, i když víme, že tato odpověď nemůže být vyčerpávající. **Fyzika je přírodní věda, která zkoumá události, jevy a procesy, které existují mimo myšlení člověka a nezávisí na něm. Snaží se odhalit a zformulovat základní zákony tak, aby na jejich základě bylo možno předpovídat a odhalovat nové oblasti skutečnosti a také využívat a používat teoretických vědomostí v souladu s potřebami celé civilizace.**

fyzika

Shrnutí kapitoly

Speciální odborností učitele fyziky je znalost fyziky. Učitel fyziky by měl fyzice rozumět jako vědnímu systému, nestačí, když učitel fyziky má pouze vědomosti z oblasti fyziky. Uvedené porozumění fyzice reprezentuje vědecká disciplína metodologie fyziky. Zabývá se otázkami:

- Co je předmětem zkoumání ve fyzice?
- Jaké jsou výzkumné metody fyziky?
- Jaký je proces poznávání vědeckých faktů?
- Ze kterých částí se skládá fyzika?
- Jaké jsou vazby fyziky s ostatními vědami, společenskými podmínkami, civilizací?

Didaktický postup učitele fyziky by měl pomoci žákovi nalézt odpovědi na následující otázky:

- Jaká fakta mohu pozorovat v přírodě?
- Jak vzájemně souvisejí jevy a procesy?
- Proč je to tak, jak to je?

Učitel by měl pomoci žákovi vytvořit didaktickou strukturu fyziky jako vyučovacího předmětu. Nesmí při tom zapomenout, že při strukturování žákova systému fyzikálních vědomostí hrají kritickou roli i emoce žáka. Fyzikální vědění je něco, co si vytváří každý žák sám, nelze je přijmout hotové zvnějšku. Žák musí být ochoten vybírat z informací, které jsou mu předkládány, a konstruovat, případně rekonstruovat své fyzikální vědění. Žák konstruuje svůj fyzikální obraz světa a je za vlastní učení zodpovědný.

A odpověď na otázku „Co je fyzika?“ Fyzika je přírodní věda, která zkoumá události, jevy a procesy, které existují mimo myšlení člověka a nezávisí na něm. Snaží se odhalit a zformulovat základní zákony tak, aby na jejich základě bylo možno předpovídat a odhalovat nové oblasti a také využívat a používat teoretických vědomostí v souladu potřebami celé civilizace.



Otázky

1. Co je předmětem zkoumání ve fyzice?
2. Jaké jsou výzkumné metody fyziky?
3. Jaký je proces poznávání vědeckých faktů ve fyzice?
4. Ze kterých částí se skládá fyzika?
5. Jaké jsou vazby fyziky s ostatními vědami, společenskými podmínkami, civilizací?
7. Vysvětlíte, jak Vy chápete větu: „Učitel fyziky by měl rozumět fyzice jako vědnímu systému.“
8. Jakými hlavními problémy se zabývá metodologie fyziky?



9. Jakými hlavními problémy se zabývá fyzika?
10. Vysvětlete rozdíl mezi fyzikálními problémy a metodologickými problémy fyziky na některém konkrétním příkladě.
11. Uveďte, jaký by měl být konkrétní didaktický postup učitele fyziky, aby respektoval metodologii fyziky.
12. Uveďte některé triumfy fyzikálního poznání světa, které jsou založeny na klasické Newtonově mechanice (nezapomeňte na dnešní dobu).
13. Zkuste obecně a stručně definovat fyziku.



Korespondenční úkoly

Pište jasně, stručně, výstižně. Maximální délka 2 strany.

KÚ 1

V části 1.2 Didaktický postup učitele fyziky jsou uplatněny určité pedagogické a psychologické teorie.

1. Analyzujte tento text podrobně tak, že u každé části uvedete uplatněnou pedagogickou a psychologickou teorii.
2. Zamyslete se nad tím, jak jste k systému vědomostí ve fyzice, k dovednostem a postojům k fyzice dospíval/a Vy?
 - a) Jednalo o postup shodný s uvedeným v části 1.2? Kdo navodil tento postup? Jak tento postup navodil? Můžete uvést konkrétní příklady.
 - b) Jednalo o postup odlišný s uvedeným v části 1.2? Kdo navodil tento postup? Jak tento postup navodil? Můžete uvést konkrétní příklady.

KÚ 2

Vraťte se k otázkám v úvodu kapitoly, na které jste měl/a napsat stručné písemné odpovědi. Odpovězte písemně nyní. U každé odpovědi uveďte, jak se Vaše odpověď změnila v srovnání s odpovědí před prostudováním kapitoly.



Průvodce studiem

Prosím, buďte tak laskav/a, napište pravdu, zda jste vůbec se nad otázkami na začátku kapitoly zamyslel/a. Nevymýšlejte to, co jste si mohl/a myslet. Současně zde testuji psychologii. Člověk, který chce něco hlouběji pochopit, měl by začít tím, jaký názor má na začátku. Názor totiž můžete změnit díky poznání. Jeden významný člověk totiž řekl, že jen ...nemění své názory. Víte, kdo to byl? Víte, co znamenají tečky?

A nyní znovu opakuji otázky z úvodu kapitoly. Doufám, že v korespondenčním úkolu na ně výstižně a krátce odpovíte.

Těším se na Vaše odpovědi.

2 METODY VĚDECKÉHO POZNÁNÍ VE FYZICE

V této kapitole se dozvíte:

- o metodách vědeckého poznání ve fyzice;
- o idealizaci objektů a procesů;
- o formalizaci;
- o systémovém přístupu;
- o používání metod vědeckého poznání ve fyzikálním vzdělávání.

Budete schopni:

- vybrat a optimalizovat metody vědeckého poznání ve vzdělávacím procesu fyziky;
- provést rozfázovanou idealizaci objektů a procesů tak, aby žáci tuto idealizaci nezaměňovali s reálným objektem a procesem;
- používat správně formalizaci ve vzdělávacím procesu při tvorbě matematického modelu.

Klíčová slova této kapitoly:

badatelské metody, idealizace objektů a procesů, formalizace, systémový přístup.



Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:

3 hodiny teorie + 9 hodin řešení úloh

2.1 ÚVOD DO VĚDECKÉHO POZNÁNÍ VE FYZICE

Vědecké poznání je specifickou formou poznání, kterou se snažíme pochopit podstatu jevů a věcí, které nás obklopují, a nalézt zákonitost vývoje v nejrůznějších oblastech. Základním úkolem vědeckého poznání je odhalovat podstatné, obecné a zákonité v jevech.

*vědecké
poznání*

Začneme od nejjednodušších forem poznání. Základními formami **smyslového poznání** jsou počitek, vjem a představa. Základními formami **racionálního poznání** jsou pojem, soud a úsudek. Později se uvedenými formami budeme hlouběji zabývat v rámci fyziky.

Základní formy poznání jsou všem přírodním vědám společné. Do obsahu fyziky jako vědy patří nejen vědecká fakta, ale také metody, jimiž se fyzikové k těmto faktům dopracovávají. Budeme je tedy nazývat **metody vědeckého poznání ve fyzice** nebo **badatelské metody**. Základní formy poznání jsou všem přírodním vědám společné. Do obsahu fyziky jako vědy patří nejen vědecká fakta, ale i metody, jimiž se fyzikové k těmto faktům dopracovávají. Nazýváme je **metody vědeckého poznání ve fyzice** nebo **badatelské metody**. Mezi metody vědeckého poznání ve fyzice patří *idealizace objektů a procesů, formalizace, systémový přístup*. Dále jsou to **metody získávání empirických poznatků**, do kterých řadíme *pozorování* a *experiment* jak *reálný*, tak i *myslenkový*. Třetí skupinou jsou **metody rozvoje vědění** a to *dedukce, indukce* a *analogie*, která úzce souvisí

s *modelováním*. Uvedené metody používají **elementární postupy**, jako je *analýza, syntéza, abstrakce a konkretizace, srovnání*.



Úkol k textu

Prolistujte jednu učebnici fyziky.

- Na list papíru zaznamenávejte metody, o nichž se domníváte, že jsou badatelské. Čárkami zaznamenávejte, kolikrát se v učebnici vyskytly.
- Určete, které badatelské metody jsou v dané učebnici zastoupeny nejčastěji.



Průvodce studiem

V další části postupně budou uvedeny jednotlivé metody vědeckého poznání, metody získávání empirických poznatků a metody rozvoje vědění.

Začněme tím nejjednodušším, tj. tím, z jakých elementárních postupů se tyto metody skládají. S těmito jednoduchými postupy, jako je analýza, syntéza, abstrakce a konkretizace byste měli u žáků začít. Zde je nutno si uvědomit, co je cílem uvedených jednoduchých postupů. Často se totiž uvedené termíny používají, ale když je žádáno, aby daný postup byl realizován v konkrétní situaci, „člověk neví, co se po něm chce a čím začít“. Myslím, že Vy toto budete dobře ovládat a ve svém životě mnohokrát použijete, nejen ve vzdělávání fyzice.

2.2 METODY VĚDECKÉHO POZNÁNÍ

Metody vědeckého poznání jsou různě složité systémy elementárních postupů jako je analýza, syntéza, abstrakce a konkretizace. Tyto metody slouží k předběžnému myšlenkovému zpracování zkoumaných objektů či procesů, k získání primárního empirického vědění, k dalšímu rozvoji získaného vědění. Nejdříve si objasníme **elementární postupy** analýzy, syntézy, abstrakce a konkretizace.

analýza

A n a l ý z u můžeme charakterizovat jako myšlenkové rozložení předmětu, jevu nebo události, kterými se zabýváme, na jednotlivé části, z nichž jsou složeny. Je nutno si vždy přesně stanovit **cíl a hranice** tohoto myšlenkového rozložení daného jevu. Velký význam má analýza při odhalení **struktury** jevu. Je třeba si uvědomit, že žádný jev nelze beze zbytku vysvětlit tím, že jej rozložíme na jednotlivé části. Jev, celek, je vždy něčím kvalitativně vyšším, než pouhým souhrnem svých částí. **Cílem analýzy** je přispět k odhalení a pochopení podstaty zkoumaného jevu.

syntéza

S y n t é z a je myšlenkovým sjednocením jednotlivých částí, které jsme získali analýzou. V tomto smyslu syntéza předpokládá analýzu. Při syntéze sledujeme hlavně celkovou a vzájemnou souvislost mezi jednotlivými složkami jevu, syntéza

přispívá k pochopení jevu jako celku. Pomáhá odhalovat **vnitřní zákonitosti jeho fungování a jeho vývoje**. Analýza a syntéza jsou základními prostředky lidského myšlení a zachycení vývoje věci.

abstrakce

Přejdeme k abstrakci. Každá zkoumaná věc, jev nebo proces je komplexem mnoha různých vlastností a vztahů. Proto, aby byl proces poznání efektivní, abychom se vyhnuli chaotičnosti, soustředíme v určitém stadiu poznání pozornost na některou stránku daného jevu a abstrahujeme od řady jeho dalších stránek a vlastností. **A b s t r a k c e** je myšlenkové vyčlenění vlastnosti nebo stránky z daného předmětu, přičemž se neberou v úvahu jiné souvislosti. Může to být také myšlenkové vyčlenění libovolného vztahu mezi předměty. Při každé abstrakci je **vyabstrahovaný pojem výtvorem našeho vědomí** a jako takový existuje pouze v něm. Abstrahujeme-li např. při formulaci vztahu pro volný pád od odporu prostředí, je zřejmé, že odpor prostředí nerušíme, pouze s ním v tomto případě nepočítáme, abychom mohli zformulovat obecný vztah.

Termínu **k o n k r é t n í** se velmi často užívá jako protikladu k termínu abstraktní. V tomto případě, kdy termín použijeme jako protiklad k abstrakci, rozumíme termínem abstrakce jednostranný, neúplný odraz objektu v našem vědomí.

Konkrétní poznání je odrazem reálné vzájemné souvislosti prvků jako celku. V tomto případě je výsledkem vědeckého zkoumání konkrétní - je odrazem skutečnosti. **Konkrétní je východiskem poznání**, je dané smyslově, je bezprostředním smyslovým odrazem objektivní reality.

Konkrétní, které relativně završuje cyklus získávání poznatků, je již **výsledkem teoretického poznání**.

Úkoly k textu

1. Ze kterých elementárních postupů jsou složeny metody vědeckého poznání?
2. Vysvětlete, co chápete pod pojmem analýza. Co je cílem analýzy? Uveďte na příkladu z fyziky.
3. Vysvětlete, co chápete pod pojmem syntéza. Co je cílem syntézy? Uveďte na příkladu z fyziky.
4. Jaký je vztah mezi analýzou a syntézou? Uveďte příklad z fyziky.
5. Vysvětlete, co chápete pod pojmem abstrakce. Co je cílem abstrakce. Kdy nejčastěji používáte abstrakci ve vzdělávacím procesu? Uveďte na příkladu z fyziky.
6. Vysvětlete, možné tři významy pojmu „konkrétní“:
 - c) konkrétní jako protiklad abstraktnímu,
 - d) konkrétní jako východisko poznání,
 - e) konkrétní jako završení cyklu teoretického poznání.



2.2.1 Idealizace objektů a procesů

Nejjednodušší metodou vědeckého zkoumání je idealizace. **Při idealizaci reálný objekt je zaměňován idealizovaným objektem za účelem snazšího poznání a formulování zákonitostí v jednodušší formě.**

Příklad marginálie:

idealizace

Idealizaci lze vyložit jako určitou kombinaci elementárních postupů zkoumání – abstrakce a syntézy.

- a) Na jedné straně **abstrahujeme** v procesu idealizace od některých vlastností reálných objektů a procesů a
- b) na druhé straně **přisuzujeme** ideálnímu objektu nebo procesu takové vlastnosti, které reálný objekt či proces nemá.

Idealizace hraje důležitou úlohu v poznání, **umožňuje formulovat vědecké zákony**, vytvářet abstraktní schémata reálných objektů a procesů a touto cestou přispívat k hlubšímu pochopení skutečnosti.

Idealizace se užívá také při **modelování**. Ideální objekty vědy lze za určitých podmínek vykládat v termínech existujících reálných objektů.

Vědeckou hodnotu má idealizace pouze v tom případě, je-li idealizovaný objekt obdobou reálných objektů. Potom **zákonitosti, formulované pro tento idealizovaný objekt, můžeme přenést i na reálné objekty**. Získáváme tak relativně pravdivý obraz reality. V některých případech takový přibližný obraz pro praktické účely zcela postačuje.



Průvodce studiem.

Myslím, že bylo dosti teoretizováno. Vhodnější budou praktické příklady, které určitě znáte. Zkuste si je osvěžit. Sledujte přitom, jak je idealizace prováděna, tj., které vlastnosti ideální objekt nemá ve srovnání s reálným objektem, které vlastnosti má ideální objekt navíc ve srovnání s reálným objektem a hlavně proč byl ideální objekt s uvedenými vlastnostmi vytvořen – jak může být dále používán při vyvozování zákonitostí, zákonů a dokonce teorie? V úvodu každého příkladu je uvedena definice z Výkladového slovníku vysokoškolské fyziky. Potom jsou citována zavedení daného idealizovaného pojmu v různých učebnicích. Vyberte z nich to, které se nejvíce blíží definici ideálního objektu. Sledujte, zda je uvedeno, kdy navrženou idealizaci můžeme použít v praxi.

Příklady idealizace ve fyzice:

Jako konkrétní příklady idealizace objektů a procesů ve fyzice můžeme uvést hmotný bod, tuhé těleso, ideální kapalinu, monofrekvenční světlo, černé těleso, ustálené proudění ideální kapaliny, ideální plyn, atd. Zastavíme se u těchto pojmů poněkud déle a pro porovnání uvedeme jejich zavedení v některých učebnicích fyziky pro gymnázia a některých i vysokoškolských učebnic. Nebudeme uvádět citace učebnic. V závěru budou uvedeny úkoly, při nichž použijete dalšího textu.

Příklady:**Hmotný bod**

Definice: Hmotný bod je těleso o určité hmotnosti, jehož rozměry zanedbáváme vzhledem k ostatním vzdálenostem, jeho pohyb lze popsat pouhou translací.

Žák se s tímto pojmem poprvé setkává na střední škole. Je třeba, aby si správně uvědomil podstatu idealizace. Hmotný bod pro něho nesmí být žádným zvláštním druhem geometrického bodu, ale musí jej chápat jako ideální fyzikální těleso, jehož rozměry je možno zanedbat vzhledem k ostatním vzdálenostem, a jeho pohyb lze charakterizovat pohybem jeho kteréhokoliv bodu (například hmotného středu). Potom se nebude dívat na hmotný bod jako na něco, „čemu ve skutečnosti nic neodpovídá“, ani nebude užívat tohoto pojmu tam, kde je důležité uvažovat vliv rotačního pohybu tělesa apod. Dále jsou uvedeny citace z některých učebnic.

a) V učebnici pro gymnázia bylo uvedeno: „...Pro zjednodušení úvah o mechanickém pohybu považujeme často tělesa za body. Například při sledování pohybu umělé družice Země je výhodné znázornit družici jako bod pohybující se kolem Země. Jestliže rozměry tělesa jsou v poměru k ostatním rozměrům (rozměry družice vzhledem k dráze družice kolem Země apod.) velmi malé, zanedbáváme je a těleso nahrazujeme bodem. Přitom však často nemůžeme zanedbat hmotnost tělesa, a proto zavádíme pojem **hmotný bod**. S podobným zjednodušením se ve fyzice setkáme častěji.

Skutečně těleso nahrazujeme jeho **myšlenkovým modelem**, u kterého jsou zachovány jen ty vlastnosti, které jsou důležité pro popis daného fyzikálního děje, kdežto ostatní vlastnosti objektu jsou zanedbány (abstrahovány). **Hmotný bod je tedy modelem tělesa, u něhož je zachována hmotnost původního tělesa, avšak jeho rozměry jsou zanedbány.**“

b) Ve vysokoškolské učebnici mechaniky bylo uvedeno: „**Hmotným bodem** nazýváme těleso s nekonečně malými geometrickými rozměry, avšak s nenulovou hmotností. Poněvadž hmotný bod je podle definice bezrozměrným útvarem, nelze mluvit ani o jeho otáčení, ani o změně tvaru (deformaci), nýbrž jenom o jeho pohybu podél nějaké křivky. Tento na první pohled velice umělý pojem hmotného bodu je mimořádně užitečným pojmem pro teoretickou výstavbu mechaniky. Jeho abstraktnost je však pouze zdánlivá. Různá tělesa se skládají z velkého počtu atomů (o rozměrech řádově 10^{-10} m), jež samy sestávají z elektronů, protonů a neutronů, jejichž rozměry (řádově 10^{-15} m) jsou velmi malé vzhledem k rozměrům makroskopických těles, ale i k rozměrům atomů. Reálná tělesa tak můžeme zobrazit jako soustavu hmotných bodů. Později uvidíme, že postupný (translační) pohyb tělesa lze zobrazit pohybem hmotného bodu (hmotného středu, těžiště), v němž je soustředěna veškerá hmotnost tělesa.

Poznámka: Ustálený (a normou předeepsaný) termín hmotný bod není v **mechanice** nejvhodnější. V mechanice se u tohoto objektu jedná pouze o jeho hmotnost zkoncentrovanou do bodu, proto by bylo vhodnější mluvit o **bodové hmotnosti** obdobně jako se v elektrodynamice mluví o bodovém náboji.“

Tuhé těleso

Definice: Tuhé těleso je takové ideální těleso, které se nedeformuje ani působením libovolně velkých sil. Dále uvedeme zavedení tohoto pojmu na střední a vysoké škole.

a) V učebnici fyziky pro gymnázia bylo uvedeno: „Tělesa z pevných látek jsou více nebo méně uspořádané soustavy částí (atomů, molekul, iontů); mezi nimi

působí přitažlivé a odpudivé síly (vnitřní síly). Vzájemné silové působení částic (tzv. tepelný pohyb) se projevuje jako kmitání částic kolem určitých rovnovážných středních poloh. Nepůsobí-li na těleso žádné vnější síly a je-li teplota, při níž těleso sledujeme, stálá a nižší než teplota tání látky těles, vzdálenosti středních poloh částic se nemění. Pevná tělesa proto zachovávají stálý tvar a objem.

Při zkoumání klidu a pohybu pevných těles jako celku a při zkoumání některých jejich mechanických vlastností nemusíme přihlížet k **částicové struktuře látek**, z nichž jsou tělesa vytvořena. Pevné látky můžeme považovat za **spojitá prostředí**, tzv. **kontinuum**.

Pro zjednodušení některých úvah zanedbáme i změny tvaru a objemu těles, k nimž dochází působením vnějších sil, a zavádíme pojem **tuhé těleso**.

Tuhé těleso je ideální těleso, jehož tvar a objem se nemění účinkem libovolně velkých sil.

Tuhé těleso je pouze model reálného pevného tělesa. V praxi musíme vždy uvážit, za jakých okolností můžeme závěry odvozené pro tuhé těleso použít pro reálná pevná tělesa.“

- b) V učebnici fyziky pro učitele bylo uvedeno: „**Tuhé těleso** je soustava hmotných bodů, která se může považovat za celek, ale jednotlivé body soustavy nemohou měnit svou vzájemnou polohu. Působením vnější síly dokonale tuhé těleso nemění svůj tvar ani v celku, ani v částech, ani objem. Prakticky je hmotnost v tělese spojitě rozložena, proto místo jednotlivých hmotných bodů zavádíme hmotné elementy a označujeme je Δm nebo dm .

Ve skutečnosti dokonale tuhá tělesa neexistují. Jsou jen tuhá tělesa, jejichž tvar a objem se působením vnějších sil do jisté míry mění. Abstraktní pojem dokonale tuhého tělesa zavádíme proto, abychom si úvahy o pohybu těles zjednodušili. V praxi jsou často změny objemu a tvaru zanedbatelné, nejsou-li vnější síly příliš veliké, a taková tělesa pevného skupenství lze považovat za tuhá.“

Poznámka: Dříve se používal pro „tuhé těleso“ termín „dokonale tuhé těleso“ nebo „absolutně tuhé těleso“. Význam těchto pojmů je shodný, proto je v uváděných citacích všude uvedeno pouze „tuhé těleso“ podle *Výkladového slovníku fyziky* (Mechlová, E., Vachek, K., 1999).

Ideální kapalina

Definice: *Ideální kapalina je kapalina bez vnitřního tření a nestlačitelná.*

- a) V učebnici fyziky pro gymnázia byla uvedena ideální kapalina takto: „Při vyšetřování mnoha jevů v reálných kapalinách můžeme zanedbat některé vlastnosti, které mají nepodstatný vliv, a vytvořit představu kapaliny s jednoduchými vlastnostmi. Idealizací a abstrakcí docházíme k modelu **ideální kapaliny**. U této kapaliny zanedbáváme molekulovou strukturu a považujeme ji za **spojitou (kontinuum)**. Ideální kapalina je bez vnitřního tření, a proto je dokonale tekutá, považujeme ji také za nestlačitelnou.“

- b) V učebnici fyziky pro učitele byla ideální kapalina uvedena takto: „Studium proudících kapalin a plynů je velmi složité, proto si zde úvahy zjednodušujeme tím, že zanedbáváme vnitřní tření (viskozitu) a považujeme je za ideální kapaliny a plyny.“

- c) V učebnici mechaniky pro speciální studium fyziky byla ideální kapalina uvedena takto: „Název tekutina používáme jako společné označení pro kapalinu a plyn. Nejprve se budeme zabývat ideální tekutinou. Je to spojitě rozprostřená

látka (kontinuum), pro kterou jsou smyková napětí v každém bodě nulová. (To je ekvivalentní absenci vnitřního tření.) Ideální tekutina se nebrání změně tvaru. V ideální tekutině však nelze realizovat tahová napětí. Ideální kapalina je nestlačitelná.

U ideální kapaliny předpokládáme dále, že její hustota je ve všech bodech a za působení libovolných vnějších sil konstantní, $\rho = \text{konst.}$ “

Ustálené proudění ideální kapaliny

Pojem ustálené proudění ideální kapaliny se poprvé pro žáky zavádí v hydrodynamice střední školy. Reálná kapalina se nahrazuje modelem, který umožní jednoduché a přesvědčivé vyvození Bernoulliovy rovnice. Aplikací zákona zachování energie pro objemovou jednotku proudící ideální kapaliny dochází žák k odvození i porozumění obsahu této rovnice. Na praktických příkladech je pak ukázáno, že závěry získané pro ideální kapalinu je možné v širší míře použít i pro reálné kapaliny.

- a) V učebnici fyziky pro gymnázia bylo ustálené proudění zavedeno takto: „Je-li rychlost proudící kapaliny v daném místě stálá (nemění se s časem), nazývá se takové proudění **ustálené (stacionární)**. V opačném případě se nazývá proudění neustálené (nestacionární). ...Protože uvažujeme proudění ideální kapaliny, je ve všech bodech průřezu proudové trubice, kolmého k její ose, rychlost stejná.“
- b) V učebnici fyziky pro učitele bylo zavedeno ustálené proudění takto: „Proudění ideální nestlačitelné tekutiny je v určitém čase a bodu prostoru určeno rychlostí a tlakem proudící hmotnosti. Předpokládejme, že různé částice, které se v proudící tekutině dostanou postupně do téhož bodu A, mají v něm vždy stejnou rychlost co do velikosti i do směru. Rychlost tedy v tomto případě závisí jen na poloze bodu A, a nikoli na čase. Je-li kromě rychlosti i tlak v určitém místě stálý, jde o **ustálený** neboli **stacionární pohyb tekutiny**. Při ustáleném proudění jsou tedy v libovolném místě rychlost i tlak veličiny stálé, tj. nezávislé na čase, a tekutina se nemůže nikde hromadit.“

Ideální plyn

a) V učebnici pro gymnázia byl ideální plyn zaveden takto: „Při odvozování zákonů platných pro plyn je často vhodné nahradit skutečný plyn (například kyslík, dusík apod.) zjednodušeným modelem, který nazýváme ideální plyn. O molekulách ideálního plynu vyslovujeme tři předpoklady:

- 1) Rozměry molekul ideálního plynu jsou ve srovnání se střední vzdáleností molekul od sebe zanedbatelně malé.
- 2) Molekuly ideálního plynu nepůsobí na sebe navzájem silami.
- 3) Vzájemné srážky molekul ideálního plynu a srážky těchto molekul se stěnou nádoby jsou dokonale pružné.

Doba trvání srážky dvou molekul ideálního plynu je ve srovnání se střední dobou volného pohybu molekuly velmi krátká. V určitém okamžiku se tedy převládá část molekul ideálního plynu pohybuje volně rovnoměrným přímočarým pohybem...

Při dostatečně vysokých teplotách a nízkých tlacích se skutečné plyny svými vlastnostmi přibližují vlastnostem modelu ideálního plynu. Např. při tzv. normálních podmínkách (podle dohody $t_n = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_n = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$) lze většinu plynů s dostatečným stupněm přesnosti považovat za ideální plyn.“

b) V učebnici fyziky pro učitele byl ideální plyn zaveden takto: „Dnes víme, že molekuly plynů jsou složeny z atomů, které jsou zase složeny z jader a elektronů.“

Přesto si budeme představovat molekuly plynu jako velmi malé pevné kuličky, dokonale pružné.

Dále budeme předpokládat, že v ideálním plynu nepůsobí molekuly na sebe vzájemnými silami. Skutečné plyny splňují tento předpoklad při malých hustotách, kdy jsou průměrné vzájemné vzdálenosti molekul velké.

Ukazuje se také, že můžeme zanedbat působení vnějších sil, zvláště též přitažlivosti zemské, aspoň pokud jde o plyn uzavřený v nevysokých nádobách. To znamená, že molekuly jsou volné a pohybují se od srážky ke srážce rovnoměrně přímočaře.

Ve skutečnosti ovšem podléhají molekuly přitažlivosti zemské. Protože se však pohybují velkými rychlostmi, nemůže se tento vliv zřetelně projevit.

Rychlost molekuly se může měnit jen při vzájemných srážkách molekul, nebo při srážce molekuly plynu s molekulou stěny. Při všech srážkách se molekuly chovají jako dokonale pružné koule, neboť splňují základní zákony dynamiky mechanických dějů: zákon zachování hybnosti a zákon zachování energie.

Zdůvodnění hořejších zjednodušených představ je jedině: jejich úspěch. Teorie předpokládá a pokusy tvrdí, že skutečný plyn, ačkoli má složité molekuly, se v mnohých případech chová tak jako plyn s jednoduchými molekulami. To je jeden ze znaků kinetické teorie plynů (a byl v době jejího vzniku často uváděn jako námitka proti ní), že ačkoli nevěděla celkem nic o chování a vlastnostech jednotlivé molekuly, mohla do velké míry předpovědět chování a vlastnosti plynu jako celku. Vysvětlení je jednak v tom, že mnohé makroskopické vlastnosti plynu jsou určeny shora uvedenými obecnými zákony mechaniky a nezávisí na tvaru, složení a vlastnostech molekuly, jednak v tom, že za obvyklých teplot se struktura a vlastnosti molekul srážkami nemění.“

Monofrekvenční světlo

Definice: Monofrekvenční světlo má nulový interval frekvencí.

a) V učebnici pro gymnázia byl tento ideální pojem zaveden takto: „Světlo s jednou frekvencí (vlnovou délkou ve vakuu) nazýváme monofrekvenční. (Dosud se v tomto smyslu používal termín monochromatické světlo.) Takové světlo prakticky neexistuje; nejvíce se k němu přibližuje laserové světlo.“

Černé těleso

Definice: Černé těleso je těleso pohlcující veškeré dopadající záření.

V učebnici pro gymnázia byl ideální objekt „černé těleso“ zaveden takto: „Název černé těleso je historického původu. Při studiu tepelného záření těles se zjistilo, že rozdělení energie ve vyzařovaném spektru závisí nejen na teplotě, ale i na chemickém složení a na struktuře tělesa. Fyzikové hledali nejjednodušší situaci, která by umožnila najít základní zákonitosti tepelného záření. Ukázalo se, že nejjednodušší bude záření tělesa, které pohlcuje všechnu dopadající zářivou energii bez ohledu na vlnovou délku a potom ji vysílá ve formě tepelného záření. Takové ideální těleso dostalo název černé těleso. V přírodě neexistuje těleso, které by veškeré dopadající záření pohlcovalo (černé těleso). Každé skutečné těleso vždy odráží část dopadajícího záření. Zkušenost ukázala, že černé těleso je možné v praxi realizovat dutinou se začerněnými stěnami a malým otvorem, kterým záření vystupuje. Při mnohonásobných dopadech a odrazech na stěnách dutiny se toto záření pohlcuje a opět je stěnami dutiny vyzařováno. Tím vzniká tepelná rovnováha mezi dopadajícím zářením a zářením vyzařovaným stěnami dutiny.“

Otvorem vychází jen malá část záření, takže se tepelná rovnováha podstatně nenaruší.“

Poznámka: Dříve se místo termínu „černé těleso“ používal termín „absolutně černé těleso“ o tomtéž významu.

Idealizace ve vyučování fyzice

Idealizace fyzikální reality je nezbytným stupněm jak při jejím poznávání ve vědeckém zkoumání, tak i ve vzdělávacím procese. Při školním vyučování je vědecká idealizace často ještě dále zjednodušována, takže vytváříme idealizovaný obraz reality, kdy fyzikální vztahy a závislosti mají velmi jednoduchou a snadno pochopitelnou stavbu. Většinou se jedná o lineární vztahy. Idealizace je tím větší, čím elementárnější je stupeň výuky.

*idealizace
ve
vyučování
fyzice*

Idealizace fyzikální reality umožní vytvořit takovou situaci, kterou je **žák schopen matematicky popsat** nebo alespoň **je schopen tomuto postupu matematizace porozumět**. Proto mají pro výuku fyziky tak velký význam tuhá tělesa, ideální kapaliny a plyny, stejnorodá prostředí, ideálně homogenní pole, stacionární děje, rovnovážné stavy, konzervativní systémy, rovnoměrně probíhající změny atd.

Z hlediska správného porozumění fyzikálním událostem, jevům a procesům je důležité, aby žák pochopil, že provádí-li se například idealizace fyzikálního procesu, nedopouštíme se něčeho nesprávného a nedovoleného, ale že idealizace umožňuje hlubší poznání. Je při tom důležité správně odhadovat stupeň provedených zjednodušení. Zde hlavním kritériem je praxe. Jestliže závěry a důsledky takové idealizace jsou alespoň v určité oblasti potvrzeny praxí, potom je tato idealizace správná a jsou tím i určeny meze její platnosti.

Žák si často neuvědomuje, že pracuje s ideálními objekty a procesy a je překvapen, když fyzikální realita je jiná, než jak se tomu naučil. Žák pracuje ve fyzice s ideálními modely reality, např.

- pracuje s pákami, které jsou ideálně tuhé a otáčejí se bez jakéhokoliv tření a obvykle jsou i nehmotné;
- pracuje s ideálními měřidly, která udávají okamžitě správnou hodnotu fyzikální veličiny, nemají žádnou spotřebu energie, nezasahují do měřeného procesu;
- konstruuje ideální optické obrazy, s ideálními tenkými čočkami apod.

Žák by měl být veden k tomu, aby si uvědomil, že přechází-li od ideálního přístroje k fyzikální realitě, je mezi ideálním přístrojem a reálným přístrojem rozdíl. Například zapojuje-li proměnný odpor ze schématu prostřednictvím rezistoru, nestačí pouze znát velikost odporu, ale také musí brát v úvahu údaj o maximálním proudu nebo výkonu daného rezistoru, aby jej nespálil.

Poznávací a didaktická hodnota idealizací je často znehodnocena tím, že žák si nemůže jasně uvědomit, kdy pracuje s určitou idealizací a kde naopak pracuje se skutečnou fyzikální realitou, za kterých podmínek je idealizace provedena a kde jsou tedy meze její upotřebitelnosti.

2.2.2 Formalizace

Poněkud složitější metodou vědeckého poznání je formalizace. Její podstata spočívá v tom, že forma vystupuje jako zvláštní objekt poznání nezávisle na

obsahu. Jedná se o kombinaci dvou metod poznání – srovnání a abstrakce. Nejdříve se různé objekty navzájem porovnávají a určují se mezi nimi vztahy. Potom se tyto abstrahované vztahy zkoumají jako samostatný objekt.

formalizace

Prakticky se jedná o matematizaci vztahů mezi objekty nebo mezi jejich vlastnostmi a tím se buduje **matematický objekt**. Potom je studován určitý typ matematických vztahů nezávisle na podstatě příslušných jevů.

Jednu z prvních formalizací do fyziky zavedl již Isaac Newton při definování okamžité rychlosti

$$v = \dot{s} = \frac{ds}{dt} .$$

Prakticky se jedná o derivaci dráhy podle času.

V současné době mají dominantní postavení matematické metody v teoretické fyzice. Pomocí matematických metod, čili pomocí formalizace, se fyzika stává stále přesnější.

Metoda formalizace se často nazývá **strukturální metodou**, protože souhrn matematizovaných vztahů tvoří strukturu. Předností strukturální metody je to, že vztahy se často zkoumají mnohem snadněji než složky vztahů (tj. přeměny vzájemně spojené s těmito vztahy), dále to, že typů vztahů může být mnohem méně než typů složek vztahů.

2.2.3 Systémový přístup

systémový přístup

Při zkoumání vždy objevíme vztah, v němž bude určitý souhrn objektů tvořit jistý systém. Tím je určen universální charakter metody poznání objektů jako systémů. Systémový přístup umožňuje použít zákonitostí systémů pro jakékoli systémy, tj. na různé konkrétní objekty.

Každý systém je tvořen **prvky**, mezi kterými existují **vazby**. Systém obklopuje **okolí systému**. Systém interaguje s okolím prostřednictvím **vstupu** a **výstupu**. **Chování systému**: Když na vstup systému přijde z okolí nějaký podnět, objeví se na výstupu systému nějaká reakce systému. Z toho, jaké reakce (odezvy) dává systém na různé podněty, je možno vyvodit **strukturu systému**, tj. různé druhy vazeb mezi prvky uvnitř systému. To je právě jedna z vědeckých metod zkoumání objektů, do jejich vnitřní struktury se fyzika nemůže dostat z různých příčin. Můžeme připomenout zkoumání struktury atomu a postupně vznikající modely atomu. Pojetí objektů jako systémů nalezneme ve fyzice velmi často. Místo termínu **systém** je ve fyzice používán termín **soustava**. Systémový přístup se používá nyní běžně i ve společenských vědách a také v didaktice fyziky.

U systémů určujeme stupeň jejich složitosti, spolehlivosti, efektivnosti atd.

V současné době existují celé vědy o systémech různých typů:

- sémiotika – věda o znakových systémech,
- kybernetika – věda o řídicích systémech,
- teorie her – věda o konfliktních systémech.



Část pro zájemce

Sémiotika je vědecká teorie zkoumající vlastnosti znaků a systémů znaků (znakových soustav), konkrétních a abstraktních, které mají každý svůj určitý

význam. Systémy znaků jsou nejčastěji například přirozené jazyky, umělé jazyky, úplně nebo částečně formalizované jazyky.

Kybernetika (z řečtiny, kybernétes – kormidelník, kybernetiké – umění řídit) je vědní obor zabývající se **kvantitativními a strukturními zákonitostmi řízení, sdělování a kontroly autoregulačních soustav**. Ke vzniku kybernetiky jako vědního oboru (1948) přispěl americký matematik Norbert Wiener (1894 – 1964) ve spolupráci s americkým neurofyziologem A. S. Rosenbluthem. Obecně je autoregulující soustavou každý uspořádaný celek, který řídí sám sebe v měnících se podmínkách, udržuje stupně své uspořádanosti nebo dokáže zajišťovat svůj vývoj. Specifickými případy autoregulující soustavy jsou například živé organismy nebo technická zařízení (automaty) vytvořené člověkem, aby udržovaly svoji určitou vlastnost (například historický parní stroj, který při měnícím se výkonu udržoval stále otáčky). Nejvyšším typem je lidská společnost, schopná cílevědomě a uvědoměle řídit svůj vývoj. Kybernetika sjednocuje ve své teorii poznatky různých vědeckých disciplín, jako je např. matematická analýza, matematická logika, teorie pravděpodobnosti, termodynamika, biologie, psychologie. Kybernetika vytváří teoretické základy automatizace, zasahuje do mnoha vědních oborů a vytváří v nich svá zvláštní odvětví, jako například biologická kybernetika, lékařská kybernetika, technická kybernetika, pedagogická kybernetika apod. Pro svůj obecný charakter má kybernetika velký význam pro rozvoj syntézy, sjednocení moderní vědy a pro rozvoj styčných oborů jednotlivých vědních disciplín. Podrobněji se o kybernetice poučíte v publikacích N. Wienera (1960, 1963).

Teorie her je obor matematiky, zabývající se **matematickými modely optimálního rozhodování v konfliktních situacích**. Nazývá se proto i teorií konfliktních situací. Cílem analýzy je zvolit z množiny různých postupů možnost optimální z hlediska cíle hry, přičemž se počítá s předpokládaným postupem protihráče. Hráčem může být jednotlivec, dvojice nebo skupina; rozhodnutí se mohou realizovat v podobě jedné či více strategií. Teorie her se užívá zejména při řešení ekonomických a vojenských otázek. V *sociální psychologii* se užívá matematické teorie her k analýze a modelování mezilidských vztahů a procesů rozhodování. Tato oblast sociální psychologie je obzvláště důležitá pro učitele, který se často vyskytuje v konfliktní situaci, v níž musí rozhodnout například mezi žáky, mezi žákem a sebou nebo mezi sebou a ředitelem. Doporučuji proto k přečtení poutavé publikace Jaro Křivohlavého *Konflikty mezi lidmi* a brožurku *Já a ty* (1973, 1977).

Shrnutí kapitoly

Vědecké poznání je specifickou formou poznání, kterou se snažíme pochopit podstatu jevů a věcí, které nás obklopují, a nalézt zákonitosti vývoje v nejrůznějších oblastech. Základním úkolem vědeckého poznání je odhalování podstatného, obecného a zákonitého v jevech. Základní formy poznání jsou všem přírodním vědám společné. Do obsahu fyziky jako vědy patří nejen vědecká fakta, ale i metody, jimiž se fyzikové k těmto faktům dopracovávají. Nazýváme je **metody vědeckého poznání ve fyzice** nebo **badatelské metody**. Mezi metody vědeckého poznání ve fyzice patří *idealizace objektů a procesů, formalizace, systémový přístup*. Dále jsou to **metody získávání empirických poznatků**, do kterých řadíme *pozorování* a *experiment* jak *reálný*, tak i *myšlenkový*. Třetí



skupinou jsou **metody rozvoje vědění** a to *dedukce, indukce a analogie*, která úzce souvisí s *modelováním*. Uvedené metody používají **elementární postupy**, jako je *analýza, syntéza, abstrakce a konkretizace, srovnání*. **Při idealizaci** reálný objekt je zaměňován idealizovaným objektem za účelem snazšího poznání a formulování zákonitostí v jednodušší formě. V procesu idealizace abstrahujeme od některých vlastností reálných objektů a procesů, a na druhé straně přisuzujeme ideálnímu objektu nebo procesu takové vlastnosti, které reálný objekt či proces nemá. **Při formalizaci** forma vystupuje jako zvláštní objekt nezávisle na obsahu. Různé objekty navzájem porovnáváme, určujeme mezi nimi vztahy, které zkoumáme jako samostatný objekt. Prakticky se jedná o matematizaci vztahů mezi objekty nebo mezi jejich vlastnostmi a tím vzniká **matematický objekt**, který studujeme jako samostatný objekt. **Při systémovém přístupu** vycházíme z toho, že každý *system* je tvořen *prvky*, mezi kterými existují *vazby*. System obklopuje *okolí systému*. System reaguje s okolím prostřednictvím *vstupu a výstupu*, což nazýváme *chování systému*. Když na vstup systému přijde z okolí systému nějaký podnět, objeví se na výstupu systému do okolí nějaká reakce. Z toho, jaké reakce (odezvy) dává system na různé podněty, je možno vyvodit *strukturu systému*, tj. různé druhy vazeb mezi prvky systému. Ve fyzice se často místo termín **system** používá termín **soustava**.



Otázky a úkoly

1. Definujte idealizaci.
 - a) Od kterých vlastností reálného objektu nebo procesu odhlížíte (abstrakce)?
 - b) Které vlastnosti ideálnímu objektu nebo procesu připisujete (syntéza)?
2. Kdy má idealizace vědeckou hodnotu?
3. Uveďte konkrétní příklady idealizace ve fyzice.
 - a) Vyberte příklady ze studijní opory.
 - b) Prolistujte učebnice základní nebo střední školy a vyberte z nich příklady idealizace.
4. Vyhledejte příklady idealizace fyzikálních zákonů v učebnicích základní školy a gymnázia.
5. Jaké cíle má idealizace ve vyučování fyzice?
6. Jaký je rozdíl mezi idealizací ve fyzikální vědě a ve vyučování fyzice?
7. Které kladné a které záporné stránky má idealizace ve vyučování fyzice?



Korespondenční úkoly – zpracovat písemně, maximálně 2 stránky jeden úkol

Z následujících devíti korespondenčních úkolů zpracujete jeden, který Vám přidělí tutor.

KÚ 1

Analyzujte zavedení ideálních objektů nebo procesů v učebnicích základní nebo střední školy.

- a) Je vždy uvedeno, že se jedná o ideální objekt? Uveďte konkrétní citace, kdy tomu tak není.
- b) Je uvedeno srovnání s reálným, skutečným objektem nebo procesem? Uveďte citace, kdy tomu tak není.

KÚ 2

Porovnejte středoškolské a vysokoškolské zavedení ideálních objektů a procesů. Jedná se o tentýž objekt nebo proces? Uveďte konkrétní příklady.

KÚ 3

Při idealizaci se často používá termínů „velmi malý“, „zanedbatelný“, „velmi velký“. Uvedené termíny můžeme používat pouze při porovnávání, například „velmi malý vzhledem k ...“. Upravte způsoby idealizace objektů tak, aby žákům bylo jasné, o jaké velikosti příslušných veličin se jedná a se kterými velikostmi veličin jsou porovnávány. Zpracujte písemně tímto způsobem idealizace uvedené v této studijní opoře.

KÚ 4

Uveďte, se kterými idealizacemi v oblasti fyzikálních zákonů jste se setkali.

KÚ 5

Porovnejte obě zavedení „hmotného bodu“, která jsou ve studijní opoře vzhledem k procesu idealizace:

- Od kterých vlastností reálného objektu odhlížíte (abstrahujete)?
- Které vlastnosti ideálnímu objektu připsujete (syntéza)?
- Které vlastnosti jsou stejné u reálného i ideálního objektu?
- Jak žákům vysvětlíte pojem „velmi malý“ ve středoškolském zavedení hmotného bodu? Zkuste pojem „velmi malý“ kvantifikovat.
- Uveďte, jakým způsobem zavedete na střední škole tento první ideální pojem „hmotný bod“.

KÚ 6

Porovnejte obě zavedení „tuhého tělesa“, která jsou uvedena ve studijní opoře vzhledem k procesu idealizace.

- Které vlastnosti reálného objektu zanedbáváte?
- Které vlastnosti ideálnímu objektu přisuzujete?
- Které vlastnosti jsou stejné u reálného i ideálního objektu?
- Zjistěte v učebnicích základní školy, jak je zaveden pojem „těleso“.
- Uveďte, jakým způsobem zavedete pojem „tuhé těleso“ na střední škole.

KÚ 7

U všech pojmů, uvedených jako příklad idealizace v této studijní opoře nebo Vámi, uveďte:

- Které vlastnosti reálného tělesa nebo objektu zanedbáváte?
- Které vlastnosti ideálnímu objektu nebo procesu přisuzujete?
- Uveďte, jak zavedete Vy daný ideální pojem na střední škole.

KÚ 8

Vytvořte tabulku, v níž do jednoho sloupce uvádějte ideální objekty nebo procesy a do druhého jim odpovídající reálné objekty nebo procesy. Začněte mechanikou, pokračujte termikou, elektřinou atd. Porovnejte údaje v tabulce. K čemu jste dospěli?

KÚ 9

Vysvětlíte proces formalizace na základě toho, že se jedná o srovnání a abstrakci na konkrétním příkladě:

- z fyziky základní školy,
- z fyziky střední školy.

**Další zdroje**

- ČÁP, J. *Psychologie pro učitele*. Praha: SPN, 1980. 381 s.
- EINSTEIN, A., INFELD, I. *Fyzika jako dobrodružství poznání*. Praha: Orbis, 1958.
- FILKORN, V. *Úvod do metodológie vied*. Bratislava, 1960.
- HLAVIČKA, A., aj. *Fyzika pro pedagogické fakulty, 1. díl*. Praha: SPN, 1971.
- KŘIVOHLAVÝ, J. *Já a ty*. Praha: Avicenum, 1977.
- KŘIVOHLAVÝ, J. *Konflikty mezi lidmi*. Praha: Avicenum, 1973.
- KVASNICA, J. *Priekopníci modernej fyziky*. Bratislava: Smena, 1987. 167 s.
- KVASNICA, J. *Mechanika*. Praha: Academia, 1988.
- MALÍŠEK, V. *Co víme o dějinách fyziky*. Praha: Horizont, 1986. 272 s.
- MEVART, J. *Základy metodologie věd*. Praha: Svoboda, 1977.
- *Názvy a značky školské fyziky*. Praha: SPN, 1977.
- SALAM, A. Unification in physics. In *Proceedings of the International Conference on Postgraduate Education of Physicists*. Prague, 1980, s. 196 – 203.
- ÚLEHLA, I. *Fyzika a teorie poznání*. Praha: Horizont, 1982. 448 s.
- VACHEK, J., LEPIL, O. *Modely a modelování ve vyučování fyzice*. Praha: SPN, 1980.
- WIENER, N. *Kybernetika a společnost*. Praha: NČAV, 1963.
- WIENER, N. *Kybernetika neboli řízení a sdělování v živých organismech a strojích*. Praha: SNTL, 1960.
- ZAPLETAL, I. *K obecné metodologii pedagogických věd*. Praha: SPN, 1967.
- ZORINOVÁ, L. J. *Metodologické poznatky v učebnicích fyziky pro vyšší ročníky*. Tvorba učebnic, sborník 2. Praha: SPN, 1977.

3 METODY ZÍSKÁVÁNÍ EMPIRICKÝCH POZNATKŮ

V této kapitole se dozvíte:

- o metodách získávání empirických poznatků;
- o pozorování ve fyzice;
- o reálném experimentu ve fyzice a měření;
- o myšlenkovém experimentu ve fyzice.

Budete schopni:

- optimalizovat reálný fyzikální experiment ve vzdělávání fyzice tak, abyste využili emoční inteligenci žáka;
- optimalizovat fyzikální měření;
- připravit schéma myšlenkového experimentu ve vzdělávání fyzice a realizovat myšlenkový experiment.

Klíčová slova této kapitoly:

metody získávání empirických poznatků, pozorování, experiment, reálný experiment, fyzikální měření, myšlenkový experiment.



Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:
3 hodiny teorie + 8 hodin řešení úloh

Ve druhé kapitole jste se seznámili s metodami vědeckého poznání

- objektů, jevů a procesů jako idealizovaných objektů (viz 2.2.1),
- struktur (viz 2.2.2) a
- systémů (viz 2.2.3).

Takové poznání však ještě neposkytuje konkrétní poznatky o poznávaných objektech. Pro získání konkrétních poznatků o objektech je nutný empirický a teoretický výzkum.

V této části se budete zabývat pouze metodami používanými při **empirickém poznávání**, kde základními metodami získávání vědeckých poznatků jsou

- **pozorování** a
- **experiment**.

3.1 POZOROVÁNÍ

Jednou ze základních metod vědeckého poznání, které slouží ke **zjišťování faktů**, je pozorování. Jedná se zpravidla o první metodu, jejímž prostřednictvím se seznamujeme s objektem poznání. **Pozorování je předem stanovené, záměrné a plánovitě vnímání, jehož cílem je na dané úrovni odhalit podstatné vlastnosti a vztahy objektu poznání.**

pozorování



Úkol k textu

V psychologii rozlišujeme pozorování bezděčné a záměrné.

- a) O jaké pozorování se jedná ve fyzice?
- b) Uveďte konkrétní příklady z vyučování fyzice.

Schopnost vnímat (viz poznámka na konci) objekty okolního světa je spjata s fyziologickou podstatou člověka. **Člověk vnímá smysly**, které mají různou citlivost. Nejvíce informací o objektech a jevech získává zrakem, potom sluchem, hmatem. **Rozlišovací schopnost smyslových orgánů** se u člověka zvyšuje při jejich častém užívání v obdobných situacích. **Rozlišovací schopnosti smyslových orgánů mohou být zvětšeny pomocí přístrojů.**



Příklady

První z velkých objevů „prodloužení lidských smyslů“ uskutečnili Holanďané a to Zacharias Jansen (1580 – 1638), který zkonstruoval v roce 1590 mikroskop a Hans Lippershey (1587- 1619), který zkonstruoval dalekohled kolem roku 1608. Ač se vládní místa v té době snažila druhý vynález utajit, přesto se o něm dověděl již následujícího roku Galileo Galilei (1564 – 1642); dalekohled, o to dokonalejší, znovu sám sestrojil a použil jej poprvé také k astronomickému pozorování. Objevil čtyři Jupiterovy měsíce, Venušiny fáze, skvrny na Slunci a hory na Měsíci. Tyto objevy měly mimořádný význam v poznání „megasvěta“.

Přístroje však nejen zvětšují rozlišovací schopnost našich smyslových orgánů, ale poskytují „**doplňkové orgány vnímání**“. Lidské smysly například nedokáží vnímat elektrostatická pole, magnetostatická pole, elektromagnetická pole nebo chemická složení látek. Přístroje však toto dokážou.

Přítomnost elektrostatického pole můžeme například zjistit elektrometrem nebo coulombmetrem, magnetostatická pole magnetkou nebo magnetometrem, elektromagnetická pole pomocí antén, které tvoří oscilační obvod.

Zjišťovat chemické složení látek můžeme buď chemickou analýzou, která je velmi zdlouhavá, nebo pomocí rychlé spektrální analýzy. Prvním zajímavým objevem v oblasti spektrální analýzy bylo zjištění prvku hélia nejdříve na Slunci (1868) a teprve pak na Zemi.

Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887) vysvětlil, jak vznikají tmavé čáry ve spojitém slunečním spektru, a to tak, že plyny v rozžhaveném stavu pohlcují jen takové záření, které při tomtéž chemickém složení a tepelném stavu vysílají. Prochází-li světlo ze zdroje bílého světla prostředím, které pohlcuje některé jeho složky, vzniká absorpční spektrum (je pohlcena právě ta část spektra, kterou prostředí samo může vyzařovat). Podle tmavých čar v absorpčním spektru můžeme zjistit, které látky obsahuje prostředí, jímž světlo prošlo. A tak z tmavých Fraunhoferových čar v jinak spojitém slunečním spektru bylo, kromě jiných prvků, také poprvé zjištěno hélium. V současné době se používají spektrofotometry ke zkoumání chemického složení hvězd stále, protože se jedná o velmi citlivou metodu.

Pozorování je aktivní formou činnosti, která předpokládá určité vytyčení cílů a úkolů. Obyčejně dává odpověď na otázku, jak vypadá náš objekt zkoumání. Na základě pozorování můžeme vytvořit popis daného předmětu nebo jevu. **Dobrý a**

dokonalý popis je předpokladem a východiskem pro použití dalších vědeckých poznávacích metod. Je to základní podmínka pro vysvětlení daného jevu. Při popisu jevu či události je třeba vždy použít správně volených pojmů a navíc je třeba užívat těchto pojmů zcela přesně a jednoznačně. Úkolem popisu je zachytit a utřídit co nejvíce informací o daném objektu. Sám popis nestačí k postihu podstaty jevu, vytváří pouze předpoklady k jejímu poznání.

Ve školní praxi již při pozorování může nastat u žáka podstatná ztráta informace, „když neví, co má pozorovat“. Příkaz učitele „Popiš, co jsi pozoroval!“ zůstává potom nezodpovězen a další navazující metody vědeckého zkoumání nemohou být vůbec použity.

Na základě jasného, přesného a úplného popisu je možno použít dalších metod vědeckého zkoumání. Mezi ně zařazujeme **srovnání**, které je vzhledem k ostatním metodám vědeckého poznání postupem velmi starým. Při srovnání zjišťujeme shodné či rozdílné stránky u dvou či více různých předmětů či znaků. Zpravidla zjišťujeme nejprve **shodné znaky** předmětů a jevů a potom **rozdílné znaky**. Pro vědecké poznání je srovnání velmi efektivní, i když je poměrně jednoduchým postupem. Často se na ně ve školní praxi ve fyzice zapomíná. Výsledkem je zaměňování objektů, jevů, ale i procesů žákem.

Průvodce studiem

Vím, že již jste unaven/a. Navíc jste přesvědčen/a, že všechno znáte. Myslím si, že ne, to Vám jen únava říká, "odpočiň si". Vždy po hodině intenzivního studia si deset minut odpočíte, maximálně se odreagujte. Nezapomeňte otevřít okno a pustit kyslík do místnosti. Jen dobře okysličená krev dobře vyživuje mozek a ten o to rychleji bude u Vás pracovat.



Při pozorování buď používáme

- **metodu shody** nebo
- **reprezentativního výběru.**

3.1.1 Pozorování - metoda shody

Příklad

Každý z nás pozoroval duhu. Ale v každém případě se jednalo o jiné ovzduší, o jinou trajektorii slunečních paprsků, o jinou denní dobu. Proč jsme přesvědčeni, že vždy pozorujeme totéž, čili duhu? Proměnlivých prvků zde bylo přece mnoho.

Při našem pozorování jsme se snažili typizovat stálé v měnícím se. Použili jsme zde vlastně nejjednodušší metodu pozorování – metodu shody. Její podstatou je požadavek maximální mnohotvárnosti situací, za nichž je daný jev pozorován.

Pozorování má vědecký význam zpravidla pouze v tom případě, můžeme-li je mnohonásobně opakovat. Může se zdát, že opakovat pozorování je nutno ve stejných situacích, to znamená za stejných podmínek. Avšak v tomto případě nebude zřejmé, ke kterým objektům se v těchto situacích vztahují výsledky



pozorování. Objasnit, o které objekty se vlastně jednalo, je možno pouze prostřednictvím variací všech ostatních podmínek dané situace.

3.1.2 Pozorování - metoda reprezentativního výběru

Způsoby zabezpečení mnohotvárnosti v pozorování mohou být různé. Jestliže vybraná skupina faktů charakterizuje skoro celý sledovaný objekt, potom tento výběr nazýváme reprezentativním. Dosáhnout reprezentativnosti výběru můžeme dvěma způsoby:

- a) buď rozdělíme celý soubor faktů na typy – **typický výběr**, nebo
- b) nebo použijeme tzv. **náhodný výběr** pomocí tabulek náhodných čísel. V současné době každý počítač má vbudován generátor náhodných čísel; dříve se používaly statistické tabulky (J. Janko, 1958).

3.1.3 Psychické procesy při pozorování

vnímání

Vnímání, které jsme uváděli při definování pozorování, je **psychickým procesem**. Nejdříve pár slov o psychických procesech. (J. Čáp, J. Mareš, 2001).

Psychické procesy:

Jednotlivý psychický proces je abstrakce. Ve skutečnosti jsou různé psychické procesy navzájem spojeny v celek a navíc jsou jen dílčí složkou komplexních životních činností člověka.

Psychické procesy jsou funkcí mozku, mají své nervové mechanismy, které můžeme vyjádřit v pojmech neurofyzologie.

- Psychické procesy jsou spjaty s okolním světem.
- Psychické procesy působí v životních činnostech, plní v nich funkce příjmu informací, plánování, kontroly a řízení.
- Psychické procesy se v činnostech projevují a zároveň formují
- Psychické procesy se rozvíjejí učením.
- Psychické procesy závisejí na vlastnostech osobnosti (myšlení na schopnostech osobnosti, volní rozhodování na charakterových vlastnostech apod.). Souhrou uvedených momentů dochází k tomu, že tentýž druh psychických procesů vykazuje značné rozdíly mezi různými osobami i u téhož jedince v různých okamžicích jeho života.

Poznávací procesy

- Poznávací procesy svět zobrazují, odrážejí, i když ne vždy zcela věrně.
- Poznávací procesy jsou nezbytné ve všech činnostech člověka. Poznání začíná **názorným poznáváním**:
 - o **vnímáním a**
 - o **představami.**

Vnímání je **psychický proces, kterým zobrazujeme jevy působící v daném okamžiku na naše smyslové orgány**. Vnímání je základem všeho poznávání, ostatní poznávací procesy zpracovávají údaje získané vnímáním. Ve vnímání rozlišujeme

- **vjemy a**
- **počítky.**

Vjem znamená obraz předmětu nebo procesu jako celku (například vjem kyvadla).

Počitek znamená obraz některého jednotlivého znaku vnímaného předmětu (například počitek černé barvy). Počitky se u člověka zpravidla nevyskytují izolovaně, jsou to uměle odlišené části složitějších vjemů.

Orgán, kterým vnímáme, nazýváme analyzátor. Skládá se z receptoru, dostředivé nervové dráhy a centra v mozkové kůře (korového zakončení). Počitky a vjemy tedy nejsou lokalizovány do smyslových orgánů, do oka, ucha apod., jak se dříve předpokládalo. K jejich vzniku je zapotřebí všech součástí analyzátoru, přičemž nejnáročnější funkce probíhají v korovém zakončení.

Termín analyzátor odpovídá tomu, že je to orgán, který analyzuje, vyčleňuje, rozlišuje, diferencuje jednotlivé části a aspekty ve složitém proudu působení z prostředí. Spolu s analýzou však při vnímání probíhá i syntéza: ať vnímáme krajinu nebo stroj či jeho výkres, nebo mluvenou řeč, či hudební skladbu, vystihujeme uspořádání, vzájemné vztahy jednotlivých částí. **Vnímání je tedy analyticko-syntetická činnost nervové soustavy, jejími elementárními fyziologickými mechanismy je diferenciací (rozlišování), tvoření dočasných spojů a jejich soustav.**

Naše vjemy jsou více nebo méně složité celky s určitým uspořádáním na části s určitou strukturou. Platí o nich, že celek je více než pouhá suma částí.

Každý druh analyzátorů a jim odpovídajících počitků i vjemů má své zvláštnosti a plní v životě člověka určité úlohy.

Vnímání je spjato s ostatními psychickými procesy. **Různí lidé vnímají tentýž předmět různě.**

Příklad

Mikroskop vnímá odborník velmi podrobně a detailně, zatímco neoborník mnoho detailů vůbec „nevidí“; je to dáno jejich odlišnými zkušenostmi, vědomostmi a dovednostmi, představami, myšlením.



Na podkladě vnímání se rozvíjejí také ostatní poznávací procesy. Reflexní proces při vnímání zanechává určitou stopu v nervové soustavě, která umožňuje **vybavit si později to, co jsme dříve vnímali**. Takový názorný obraz něčeho, co v daném okamžiku nepůsobí na naše receptory, nazýváme **představa**.

představy

Představy jsou jednak

- **představy paměti**, které reprodukuje (ať již poměrně věrně nebo nedokonale, neúplně, s chybami) něco, co je nám známo, co jsme v dané podobě již vnímali,
- **představy fantazijní** produkují obrazy něčeho pro nás relativně nového.

Úkoly k textu

1. Jakým způsobem budete u žáka budovat představy paměti ve fyzice? Navrhněte několik způsobů. Uveďte konkrétní příklady.
2. Jakým způsobem budete u žáka budovat fantazijní představy ve fyzice? Navrhněte několik způsobů. Uveďte konkrétní příklady.



3.2 EXPERIMENT

3.2.1 Reálný experiment

*reálný
experiment*

Experiment předpokládá aktivní zásah do průběhu pozorovaného jevu, procesu, objektu. Nejčastěji tímto aktivním zásahem bývají **záměrně přesně stanovené podmínky**, za nichž experiment probíhá. Tento umělý zásah umožňuje odhalovat takové vlastnosti, které by nikdy přirozené podmínky neumožnily.

Experiment je určitým způsobem materiálním působením na objekty, jevy a procesy. Cílem experimentu je vědecké zkoumání.

Některé experimenty v současné fyzice, zejména ve fyzice vysokých energií a kosmickém výzkumu, jsou nesmírně nákladné, proto na realizaci těch nejnákladnějších **se sdružují finanční prostředky jednotlivých států**.



Příklady

Pro ověření teorie elektroslabé interakce (sjednocení interakcí elektromagnetické a slabé) (A. Salam, 1980), za kterou obdrželi v roce 1979 Nobelovu cenu za fyziku Sheldon Lee Glashow (*1932) z USA, Pákistánec Abdus Salam (*1926) a Steven Weinberg (*1933) z USA, bylo třeba v laboratoři vyrobit a dokázat, že existují hypotetické vektorové mezony W^+ , W^- a Z , které teorie elektroslabé interakce předpokládala. Toto ověření bylo prováděno za sdružení finančních prostředků na antiprotonovém urychlovači o obvodu 6,8 km. Skutečně vhodný urychlovač, který byl za tímto účelem naplánován a také vybudován, má obvod 30 km a cenu přibližně 1,5 miliardy dolarů (1986). Hypotetické vektorové mezony však byly objeveny a Nobelovu cenu za fyziku za jejich objev v roce 1984 dostali Carlo Rubbia (*1934) z Itálie a Simon van der Meer (*1925) z Nizozemí. Takže tvůrci teorie elektroslabé interakce nemuseli „vracet“ Nobelovu cenu za jejich předpověď z roku 1979.

Náklady na současná fyzikální experimentální zařízení jsou tak vysoké proto, že se jedná vlastně o nejpreciznější přístroje, co kdy lidstvo vyrobilo. Avšak bez precizní speciální přístrojové techniky není v současné době možný rozvoj fyzikální vědy. Nutno zde zdůraznit, že bezprostředním cílem fyzikálních experimentů není přímé uspokojování praktických potřeb člověka, nýbrž **vědecké zkoumání**. Teprve výsledek tohoto zkoumání (objev nového jevu, vlastnosti, materiálu, atd.) **se stává zárodkem uspokojování praktických potřeb člověka**. Každý jev musí být nejdříve objeven, aby mohl být využit!

Při projektování a stavbě obrovských urychlovačů se používají nejdokonalejší výpočetní metody, nejpokročilejší technologie, vyžaduje se mimořádná přesnost, stabilita a spolehlivost při řízení provozu urychlovače a analýza výsledků experimentů vyžaduje zcela unikátní kybernetické systémy atd. Tyto zkušenosti a poznatky se pak využívají k projektování a řízení složitých výrobních technologií i celých závodů. Náklady na původní experimenty a zařízení se tak mnohonásobně vracejí oklikou do praktických aplikací.

3.2.2 Myšlenkový experiment

Kromě již uvedeného reálného experimentu existuje také myšlenkový experiment.

Úkoly k zamyšlení

- Kdy jste se poprvé setkal/a s pojmem myšlenkový experiment?
- Myslíte, že Vámi uvedený myšlenkový experiment byl skutečně první „myšlenkový“ v historii fyziky?



*myšlenkový
experiment*

Metodu myšlenkového experimentu systematicky rozpracoval v souvislosti s experimentální metodou již Galileo Galilei (1564 – 1642). Tedy Vámi pravděpodobně zmíněný Albert Einstein jako fyzik provádějící myšlenkové experimenty se „učil“ od zakladatele experimentální metody ve fyzice Galileo Galileiho.

Galilei charakterizuje myšlenkový experiment jako způsob myšlení, ve kterém všechno, co se děje při konkrétní formě, podobně se děje i v abstrakci, a ve kterém je třeba odhlédnout od všech případných překážek.

Myšlenkové experimenty umožnily Galileovi precizně promyslet reálné experimenty a zdůvodnit zákon setrvačnosti. A zákon setrvačnosti znamenal ve fyzice první velký pokrok, byl ve skutečnosti skutečným počátkem fyziky.

Uvedeme dva myšlenkové experimenty, které vedly Galilea k formování zákona setrvačnosti (A. Einstein, 1958).

Příklad: Galileiho myšlenkový pokus při formulování zákona setrvačnosti



Nejzákladnější problém, který pro svou složitost zůstal po tisíciletí nejasný, je problém pohybu. Všechny pohyby, které pozorujeme v přírodě – kámen vržený do vzduchu, loď plující po moři, auto jedoucí po silnici – jsou ve skutečnosti velmi složité. Abychom těmto jevům porozuměli, je třeba začít s jednoduššími případy a pomalu postupovat ke složitějším. Představme si těleso, které je v klidu, tedy se vůbec nepohybuje. Aby se změnila poloha takového tělesa, je třeba nějak na ně zapůsobit, postrčit je, pohnout jím, nechat na ně působit jiná tělesa. Naše intuice nám říká, že pohyb souvisí s procesem strkání, hýbání nebo tažení. Opětná zkušenost nám dovoluje prohlásit, že musíme těleso postrčit prudčeji, chceme-li, aby se pohybovalo rychleji. To nás přirozeně vede k úsudku, že rychlost daného tělesa bude tím větší, čím silnější „vliv“ bude na něj působit. Auto s motorem o větším výkonu může jet rychleji než auto s menším výkonem. Intuice nám tedy říká, že rychlost podstatně souvisí s působícím „vlivem“.

Čtenářům detektivek je znám fakt, že falešné řešení, nebo tak zvaný falešný klíč, příběh zatemňuje a konečné řešení oddaluje. Způsob usuzování, diktovaný intuicí v naší předcházející úvaze, byl nesprávný a vedl ke klamným představám o pohybu, na nichž lidstvo lpělo po staletí. Hlavním důvodem, proč se tak dlouho věřilo v tuto intuitivní myšlenku, byla velká autorita Aristotelova (384 př.n.l. až 322 př.n.l.) v celé Evropě. Usuzování uvedené v předcházejícím odstavci je v současné době běžné uvažování dětí, ke kterému dospívají na základě každodenních zkušeností, je to tzv. **předpojmové období u dětí**. Uvedený pojem pohybu, který není v souladu s vědeckým pojmem pohybu, bývá nazýván **předpojem (preconception)**. Proto je často v současné době hovořeno o tzv. **aristotelovské fyzice** u dětí, ale často lze o aristotelovské fyzice mluvit i u dospělých, jak bylo zjištěno výzkumy.

V mechanice, po dva tisíce let přisuzované Aristotelovi, čteme: „Těleso, které se pohybuje, dostane se do stavu klidu, jestliže síla, která je pohání, nepůsobí již tak, že je pohání.“

Ale zkusme uvažovat jinak než Aristoteles. Vyšetřeme základní fakta pohybu poněkud pečlivěji. Začněme prostou zkušeností, známou lidskému pokolení od počátku civilizace a získanou v tvrdém existenčním boji (A. Einstein – I. Infeld 1958, s. 9). Dejme tomu, že někdo tlačí po rovné cestě vozík a náhle jej přestane postrkovat. Vozík se bude dále pohybovat a pak se zastaví. Ptáme se: jak lze tuto trajektorii zvětšit? Existují četné prostředky, jako například namazat kola a uhladit cestu. Čím snadněji se kola otáčejí a čím hladší je cesta, tím dále se bude vozík pohybovat. Čeho jsme vlastně dosáhli namazáním kol a uhlazením cesty? Jenom toho, že jsme zmírnili vnější vlivy. Vliv tření v kolech a mezi koly a cestou se zmenšil. To je již teoretický výklad pozorovaného jevu. Schází ještě další krok v těchto úvahách a našli jsme klíč k řešení, který je tento. Představme si cestu dokonale hladkou a kola zcela bez tření. Potom by neexistovalo nic, co by vozík zastavilo, takže by se neustále pohyboval. K tomuto závěru dospějeme jenom tím, že si představíme idealizovaný pokus, který ve skutečnosti nelze nikdy provést, protože je nemožné odstranit všechny vnější vlivy. Idealizovaný pokus byl klíčem, který skutečně tvořil základ mechaniky pohybu. Tímto způsobem uvažoval Galilei. Jedná se vlastně o skutečné základy fyziky, které vznikly jako intuitivní závěry, které se opíraly o bezprostřední pozorování.

Porovnáme-li oba způsoby usuzování o pohybu, to znamená usuzování Aristotelovo a Galileovo, vidíme, že **z reálného pozorování můžeme různými způsoby usuzování dospět ke zcela protichůdným závěrům**. Aristoteles uvažoval takto: čím větší „vliv“, tím větší rychlost. Rychlost potom ukazuje, zda na těleso působí či nepůsobí vnější síly. Nový klíč k řešení, který našel Galilei, zní: Není-li těleso ani strkáno, ani taháno, ani není na ně působeno nějakým jiným způsobem, čili stručněji řečeno, nepůsobí-li na těleso vnější síly, potom se pohybuje rovnoměrně, to je stále stejnou rychlostí přímočaře. Rychlost tedy ukazuje, zda na těleso působí či nepůsobí vnější síly. Závěr Galileiho, který je správný, byl o generaci později vyjádřen Isaacem Newtonem (1642 – 1727) jako zákon setrvačnosti. Je to zpravidla první zákon, jemuž se ve škole v mechanice žák učí. „Každé těleso setrvává ve svém stavu klidu nebo rovnoměrně přímočarého pohybu, není-li vnějšími silami přinuceno svůj stav změnit.“

Viděli jste, že zákon setrvačnosti nemohl být odvozen přímo z provedeného experimentu, nýbrž pouze spekulativním myšlením, které se shoduje s pozorováním. V současné době však reálný experiment je možno provést na vzduchové dráze. Dříve, kdy idealizovaný experiment nebylo možno ve skutečnosti nikdy provést, pomohl tento myšlenkový experiment při porozumění těm experimentům, které bylo možno provést.

Z velkého počtu složitých pohybů ve světě, který nás obklopuje, zvolili jsme jako první příklad rovnoměrný pohyb. Je to pohyb nejjednodušší, protože zde nepůsobí vnější síly. Rovnoměrný pohyb za běžných podmínek nemůže být nikdy uskutečněn, například kámen padající z věže nebo libovolně vržený kámen se nikdy nemůže pohybovat rovnoměrně, protože nikdy nemůžeme na Zemi vyloučit vliv vnějších sil, které na kámen působí, nemůžeme kámen odizolovat od působení tíhové síly. Speciální technika však může vytvořit takové podmínky, které dovolují reálně pozorovat rovnoměrný přímočarý pohyb, například vzduchová poduška nebo podmínky v kabině družice Země nebo podmínky za

působení sil, které jsou v rovnováze (padající výtah, parašutista v určitém stadiu letu).

Myšlenkový experiment, který provedl Galileo Galilei, se stal základem všech myšlenkových pokusů nejen ve fyzice, ale i v jiných vědách včetně humanitních.

V současné době je myšlenkový experiment chápán také jako poznávací činnost, která obvykle předchází materiální realizaci experimentu, jako právě to, co přírodovědec může vykonat ve svém myšlení dříve, než přikročí k (materiální) realizaci experimentu.

Nezávislost myšlenkového experimentu na materiálních prostředcích je velmi významná – umožňuje jeho samostatnou existenci jako teoretické metody poznání.

Myšlenkový experiment, jako jeden z typů modelového experimentu, může tedy existovat ve dvojí podobě:

a) **myšlenkový experiment jako samostatná logická konstrukce**, kterou je třeba vybudovat tam, kde materiální realizace modelu není možná, nebo není vhodná;

b) **myšlenkový experiment jako fáze materiálně realizovaných experimentálních činností**, v rámci kterých experimentátor vykoná logickou analýzu úlohové situace a uvědomuje si logickou strukturu poznávacího procesu, kterou má uskutečnit.

Obecně – myšlenkový experiment je nezávislý na materiálních prostředcích poznávání, dokonce se dá vykonat dříve, než dozrají technické podmínky tak, aby bylo možné experiment materiálně realizovat.

3.2.3 Didaktický pohled na reálný a myšlenkový experiment

Jiný je pohled na reálný experiment a myšlenkový experiment z pozice didaktiky fyziky. Reálný experiment se již dávno stal součástí fyzikální vědy, je nový jen z hlediska žáka, představuje proto model poznávacího procesu, ať se realizuje jako reálný nebo jako modelový experiment. I reálný experiment je ve školních podmínkách jednoduchým **didaktickým modelem empirického poznání**. Modelování modelového fyzikálního experimentu ve škole je dvojnásobným modelováním poznávacího procesu (V. Koubek 1989).

V dalším textu nebudeme přívlastek „modelový“ u experimentu uvádět, ale budeme jej brát v tomto významu.

Ve vyučování fyzice při provádění myšlenkových experimentů se zkoumají situace, které jsou vědecky možné, i když někdy prakticky nerealizovatelné nebo obtížně realizovatelné. Myšlenkový experiment ve vyučování však nikdy nemůže nahradit reálný experiment, ve kterém se projevují další vlivy a souvislosti. Proto vedeme žáky k tomu, že teprve reálný experiment může s konečnou platností potvrdit nebo vyvrátit závěry myšlenkového experimentu. Kde nemůžeme z nejrůznějších důvodů ve vyučování provádět reálný experiment, je třeba žákům buď sdělit výsledky vědeckých experimentů v dané oblasti nebo alespoň žákům

ukázat na důsledky, které plynou z myšlenkového experimentu, a jejich shodu se skutečností.

Etapy při provádění myšlenkového experimentu ve vzdělávání fyzice

*etapy
myšlenkového
experimentu*

Pro myšlenkový experiment jsou typické určité etapy, které můžeme sledovat i na výše uvedených dvou příkladech myšlenkových experimentů týkajících se pohybu, a to Aristotele a Galilea.

- a) Nejdříve se podle určitých pravidel sestrojí ideální model reálného objektu.
- b) Podle stejných pravidel se stanoví ideální podmínky, za kterých model pracuje, zvolí se ideální přístroje, případně se určí i pozorovatel.
- c) Provádí se zamýšlená změna nejrůznějších charakteristik a sleduje se vliv těchto změn na model.

Z hlediska vyučování fyzice je cenná značná „názornost“ myšlenkového experimentu, která spočívá v tom, že se při něm **pracuje s idealizovanými objekty, které lze zobrazit i s detaily**. U žáka takto lze vyvolat konkrétní představy o průběhu určitého fyzikálního procesu. Proto nezbytným doplňkem každého myšlenkového experimentu ve vyučování je vhodný **schematický náčrtek**. Posílí konkrétnost představ žáka a umožní vytvořit obraz o uspořádání myšlenkového experimentu a i o jeho průběhu.

Nové poznatky, ke kterým se dospívá na základě myšlenkového experimentu, přijímá žák jako věrohodné téměř ve stejné míře, jako nové poznatky získávané na základě reálného experimentu.



Příklady myšlenkových experimentů ve vyučování fyzice

S myšlenkovými experimenty se setkáváme ve vyučování fyzice dosti často, v učebnicích fyziky najdeme mnoho příkladů.

- Myšlenkový experiment je použit při odvození vztahu pro potenciální energii kapaliny o jednotkovém objemu.
- Pomocí myšlenkového experimentu je odvozována stavová rovnice ideálního plynu.
- Myšlenkový experiment vede k vyvození Faradayova zákona elektromagnetické indukce.

Pouze pro didaktické účely se někdy na střední škole používají myšlenkové experimenty, které mají nahradit provádění reálného experimentu, například při vyvozování Hookeova zákona v tahu. Jestliže však uvedené odvození zákona budete důkladně analyzovat, zjistíte, že „odvození“ předpokládá platnost závislosti, která má být získána reálným experimentem. Řečeno jinými slovy, **odvozování fyzikálních zákonů myšlenkovými experimenty, které vlastně by měly být reálnými experimenty, je chybné**. Takovémuto „usnadňování“ výuky by se měl učitel raději vyhýbat i na střední škole, i když se vše zdá být žákům zcela „jasné“. O tom, že vše nebylo „jasné“ svědčí často realita při přijímacích zkouškách na vysokou školu. Ve školní praxi reálný experiment má vždy přednost před myšlenkovým, vědomosti a dovednosti jsou trvalejší.

Úkol k zamyšlení

Tipněte si, ve kterých oborech fyziky má myšlenkový experiment mimořádné postavení.

**Průvodce studiem**

Zamysleli jste se opravdu? Uvádím odpověď a není to pouze teorie relativity. Jsou to ty obory fyziky, kde provedení reálného experimentu je prakticky nerealizovatelné a kde logické závěry myšlenkových experimentů mají zásadní význam.



Takovou oblastí je zvláště **speciální teorie relativity**. Einstein zavedl model inerciálního systému v podobě „padajícího výtahu“ na Zemi. Zavedl užívání idealizovaných přístrojů, jako jsou ideální hodiny, ideální tyče apod. Na základě myšlenkových experimentů Einstein došel k závěrům o kontrakci délek, dilataci času, relativnosti současnosti, sčítání rychlostí atd.

Z hlediska vyučování fyzice jsou tyto myšlenkové experimenty speciální teorie relativity zásadně důležité pro vniknutí do podstaty a metod speciální teorie relativity. Sám Einstein jim věnoval velkou úlohu i při popularizaci teorie relativity. Bez důkladného rozpracování a to rozpracování metodicky pečlivě rozváženého a vyzkoušeného **pro daný věk žáků**, hrozí i zde velké nebezpečí naprosto formálního osvojení učiva pouze na základě matematického formalismu, bez pochopení základů speciální teorie relativity.

Myšlenkové experimenty užívané ve vyučování fyzice vycházejí z velké části z myšlenkových experimentů vytvořených ve fyzikální vědě. Tyto jsou ve vyučování fyzice plně opodstatněny, protože umožňují získat závěry, k nimž nelze zpravidla dospět jiným způsobem, a odpovídají metodě vědecké práce. Od určité mentální úrovně žáků jsou důležitou složkou při vytváření správných názorů a představ žáků, umožňují jim neformální pochopení řady fyzikálních jevů.

3.2.4 Fyzikální měření

Jak pozorování, tak i experiment mohou mít kvalitativní nebo kvantitativní charakter.

Při kvalitativním pozorování nebo experimentu na základě zkušenosti poznáme, má-li nebo nemá-li zkoumaný objekt danou charakteristiku. Například hodíme kámen do vody, přesvědčíme se, že se na rozdíl od dřeva potopí. V některých případech podobný výsledek zcela postačuje.

Často je však nutno určit kvantitativní charakteristiku objektu nebo procesu. Potom se používá postup zvaný měření. **Měření se obvykle provádí porovnáváním zkoumaného objektu s jiným objektem, který má přesně stanovené vlastnosti**; takový předmět se nazývá **etalon** v případě extenzivní veličiny nebo se jedná o **stupnici stavů** u intenzivní veličiny.

Fyzikální měření



Příklad etalonu a stupnice stavů

Nejznámějšími etalony jsou jeden metr nebo jeden kilogram. Běžnou stupnicí stavů je Celsiova teplotní stupnice.

Měření pomáhá zbavit se subjektivnosti při hodnocení různých objektů, jevů a procesů. Někomu se například zdá, že čas velmi rychle ubíhá, jinému se zas vleče. Jenom měřením času v dané soustavě můžeme objektivně porovnávat časové intervaly.



Průvodce studiem.

Vím, že fyzikální měření znáte důvěrně, neboť jste mu věnoval/a mnoho času a ještě více Vašeho volného času „spolklo“ zpracovávání protokolů měření. Fyzikální měření jako kvantitativní reálný experiment jsem uvedla pouze pro úplnost výčtu, ale jeho uvedení není úplné. Mnohem více se o fyzikálním měření dovíte z publikací, které jsou věnovány fyzikálnímu měření nebo úvodu do fyzikálního měření.

Následuje dlouhé shrnutí kapitoly. Odpočiňte si, ať po přečtení shrnutí lehce zvládnete následující otázky a korespondenční úkoly. Panem recenzentem mi bylo doporučeno, abych úkoly na čas nejnáročnější vypustila, což jsem také učinila zajisté k Vaší radosti.



Shrnutí kapitoly

Metody získávání empirických poznatků ve fyzice zahrnují pozorování a experiment.

Pozorování slouží ke zjišťování faktů. *Pozorování je předem stanovené, záměrné a plánovité vnímání, jehož cílem je na dané úrovni odhalit podstatné vlastnosti a vztahy objektu poznání.* Člověk vnímá smysly, které mají různou citlivost. Nejvíce informací o objektech a jevech získává zrakem, potom sluchem, hmatem. *Rozlišovací schopnost smyslových orgánů se u člověka zvyšuje při jejich častém užívání v obdobných situacích. Rozlišovací schopnosti smyslových orgánů mohou být zvětšeny pomocí přístrojů.* Nejjednodušší metodou pozorování je **metoda shody**, u které určujeme stále v měnícím se. Složitější metodou pozorování je **metoda reprezentativního výběru**.

Vnímání psychickým procesem, který má své nervové mechanismy, je funkcí mozku. Je spojeno s ostatními psychickými procesy. Různí lidé vnímají tentýž předmět různě. Pro vzdělávání má význam vybavení toho, co jsme vnímali, což se děje představami. Představy paměti reprodukuje něco, co jsme dříve vnímali, fantazijní představy produkují obrazy něčeho pro nás relativně nového.

Experiment předpokládá aktivní zásah do průběhu pozorovaného jevu, procesu, objektu. Nejčastěji tímto aktivním zásahem bývají *záměrně přesně stanovené*

podmínky, za nichž experiment probíhá. Tento umělý zásah umožňuje odhalovat takové vlastnosti, které by nikdy neumožnily přirozené podmínky. Cílem experimentu je vědecké zkoumání.

Metodu myšlenkového experimentu systematicky rozpracoval v souvislosti s experimentální metodou již Galileo Galilei, zakladatel experimentální metody. Ten charakterizuje *myšlenkový experiment jako způsob myšlení, ve kterém všechno, co se děje při konkrétní formě, podobně se děje i v abstrakci, a ve kterém je třeba odhlédnout od všech případných překážek*. Myšlenkový experiment, jako jeden z typů *modelového experimentu*, může tedy existovat jako **samostatná logická konstrukce**, kterou je třeba vybudovat tam, kde materiální realizace modelu není možná nebo není vhodná nebo jako **fáze materiálně realizovaných experimentálních činností**, v rámci kterých experimentátor vykoná logickou analýzu úlohové situace a uvědomuje si logickou strukturu poznávacího procesu, kterou má uskutečnit.

Ve vzdělávání fyzice reálný experiment se již dávno stal součástí fyzikálního vzdělávání, je nový jen z hlediska žáka, představuje proto model poznávacího procesu, ať se realizuje jako reálný nebo jako modelový experiment. I reálný experiment je ve školních podmínkách jednoduchým didaktickým modelem empirického poznání. Ve vyučování fyzice při provádění myšlenkových experimentů se zkoumají situace, které jsou vědecky možné, i když někdy prakticky nerealizovatelné nebo obtížně realizovatelné.

Etapy myšlenkového experimentu:

- a) Nejdříve se podle určitých pravidel sestrojí ideální model reálného objektu.
- b) Podle stejných pravidel se stanoví ideální podmínky, za kterých model pracuje, zvolí se ideální přístroje, případně se určí i pozorovatel.
- c) Provádí se zamýšlená změna nejrůznějších charakteristik a sleduje se vliv těchto změn na model.

Z hlediska vyučování fyzice je cenná značná „názornost“ myšlenkového experimentu. Při *kvalitativním pozorování nebo experimentu* na základě zkušenosti poznáme, má-li nebo nemá-li zkoumaný objekt danou charakteristiku.

Měření je kvantitativní experiment. Používá se, chceme-li znát *kvantitativní charakteristiky* objektu, jevu nebo procesu. Měření se obvykle provádí porovnáváním zkoumaného objektu s jiným objektem, který má přesně stanovené vlastnosti. Takový předmět se nazývá **etalon** v případě extenzivní veličiny nebo se jedná o **stupnici stavů** u intenzivní veličiny.

Otázky

1. Při pozorování používá člověk smyslové orgány. Které vynálezy umožnily „prodloužit“ lidské smysly? Které vynálezy dokonce poskytly člověku „doplňkové orgány pro vnímání“?
2. Které vlastnosti může člověk zjišťovat pouze pomocí přístrojů a ne smyslovými orgány bezprostředně?
3. Vysvětlete na konkrétním příkladu ze základní nebo střední školy nejjednodušší metodu pozorování – metodu shody.
4. Vysvětlete na konkrétním příkladu ze základní nebo střední školy metodu reprezentativního výběru.





Korespondenční úkoly – zpracovat písemně, maximálně 2 stránky jeden úkol

Z následujících korespondenčních úkolů zpracujete jeden, který Vám přidělí tutor.

KÚ 1

Vysvětlíte na konkrétním příkladu fyzikální experiment. Sledujte při tom cíl experimentu, podmínky, aktivní zásah do průběhu experimentu.

KÚ 2

Sledujte tři základní etapy myšlenkového experimentu v textu studijní opory u pokusu na pohyb u Aristotela a u Galilea.

- a) Porovnejte jednotlivé etapy.
- b) Proč Aristoteles dospěl k závěru: „Těleso, které se pohybuje, dostane se do stavu klidu, jestliže síla, která je pohání, nepůsobí již tak, že pohání.“ K tomuto závěru totiž běžně dospívají děti.
- c) Proč Galilei dospěl k závěru: „Není-li těleso ani strkáno, ani taháno, ani není na něj působeno nějakým jiným způsobem, čili stručněji řečeno, nepůsobí-li na těleso vnější síly, potom se pohybuje rovnoměrně, to je stále stejnou rychlostí přímočaře.“

Promyslete, jak povedete Vaše žáky, kteří určitě všichni mají aristotelovské představy o pohybu (jak bylo zjištěno mnoha výzkumy na celém světě včetně nás), aby si tyto představy uvědomili, formulovali je a potom s Vaší pomocí dospěli k zákonu setrvačnosti a rovněž jej žáci sami formulovali. Použijte myšlenkový experiment, bude-li to možné. Zapište Váš osobní postup včetně prvotního zjištění situace, zda všichni žáci skutečně mají aristotelovské představy o pohybu, a jak provedete rekonstrukci těchto představ na představy fyzikální.

KÚ 3

Jak byste vyvozovali zákon setrvačnosti v 7. ročníku základní školy a jak v prvním ročníku gymnázia?

- a) Kdy, kde a jak použijete reálný experiment?
- b) Kdy, kde a jak použijete myšlenkový experiment (například zkušenosti žáků při jízdě na kole na rovném terénu za bezvětří a na nerovném terénu, vliv naolejování ložisek, vliv pláštěů)?

KÚ 4

Zamyslete se nad zákonem setrvačnosti.

- a) Uveďte vyvození zákona setrvačnosti v různých učebnicích fyziky základní školy, střední školy i vysoké školy, které jsou Vám dostupné (citujete).
- b) Porovnejte jednotlivá vyvození zákona setrvačnosti (co je shodné, co je rozdílné).
- c) Mohou na základě některého vyvození zákona setrvačnosti v učebnicích fyziky žáci dospět k Aristotelovskému pochopení pohybu? Které pojmy byste měli používat a které raději nepoužívat, aby žáci pohyb chápali jako I. Newton.
- d) Který krok při vyvozování zákona setrvačnosti je vždy nutný?
- e) Navrhněte vyvození zákona setrvačnosti, které podle Vašeho uvážení je pro uvedenou věkovou skupinu žáků nejvhodnější, aby žáci skutečně „pochopili“ zákon setrvačnosti, ne aby jej uměli pouze „zпамěti“ memorovat.

KÚ 5

Uveďte typické etapy myšlenkového experimentu na konkrétním příkladu ze střední školy.

KÚ 6

Kdy je vhodné ve vyučování fyzice používat myšlenkové experimenty? Uveďte konkrétní příklady a zdůvodněte Vaši volbu.

KÚ 7

Kdy není vhodné ve vyučování fyzice používat myšlenkové experimenty? Uveďte konkrétní příklady a zdůvodněte Vaši volbu.

KÚ 8

Provedeme myšlenkový experiment. Představte si, že na základní škole zavádíte pojem „měření“. Uveďte, jak budete postupovat.

Průvodce studiem

Docela dobře jste zvládl/a metody získávání empirických poznatků –



že fyzikální fakta ani Vy ani žák nemůže získávat pouhým čtením, je třeba zapojit receptory, které člověk má nebo přístroje, které mu umožní zprostředkovaně pozorovat. Fyzikové většinou díky záměrnému pozorování experimentů, které dopředu naplánují, bývají i dobrými pozorovateli svého společenského okolí. Fyzika při pozorování hledá příčiny a potom následky. Toto velmi ovlivňuje způsob myšlení fyziků, ale i žáků, kteří používají badatelské metody fyziky. Fyzik je velmi kritický k různým názorům v médiích, kde někdy je následek pokládán za příčinu - prostě nedokáže zaměnit následek za příčinu, což se často vyskytuje v projevech demagogů.

**Další zdroje**

EINSTEIN, A., INFELD, I. *Fyzika jako dobrodružství poznání*. Praha: Orbis, 1958.

KOUBEK, V., aj. *Školské pokusy z fyziky*. Bratislava: SPN, 1989.

KVASNICA, J. *Priekopníci modernej fyziky*. Bratislava: Smena, 1987. 167 s.

SALAM, A. Unification in physics. In *Proceedings of the International Conference on Postgraduate Education of Physicists*. Prague, 1980, s. 196 – 203.

ÚLEHLA, I. *Fyzika a teorie poznání*. Praha: Horizont, 1982. 448 s.

4 METODY ROZVOJE VĚDĚNÍ

V této kapitole se dozvíte:

- o metodách rozvoje vědění;
- o metodě dedukce ve fyzice;
- o metodě indukce ve fyzice;
- o analogii ve fyzice.

Budete schopni:

- navrhnout a použít vědeckou metodu dedukce ve fyzikálním vzdělávání;
- navrhnout a použít vědeckou metodu indukce ve fyzikálním vzdělávání;
- navrhnout a použít vědeckou metodu analogie ve fyzikálním vzdělávání.

Klíčová slova této kapitoly:

metody rozvoje vědění ve fyzice, metoda dedukce ve fyzice, metoda indukce ve fyzice, metoda analogie ve fyzice, metoda modelování ve fyzice.



Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:
3 hodiny teorie + 8 hodin řešení úloh

4.1 ÚVOD DO METOD ROZVOJE VĚDĚNÍ VE FYZICE

V moderní vědě mají zvláštní význam metody rozvoje již existujícího vědění. **Každá z těchto metod je zvláštním typem přeměny informace, která byla získána na empirické úrovni.** Pomocí takové přeměny se vytváří nové nebo se „zlepšuje“ existující vědění, které má nové, cenné charakteristiky – průkaznost, značnou jednoduchost, značnou efektivnost atd.

Přeměna neboli transformace informace se přitom musí uskutečnit podle určitých pravidel. Jsou to **pravidla závěrů, stanovující závislost pravdivosti výsledků přeměny na pravdivosti výchozích informací - premis (předpokladů).** Tato pravidla, bez ohledu na obsah informace, zkoumá speciální věda – **logika** a její části formální logika a predikátová logika.

logika

V formální logice se používá termín soud. **Soud** je každá věta, která něco vypovídá. Na základě soudů, které něco vypovídají, je možno logickou cestou vyvodit úsudek, který vypovídá o něčem dalším. **Premisy** (předpoklady) jsou soudy, které jsou vstupními soudy ve vyvozování. **Úsudek** je závěrečný soud, který z uvedených premis logicky vyplývá.

Mezi metody rozvoje vědění patří:

- dedukce,
- indukce,
- analogie.

4.2 DEDUKCE VE FYZICE

dedukce

Jestliže vyvozené závěry nepřesáhnou rámec předpokladů (premis), jedná se o deduktivní vyvození, neboli o dedukci (z latinského slova deductio = vyvození). Dedukce se často používá k tomu, abychom získali v jasné formě informaci, která se nejasně předpokládá v premisách. Nejjednodušší formou deduktivních závěrů jsou sylogismy.

sylogismus

Sylogismus je jednoduchý deduktivní úsudek, jehož obě premisy jsou kategorickými soudy, to znamená soudy o existenci nebo neexistenci něčeho.

Kategorický soud má schéma „**S je (není) P**“. Soud vypovídá o subjektu S a nespojuje tuto souvislost S a P (predikátu) s žádnými podmínkami.



Příklad sylogismu (deduktivního úsudku)

<i>Soudy</i>	{	<p>Všechny kovy jsou vodiči elektrického proudu.</p> <p><u>Zlato je kov.</u></p>	<i>Premisy</i>
		<p>Tedy zlato je vodičem elektrického proudu.</p>	<i>Závěr</i>

Na základě dedukce se ve vědě vytvořily velmi výkonné **metody teoretické analýzy** jako například axiomatické metody, hypoteticko-deduktivní metody, metody matematické hypotézy.

- Podstatou **axiomatické metody** je, že řada vědeckých tezí, vyznačující se svou obecností, samozřejmostí a jinými vlastnostmi, podstatnými pro poznání, se volí jako *nedokazované teze* – **axiómy**. Ostatní vědecké teze se z nich vyvozují jako **závěry** podle logických pravidel. Zpočátku se sféra aplikace axiomatické metody omezovala především na oblast matematiky, v současné době proniká axiomatická metoda do fyziky (zejména teoretické fyziky), biologie a dokonce i jazykovědy.
- **Hypoteticko-deduktivní metoda** je blízká svou podstatou axiomatické metodě, liší se však od ní tím, že jejím východiskem nejsou teoretické teze (axiómy), ale souhrn zkušenostních faktů – **empirické poznatky**. Pro vysvětlení těchto faktů jsou stanoveny **hypotézy**, z nichž se pak pomocí dedukce vyvozuje závěr jako poznatek, který ztrácí svůj čistě empirický charakter.

Jestliže z hypotézy získáme závěr, který je v rozporu s empirickým poznatkem (zkušenostním faktem), znamená to, že je hypotéza v něčem nepravdivá nebo je empirický poznatek nepřesný.



Příklad

Z principů Newtonovy mechaniky plynulo, že Země není koule, proto sám Newton pochyboval o svých principech. Přesto se ukázalo, že principy klasické

mechaniky jsou správné, protože nová, přesnější měření potvrdila deduktivní závěry plynoucí z Newtonovy mechaniky a dokázala, že Země má tvar přibližně rotačního elipsoidu.

Jestliže však jsou empirické poznatky nezvratné, hypotéza, která jim odporuje, musí být zavržena nebo změněna. Hypotéza, potvrzená empirickými poznatky a zvláště na jejím základě provedené předpovědi nových, dříve neznámých faktů, které se později potvrzují, je argumentem ve prospěch pravdivosti hypotézy. Shoda deduktivních závěrů z hypotéz se zkušenostními fakty však nutně neznamená pravdivost těchto závěrů. **Zkušenostním faktům může současně odpovídat celá řada různých hypotéz.**

Příklad

Pád tunguzského meteoritu může být vysvětlen na základě nejrůznějších hypotéz, včetně hypotézy o kosmické lodi.



Současně platí, že i když se ukáže, že hypotéza není pravdivou, přesto je velkým **stimulem vědeckého myšlení.**

Pomocí dedukce získáváme poznatky, které byly již nejasně obsaženy v premisách. Avšak tyto poznatky získávají v procesu deduktivního vyvozování novou, pro praktickou činnost nejdůležitější zvláštnost – sebeuvědomění.

Příklady

- Archimédův zákon byl objeven již ve starém Řecku, avšak po celá staletí nemohli stavitelé lodí určit, jak hluboko se loď ponoří při spouštění do vody.
- Čistě deduktivní cestou je možno dělat ze známých faktů a obecných tezí skutečné objevy. Příkladem může být objev planety Neptun, o kterém jsme již psali v kapitole 1.3.



4.3 INDUKCE VE FYZICE

Indukce označuje ve smyslu tradiční logiky úsudek od dílčího k obecnému. V současné době se však ve vědeckém poznání chápe indukce mnohem širěji. Indukce (z latinského slova *inductio* = přenesení) neboli **induktivní závěry** získáme rozšířením informace získané zkoumáním určitého počtu objektů na nové objekty.

indukce

V reálném procesu poznávání vždy vystupují indukce a dedukce společně. Problém indukce vzniká ve vědě v souvislosti s otázkou, odkud se bere poznatek, který slouží jako premisa deduktivního závěru. Odpověď na tuto otázku je spojována se smyslovým zdrojem našeho poznání. Zkoumali jsme již metody pozorování a experimentu, s jejichž pomocí získáváme empirické poznatky. Avšak empirický poznatek vyžaduje zobecnění. Úsilí mnoha logiků, zvláště od počátku bouřlivého vývoje empirických věd, směřovalo k nalezení **logických metod**, s jejichž pomocí by bylo možno **přecházet od faktů jednotlivých pozorování k tezím obecného charakteru.**

Jednodušší formou induktivního závěru je **indukce vyčíslením**. Při ní se závěr o určité třídě jevů provádí na základě prozkoumání některých předmětů dané třídy. **Teze získané induktivní cestou, vyčíslením, nejsou průkazné, protože**

překračují rámec meze faktů popisovaných v premisách. Mají však určitý stupeň pravděpodobnosti. Tento stupeň je v různých případech různý. Moderní logika vytváří na základě teorie pravděpodobnosti metody, které pomáhají stanovit **stupeň pravděpodobnosti induktivních závěrů**. Byla vytvořena tzv. *pravděpodobnostní logika*, která je základem moderní teorie indukce.

Teze teorie pravděpodobnosti jsou také základem jiné, induktivní metodě příbuzné, *metodě analýzy zkušenostních faktů* – **statistické metody**. Jedná-li se v premisách induktivního závěru o jednotlivá fakta a závěr je obecným soudem, potom statistické metody jsou založeny na **stanovení kvantitativních, číselných vztahů ve velkých počtech jednotlivých pozorování**.

Statistické metody jsou v současné době široce aplikovány v nejrůznějších vědách, ve fyzice, biologii, chemii atd. Zvláštní význam mají při zkoumání společenských jevů a pedagogických jevů. **Matematická statistika** určuje podmínky, jejichž splnění umožňuje, aby se výsledky statistického zkoumání staly přesnějšími.

V širokém slova smyslu se indukcí nazývá souhrn řady empirických metod, přechod od známého k neznámému, souhrn způsobů zobecňování, analýzy faktů opírajících se o pozorování, experiment a praxi. Je to forma poznání od empirické úrovně až úrovní teoretické. Zahrnuje tedy nejenom populární indukci, ale zahrnuje i metodu analogie, statistický popis i statistické závěry, postupy vědecké indukce, které rozpracoval J. S. Mill a další formy extrapolace od známého k neznámému.

Indukce je složitá cesta vyvozování hypotetických závěrů ze známých tvrzení, z faktů, událostí, jevů, které získáme při pozorování, experimentech atd. Cílem induktivních metod je proniknout do podstaty jevů, odhalovat jejich zákonitosti. Tohoto cíle se dosahuje v hypotéze a teorii.

4.4 ANALOGIE VE FYZICE

analogie

Mezi závěry důležité místo v současné době zaujímají **závěry podle analogie**. Jsou mezi ně často zařazovány jen takové závěry, v nichž se libovolný znak přenáší z jednoho předmětu na druhý na základě toho, že u těchto předmětů jsou některé znaky obecné. Závěry tohoto typu jsou v současné vědě málo uplatňovány.

Mnohem častěji se nyní analogií chápou **závěry na základě obecnosti vztahů ve srovnávacích systémech**.



Příklad

Závěry na základě analogie byly použity při tvorbě dnes již historického planetárního modelu atomu (E. Rutherfordem a N. Bohrem), který představuje strukturu podle analogie se strukturou Sluneční soustavy.

V širokém slova smyslu lze **závěry z analogie** definovat **jako přenos informace, získané při zkoumání jednoho objektu – modelu, na druhý objekt, nazývaný prototypem** (nebo vzorkem, originálem). Důvody, které umožňují činit takový závěr, mohou být různé. Může to být například výskyt obecných vlastností nebo

jednoznačného souladu prvků modelu a prototypu (izomorfismus). Protože závěry podle analogie jsou logickým základem pro využití modelů v procesu poznání, nemluvíme o dvou různých metodách – analogii a modelování, ale o jedné metodě – analogii-modelování, kterou je možno zkoumat z různých aspektů.

4.4.1 Modelování

Fyzikální podstata modelů a prototypů mívá nejrůznější charakter.

Mohou to být především **dva různé látkové objekty**. Takové modely jsou široce užívané v technice.

Příklad

Jedná se například o různé modely proudění tekutin nebo modely turbín. Výsledky získané při zkoumání modelu se přenášejí na prototyp a praxe nejširší aplikace modelů v projekční činnosti svědčí o tom, že na získané závěry je možno se spolehnout. Model hydrouzlu je například svou vnější podobou zcela podobný svému prototypu.



Nejčastěji nebývá mezi modelem a prototypem žádná vnější podoba. Například pro model železničního uzlu se nepoužívá konstrukce prostorově podobná svému prototypu, ale počítačový model.

Modelem může být **materiální objekt**, jehož prototypem je určité formální, **teoretické schéma**.

Příklad

Schéma deduktivního myšlení (myšlení založeného na dedukci) může být reprodukováno v počítači, jehož činnost je v takovém případě modelem tohoto myšlení. Informace získané jako výsledek práce podobného modelu nahrazuje do určité míry reálný proces lidského myšlení (cesta k umělé inteligenci).



Často vystupuje model jako určité **abstraktní schéma** a prototyp naopak jako **reálný jev** v celé mnohotvárnosti svých znaků.

Příklad

Prototypem mohou být konkrétní formy jazyka a modely jsou určité formální konstrukce zobecňující tato fakta.



Oba srovnávané objekty – **model a prototyp** – mohou konečně představovat **teoretické konstrukce**. Toho se využívá při odhalování analogií, třeba mezi logikou a algebrou, nebo mezi různými fyzikálními a matematickými teoriemi atd.

Nesmírně praktický význam má **objevení podmínek, za nichž závěry podle analogie mají určitou pravděpodobnost**, čímž se také potvrzuje oprávněnost využití příslušných modelů při zkoumání určitých jevů.

Vzhledem k řadě důležitých případů jsou podmínky zvýšení pravděpodobnosti závěrů podle analogie vyjasněny dostatečně podrobně. Tak pro případ, kdy model a prototyp jsou popisovány matematickými rovnicemi, je vytvořena speciální disciplína – **teorie podobnosti**, v níž se definují dostatečné a nutné podmínky fyzikálních jevů. Dospělo se i k některým jiným pravidlům závěru podle analogie.

Avšak v mnohých případech čeká problém definice podmínek odůvodněnosti závěrů podle analogie ještě na své řešení.

4.4.2 Modely ve fyzikální vědě

*model
ve fyzice*

Model v přírodovědném pojetí je **vždy modelem reality**. Vzhledem k objektu je **model abstraktnější, idealizovaný a obecnější**.

Model v matematickém pojetí (model teorie) je každá interpretace matematického systému. Model je konkrétnější, speciálnější.

V současné době je snaha po jednotném pojetí modelu, i když je rozdíl v užívání modelu. Proto se používá definice modelu založená na pojmu rozšířený izomorfismus (homomorfismus). Model v přírodních vědách by měl splňovat tyto podmínky:

1. Mezi modelovým objektem a modelem existuje vztah přirozeného izomorfismu (případně homomorfismu),
2. Model přináší nové informace, slouží k popisu, objasnění, zapamatování originálu atd.
3. Užití modelu je ověřeno praxí.

Uvedené pojetí modelu umožňuje jednotný přístup i ve výuce matematiky a fyziky.

S jakými modely pracuje fyzika, jaká je jejich funkce?

- a) modely podle realizace – materiální a ideální,
- b) modely podle typu shody s modelovým objektem:
 - modely – idealizace,
 - modely spočívající na shodě vnitřní struktury různých fyzikálních systémů,
 - modelové konstrukce,
 - modely znakové (matematické, grafické aj.),
- c) modely podle funkce:
 - model experimentu.
 - model dat,
 - model jako reprodukce (imitace) fyzikálního systému,
 - model jako podklad pro vybudování teorie,
 - model jako most mezi teorií a fyzikální skutečností,
 - model jako interpretace fyzikální teorie,
 - model jako kritérium správnosti,
 - model jako důkaz správnosti,
 - model ve funkci vysvětlující (explanační),
 - model ve funkci uspořádání (klasifikující),
 - model jako prostředek získávání nových poznatků,
 - model jako prostředek předvídání (funkce predikce) aj.

4.4.3 Modely ve vyučování fyzice

Model ve vyučování fyzice má dvojí postavení:

1. model jako prostředek nebo způsob výuky.
2. model jako vlastní zobrazení fyzikální reality.

- a) Gnozeologické aspekty užití modelování ve vyučování fyzice:
- vztah fyzikální reality a jejího popisu,
 - ztotožňování reality a jejího popisu,
 - neporozumění vývoji fyzikálních poznatků,
 - absolutizace určitého fyzikálního modelu nebo teorie.
- b) Didakticko-psychologické aspekty užití modelování ve vyučování fyzice:
- význam modelu pro integraci učiva fyziky,
 - význam modelu pro pochopení struktury učiva,
 - model a vysvětlení učiva, modelování a názornost,
 - model při osvojení učiva, jeho zapamatování a vybavování,
 - model jako jedna z obecných metod myšlení.

Ideální modely v učivu fyziky

Ideální modely v učivu fyziky převážně vycházející z vědeckých modelů, které jsou nezbytně zjednodušeny. V celkem malé míře jsou ideální modely specificky vytvořené pro vyučování fyzice.

*ideální
modely*

Některé modely jsou podrobněji propracovány z hlediska využití ve vyučování fyzice (J. Vachek, O. Lepil 1980). Jedná se o tyto modely:

- modely – idealizace,
- obrazy a grafické modely,
- modely analogie,
- znakové modely, zvláště matematické

Jako příklad, jak se projeví systematické zavedení modelů, byly pro rozpracovány tyto modely:

- fyzikální pole a jejich modelování,
- elektrický proud a modely elektrické vodivosti.

Poznámka: Ideální modely byly podrobněji probrány v části 2.2.1 Idealizace objektů a procesů.

4.5 POUŽÍVÁNÍ VĚDECKÝCH FYZIKÁLNÍCH METOD VE FYZIKÁLNÍM VZDĚLÁVÁNÍ

Otázkám metod poznání v přírodovědném vzdělávání se u nás až dosud věnovala poměrně malá pozornost.

V minulosti byla metodám fyzikálního poznání věnována poměrně značná pozornost na základní škole. Na středních školách *metodologické aspekty přírodovědného poznání* byly až doposud ve výuce fyziky *většinou opomíjeny*, a to na úkor prezentace „*hotových poznatků*“.

Jak vypadá situace u našich nejbližších sousedů za hranicemi?

Nesrovnatelně větší pozornost je věnována problematice poznávacích a pracovních metod ve vyučování fyzice v Německu. Učební osnovy kladou důraz na experimentální charakter vyučování. Experiment je základním prostředkem jak

pro osvojování pracovních postupů, tak pro získání nových vědomostí, čili experiment plní funkci poznávací i metodologickou. Například v 8. a 9. ročníku je zaváděna na konkrétním příkladu metoda indukce a dedukce.

V Rusku se otázkami poznávacích metod fyziky soustavně zabývají. Prosazuje se myšlenka vypracovat ucelenou soustavu vědomostí o nejobecnějších metodách vědeckého poznání a zařadit je do učebnic (L. J. Zorinová, 1977). K těmto tak zvaným metodologickým vědomostem a dovednostem by měly patřit zejména:

- vědomosti a dovednosti o způsobech získávání vědeckých poznatků,
- vědomosti a dovednosti o způsobech prověřování vědeckých poznatků,
- vědomosti a dovednosti o způsobech idealizace objektů a jevů,
- vědomosti a dovednosti o způsobech formalizace objektů a jevů,
- vědomosti a dovednosti o používání obecných vědeckých pojmů: fakt, jev, proces, definice, pravidlo, zákon, princip, postulát, axiom, experiment, teorie, hypotéza, příčina, důsledek atd.

Uvedené skupiny vědomostí a dovedností, které se ve vyučování vztahují vždy k předmětovému učivu, nepatří vzhledem k jejich významu k předmětovým vědomostem a dovednostem, ale k metodologickým vědomostem a dovednostem, čili ke kompetencím žáka. Doporučuje se proto začlenit je nejen do učebnic fyziky, ale také do učebnic všech přírodovědných předmětů. Osvojení metodologických vědomostí a dovedností patří do oblasti základních vzdělávacích cílů celého přírodovědného vzdělávání.

Charakter vzdělávacích cílů, přesněji řešeno kompetencí, mají rovněž přírodovědné postupy, které navrhují k zařazení do základního učiva přírodovědné výuky i někteří západní pedagogové. Jedna rozpracovaná soustava základních přírodovědných postupů obsahuje tyto pojmy: třídění, sdělování, řízení proměnných veličin, operační definování, navrhování experimentů, vytváření modelů, vytváření hypotéz, formulace závěrů, interpretace výsledků, pozorování, měření, předvídání, formulace otázek, užívání čísel, užívání prostoročasových údajů.



Průvodce studiem.

Kapitola byla dosti náročná. Myslím, že byste si měl/a odpočinout a teprve potom přečíst poměrně dlouhé shrnutí kapitoly. Cílem tohoto shrnutí je systematizace Vašich vědomostí tak, abyste snadno odpověděl/a na následné otázky. Za náročnou kapitolou jsou také náročné korespondenční úkoly. Však jste také dostatečně hlobavý/á, že je při troše hlubšího zamyšlení zvládnete. Slibuji, že poslední kapitola, která bude následovat, bude zajímavější a úkoly na jejím konci mnohem jednodušší – máte se na co těšit!.

Shrnutí kapitoly



V moderní vědě mají zvláštní význam **metody rozvoje již existujícího vědění**. Každá z těchto metod je zvláštním typem **přeměny informace**, která byla získána na empirické úrovni. Pomocí takové přeměny se vytváří nové nebo se „zlepšuje“ existující vědění.

Transformace informace se přitom musí uskutečnit *podle určitých pravidel*. Jsou to pravidla závěrů, stanovující *závislost pravdivosti výsledků přeměny na pravdivosti výchozích informací - premis* (předpokladů). Tato pravidla, bez ohledu na obsah informace, zkoumá speciální věda – **logika a její části formální logika a predikátová logika**. V formální logice se používá termín soud. **Soud** je každá věta, která něco vypovídá. Na základě soudů, které něco vypovídají, je možno logickou cestou vyvodit úsudek který vypovídá o něčem dalším. **Premisy** (předpoklady) jsou soudy, které jsou vstupními soudy ve vyvozování. **Úsudek** je závěrečný soud, který z uvedených premis logicky vyplývá.

Mezi metody rozvoje vědění patří dedukce, indukce a analogie.

Deduktivní vyvození neboli **dedukce** dává vyvozené závěry, které nepřesáhnou rámec předpokladů (premis). *Dedukce se často používá k tomu, abychom získali v jasně formě informaci, která se nejasně předpokládá v premisách*. Na základě dedukce se ve vědě vytvořily velmi výkonné **metody teoretické analýzy**. Podstatou **axiomatické metody** je, že řada vědeckých tezí, vyznačující se svou obecností, samozřejmostí a jinými vlastnostmi podstatnými pro poznání, se volí jako *nedokazované teze* – axiomy. Ostatní vědecké teze se z nich vyvozují jako závěry podle logických pravidel. Zpočátku se sféra aplikace axiomatické metody omezovala především na oblast matematiky, v současné době proniká axiomatická metoda do fyziky (zejména teoretické fyziky), biologie a dokonce i jazykovědy.

Hypoteticko-deduktivní metoda je blízká svou podstatou axiomatické metodě, jejím východiskem je souhrn zkušenostních faktů – empirické poznatky. Pro vysvětlení těchto faktů jsou stanoveny hypotézy, z nichž se pak pomocí dedukce vyvozuje závěr jako poznatek, který ztrácí svůj čistě empirický charakter. Jestliže z hypotézy získáme závěr, který je v rozporu s empirickým poznatkem (zkušenostním faktem), znamená to, že je hypotéza v něčem nepravdivá nebo je empirický poznatek nepřesný.

Indukce označuje úsudek od dílčího k obecnému. V současné době se však ve vědeckém poznání chápe indukce mnohem širěji. *Induktivní závěry získáme rozšířením informace získané zkoumáním určitého počtu objektů na nové objekty*. V reálném procesu poznávání vždy vystupují indukce a dedukce společně. Nejjednodušší formou induktivního závěru je **indukce vyčíslením**. *Při ní se závěr o určité třídě jevů provádí na základě prozkoumání některých předmětů dané třídy*. Teze získané induktivní cestou, vyčíslením, nejsou průkazné, protože překračují rámec meze faktů popisovaných v premisách. Moderní logika vytváří na základě teorie pravděpodobnosti metody, které pomáhají stanovit *stupeň pravděpodobnosti induktivních závěrů*. Byla vytvořena tzv. *pravděpodobnostní logika*, která je základem moderní teorie indukce. **Obecně se dnes indukcí nazývá souhrn řady empirických metod, přechod od známého k neznámému, souhrn způsobů zobecňování, analýzy faktů opírajících se o pozorování,**

experiment a praxi. Je to forma poznání od empirické úrovně až úrovní teoretické. Zahrnuje tedy nejenom populární indukci, ale zahrnuje i metodu analogie, statistický popis i statistické závěry, postupy vědecké indukce a další formy extrapolace od známého k neznámému. Cílem induktivních metod je proniknout do podstaty jevů, odhalovat jejich zákonitosti. Tohoto cíle se dosahuje v hypotéze a teorii.

Závěry z analogie lze definovat jako *přenos informace, získané při zkoumání jednoho objektu – modelu, na druhý objekt, nazývaný prototypem (nebo vzorkem, originálem)*. Důvody, které umožňují činit takový závěr, mohou být různé. Může to být například výskyt obecných vlastností nebo jednoznačného souladu prvků modelu a prototypu (izomorfismus). Protože závěry podle analogie jsou logickým základem pro využití modelů v procesu poznání, nemluvíme o dvou různých metodách – analogii a modelování, ale o jedné metodě – **analogii-modelování**, kterou je možno zkoumat z různých aspektů.

Model v přírodovědném pojetí je vždy modelem reality. Vzhledem k objektu je model abstraktnější, idealizovaný a obecnější. Model v matematickém pojetí (model teorie) je každá interpretace matematického systému. Model je konkrétnější, speciálnější. V současné době je snaha po jednotném pojetí modelu. Proto se používá definice modelu založená na pojmu rozšířený izomorfismus (homomorfismus). Model v přírodních vědách by měl splňovat tyto podmínky: Mezi modelovým objektem a modelem existuje vztah přirozeného izomorfismu (případně homomorfismu), Model přináší nové informace, slouží k popisu, objasnění, zapamatování originálu atd. Užití modelu je ověřeno praxí. Uvedené pojetí modelu umožňuje jednotný přístup i ve vzdělávání matematice i fyzice. **Ve vzdělávání fyzice** jsou používány zejména tyto modely: *modely podle realizace* – materiální a ideální, *modely podle typu shody s modelovým objektem*: modely – idealizace, modely spočívající na shodě vnitřní struktury různých fyzikálních systémů, modelové konstrukce, modely znakové (matematické, grafické aj.), *modely podle funkce*: model experimentu, model dat, model jako reprodukce (imitace) fyzikálního systému, model jako podklad pro vybudování teorie, model jako most mezi teorií a fyzikální skutečností, model jako interpretace fyzikální teorie, model jako kritérium správnosti, model jako důkaz správnosti, model ve funkci vysvětlující (explanační), model ve funkci uspořádání (klasifikující), model jako prostředek získávání nových poznatků, model jako prostředek předvídání (funkce predikce) aj.



Otázky

1. Vysvětlete základní pojmy formální logiky: soud, premisa, úsudek.
2. Které metody patří k metodám rozvoje vědění?
3. Popište deduktivní způsob vyvozování.
4. Co soudíte o pravdivost úsudku v deduktivním vyvozování? Zdůvodněte.
5. Kdy použijete deduktivní způsob vyvozování? Uveďte věkovou skupinu.
6. Popište způsob vyvozování jednoduchým sylogismem.
7. Popište induktivní způsob vyvozování.
8. Co soudíte o pravdivost úsudku v induktivním vyvozování? Zdůvodněte.
9. Kdy použijete induktivní způsob vyvozování? Uveďte věkovou skupinu.
10. Popište způsob vyvozování z analogie.

11. Co soudíte o pravdivost úsudku při vyvozování z analogie? Zdůvodněte.
12. Ke kterému způsobu vyvozování přiřadíte modelování? Zdůvodněte.
13. Které skupiny modelů používáte ve vzdělávání fyzice?

Korespondenční úkoly – zpracovat písemně, maximálně 2 stránky jeden úkol

Z následujících korespondenčních úkolů zpracujete jeden, který Vám přidělí tutor.

**KÚ 1**

Na základě analýzy učebnic fyziky základní nebo střední školy uveďte konkrétní příklady vyvozování dedukcí na základní nebo střední škole. Uvádějte přesné citace, protože se ke zpracování materiálu vrátíte později.

KÚ 2

Zpracujte návrh vyvozování dedukcí pro základní nebo střední školu.

KÚ 3

Na základě analýzy učebnic základní nebo střední školy uveďte konkrétní příklady vyvozování indukci. Uvádějte přesné citace, protože se ke zpracování materiálu vrátíte později.

KÚ 4

Zpracujte návrh vyvozování indukci pro základní nebo střední školu. Návrh ověřte ve školní praxi.

KÚ 5

Na základě analýzy učebnic základní nebo střední školy uveďte konkrétní příklady vyvozování na základě analogie. Uvádějte přesné citace, protože se ke zpracování materiálu vrátíte později.

KÚ 6

Zpracujte návrh vyvozování na základě analogie pro základní nebo střední školu. Návrh ověřte ve školní praxi.

KÚ 7

Zpracujte vlastní návrh vyvozování pomocí modelování ve vzdělávání fyzice na základní nebo střední škole.

KÚ 8

Proveďte analýzu používání všech vědeckých fyzikálních metod ve vyučování fyzice na základě učebnic pro základní školu nebo učebnic pro střední školu. K analýze použijte alespoň dvě učebnice daného typu školy. V závěrech uveďte metody od nejčastěji používaných metod k nejméně používaným. Na základě analýzy formulujte závěr, které metody jsou nejčastěji používány v učebnicích pro základní nebo střední školu.

**Další zdroje**

- BEDNAŘÍK, M. Metody fyziky v soustavě fyzikálního vzdělávání. In: *Acta Universitatis Palackinae Olomouensis, Facultatis, Rerum Naturalis – TOM 73*. Olomouc, 1982, s. 175 – 198.
- VACHEK, J., LEPIL, O. *Modely a modelování ve vyučování fyzice*. Praha: SPN, 1980.

5 METODOLOGICKÁ ANALÝZA OBSAHU VZDĚLÁVÁNÍ PŘÍRODOVĚDNÝCH PŘEDMĚTŮ

V této kapitole se dozvíte:

- co patří do obsahu vzdělávání ve fyzice;
- o efektivnosti vzdělávacího procesu z hlediska žáka na základě informačního modelu;
- o vytváření přírodovědných pojmů u žáků;
- o vytváření přírodovědeckých empirických zákonů u žáků.

Budete schopni:

- připravit a realizovat vzdělávací proces ve fyzice tak, aby efektivnost procesu z hlediska žáka byla co největší;
- navrhnout a realizovat proces vytváření fyzikálních pojmů u žáků s využitím Jammerova modelu utváření a rozvoje přírodovědných pojmů;
- navrhnout a realizovat vyvozování empirického zákona ve fyzice.

Klíčová slova této kapitoly:

obsah vzdělávání ve fyzice, základní články logické struktury fyziky, informační model vzdělávacího procesu, efektivnost vzdělávacího procesu, přírodovědné pojmy, model utváření a rozvoje přírodovědných pojmů, empirický zákon.



Čas potřebný k prostudování učiva kapitoly:
5 hodin teorie + 3 hodin řešení úloh

5.1 OBSAH VZDĚLÁVÁNÍ

Obsahem vzdělávání chápeme objektivní soubor poznatků věd a techniky jako soubor operací a úkonů. Od obsahu vzdělávání odlišujeme **stav vzdělání žáka** jako subjektivní výslednici vzdělávacího procesu. Schematicky lze uvažovat, že především vyučovací proces zajišťuje, aby

1. **poznatek vědy** se stal **vědomostí žáka**,
2. technická, umělecká, **vědecká, praktická aktivita** se stala **dovedností žáka**,
3. **racionální poznávací operace** používaná v praxi, ve vědě, v technice se stala **poznávací schopností žáka**,
4. **filozofický soud**, poučka, se stala **přesvědčením** spojeným s **postojem žáka**.

To znamená, že **obsah vzdělávání fyzice**, do něhož patří

- vědecký systém fyziky, tj. jednotlivá fakta, pojmy, zákony, principy, teorie,
- teoretická a experimentální aktivita ve fyzice,
- poznávací operace ve fyzice a
- filozofické závěry fyziky,

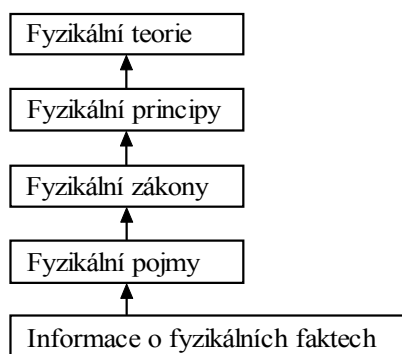
*Obsah
vzdělávání*

prostřednictvím vyučovacího procesu **se transformuje** ve fyzikální vědomosti žáka, poznávací schopnosti žáka, v přesvědčení a postoje žáka.

Do stavu vzdělávání žáka ve fyzice patří nejen fyzikální vědomosti, ale i vědomosti o činnostech, které tvoří racionální vnější činnost člověka. Jedny z prvních vzdělávacích programů pro fyziku založené na psychologii činnosti (T.Tomaszewski, 1969, 1970) byly v 70. letech minulého století vytvořeny v Polsku. **Struktura osnov fyziky je určena činnostmi žáka a vědomosti a dovednosti jsou výsledkem těchto činností.** Daná problematika, týkající se vědomostí byla hlouběji teoreticky propracována v práci K. Kruszewského (1987). V dnešní době Rámcový vzdělávací program - Základní škola a Rámcový vzdělávací program – gymnázium vycházejí z kompetencí absolventa dané školy, což je označení souboru jeho určitých dispozic, praktických dovedností i obecnějších schopností.

*logická
struktura
fyziky*

Metodologická analýza obsahu vzdělávání dovoluje objevit společné didaktické ideje pro celou skupinu přírodovědných předmětů. V této analýze budeme proto postupně sledovat **základní články logické struktury fyziky** od nejjednoduššího článku ke složitějším. Začneme informacemi o fyzikálních faktech, budeme pokračovat fyzikálními pojmy, fyzikálními zákony, fyzikálními principy a fyzikálními teoriemi. Současně budeme uvedené prvky logické struktury fyziky porovnávat se stejnými prvky dalších přírodních věd, tj. astronomie, biologie, chemie a geografie.



Obr. 3.1 Logická struktura fyziky.



Úkoly k textu

1. Určete, co patří do obsahu vzdělávání ve fyzice.
2. Určete základní články logické struktury fyziky.

5.2 PRVKY OBSAHU VZDĚLÁVÁNÍ

Provedeme analýzu metodologického obsahu vzdělávání přírodovědných předmětů. Chceme seskupit přírodovědné materiály tak, abychom prokázali, že je možné společné, integrované „přírodovědné“ vzdělávání. Jedná se o **společné v oblasti vzdělávacích cílů, základních kategorií, základních intelektuálních a psychomotorických činností.**

Z hlediska určité „společné“ metodologie přírodovědných disciplín prvky obsahu vzdělávání i vyučování musejí „odrážet“, „zobrazovat“ logické struktury jednotlivých přírodovědných disciplín. „Odrážet“ nebo „zobrazení“ neznamená, že všechny **složky struktury vědy** musejí vstupovat do vyučovacího předmětu a tvořit jej. Rovněž **i jazyk**, kterým jsou tyto složky struktury vědy uváděny či formulovány, nemusí se shodovat s vědeckým jazykem. O tom, které složky přírodovědných disciplín budou vybrány, a jak budou zobrazeny, rozhodují **vzdělávací cíle, věk žáka a tvůrčí možnosti didaktiky daného předmětu**.

Přijetí určitých a ne jiných vzdělávacích cílů v následné fázi v určité míře determinuje výběr obsahu vzdělávání. Například v letech 1951–1960 v přírodovědných předmětech dominoval cíl pod názvem „polytechnizace“. Objektivně musíme uvést, že každá historická etapa má přinejmenším své oblíbené „módy“ nebo „trendy“ v oblasti cílů. Hodnocení a klasifikace žáků musí brát tyto cíle na zřetel. Kolem roku 1988 oblasti cílů byla charakterizována „zteoretičtění“ vzdělávání, v dnešní době se jedná o přiblížení vzdělávání životu člověka.

Druhým činitelem, který rozhoduje o tom, které struktury vědy se objeví v obsahu vyučovacího předmětu, je **postulát didaktického zavedení jednotlivých prvků vědy**. Je to činitel objektivnější než vzdělávací cíle. Jazyk přírodních věd je velmi vzdálen od obecného jazyka, protože operuje abstraktními pojmy, které se nejčastěji vztahují k oblastem nedostupným každodenní praxi člověka, navíc operuje bohatou symbolikou, zkráceným matematickým záznamem (V. F. Weisskopf, 1976). Toto je důvodem, proč přírodovědné didaktiky vypracovávají **zvláštní vyjadřovací jazyk**, který je *s určitou mírou přesný, ale je názorný, obrazný, který umí mluvit k žákovi, povzbuzovat ho k činnosti, aby později žák tímto jazykem operoval jako nástrojem dalšího poznání*. S tímto záměrem byl například zpracován *Slovník školské fyziky* (1989), kde jsou uvedena pojetí jejich obsahu ve školské fyzice. Následně byl vytvořen Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz (Mechlová, Košťál, 1999). Všechno se to děje proto, aby se žákovi ulehčila percepce obsahu přírodních věd. Může se stát, že určitá oblast, velmi důležitá z hlediska fyzikální vědy, není v obsahu vzdělávání proto, že didaktika nepřipravila vhodný jazyk pro tuto oblast. Například ve fyzice se jedná o pojem „Schrödingerova rovnice“.

vzdělávací
cíle

vyjadřovací
jazyk

Úkol k textu

Jak chápete termín „integrované přírodovědné vzdělávání“?



Úkoly k zamyšlení

Které obory fyziky, podle Vašeho názoru, mají dosti názorný vyjadřovací jazyk?
Které obory fyziky, podle Vašeho názoru, mají nenázorný vyjadřovací jazyk?



5.3 INFORMAČNÍ MODEL VZDĚLÁVACÍHO PROCESU

Každé učební osnovy musejí obsahovat **informace o vědeckých faktech daného oboru**. Neexistují osnovy bez těchto informací. Uvedené informace však přicházejí k žákovi z různých jiných zdrojů informací, a ne z učebních osnov. Zavedeme **určitý teoretický model (U)**, který budeme považovat za **informační zdroj pro žáka**, při čemž model (U) má tuto strukturu (viz obr. 5.2):

informační
model
vzdělávacího
procesu

- a) osobnost učitele,
- b) učební osnovy,
- c) učebnice,
- d) školní experiment,
- e) didaktické prostředky.

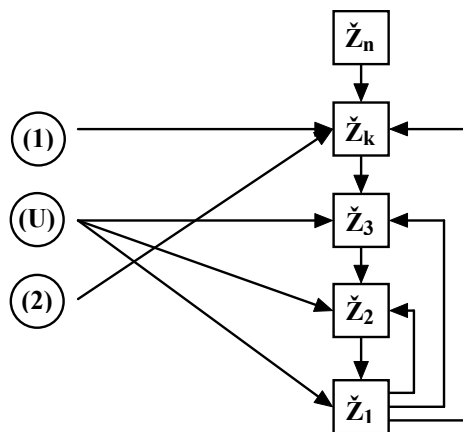
Současně s modelem (U) se dále vyskytují jiné zdroje informací:

- (1) **mimoškolní zdroje informací** – internet, rozhlas, televize, film, kniha, časopisy, turistika atd.
- (2) **mimopředmětové školní zdroje informací** – zájmový kroužek, ostatní předměty.

Působení informačních zdrojů (U), (1), (2) je navzájem nezávislé, oddělené. Mohou se navzájem doplňovat, sčítat, až dají výslednou dominanci jednoho z nich, například (U).

Navíc **system žák (Ž)**, není pasivní. **Přijímání informací žákem je selektivní proces** (výběrový proces). Tento proces může probíhat různými způsoby. Například žák může zcela „vypnout“ tok informací ze zdroje (U) a přijímat informace ze zbývajících zdrojů. Zjistíte to tak, že se žák velmi zajímá o fyziku v Domě přírodovědců (radioamatérský kroužek), ale ve vyučovacích hodinách fyziky je myšlenkově nepřítomný, nemá patřičné vědomosti a nerozvíjí své dovednosti. Nebo jsou žáci, kteří hodně čtou populární fyzikální literaturu, ale nemají systematické vědomosti a dosahují špatných školních výsledků. A naopak, jsou známi žáci, kteří dobře rozumějí školní fyzice na základě výkladu učitele, učebnice, ale nevědí nic navíc, nemají žádné informace o novinkách současné vědy z časopisů apod.

V myšlení žáka podléhá každá informace „zpracování“ a to je nejdůležitější fáze v informačním systému. Tehdy se žák rozhoduje o tom, zda informaci přijme, či nikoli.



Obr. 5.2 Informační model vzdělávacího procesu.

V obrázku 5.2 jsou prvky informačního systému: (U) – zdroj informací o struktuře: osobnost učitele, osnovy, učebnice, školní experiment, didaktické prostředky; (1) – mimoškolní zdroje informací, např. internet, rozhlas, televize, film, kniha, časopis; (2) – mimopředmětové školní zdroje informací, např. ostatní

předměty, zájmový kroužek; $\check{Z}_1, \check{Z}_2, \dots, \check{Z}_n$ – jednotliví žáci; šipky znázorňují vazby a možné toky informací mezi jednotlivými prvky informačního modelu vzdělávacího procesu.

Budeme sledovat přijímání informací systémem žák. Zaměříme se na možnosti ztráty informací systémem žák při přijímání a zpracování informací. Dále vezmeme v úvahu, že při vytvoření systému informací v systému žák, může tento systém vytvářet (generovat) nové informace.

Jednotlivé etapy při přijímání a zpracování informací systémem žák jsou:

- hodnocení informací žákem,
- výběr informací žákem,
- zapamatování informací žákem,
- transformace informací u žáka,
- generování nových informací žákem.

V uvedeném informačním modelu v závěru vzdělávacího procesu hodnotíme závislost efektivnosti vzdělávacího procesu žáka na množství informací v jednotlivých etapách přijímání a zpracování informací. Budeme proto analyzovat jednotlivé etapy informačního modelu podrobněji.

5.3.1 Hodnocení informací žákem

Každý žák nezávisle na věku a vědomostech hodnotí to, o čem se dovídá. Buď se mu to líbí, nebo ho to nudí, nebo je to pro něj zajímavé, srozumitelné, přitažlivé, užitečné atd. **Procesy hodnocení mohou u žáka probíhat i bez jejich uvědomění a mají vliv na další fáze učení žáka.** Učitel může napomoci tomu, aby hodnocení vědomostí, které přicházejí k žákovi, nemělo za následek brzdění jeho procesu učení. Toto je možné pouze tehdy, když **učitel žáka pozoruje, zkoumá ho, sonduje jeho postoj vzhledem ke zdroji informací.** Zde nastává první ztráta množství informací.

*hodnocení
informací*

5.3.2 Výběr informací žákem

Žák vybírá pouze ty informace, o nichž uzná, že mu stojí za to je vybírat. Bylo by naivní přijmout předpoklad, že žák v procesu učení přijímá celou množinu informací, které k němu dospívají ze zdrojů informací (U), (1), (2). Z psychologie učení plyne, že **intelektuální schopnosti žáka** se poznají během **selekce** (výběru) informací. Žák vybírá pouze ty informace, které z rozmanitých důvodů uznal za hodny toho, aby se jimi zabýval. V prvním období vzdělávání v určité přírodní vědě proto rozhoduje **intelektuální zajímavost, úžas a údiv žáka** vzhledem k přírodě, k jejím hádankám, které nám předkládá. Teprve později se objevují ambice a vůle poznávat, ambice být „vědcem“. Žáci již v osmém ročníku prožívají radost a satisfakci z toho, když umějí vysvětlit nebo dokonce předpovědět určitý jev. U žáka také vzniká **motivace k učení**, celý systém různorodých dynamických činitelů, které žáka přinucují k učení. Objevují se také mimointelektuální motivy. Například žák se chce učit proto, že chce být **dobrým žákem**, chce být vyznamenáván, odlišovat se, chce se dostat na určitý druh školy, nebo se bojí despotického učitele, rodiče atd.

*výběr
informací*

Výběr informací je tedy stále se měnící řadou psychických aktů, řadou, která je determinována postoji, které byly získány v počátcích učení přírodním vědám,

determinovanou sice, ale ne jednoznačně. **Je čistým pedagogickým idealismem předpokládat, že žák přijímá celou sumu informací o faktech, která jsou mu různými formami předávána** ve vzdělávacím procesu. Nastává zde totiž již **druhá ztráta množství informací**.

5.3.3 Zapamatování informací žákem

zapamatování informací Informace, která byla na počátku žákem hodnocena, potom jím byla vybrána, podléhá **zapamatování**. Fyziologie a psychologie paměti uvádějí, že **paměť** je funkcí mozku, která se formuje pouze během operačních činností. Pouze takový žák, který řeší intelektuální a psychomotorické úlohy, si **zapamatovává informace** (J. Čáp, 2001).

Existuje osvojování informací s **úmyslným zaměřením na zapamatování**. Psychologické výzkumy ukazují, že takto zapamatované informace jsou **stěží použitelné při řešení problémů**. Žák může tyto informace uvést, například verbálně, ale **neumí je použít**. Myslím, že k tomu není třeba doplňovat to, že uvedená situace je velmi nepedagogická. Na čem v životě více záleží, na tom, aby žák uměl v libovolné chvíli „zarecitovat“ Archimedův zákon nebo Ohmův zákon, nebo aby je uměl také použít?

Zapamatování informací je spojeno se ztrátami, s rozptýlením určitého množství informací. O stupni rozptýlení rozhoduje intelektuální charakteristika myšlení žáka, podmínky procesu učení se žáka, existence nebo neexistence situací, které „přinucují“ žáka, dlouhodobé psychické působení, „připomínání si“ atd. Připomeneme si, že se zde jedná při zapamatování o **třetí ztrátu množství informací**.

5.3.4 Transformace informací u žáka

transformace informací **Transformace informací** nebo prostě změny informací se mohou týkat **množství a kvality** informací. Již uvedený model (U) v počáteční fázi transformuje vědomosti na tak zvaný vyučovací předmět. Dále při **použití určitého systému signálů (didaktický jazyk daného vyučovacího předmětu)** předává informace systému žák (Ž).

Tento **systém (Ž) získané informace logicky analyzuje** pomocí svého vnitřního systému signálů (každý žák operuje jazykem s individuálními významy, disponuje vlastními představami, má za sebou individuální zkušenost atd.), pozoruje v informacích vazby, systémy. **Vyčleňuje základní informace od druhotných**. Tyto procesy *transformace závisí na individuálních vlastnostech systému (Ž)*. Uvedené vlastnosti se formují velmi brzy, spíše v dětství. Když začíná vyučování fyzice, může se stát, že mnozí žáci nebudou mít dovednost transformovat informace nebo mají tuto dovednost pouze částečnou. Tajemství našeho pedagogického úspěchu bude záviset na rychlém empirickém odhalení, zda myšlení daného žáka má střední dovednost transformace informací.

Každá transformace informace se váže s rozptylem, se ztrátami. Hlavně v oblasti množství informace, viz obr. 5.3, ale nejen zde. **Při transformaci informace vždy nastává kódování nebo změna kódu**. Jsou to činnosti čistě fyzické a vyžadují navíc dodání energie zvnějšku. Jestliže systému zvnějšku nedodáváme energii, potom systém ztrácí energii, což odpovídá zřejmě vzrůstu entropie

systemu žák (Ž). Předpokládejme, že učitel disponuje ve svém mozku určitým množstvím informací. Když je chce předat žákovi, musí je určitým způsobem zakódovat, například ve formě zvukového vlnění, elektrického impulsu atd. To znamená, že jako prostředky předávání informací jsou používány fyzikální procesy.

- Již **při kódování**, to znamená před přenosem informací, se mohou vyskytovat **chyby** (často totiž říkáme *a*, zatímco myslíme *b*), čili ztráty množství celkových informací.
- Další ztráty informací vznikají v době jejich **vysílání**, to je na dráze mezi systémem (U) a (Ž). Příkladem je tepelný šum, akustický šum další znehodnocení vyvolaná vlivem okolí.
- Dále systém žák (Ž) má určité **psychologické defekty na „vstupech“**, tudíž nastávají rovněž ztráty informací.
- Dále **individuální význam termínů a názvů** ve sdělení, které nese informace a které dospělo k žákovi, může být odlišné od toho, které mu „vysílač“, čili systém (U) vložil. Tedy na dráze čistě logických transformací informace vystupují znovu ztráty.



Obr. 5.3 Transformace informací mezi systémem (U), prostředky transformace (T) a systémem (Ž)

5.3.5 Generování nových informací žákem

Množina informací, která je přijata systémem žák (Ž), tvoří logickou strukturu, protože odráží určitou strukturu přírody. Proto také **všechny transformace** této struktury prostřednictvím myšlení žáka **vedou k novým systémům informací**, čili k novým informacím o přírodě.

Žák ve svém myšlení vytváří (generuje) nové ideje o přírodních faktech, které mohou být **pravdivé nebo nepravdivé**. Toto vytváření idejí může *probíhat u žáka*

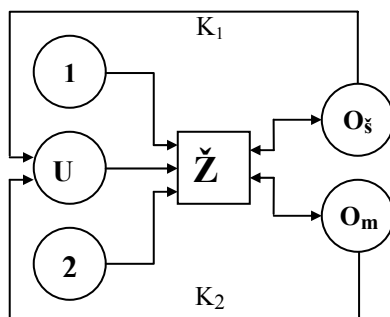
- *cestou logické analýzy nebo nejčastěji probíhá procesy*
- *intuice,*
- *náhodných spojení,*
- *hádání.*

Přijmeme tezi, že myšlení každého žáka má elementární dovednosti transformace, je schopno generovat (vytvářet) nové informace o okolí. Hlavním problémem vzdělávacího procesu je, aby během učení se **zajistily takové podmínky**, které **pomohou žákovi ve vytváření nových informací** o přírodě. Zdůrazňuji, že teprve na tomto místě se poprvé objevil **zisk v množství informací**, to je možnost vzniku nových informací.

V tomto informačním modelu vzdělávacího procesu a procesu učení se jsme zanedbali, prozatím, že obecně počet řízených systémů žák (Ž) je větší než jedna. Ale v našem školství máme systém hodinově třídní a ten musíme také respektovat. Musíme tedy navíc přijat působení mezi systémy žák (Ž), čili mezi žáky. Jako výsledek vzájemných vazeb mezi systémy $\check{Z}_1, \check{Z}_2, \check{Z}_3, \dots, \check{Z}_n$ **vzniká nový systém**, jehož možné řízení učitelem bude podmíněno jinými parametry.

*generování
informací*

Obrázek 5.4 s určitým přiblížením ukazuje na dynamiku tohoto velmi komplikovaného modelu.



Obr. 5.4 Model řízení. (U) – zdroje informací ve vyučovací hodině fyziky, (1) – mimoškolní zdroje informací, (2) – mimopředmětové školní zdroje informací, (O_s) – školní okolí žáka, (O_m) – mimoškolní okolí žáka, (K_1) – výstup ze školního okolí žáka, (K_2) – výstup z mimoškolního okolí žáka.

V informačním modelu vzdělávacího procesu *informace J, které zůstávají systému žák*, jsou dány součtem informací které mohl získat systém žák J_z a informacemi generovanými systémem žák J_g , od kterých odečteme celkové ztráty informací J_{st}

$$J = (J_z + J_g) - J_{st}.$$

efektivnost
vzdělávacího
procesu

Potom *efektivnost vzdělávacího procesu z hlediska individuálního žáka* je

$$\sigma = \frac{J}{J_z + J_g} = 1 - \frac{J_{st}}{J_z + J_g}.$$

Z toho vyplývá, že efektivnost vzdělávacího procesu u individuálního žáka je možno zvýšit za předpokladu snížení množství informací ztracených ve čtyřech krocích, tj. při hodnocení informací žákem, výběru informací žákem, zapamatování informací žákem, transformaci informací žákem a zvýšení množství informací generovaných žákem, což ovšem závisí na zisku informací v předcházejících čtyřech krocích.

Při sledování zejména procesu příjmu a zpracování informací žákem jsme zcela pominuli určité problémy.



Úkoly k zamyšlení

- Jak můžeme zjistit, zda v takto uvedeném modelu vzdělávání fyzice skutečně nastalo osvojení, zapamatování a zpracování informace v myšlení žáka?
- Disponuje žák skutečně kompaktním, vnitřně nerozporným obrazem vnějšího světa?

Určitým prostředkem při řešení tohoto problému bude metoda „černé schránky“. Za černou schránku budeme považovat systém žák (\check{Z}), který má svůj **vstup a výstup**, viz obr. 5.4. Při zkoumání stavů na výstupech možno zjistit, jaké procesy probíhaly a jak probíhaly uvnitř tohoto systému (\check{Z}). Existují skutečné dva výstupy systému žák (\check{Z}):

O_s – školní okolí žáka,

O_m – mimoškolní okolí žáka, společenské a odborné okolí absolventa.

Žák používá při získávání a zpracování informací, při řešení problémů, které před ním vznikají ve školním okolí (O_s) i později v životě odborné okolí (O_m). A právě **při kontrole použití informace**, čili při zkoumání tzv. *výsledků učení a vzdělávání*, můžeme usuzovat o tom, jaký byl mechanismus a průběh vzájemného působení mezi zdroji informací, tj. systémy (U), (1), (2), ale také se systémem žák (Ž), jak probíhaly vnitřní procesy u systému žák (Ž). Pro tuto nezbytnou kontrolu výsledků jsou konstruovány **prostředky kontroly**, například objektivní didaktické testy.

Provedeme informatickou bilanci celého působení mezi systémy (U), (1), (2), (O_s), (O_m) a (Ž); jedná se o rozdíl mezi množstvím informací ztracených, znehodnocených, rozptýlených a množstvím nových informací, které získal žák. Tento rozdíl může být dobrým kritériem optimálnosti informačního procesu učení se žáka a vzdělávání danému přírodovědnému předmětu.

5.4 PŘÍRODOVĚDNÉ POJMY A JEJICH UTVÁŘENÍ

V učebních osnovách uvažované skupiny přírodovědných předmětů jsou vždy uvedeny **pojmy**. Pod pojmy budeme rozumět význam obecných termínů. Jedná se o význam pojmu formulovaný logikou a tento nás ve vzdělávání nejvíce zajímá. Nesmíme zapomenout na skutečnost, že v procesu utváření pojmu se objeví význam pojmu jen tehdy, když myšlenkový prožitek žáka při poznávání a rozumění pojmu se stane hlavním předmětem didaktického snažení učitele.

*přírodovědné
pojmy*

Metodologická analýza všech oblastí přírody ukazuje, že v ní vystupují pojmy:

1. měřitelných veličin,
2. kvalitativních charakteristik a vlastností,
3. jevů a procesů,
4. přírodních objektů,
5. modelových (teoretických) objektů,
6. metateoretických objektů.

Mezi uvedenými přírodovědnými pojmy existují určité *logické relace*, a jestliže k nim ještě přidáme určité *psychologické vazby* mezi myšlenkovými prožitky vystupujícími u každého pojmu v procesu učení, potom dostaneme různorodé **didaktické struktury**.

Žák poznává pojmy ne jednorázovým aktem – **poznávání je u žáka procesem**, který probíhá po celou dobu učení se danému předmětu. Proto mluvíme o **procesu formování pojmů u žáků, procesu utváření pojmů u žáků**.

Úkoly k zamyšlení

Jaká je charakteristika procesu utváření pojmů u žáků?

Které uzlové momenty, etapy se v tomto procesu vyskytují?

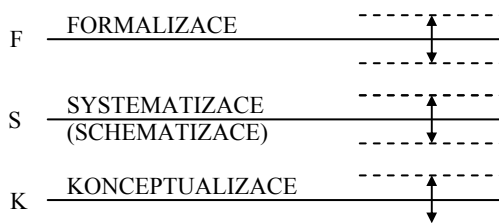
Východiska při hledání odpovědi na tyto otázky mohou být různá. Můžeme například vyjít z epistemologie nebo psychologie poznávacích procesů a jejich obecné fáze přenést a dokumentovat na pojmech jednotlivých přírodovědných předmětů.



Budeme však vycházet z jiných předpokladů. **Pojmy dané vědy vznikají v historickém procesu jejího rozvoje.** Jestliže existuje nějaký názorný a věrný model utváření a rozvoje pojmu v historii přírodních věd, potom je vhodné jej prostě použít v procesu učení se žáků těmto pojům. Avšak potom v procesu učení se žáka nebude historie formování a vytváření daného pojmu probíhat důsledně podle tohoto historického modelu. Proces učení se žáka je totiž řízen učitelem a běžné pokusy a omyly, které historicky vznikaly, nebudou tak velké u učení se žáka. Řečeno jinými slovy, **využijeme principu vazeb mezi fylogenezí a ontogenezí v procesu učení se.**

*Jammerův
model
utváření
pojmu*

Dále budeme používat **model utváření a rozvoje přírodovědných pojmů**, který vytvořil známý historik a metodolog **M. Jammer** (1961). Obrázek 5.5 ukazuje tři základní fáze nebo úrovně utváření pojmů v historii exaktních věd a také v procesu učení se.



Obr. 5.5 Základní fáze nebo úrovně utváření pojmů v historii exaktních věd (podle M. Jammera, 1961).

*konceptuali-
zace
pojmu*

Fáze K – konceptualizace pojmu. Je to proces formování, vznikání pojmu. Poprvé je zaváděn jeho **název (termín)** a chápání nebo rozumění pojmu se opírá hlavně o empirické poznání. Význam názvu se opakovaně vztahuje k empirickým údajům, stanovuje se možná oblast těchto údajů, stále se **manipuluje s objekty nebo s charakteristikami objektů**, ke kterým se tento název pojmu vztahuje. V procesu učení se tomuto pojmu žák stále zůstává **na úrovni konkrétních představ a údajů smyslových analyzátorů**. Žák zkouší hledat celou třídu objektů, ke které se název vztahuje, označuje ji, registruje, popisuje. Celou dobu se „buduje“ **význam termínu**, čili pojem, ale stavebním materiálem je určitá část přírody a praxe.

*systematizace
pojmu*

Fáze S – systematizace (schematizace) pojmu. M. Jammer tuto etapu popisuje zkráceně „**začlenění vědeckého pojmu do konstrukce vědeckého systému**“. Ve vzdělávacím procesu je pomalu **budována pojmová struktura daného předmětu**. Žák již z dřívějších zná několik pojmů na úrovni K. Nyní mezi nimi vidí logické vazby, vidí vztahy mezi oblastmi použití. Žák při poznávání nového pojmu ihned tento pojem samovolně začleňuje do již vytvořeného svého pojmového systému. Následkem toho se porozumění žáka stane hlubším, trvalejším a mnohem **abstraktnějším**. Nyní již žák díky logickým operacím pomocí pojmů nemusí tak často směřovat ke konkrétní úrovni K, tj. k údajům smyslových analyzátorů. Důležité je ovšem to, že navíc se objeví možnost **konstrukce pojmů bez úrovně K**. Myšlení žáka, které má určité obecné principy logického myšlení („piagetovské“ struktury), může se „pohybovat“ jedině v „**oblasti pojmového systému**“, generovat, navrhnout nové pojmy a tímto způsobem předvídat dříve mu neznámá fakta na úrovni K. Systematizace pojmu je

tedy důležitou etapou, protože vnáší do vzdělávacího procesu **elementy intelektuální tvořivosti**.

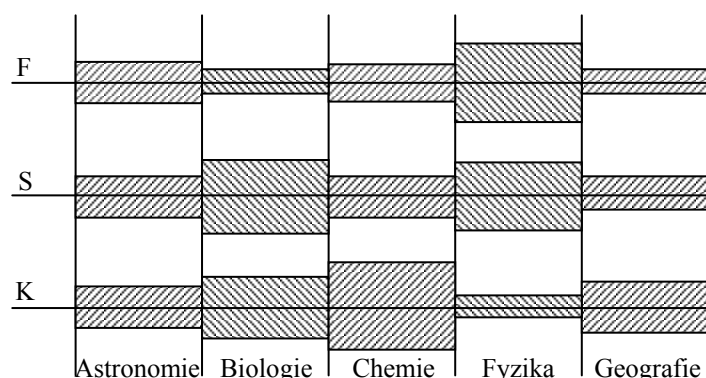
Úroveň F – formalizace pojmu. Tato fáze zahrnuje podle definice M. Jammera tyto ideje: „**formální definice pojmu v deduktivní struktuře věd**“. Žák již zná určitý systém pojmů a nyní prostřednictvím zavedení **symbolického označení** začínají **formální operace** pomocí symbolů, které představují pojmy, ale s úplným odtržením těchto symbolů od jejich významů. Nejčastějšími formálními operacemi jsou **matematické operace**, které se týkají transformací matematických výrazů, tj. vztahů, rovnic atd., které popisují přírodní zákony. Zde písmena (symboly) prezentují fyzikální veličiny (měřitelné charakteristiky). **Obecně** však formalizace pojmu označuje takovou etapu vytváření pojmu, ve které se stává **žák nezávislým na významové stránce pojmu**. Obyčejně již ovládá teorii a to v takové formě, že všechny pojmy může rozdělit na:

1. **prvotní (nedefinovatelné) pojmy** a
2. **pojmy získávané pomocí pravidel dedukce.**

M. Jammer ve svých pracích z oblasti historie utváření základních přírodovědných pojmů, například hmotnosti, energie, prostoročasových vztahů, mnohokrát potvrzuje, že uvedené tři fáze při utváření pojmu se překrývají a dokonce i vystupují v opačném pořadí nebo současně.

Na rozdíl od historie utváření pojmů vzhledem k procesu učení se žáka, je třeba formulovat kategorický postulát **respektování pořadí jednotlivých fází utváření pojmů na elementární úrovni, tj. ve věku 12 až 16 let**, a dovolit určitou volnost, ale ne příliš velkou, při utváření pojmů počínaje úrovní S nebo F v posledních třídách střední školy, tj. ve věku 17 až 19 let. Výsledky výzkumů v oblasti přírodovědných předmětů, které byly prováděny v mezinárodním měřítku, ukázaly pozitivní korelaci mezi výsledky v rozumění pojmům žáky ve věku 12 až 16 let a výše doporučeným utvářením těchto pojmů, tj. počínaje konceptualizací, návaznou schematizací a končící formalizací.

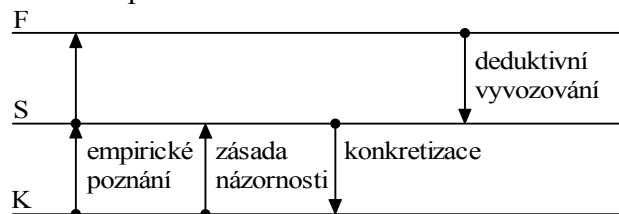
V praxi různých přírodovědných předmětů se vyskytují určité rozdíly. Budeme-li zkoumat utváření pojmů v jednotlivých přírodních vědách, zjistíme, že fyzika, chemie a astronomie u základních pojmů vždy mají také úroveň F, zatímco biologie velmi zřídka (pouze v genetice) a geografie takřka vůbec ne. Fyzika a biologie zvláště dlouho setrvávají na úrovni S, viz. obr. 5.6.



Obr. 5.6 Utváření přírodovědných pojmů v jednotlivých přírodních vědách. Na jednotlivých úrovních K, S, F jsou šířkou pruhu vyznačeny již zcela vytvořené pojmy.

*formalizace
pojmu*

Na dalším obrázku 5.7 jsme se pokusili začlenit přechody mezi jednotlivými úrovněmi, K – konceptualizace, S – systematizace, F – formalizace. Šipky z dolních úrovní k horním úrovním na obr. 5.7 odpovídají **empirickému poznání**, šipky ležící na určité úrovni označují, že v didaktickém procesu se zachovává homogenní charakter poznávacích operací žáka. Šipka $K \rightarrow S$ označuje uplatnění **zásady názornosti**, $S \rightarrow K$ **konkretizace**, $S \rightarrow S$ nebo $F \rightarrow F$ a také $F \rightarrow S$ označují **deduktivní vyvozování**, a tím také myšlenkovou aktivitu žáka za předpokladu jeho samostatné práce.



Obr. 5.7 Přechody mezi jednotlivými úrovněmi utváření pojmů.



Část pro zájemce

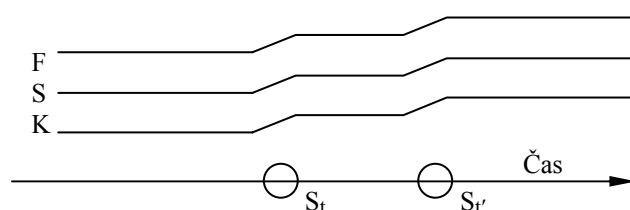
A co ostatní přírodní vědy? Formováním pojmů a jejich utváření v **chemii**, zejména ve vazbě na úlohu vědecké teorie v této oblasti, jsou v práci J. Soczewki (1975). Autor zpracoval a analyzoval vhodnost modelu utváření pojmů ve vyučování chemie a zavedl pojem tak zvané **teoretické bariéry**. V **biologii** N. M. Wierzilina (1976) rovněž uvažoval nad schématem rozvoje biologických pojmů ve vzdělávacím procesu a akcentoval vývoj daného pojmu ve zpracování celého kursu a **lokální** vývoj pojmu. Ve vyučování **geografie** M. B. Darinskij (1975) rozkládá proces formování pojmů na dvě velké etapy:

- praktická a názorná analýza termínu a
- abstraktní, logická analýza, kde základní roli hraje mapa.

Anglosaští didaktikové geografie používají v této oblasti Piagetovo schéma.

V naší zemi se problematikou fyzikálních pojmů zabýval E. Kašpar (1978). Vycházel ve své teorii z formální logiky a ze zkušeností vyučování fyzice. Kvalitním způsobem precizuje jednotlivé pojmy, uvádí chyby, kterých se učitelé dopouštějí z hlediska formální logiky při utváření pojmů. Zaměřuje se při tom na učitele, ne na žáka. K jednotnému modelu utváření pojmů, jako M. Jammer (1961), nedospívá, protože z hlediska postupu učitele to ani není možné.

Výše uvedené přístupy k problému formování pojmu v procesu učení se žáka je možno integrovat a spojit je s Jammerovým modelem v didaktické verzi. Obr. 5.8 ukazuje jeden pokus takového integrovaného didaktického modelu rozvoje pojmu v přírodovědném vyučování v časovém vývoji.



Obr. 5.8 Formování pojmů v procesu učení žáka v závislosti na čase

Fáze konceptualizace předchází před formulováním definic ve fyzice. Cílem konceptualizace je vznik takového přesvědčení v myšlení žáka, že daná fyzikální veličina je užitečná při popisu jevu (zařízení, procesu, stavu atd.), protože usnadňuje způsob dorozumění lidí, zjednodušuje a zpřesňuje jejich jazyk. Čím dříve žáci poznají, že matematika jim umožňuje stručný zápis a předání informace o pozorovaných a zkoumaných objektech, tím lépe. Skutečná realizace vstupní fáze vytváření pojmu – fáze konceptualizace – může zde v každém případě sehrát rozhodující roli.

*definice
ve fyzice*

Příklad počátku formování pojmu zrychlení (E. Mechlová, 1990, s. 162-166)

Když se žáci seznámí s vlastnostmi nerovnoměrných pohybů na základě jejich pozorování, zjistí, že různé pohyby se navzájem liší přírůstky rychlosti, které nastávají v určitých stejných stanovených časových intervalech. Například v pohybech, které jsme nazvali rovnoměrně zrychlenými, rychlost vzrůstá v každé sekundě o tutéž hodnotu, při čemž tato hodnota může být v různých rovnoměrně zrychlených pohybech různá. Místo toho, aby se podávala informace o tom, že rychlost během každé sekundy vzrůstá o 2 m/s v jednom pohybu a ve druhém pohybu rychlost během každé sekundy vzrůstá pouze o 0,5 m/s, je výhodnější zavést název „zrychlení“ a předat tutéž informaci v hezkém a elegantním tvaru. Fyzikové samotní při výzkumu právě takovým způsobem zavádějí tyto konvence (úmluvy).



Když provádíme výše uvedené úvahy o přírůstku rychlosti ve stejných časových intervalech, psychicky tím připravujeme žáka pro přijetí a porozumění definici. A tak žáci, díky vstupní fázi, poznají **nejdříve fyzikální význam** dané veličiny (v našem případě zrychlení), protože fyzikální význam je nejdůležitější věcí, a **teprve potom nastává formální zápis definice** pomocí vztahu, který je určitým druhem schématu (**fáze schematizace**) a jeho fyzikální přečtení.

Je třeba upozornit na skutečnost, že takové situace nenastávají pouze ve vzdělávacím procesu. V historii fyziky zavádění nových fyzikálních veličin (a dokonce realizace určitých konvencí) rovněž nastupovalo po určité vstupní fázi, na jejímž konci existovala přirozená potřeba zavést kvantitativní vlastnosti zkoumaného objektu, k tomu, aby byl možný další jeho kvantitativní popis. Neznačí to však, že fáze konceptualizace ve vyučování fyzice je v každém případě opakováním této fáze tak, jak se uskutečnila ve skutečnosti. *Ve vyučování využíváme raději struktury současné fyziky, která je již logicky uspořádána.* Ale to není podstatné. **Pro žáka má větší vzdělávací význam sám způsob myšlení, který se objevuje při získávání vědomostí.** Díky němu žáci získávají přesvědčení, že nové definiční vztahy jsou pro ně zdokonalením popisu reality a možností dalšího postupu a ne další nepřijemností.

Realizace vstupní fáze – konceptualizace – trvá krátce nebo delší dobu, od několika minut do několika vyučovacích hodin. Velmi často se realizuje prostřednictvím experimentu nebo skupiny experimentů prováděných reálně nebo myšlenkových experimentů. Nemusí to však být vždy – někdy konceptualizaci mohou tvořit určité myšlenkové operace prováděné s již osvojenými vědomostmi.

Uvedenou problematiku v oblasti výzkumu rozpracovala J. Salach (1986, s. 106 – 120). Uvádí příklady fáze konceptualizace pro pojmy hmotnost, kapacita vodiče, vektor magnetické indukce, vlastní indukčnost, které je možno použít.

5.5 PŘÍRODOVĚDNÉ ZÁKONY A PRINCIPY, JEJICH UTVÁŘENÍ

přírodovědné zákony Přírodní zákony jsou empirické a teoretické. Nejdříve rozebereme metodu učení se empirickým zákonům.

U empirických zákonů školní praxe nabízí dva stereotypy:

- a) Učitel podává informace o zákonu, který byl objeven pozorováním přírody. Uvádí vztahy mezi fyzikálními veličinami, popisuje historii objevu zákona a později žáci tento zákon experimentálně ověřují. V případě, že žáci nekonají experimentální ověření, potom učitel ilustruje své informace demonstračním pokusem se slovy: „Podívejte se, že to tak skutečně je.“
- b) Žáci mají danu určitou situaci, je jim objasněn způsob pozorování a doporučeno, které změny mají v podmínkách dané situace provést. Žáci mají objevit, jaký vztah mezi změnami existuje. Učitel potom zobecňuje závěry individuálních experimentů. Formuluje spolu se žáky obecný závěr o vztahu, čili zákon.

Uvedeme model vyučovací hodiny pro zavádění libovolného empirického zákona. Vycházíme při tom ze strategie problémového vyučování a z modelu utváření přírodovědných pojmů podle M. Jammera.

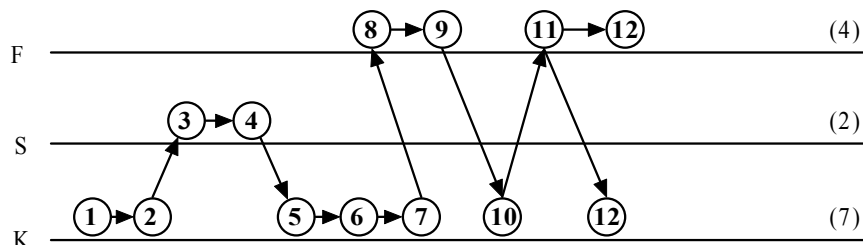


Příklad: Vyvozování empirického zákona

1. Uvedení příkladů jevů a procesů, z nichž vyplyne vztah mezi fyzikálními veličinami V_1 a V_2 (provádí učitel).
2. Provedení několika jednoduchých měření ukazujících existenci korelace (nějakého vztahu) mezi fyzikálními veličinami V_1 a V_2 (demonstrační experimenty, provede učitel).
3. Formulace experimentálního problému (učitel a žáci).
4. Diskuse o metodě měření experimentálních údajů (žáci).
5. Stanovení a výběr aparatury, plán experimentální práce (žáci).
6. Sestavení aparatury, příprava tabulek pro měření a výpočty (žáci).
7. Měření (žáci).
8. Logická a matematická analýza tabulek s naměřenými hodnotami fyzikálních veličin, formulace zákona (interpretace, idealizace, čili používání teoretického modelu žáky).
9. Hodnocení zdrojů chyb při měření (žáci).
10. Extrapolace a další měření o 1 až 2 krocích, analýza odchylek od předpovídaných hodnot korelované proměnné (žáci).
11. Hodnocení měření. Návrh dalších metod (žáci a učitel).
12. Diskuse nad praktickým použitím zákona (eventuálně demonstrace, kterou provede učitel, žáci diskutují).

Uvedený průběh vyvozování empirického zákona je znázorněn v grafu poznávacích činností žáka, který se týká pojmů. Na obr. 5.9 je graf poznávacích činností žáků na základě Jammerova schématu. Sedm bodů grafu a postupu (1, 2, 5, 6, 7, 10, 12) leží na úrovni K – znamená to, že v hodině převažuje empirické bezprostřední poznávání, dva body na úrovni S – systematizace je slabší (bude výrazněji zastoupena v dalších vyučovacích hodinách), čtyři body na úrovni F – zákon měl tvar matematické funkce. Součty bodů na daných úrovních poznání jsou ve schématu uvedeny vpravo.

Zřejmě, kdyby tématem vyučovací hodiny byl kvalitativní zákon o existenci nebo neexistenci nějaké charakteristiky nebo objektu nebo pouhé korelace (často bývá v biologii a geografii), potom řada realizačního modelu vyučovací hodiny nebude mít tak velký počet bodů, ale její obecný tvar zůstane stejný; například mohou scházet články 8, 9, 10, 12.



Obr.5.9 Tříúrovňové schéma realizačního modelu vyučovací hodiny při vyučování empirického zákona (K – konceptualizace, S – schematizace, F – formalizace, 1 až 12 – fáze vyvozování v bodech).

Uvedený realizační model vyučovací hodiny při vyučování empirického zákona je možno rozšířit o činnosti žáků ve dvojicích nebo skupinách a dostaneme **model vyučovací hodiny s tzv. praktickými činnostmi žáků** (E. MECHLOVÁ, 1990).

Průvodce studiem

Tato poslední kapitola byla velmi dlouhá a náročná na myšlení. Odpočiňte si před čtením hnutí kapitoly, protože je také velmi dlouhé. Spojte studium shrnutí s řešením úloh. Potěším Vás – úloh je málo a jsou jednoduché.



Shrnutí kapitoly

Obsahem vzdělávání **chápeme objektivní soubor poznatků věd a techniky jako soubor operací a úkonů. Od obsahu vzdělávání odlišujeme stav vzdělání žáka jako subjektivní výslednici vzdělávacího procesu. Do obsahu vzdělávání fyzice patří:**

- vědecký systém fyziky, tj. jednotlivá fakta, pojmy, zákony, principy, teorie,
- teoretická a experimentální aktivita ve fyzice,
- poznávací operace ve fyzice a
- filozofické závěry fyziky.

Obsah vzdělávání fyzice se prostřednictvím vyučovacího procesu transformuje ve fyzikální vědomosti žáka, poznávací schopnosti žáka, v přesvědčení a postoje žáka.

Základní články logické struktury fyziky jsou: informace o fyzikálních faktech, fyzikální pojmy, fyzikálními zákony, fyzikálními principy a fyzikální teorie. Obdobné logické struktury jsou i v dalších přírodních vědách. Přírodovědné integrované vzdělávání je možné vzhledem k tomu, že existují společné prvky v oblasti vzdělávacích cílů, základních kategorií, základních intelektuálních a



psychomotorických činností. Prvky obsahu vzdělávání i vyučování musejí „odrážet“, „zobrazovat“ logické struktury jednotlivých přírodovědných disciplín; zobrazení je však ovlivněno vzdělávacími cíli, věkem žáka a tvůrčími možnostmi didaktiky daného předmětu. Přírodovědné didaktiky vypracovávají zvláštní vyjadřovací jazyk, který je s určitou mírou přesný, ale je názorný, obrazný, který umí mluvit k žákovi, povzbuzovat ho k činnosti, aby později žák tímto jazykem operoval jako nástrojem dalšího poznání.

Informační model vzdělávacího procesu sleduje ztráty informací na cestě od zdroje informací k žákovi. Za *informační zdroj pro žáka* budeme považovat *teoretický model (U)* o struktuře: osobnost učitele, učební osnovy, učebnice, školní experiment a didaktické prostředky. Dalšími zdroji informací jsou *mimoškolní zdroje informací* a *mimopředmětové školní zdroje informací*. *Systém žák (Ž)* není pasivní. Přijímání informací žákem je selektivní proces. V myšlení žáka podléhá každá informace „zpracování“, což je nejdůležitější fáze v informačním systému. Informace je žákem přijímána a zpracovávána. Informační model vzdělávacího procesu obsahuje pět etap: hodnocení informací žákem, výběr informací žákem, zapamatování informací žákem, transformace informací u žáka a generování nových informací žákem. V první až čtvrté etapě nastává ztráta množství informací a v poslední etapě přírůstek množství informací. V informačním modelu vzdělávacího procesu informace J , které zůstávají systému žák, jsou dány součtem informací které mohl získat systém žák J_z a informacemi generovanými systémem žák J_g , od kterých odečteme celkové ztráty informací J_{st} , čili $J = (J_z + J_g) - J_{st}$. Potom efektivnost vzdělávacího procesu

$$\text{je } \sigma = \frac{J}{J_z + J_g} = 1 - \frac{J_{st}}{J_z + J_g}.$$

Přírodovědné pojmy jsou obdobně vytvářeny ve všech přírodních vědách. Pod pojmy budeme rozumět význam obecných termínů, jedná se o význam pojmu formulovaný logikou.

V přírodních vědách vystupují pojmy:

- měřitelných veličin,
- kvalitativních charakteristik a vlastností,
- jevů a procesů,
- přírodních objektů,
- modelových (teoretických) objektů,
- metateoretických objektů.

Žák poznává pojmy po celou dobu učení se danému předmětu, poznávání je u žáka procesem, proto mluvíme o procesu formování pojmů u žáků, procesu utváření pojmů u žáků.

Pojmy dané vědy vznikají v historickém procesu jejího rozvoje. V procesu učení se využijeme principu vazeb mezi fylogenezí a ontogenezí. U učení se žáka nebude historie formování a vytváření daného pojmu probíhat důsledně podle tohoto historického modelu, protože tento proces je řízen učitelem. *Model utváření a rozvoje přírodovědeckých pojmů* vytvořil M. Jammer. Tento model je tvořen základními třemi fázemi – fází konceptualizace, fází systematizace a fází formalizace.

Fáze konceptualizace pojmu zahrnuje proces formování, vznikání pojmu. Poprvé je zaváděn jeho název (termín) a chápání nebo rozumění pojmu se opírá

hlavně o empirické poznání. Žák stále zůstává na úrovni konkrétních představ a údajů smyslových analyzátorů. Celou dobu se „buduje“ význam termínu, čili pojem, ale stavebním materiálem je určitá část přírody a praxe.

Fáze systematizace (schematizace) pojmu spočívá ve začlenění vědeckého pojmu do vědeckého systému. Ve vzdělávacím procesu je pomalu budována pojmová struktura daného předmětu. Žák při poznávání nového pojmu ihned tento pojem samovolně začleňuje do již vytvořeného svého pojmového systému. Porozumění se stane hlubším, trvalejším a mnohem abstraktnějším. Navíc se objeví možnost konstrukce pojmů bez úrovně konceptualizace.

Fáze formalizace pojmu zahrnuje formální definice pojmu v deduktivní struktuře věd. Žák má určitý systém pojmů a nyní prostřednictvím zavedení symbolického označení začíná s formálními operacemi pomocí symbolů, které představují pojmy, ale s úplným odtržením těchto symbolů od jejich významů. Nejčastějšími formálními operacemi jsou matematické operace. Obecně formalizace pojmu označuje takovou etapu vytváření pojmu, ve které se stává žák nezávislým na významové stránce pojmu. Obyčejně již ovládá teorii a to v takové formě, že všechny pojmy může rozdělit na prvotní (nedefinovatelné) pojmy a pojmy získávané pomocí pravidel dedukce.

Pořadí jednotlivých fází utváření je nutno respektovat ve věku žáka 12 až 16 let a dovolit určitou volnost při utváření pojmů počínaje úrovní systematizace nebo formalizace ve věku 17 až 19 let.

Přírodovědecké zákony jsou empirické a teoretické. Realizační struktura vyučovací hodiny pro vyvozování empirického zákona je tato:

-Uvedení příkladů jevů a procesů, z nichž vyplyne vztah mezi fyzikálními veličinami V_1 a V_2 (provádí učitel).

Provedení několika jednoduchých měření ukazujících existenci korelace (nějakého vztahu) mezi fyzikálními veličinami V_1 a V_2 (demonstrační experimenty, provede učitel).

- a) Formulace experimentálního problému (učitel a žáci).
- b) Diskuse o metodě měření experimentálních údajů (žáci).
- c) Stanovení a výběr aparatury, plán experimentální práce (žáci).
- d) Sestavení aparatury, příprava tabulek pro měření a výpočty (žáci).
- e) Měření (žáci).
- f) Logická a matematická analýza tabulek s naměřenými hodnotami fyzikálních veličin, formulace zákona (interpretace, idealizace, čili používání teoretického modelu žáky).
- g) Hodnocení zdrojů chyb při měření (žáci).
- f) Extrapolace a další měření o jednom až dvou krocích, analýza odchylek od předpovídaných hodnot korelované proměnné (žáci).
- g) Hodnocení měření. Návrh dalších metod (žáci a učitel).
- h) Diskuse nad praktickým použitím zákona (eventuálně demonstrace, kterou provede učitel, žáci diskutují).

Otázky

1. Jak chápete termín „integrované přírodovědné vyučování“?
2. Co je rozhodující při výběru fyzikálního učiva do osnov?



3. Vysvětlete „postulát“ didaktického zavedení prvku vědy do obsahu přírodovědného vzdělávání. Dokumentujte na konkrétním příkladě.
4. Vysvětlete informační model vzdělávacího procesu.
 - a) Ze kterých prvků se skládá?
 - b) Vyhodnoťte jednotlivé prvky informačního modelu z hlediska množství informací. Proveďte celkovou bilanci informací v informačním modelu vzdělávacího procesu z hlediska žáka.
 - c) Vyhodnoťte efektivnost vzdělávacího procesu pro žáka z hlediska možných ztrát informací. Která etapa v informačním modelu je nejdůležitější?
 - d) Vyhodnoťte jednotlivé prvky informačního modelu vzdělávacího procesu z psychologického hlediska.
5. Uveďte základní skupiny přírodovědných pojmů.
6. Ze kterých hledisek můžeme přistupovat k dlouhodobému procesu utváření pojmů? Proveďte jejich diskusi.
7. Vysvětlete model utváření a rozvoje přírodovědných pojmů podle M.Jammera.



Korespondenční úkoly – zpracovat písemně, maximálně 2 stránky jeden úkol

Z následujících korespondenčních úkolů zpracujete jeden, který Vám přidělí tutor.

KÚ 1

Aplikujte model utváření a rozvoje přírodovědných pojmů na vybraný fyzikální pojem.

KÚ 2

Uveďte model vyučovací hodiny pro zavádění empirického zákona. Vyjděte ze strategie problémového vyučování a z modelu utváření přírodovědných pojmů.

- a) Proveďte diskusi modelu.
- b) Aplikujte model pro zavádění empirického zákona na vybraný fyzikální zákon.

KÚ 3

Rozšiřte model vyučovací hodiny pro zavádění empirického zákona na vyučovací hodinu s praktickými činnostmi žáků ve dvojicích nebo ve skupinách.

- d) Proveďte diskusi modelu.
- e) Aplikujte vámi zpracovaný model pro zavádění empirického zákona prostřednictvím praktických činností žáků na vybraný fyzikální zákon.

ZÁVĚR

Dospěli jste společně se mnou ke konci studijní opory. Doufám, že jste si uvědomili silnou vazbu mezi fyzikou a didaktikou fyziky.

Žák by si měl ve škole osvojit základní metody vědeckého poznání ve fyzice, metody získávání empirických poznatků a metody rozvoje vědění. Tyto metody bude používat nejen ve vzdělávání fyzice, ale v celém svém životě. O metodách nelze mluvit, nelze žádat po žákovi, aby metody pouze popisoval. Žák se učí jen tehdy, když je v činnosti – žák musí prakticky vědecké fyzikální metody ve fyzice používat. A nejen ve fyzice, ale ve všech přírodovědných předmětech. Domluvte se s učiteli dalších přírodovědných předmětů na jednotné metodologii v dané oblasti. Mnoho příkladů z učebnic fyziky uvedených ve studijní opoře Vám určitě tuto problematiku přiblížilo a ve školní praxi budete umět vhodné metody pro práci žáků navrhnout a v počátcích práci žáků řídit, až se používání vědeckých fyzikálních metod zautomatizuje. Nebojte se používat termínu „badatelské metody“ a žakovskou činnost označovat jako „bádání“ nebo „badatelskou činnost“. Vždyť žák pro sebe bádá stejně jako renomovaný vědec, jenom novost bádání není v uvedených případech stejná. To, co „objeví“ žák, je pro něj osobně stejným objevem, jako zcela nový objev vědce pro fyziku.

Na informačním modelu vzdělávacího procesu jste si uvědomili, jak zásadní roli hraje vhodná motivace žáka, aby vůbec chtěl přijímat informace. Neváhejte proto a vymýšlejte takové motivace, které by zainteresovaly většinu žáků ve třídě.

V tomto prvním dílu byla větší pozornost věnována empirickému poznání, zejména v oblasti přírodovědných pojmů a jejich utváření na základě modelu M.Jammera. Vyvozování empirických zákonů fyziky je pro žáky prvním krokem k odhalování vazeb mezi fyzikálními veličinami.

V dalším díle didaktiky fyziky bude rozvinuta oblast fyzikální teorie a jejího vyvozování ve vzdělávání fyzice.

Doufám, že myšlenky obsažené ve studijní opoře využijete k tvůrčí pedagogické práci.

Erika Mechlová

LITERATURA

- AKČURIN, IA., aj. *Metodologické princípy fyziky*. Bratislava: Pravda, 1984.
- ACHIEZER, AI. *Vývoj fyzikálního obrazu světa*. Praha: 1975.
- BEDNAŘÍK, M. Metody fyziky v soustavě fyzikálního vzdělávání. In: *Acta Universitatis Palackinae Olomouensis, Facultatis, Rerum Naturalis – TOM 73*. Olomouc, 1982, s. 175 – 198.
- BERTRAND, Y. *Soudobé teorie vzdělávání*. Praha: Portál, 1998. ISBN80-7178-216-5.
- ČÁP, J. MAREŠ, J. *Psychologie pro učitele*. Praha: Portál, 2001. ISBN 80-85615-95-9.
- ČERNÍK, V., FARKAŠOVÁ, E., VICENÍK, J. *Teória poznania*. Bratislava: Pravda, 1987. 371 s.
- EINSTEIN, A., INFELD, I. *Fyzika jako dobrodružství poznání*. Praha: Orbis, 1958.
- FILKORN, V. *Úvod do metodológie vied*. Bratislava, 1960.
- HEISENBERG, W. *Fyzika a filosofie*. Praha: SNTL, 1966
- HLAVIČKA, A., aj. *Fyzika pro pedagogické fakulty, 1. díl*. Praha: SPN, 1971
- JEFIMENKO, V. F. *Metodologické otázky vyučování fyzice*. Praha: SPN, 1987. 194 s.
- *Názvy a značky školské fyziky*. Praha: SPN, 1977.
- KOUBEK, V., aj. *Školské pokusy z fyziky*. Bratislava: SPN, 1989.
- KUZNECOV, BG. *Od Galileiho po Einsteina*. Bratislava: VPL, 1975.
- KVASNICA, J. *Priekopníci modernej fyziky*. Bratislava: Smena, 1987. 167 s.
- KVASNICA, J. *Mechanika*. Praha: Academia, 1988.
- LAUE, Max von. *Dějiny fyziky*. Praha: Orbis, 1959
- MALÍŠEK, V. *Co víte o dějinách fyziky*. Praha: Horizont, 1986.
- MALÍŠEK, V. *Co víme o dějinách fyziky*. Praha: Horizont, 1986. 272 s.
- MECHLOVÁ, E. *Fyzikální pojmy*. Praha: SPN, 1990.
- MECHLOVÁ, E., aj. *Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz*. Praha: Prométheus, 1999. ISBN 80-7196-151-5.
- MEVART, J. *Základy metodologie věd*. Praha: Svoboda, 1977.
- NOVÝ, L., SMOLKA, J. *Isaac Newton*. Praha: Orbis, 1969.
- SALAM, A. Unification in physics. In *Proceedings of the International Conference on Postgraduate Education of Physicists*. Prague, 1980, s. 196 – 203.
- SAWICKI, M. *Metodologiczne podstawy nauczania przyrodoznawstwa*. Wrocław: Ossolineum, 1981. 397s.
- ŠEBESTA, J. *Metodológia fyziky*. Vybrané kapitoly. Bratislava: Univerzita Komenského, 1987.
- ÚLEHLA, I. *Fyzika a teorie poznání*. Praha: Horizont, 1982. 448 s.
- VACHEK, J., LEPIL, O. *Modely a modelování ve vyučování fyzice*. Praha: SPN, 1980.
- WIENER, N. *Kybernetika a společnost*. Praha: NČAV, 1963.
- WIENER, N. *Kybernetika neboli řízení a sdělování v živých organismech a strojích*. Praha: SNTL, 1960.
- ZAJAC, R., ŠEBESTA, J. *Historické pramene současnej fyziky 1*. Od Aristotela po Boltzmannu. Bratislava: Afa, 1990. ISBN 80-05-00231-9.
- ZORINOVÁ, L. J. *Metodologické poznatky v učebnicích fyziky pro vyšší ročníky*. Tvorba učebnic, sborník 2. Praha: SPN, 1977.