

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Ivan Úlehla

O významu fyziky při výchově k vědeckému světovému názoru

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 20 (1975), No. 2, 102--106

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138561>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1975

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## O významu fyziky při výchově k vědeckému světovému názoru

*Ivan Ůlehla, Praha*

Učitelé fyziky na středních a vysokých školách se často setkávají s otázkami velmi obecného filozofického charakteru. Kladou je jednak jejich žáci a studenti, kteří se ptají např. na tepelnou smrt vesmíru, na vzájemný vztah hmoty a energie, na možnosti našeho poznání, a jednak potřeby výkladu v základech jednotlivých fyzikálních disciplín. To nepřekvapuje, neboť ve velmi širokém pohledu na řadu přírodních jevů a procesů se fyzikální představa dostává do těsné blízkosti filozofických představ. Odtud plyne ono plodné ovlivňování jednoho oboru druhým, které lze názorně dokumentovat na mnoha historických skutečnostech.

Mechanický materialismus je bytostně spjat s klasickou mechanikou. Představa, že zákony pohybu objevené NEWTONEM jsou univerzálními zákony, vedla k přesvědčení, že svět lze popsat a vysvětlit na mechanickém základě. Prvopočátek vývojových teorií v novověku spočívá v KANTOVĚ a LAPLACEOVĚ fyzikální astronomické hypotéze o vzniku sluneční soustavy. Odtud se myšlenky vývojové šíří do ostatních přírodních a společenských věd a jsou vtěleny do HEGELOVY dialektiky, z níž nakonec přecházejí do dialektického materialismu.

Na druhé straně v dílech znamenitých fyziků minulosti, v pracích BOLTZMANOVÝCH, PLANCKOVÝCH a EINSTEINOVÝCH i jiných, setkáváme se s četnými odkazy na filozofické studie a ideje.

Je to tedy jasně ona univerzálnost, s kterou fyzika vystihuje skutečnost, jež

ji činí jedním z východisek pro filozofické zobecňování. Jsou tu však i jiné specifické rysy tohoto oboru, které zasahují výrazně do tvorby světového názoru. Mezi ně patří snaha popisovat a vyjadřovat objevené vztahy kvantitativně v řeči matematické, tendence unifikovat pohled na zkoumaný výsek skutečností tím, že se ho snažíme zmocnit vystižením několika mála podstatných vlastností a velmi výrazné zjištění, že dosažený stupeň poznání má relativní charakter. Tímto posledním rysem se moderní fyzika diametrálně odlišuje od fyziky klasického období, v níž její zákony nesly pečeť absolutnosti.

Všechny tyto rysy ovšem vnitřně souvisejí a přecházejí jeden v druhý, protože jsou v principu důsledkem někdy uvědomělého a někdy ne zcela evidentního přesvědčení o jistých obecných vlastnostech světa a o lidských možnostech; toto přesvědčení je typické pro přírodovědecké nazírání vůbec. Je to přesvědčení, že vědou poznávaná skutečnost je objektivně existující, tj. nezávislá na duchovním principu, přesvědčení že všechny jevy a procesy v ní se odehrávají jsou zákonité, tj. jí vlastní a z ní samé plynoucí, a konečně přesvědčení nejtypičtější, že tato skutečnost je poznatelná, tj. ve vědomí zobrazitelná a po správném zobrazení v principu reprodukovatelná.

Kdyby totiž přírodovědci ve své práci z této báze nevycházeli, celá jejich činnost by ztratila svůj smysl. Je tedy zřejmé, že výchova k vědeckému světovému názoru musí probíhat tak, aby z neuvědomělého neboli instinktivního přístupu se stalo přesvědčení vědomé. Přitom se dá postupovat různými cestami. Každý z fyzikálních oborů, ať již ve své historii, jež je cestou za poznáním, či ve své myšlenkové stavbě, jež je určitým obrazem skutečnosti, poskytuje bohatství možností, jak zdů-

raznit a posílit tu či onu složku moderního materialistického názírání.

Již v úvodu do studia fyziky se začínáme zabývat pojmy a vztahy velmi obecnými. Pokoušíme se před studenty vykreslit současný obraz o světě a struktuře hmoty a vedeme je k matematické formě této reprezentace. V ní je neobyčejně důležitá abstrakce, vyzdvihování podstatných složek a oprošřování od ne nezbytných složek. Stupeň abstrakce není sice tak vysoký jako v matematice, avšak v přírodních vědách je rozhodně nejvyšší. V této etapě je neobyčejně důležité podržet vědomí toho, že jdeme cestou abstrakce ze dvou důvodů. Jednak by nemělo docházet k posunu obsahu pojmů, tj. k zúžení nebo rozšřírání jejich obsahu a významu, jednak by se nemělo připustit úplné zanedbání oněch nepodstatných složek. Ty se mohou stát, jak ukázala historie fyziky, někdy velmi důležitými. Je nutné tedy připustit, že všechny fyzikální obrazy, k nimž dospějeme, mají své meze upotřebitelnosti a jejich platnost, i když velmi obecná, nebude univerzální či absolutní.

Klasickou mechanikou lze dobře vystihnout jistou část skutečnosti, ale pro zobrazení vlastností elektromagnetického pole se nehodí. Maxwellovými zákony nelze opět charakterizovat celou řadu atomárních procesů. Kromě toho víme, že jak Newtonova mechanika, tak elektrodynamika jsou limitními případy obecnějších teorií či obrazů o skutečnosti. Vyšetření možností zobrazovat tím nebo oním způsobem určitou třídu jevů by se tedy mělo stát jednou ze součástí každého fyzikálního výkladu.

Naše soudobé představy o světě rozhodně nejsou jednoduché. O tom svědčí celé spektrum disciplín, jež zahrnujeme do tohoto vědního oboru. Ohromná většina z nich však operuje s několika společný-

mi pojmy, které se z hlediska filozofického označují jako kategorie, tj. pojmy nedefinovatelné s pomocí jiných. Jejich zavedení a vystižení jejich obsahu (neboť jen tak je lze vysvětlit) je podmíněno historickým stavem našich znalostí. A tu je třeba, aby pojetí kategorií bylo co nejmodernější. Jinak totiž zastaralý obsah kategorie může velmi znesnadnit cestu k správnému vědeckému názoru a výkladu moderních fyzikálních disciplín, s nimiž se student setkává se vyšších ročnících.

Ve velké většině případů se fyzikální obraz ukládá do prostorového a časového rámce, tj. prostor a čas v něm vystupují jako nezávislé jednotky, případně jsoucna principiálně odlišná od zkoumané skutečnosti. Pojmy nebo lépe kategorie prostoru a času vznikly jistě dávno a prošly určitým a pro fyziku velmi významným vývojem. Potřeby měření a objektivního kvantitativního srovnávání různých geometrických útvarů vedly k zavedení měříttek. Tato měřítka se dala však použít nejen k svému původnímu účelu, ale také k měření vzdáleností mezi jednotlivými hmotnými objekty, tj. i k vystižení „prázdného místa“ mezi nimi. Toto „prázdné místo“, které je využitelné a měřitelné, se patrně stalo podkladem pojmu prostoru jako něčeho prázdného, tj. bez hmoty, avšak měřitelného. Tentýž proces vytvořil z „volné doby“ mezi dvěma událostmi pojem měřitelného, avšak prázdného (volného) jednorozměrného prostoru, který nazýváme časem. Tak se abstrahováním od skutečného rozložení hmoty (neboť pouze tímto rozložením je prostor dán) a abstrahováním od rozložení skutečných sledů dějů na sebe navazujících vytvořila představa o objektivním a nezávisle existujícím prostoru a času, kterou nalézáme v základech klasické mechaniky.

Ve filozofii byly kategorie prostoru a času předmětem důkladného studia i kritiky. B. ENGELS, jak známo, došel ve svých pracích k závěru, že jak prostor, tak i čas jsou neoddělitelnými projevy nebo vlastnostmi hmoty – formami nebo způsoby její existence. Vzhledem k tomu nemohou být ani navzájem zcela nezávislé. Jistě nebylo a není v možnostech filozofie vyjádřit tyto vztahy kvantitativně. K nim dospěla fyzika na počátku tohoto století v teorii relativity, která seznala, že rozpory, k nimž vedou klasické teorie mechaniky a elektromagnetického pole jsou způsobeny nesprávným pojetím prostoru a času. Tvůrce této teorie, A. Einstein, nejdříve ukázal, že mezi prostorem a časem nutně musí existovat vzájemná souvislost, jež je ve speciálním případě vyjádřena Lorentzovými transformacemi, a potom dospěl ve své obecné teorii relativity k odvození závislosti prostorových a časových forem na rozložení hmoty. Vytvořil tak fyzikální obraz na rozdíl od původního zkušenostního obrazu o prostoru a času. Důsledky teorie relativity jsou dalekosáhlé a mnohé z nich se přímo používají v praxi.

K dalším, velmi obecným kategoriím, které začínáme velmi záhy popisovat a vykládat, patří pojem pohybu. Vědecká filozofie rovněž pokládá pohyb za neoddělitelný atribut hmoty, chápe ho však mnohem širěji a obecněji, než je tomu fyzika zvyklá. Vidí totiž pohyb jako změnu, přímo ho s ní ztotožňuje. Každý specifický pohyb je podle ní tedy určitým druhem změny. Z našeho hlediska nejjednodušším typem pohybu je pouhé přemístění neboli mechanický pohyb těles, který se výrazně odlišuje např. od pohybu elektromagnetického pole. První z nich je popisován pohybovými rovnicemi Newtonovými, druhý Maxwellovými. Přitom do popisu daných jevů vchází čistě kvalita-

tivní faktory, které v příslušné sféře kvantifikujeme. Pro mechanický pohyb je podstatná, zejména tehdy, když se zajímáme o dynamické účinky, hmotnost těles, což je míra jisté vlastnosti hmoty. Pro popis elektromagnetického pole a jeho pohybu máme několik veličin a parametrů, jimiž ho charakterisujeme, např. intenzity a náboje, jež jsou opět měrami jistých vlastností hmoty.

Při studiu mechanického pohybu hmotných objektů nás jejich vnitřní struktura často nezajímá, v mnoha případech můžeme daný objekt dokonce aproximovat nebo idealizovat hmotným bodem a dojit ke správným závěrům o charakteru jeho trajektorie v určitém systému. Neměl by nám však při tom unikat fakt, že provádíme dalekosáhlou abstrakci a že zkoumaný pohyb představuje jen jednu, i když v tomto případě nejdůležitější množinu z celé množiny možných pohybů.

Neztratí-li se na počátku výkladu o pohybu vzájemný vztah různých druhů pohybů, budou potom takové důsledky, jako je např. zákon zachování energie v mechanice i mimo ni, mnohem pochopitelnější. Tento zákon, který připouští neomezené možnosti transformací jednoho pohybu v jiný, je specifickým obrazem obecného tvrzení vědecké filozofie o tom, že pohyb je hmotě vlastní. Zákon ekvivalence hmotnosti a energie, k němuž dospěla teorie relativity, tuto větu podtrhuje.

U mnoha typů elektromagnetických polí není jejich dynamický účinek důležitý nebo na první pohled patrný, a proto se v minulosti často stávalo, že elektromagnetické pole bylo pokládáno za pohyb sám o sobě nebo dokonce za energii samu o sobě, tj. za něco, co není hmotné, co nemá hmotného nositele. Při přesném výkladu se však ihned ukáže spornost

takto jednostranného pojetí. Především je třeba všimnout si toho, že energie sama k charakteristice pohybu elektromagnetického pole nestačí. I pohyb volného elektromagnetického pole v rámci klasického fyzikálního popisu je určen energií, hybností (směrem pohybu) a spinem (polarizací). Navíc podle zákona ekvivalence přísluší takovému poli i hmotnost odpovídající jeho celkové energii. Má tedy z fyzikálního hlediska toto pole všechny atributy hmotného objektu klasicky popisovaného v mechanice. Vzhledem k tomu, že se nesporně může vyskytovat jako volné, tj. nevázané na zdroj nebo detektor, je nutně objektivně existující, a tedy v obecném smyslu hmotné. A konečně proměna kvanta tohoto pole – fotonu – v pár elektronu a pozitronu nebo v jiný pár částice a antičástice, jež běžně považujeme za hmotné objekty zrovna tak jako anihilace takových párů a jejich proměna ve fotony, při kterých všechny zákony zachování (energie, hybnosti, spinu, náboje, atd.) jsou splněny, ukazují jasně na to, že elektromagnetické pole je jedním z druhů hmoty.

V tomto posledním argumentu jsme narazili implicitně na další dva fundamentální pojmy, na nichž fyzikální obraz budujeme. Od nejstarších dob pohlížíme na hmotu dvojným způsobem: buď ji vidíme jako složenou z jistých základních kamenů, např. dále nedělitelných atomů, nebo jako spojitou a neomezeně dělitelnou substanci. Oba přístupy se ukázaly být velmi plodnými; obě představy jsou však diametrálně odlišné, i když v některých případech vhodným matematickým postupem přecházíme od jednoho obrazu k druhému. Snaha nalézt jistý konečný počet stavebních kamenů světa je progresivní tendencí umožňující jednotně vyložit ohromnou škálu vlastností přírody –

krásným příkladem tu je chemie vycházející z 92 atomů uspořádaných do Mendělejevovy tabulky. Nejmodernější výzkumy subnukleární fyziky ukazují na možnost, že všechny známé elementární částice by mohly být vytvořeny ze tří elementů – kvarků. Na druhé straně je v přírodě tolik jevů a skutečností, které se nedají vyložit pouze v rámci „atomistického“ pojetí. Spojitost hmoty je nezbytná pro výklad vlnových jevů interference a ohybu, s nimiž se setkáváme jak u „typických polí“, tak u „typických částic“. Oba protikladné obrazy jsou jistým způsobem spojeny v kvantové teorii, která vznikla proto, že klasická mechanika nebyla schopna vyložit vlnové projevy v chování elementárních částic a klasická teorie elektromagnetického pole korpuskulární projevy v chování pole. Absolutní odtrhávání obou stránek – spojitosti i diskontinuity u hmoty, nutně znesnadní pochopení moderních partií fyzikálních a nepřiblíží studentům základní prvky dialektiky, které tyto disciplíny automaticky poskytují. Pro fyziku byla však příroda dvojná do přelomu 19. a 20. století; vyloženě diskontinuitní formu měly hmotné objekty o atomární struktuře a explicitně spojitou formu měla pole. Tyto představy mají nejen svoji setrvačnost, ale odpovídá jim i propracovaný a v široké míře používaný matematický aparát, v němž pojmy spojitosti a nespojitosti jsou neobyčejně důležité. Studující je nutně ovlivňován tímto odtrháváním, jež je konec konců tak jako i v jiných případech důsledkem jistého abstrakčního postupu. Pokud bude respektován při výkladu fakt, že jde o účelnou idealizaci, nebude mít student později zábrany v přijetí obecnějšího a vědeckému názoru bližšího hlediska.

Od začátku výuky v našem oboru seznamujeme žáky i studenty s metodami

zkoumání skutečnosti, s pozorováním přírodních procesů a jevů a s měřením příslušných veličin, s cílevědomým zasahováním do chodu přírody, s experimentováním. V každé z těchto metod navazujeme fyzický kontakt mezi člověkem a danou skutečností. V klasickém období se předpokládalo, že skutečnost můžeme pozorovat, že jednotlivé veličiny můžeme měřit, aniž bychom tuto skutečnost jakýmkoliv způsobem ovlivnili. Každé pozorování zrovna tak jako každé měření je spojeno s přenosem fyzikální informace od zkoumaného objektu nebo systému k člověku nebo k přístroji. Tento přenos je přenosem jisté energie nebo impulsu či náboje a podobně, a proto reprezentuje vzájemné působení mezi zkoumaným (objektem, systémem) a zkoumajícím (přístrojem, člověkem). Bez něho by pozorování skutečnosti nebylo možné. V mnoha případech jistě lze toto vzájemné působení zcela zanedbat, na př. při měření vzdáleností v makrokosmu, jinde to však není možné ani zdaleka. Fyzika si druhou eventualitu uvědomila poměrně pozdě a lze říci, že ji to překvapilo, neboť první možnost se prakticky v jejím historickém vývoji zabsolutizovala. V biologii se zásah působený pozorováním u živých organismů nejen nikdy nevykloučoval, ale naopak se vždy pečlivě vážil. Je kladem kvantové teorie, že byla schopna tuto skutečnost zahrnout do své myšlenkové stavby. Její pozitivní výsledky, s nimiž se setkáváme při výkladu vlastností atomů a chemických sloučenin, při vysvětlování vlastností pevných látek a kapalin a její bohaté praktické aplikace nasvědčují tomu, že její zobrazení skutečnosti – poznání – je relativně velmi věrné a objektivní.

Z tohoto skromného a zdaleka neúplného přehledu o možnostech fyziky dotknout se základních filozofických otázek

a vrhnout na ně jasné světlo s velice konkrétním zabarvením plyne, že tato vědní disciplína má skutečně zcela mimořádný význam ve výchově k vědeckému světovému názoru. Zasnovený výklad moderních fyzikálních partií zrovna tak jako skutečně odborný postup v úvodu do jejího studia zcela přirozenou cestou vede k obecným větám dialektickomaterialistické filozofie. Pochopení jejich fundamentálních myšlenek v jejich vzájemné souvislosti a návaznosti vytváří pevný základ pro vědecký světový názor.

### Příprava učitelů matematiky a fyziky na Humboldtově univerzitě

*Jiří Mikulčák, Praha*

Na podzim 1973 jsem jeden týden studoval otázky přípravy učitelů MF na Humboldtově univerzitě v Berlíně (NDR). Protože tato problematika jistě zajímá pracovníky pedagogických a přírodovědeckých fakult a v některých bodech může poskytnout zajímavé informace i matematikům specialistům, rozvedu zde zprávu o uvedené studijní cestě.

V NDR je *studium učitelství* pro 6. až 12. ročník jednotné, čtyřleté, dvouoborové, a to tak, že jeden z předmětů je hlavní, druhý vedlejší. Na HU je hlavním předmětem matematika, vedlejším fyzika. V obou předmětech absolvují posluchači v prvních dvou letech tzv. základní studium, ve 3. a 4. roce pokračují v povinném studiu obou předmětů, ale z předmětu hlavního si volí navíc obor, v němž chtějí hlouběji pracovat. Volbou oboru (např. geometrie) jsou dány jak přednášky, tak semináře i obsah diplomové práce. K po-