

Motivace v přírodovědné výuce

Filosofie a fyzika

Moto:

Když ponoříte do vody konec hole, zdá se vám, že je zlomená; je to však zrakový klam, který dostatečně korigujeme zkušeností jinou. Víme, že se zkušenost mýlívá, mýlí se smyslové i rozum; proto myslící, kritický člověk upadá ve zvláštní neklid: ví, že se může mýlit.

T. G. Masaryk

Tomáš Milěr

*Příroda uložila všechny své pravdy do nich samých. Náš
důmysl je uzavírá jedny do druhých, ale to není přirozené.
Každá má své místo.*

Blaise Pascal /1. str.86/

Ve slavné knize *Surely You Jokeing, Mr. Feynman* /2. str.60/ její autor vzpomíná, jak se při svých studiích fyziky na universitě v Princetonu jednou ocitl jako divák na filosofickém semináři. Studenti na něm rozebírali nějakou filosofickou knihu, v níž byl často používán pojem „esenciální objekt“, jehož význam Feynmanovi stále unikal. Přestože Feynman neměl v nejmenším úmyslu se do diskuse plést, vedoucí semináře jej oslovil. Zeptal se ho, je-li podle jeho mínění elektron esenciálním objektem. Feynman tedy povstal, a řekl, že jim odpoví, pokud mu řeknou, je-li esenciálním objektem cihla. Pokud by odpověď byla záporná, chtěl by ještě vědět, je-li tedy esenciálním objektem vnitřek cihly. To by mnohé vyjasnilo, jelikož vnitřek cihly zrovna tak jako vnitřek elektronu dosud nikdo neviděl. Propukl však zmatek, jelikož se ukázalo, že každý z účastníků semináře si pod „esenciálním objektem“ představuje něco zcela jiného. Vůbec je nenapadlo položit si jednoduchou otázku, je-li obyčejná cihla (natožpak elektron) esenciálním objektem. Takovéto situace jsou pro filosofické diskuse typické. Filozofové si rádi hrají se slovy, chtějí přesně používat pojmy, jež ovšem každý z nich může chápat v poněkud posunutém významu.

Je však ve fyzice situace lepší? Mají pojmy používané ve fyzice absolutní význam, a víme vždy přesně o čem mluvíme? Mezi nejdůležitější fyzikální veličiny patří jistě energie. Že energii neumíme definovat není žádným tajemstvím, a dokonce jsou s tímto faktem fyzikové smířeni. Vůbec nám to nebrání pojem energie běžně používat; zřejmě proto, že „o co jde“ jaksi intuitivně „víme“. Stačí nám to?

Zcela fundamentálním zákonem fyziky je zákon zachování energie. Skvělé! Nevíme-li co to je, víme aspoň, že se to zachovává. I když se u spousty dříve nedotknutelných fyzikálních zákonů později ukázalo, že mají omezenou platnost, ZZE zatím stále odolává. (Mimochodem – kde se vlastně ta energie, která se vždy a za všech okolností zachovává, vzala?) Ale pozor; přání by mohlo být otcem myšlenky! Nehrajeme si jen s rovnicemi, podobně jako si filozofové hrají se slovy? L. Sklenák ve svém učebním textu k teoretické mechanice /3. str.12/ uvádí: „Zatímco pojem ‚kinetické energie‘ nepostrádá na reálnosti, nelze totéž tvrdit o energii ‚potenciální‘. Tato energie se jeví v jistém smyslu jako fiktivní, určovaná tak, aby její změny pouze kompenzovaly změny kinetické energie. Podobné námitky však lze mít i k ‚reálnosti‘ sil, které lze rovněž považovat za jakési ‚vyvažující‘ členy matematických rovnic v nichž vystupují kinematické veličiny.“

S energií to tedy není tak snadné, jak by se mohlo na první pohled zdát. Další základní veličinou je síla. Víme, co to síla je? Umíme ji definovat? Jistěže to opět víme intuitivně. Feynman tomuto problému věnoval kapitolu ve svých slavných přednáškách z fyziky /2. str.169/. Zamýšlel se, zda by definicí síly nemohl být druhý Newtonův zákon. Došel však k závěru že nikoliv, poněvadž by šlo o definici v kruhu. Navíc podle něj *chování těles nelze vyjádřit žádnými definicemi!*

Když už stále hledám nějaké definice, měl bych vědět co to vlastně „definice“ je. Slovníková definice „definice“ je následující: „Definice je přesné určení významu určitého výrazu jinými (známými) výrazy.“ Jenomže které výrazy ve fyzice jsou doopravdy známé? Je vůbec možné nějakou fyzikální veličinu vytrhnout z kontextu, a definovat ji nějak nezávisle na ostatních veličinách tak, aby se nejednalo o definici v kruhu? Neměl právě tohle na mysli Blaise Pascal (viz. výše uvedený citát)?

R. Feynman dále píše: „Trváte-li na přesné definici síly, nikdy ji nedostanete! Za prvé, protože Newtonův druhý zákon neplatí zcela přesně, za druhé, k pochopení fyzikálních zákonů je třeba pochopit i to, že všechny jsou určitou aproximací.“ Někde jsem slyšel definici fyziky, která se mi zdá být nejtrefnější: „Fyzika je umění zanedbat správnou věc, ve správný čas, a na správném místě.“ A právě v aproximacích byl R. Feynman naprostou jedničkou.

Jistá úroveň aproximace je nutná při fyzikálním výzkumu a při budování nových teorií, jiná na vysokých školách, jiná na středních školách, a pro základní školy je nutné vybrat opravdu jen to nejpodstatnější. Nelze se ale divit dětem, že mají problém pochopit základní fyzikální pojmy, když je opravdu nezbytné tyto pojmy vytrhnout z kontextu dalších a dalších pojmů a jejich vztahů. Pokud prezentujeme dětem fyzikální poznatky jako jednoduchá a samozřejmá „fakta“, dítě pak může mít dojem, že je to jeho chyba, když to nepochopilo zcela. Například že se dvě hmotná tělesa navzájem přitahují může přijmout jako fakt, ale nechápe „proč“. Ovšem dítě už neví, že to dodnes přesně neví vlastně nikdo. Všichni, i ti nejlepší fyzikové, tomu mohou porozumět jen na určité úrovni. Zatím nejdále se lze dostat v pochopení tohoto jevu přes OTR a kvantovou fyziku (interakce zprostředkovaná gravitony). Jenomže i geniální R. Feynman jednou prohlásil, že si troufá tvrdit, že „kvantové fyzice vlastně doopravdy nerozumí nikdo“. Přesto si myslím že „proč?“ bychom se měli ptát vždycky, ať už je naše poznání na jakékoliv úrovni, a ptát by se měly i děti na základní škole. Učitel by pak ale měl vědět, že se to neví.

Opakem hluboké pravdy je opět hluboká pravda.

Niels Bohr

V současnosti jsou fyzikové nuceni pracovat jak s fyzikou *klasickou*, do níž spadá i teorie relativity, tak s fyzikou *kvantovou*, jenž funguje na zcela jiných principech. Zatímco klasická fyzika se zabývá makrosvětlem, a je striktně kauzální, kvantovou fyziku používáme pro popis mikrosvěta, a tento popis je pravděpodobnostní. Dalším základním kamenem kvantové fyziky je Bohrovův *princip komplementarity* /9. str.87/. Ten říká, že kvantovému systému nelze připsat všechny klasické vlastnosti najednou. Některé se vzájemně doplňují, a současně vylučují. Důsledkem toho je *princip neurčitosti*.

Kde však leží hranice mezi mikrosvětlem a makrosvětlem? Proč větší objekty podléhají zákonům klasické fyziky, přestože jsou složeny z atomů, jenž se řídí pravidly fyziky kvantové? V roce 1999 byl proveden pokus /9. str.44/, při němž se nechaly procházet difrakční mřížkou už ne jen samotné elektrony nebo jednotlivé atomy, ale fullerény, což jsou molekuly sestávající ze šedesáti atomů uhlíku. Přestože v měřicím zařízení byla vždy přítomna jen jedna molekula, četnost detekcí molekul za mřížkou se řídila interferenčním zákonem. Každá z molekul tedy musela interferovat „sama se sebou“.

Onou hranicí mezi kvantovým a klasickým světem by mohl být *kolaps vlnové funkce*. Dokud do kvantového systému nezasáhneme měřením, chová se podle kvantových pravidel. Jakmile však dojde k interakci objektu kvantového světa s okolním „klasickým“ světem, stane se jeho součástí. Co však způsobí onen kolaps vlnové funkce? Poněkud extrémní vysvětlení navrhli John von Neumann a Eugene Wigner /9. str.88/. Podle nich by ke kolapsu vlnové funkce mohlo dojít až v okamžiku, kdy v mysli pozorovatele dojde k uvědomění si výsledku měření. S podobnými interpretacemi ostře nesouhlasil Albert Einstein, a tvrdil, že „vesmír prostě existuje, ať se na něj zrovna díváme nebo ne“.

Schrödinger navrhl myšlený pokus, v němž uzavřeme do krabice živou kočku. Dále do krabice umístíme zařízení, sestávající z radioaktivní látky, detektoru a ampulky s jedem. Dojde-li ve stanoveném čase k radioaktivnímu rozpadu, ampulka se rozbije, a kočka zemře. Atomové jádro se nachází v *superpozici stavů* $|celé\rangle$ a $|rozpadlé\rangle$. I kočka by se tedy měla před otevřením krabice nacházet v superpozici stavů $|živá\rangle$ a $|mrtvá\rangle$. Bude-li výsledek měření „mrtvá kočka“, máme mít výčitky, že jsme krabici otevřeli? Ve které fázi experimentu vlastně k redukci vlnové funkce došlo? Zásadní otázkou ovšem je, zda můžeme makroskopickému objektu, jako je kočka, přisuzovat kvantové stavy. Reálná kočka totiž vyzařuje a přijímá energii, tudíž s okolím interaguje. Pokud kočku do kvantového systému nezahrneme, pak podle L Skály /10. str.150/ onen paradox v interpretaci experimentu vymizí.

Když se vrátíme k pokusu s fullereny, experimentátoři museli tedy zajistit, aby během experimentu nedošlo k interakci zkušebních molekul s okolím. Jinak by nemohlo k difrakci a interferenci docházet. Ovšem atomy v molekule interagují mezi sebou, a nutně dochází k jejich tepelnému pohybu. Nemám k uvedenému pokusu více informací, ale zajímalo by mě, jak mohli experimentátoři zajistit, aby fullereny na cestě k detektoru nevyzářily nebo nepřijaly žádný foton. Bylo zařízení nějak chlazeno? A co gravitační působení? To kolaps vlnové funkce způsobit nemůže?

Podle OTR „hmota říká prostoru, jak se má zakřivit, a prostor říká hmotě, jak se v ní má pohybovat“. Ovšem jak může prostor v okolí pokusného fullerenu vědět, jak se má zakřivit, když je jeho poloha díky *relaci neurčitosti* neznámá? Není důležité ani tak to, že není známa pozorovateli, ale pojem „přesná poloha“ vůbec nemá před měřením smysl! Newtonův gravitační zákon přesně platí nejen v makroskopických měřících, ale i v mikrosvětě. Nedávno se podařilo ověřit jeho platnost na vzdálenost 1 nm! Experiment spočíval v tom, že nechali odskakovat neutron od podložky podobně jako pink-pongový míček. Při nějaké limitní energii již neutron neodskočí, což umožňuje měřit gravitační sílu, i to, že je nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti. Jak skloubit kvantovou fyziku s gravitací? Na kvantové teorii gravitace v současnosti intenzivně pracuje mnoho specialistů po celém světě, ale dokončena zatím nebyla.

Nemohu odpustit Descartovi: v celé filosofii by se nejraději obešel bez Boha; ale přece jen si nemohl pomoci a připsal mu ono cvrknutí, které uvedlo svět do pohybu; pak už nemá s Bohem co dělat.

Blaise Pascal /1. str.79/

Spor o roli Boha ve vesmíru je i dnes aktuální, a stejně živý jako v 17. století. Touto otázkou se zabývá například i Stephen W. Hawking ve své knize „Stručná historie času“. Hawkinga fyzikální úvahy přivedly k závěru, že *pro Boha není ve vesmíru místo*. Většinou se asi fyzikové shodnou na tom, že Bůh (ať už je to cokoli) do dění ve světě nezasahuje, přírodní zákony nijak neupravuje, ovšem svou práci mohl odvést při stvoření světa. A. Einstein se ptal *zda měl Bůh při tvoření světa na vybranou*. Einstein byl sice hluboce věřící člověk, ale nehlásil se k žádné církvi. Jeho pojetí Boha mnoho lidí stále oslovuje. Einstein tvrdil, že *„náboženství bez vědy je slepé, zatímco věda bez náboženství je slabá a chromá“* /8. str.9/. Mezi nejslavnější Einsteinovy výroky patří: *„Bůh nehraje v kostky“*. Vyjádřil tak svůj nesouhlas s pravděpodobnostní interpretací kvantové fyziky.

Křesťanský teolog a filosof Augustin (354 – 430) se zase ptal: „*Co dělal Bůh před stvořením světa?*“. Došel k závěru, že čas je vlastností vesmíru, a před vznikem vesmíru tedy čas neexistoval. Také podle současných fyzikálních představ nemá pojem času před velkým třeskem smysl. Podobná situace je i v případě černých děr, jelikož za horizontem událostí již neplatí, že by příčina musela nutně předcházet následku.

K předním českým odborníkům na poli astrofyziky patří bezesporu RNDr. Jiří Grygar. Je však znám i svou otevřenou obhajobou víry (je křesťanem) a teologie jakožto plnohodnotné vědy. Nic mu to však neubírá na prestiži ani u jeho ateisticky smýšlejících kolegů astronomů. Či spíše naopak. (Další aktivitou RNDr. Grygara je jeho působení v čele společnosti Sysyfos, jenž každoročně uděluje anticenu „Bludný balvan české vědy“ za vědecké mystifikace.)

Kolik hvězd které dřív pro naše filosofy vůbec neexistovaly, nám odhalili zvětšovací čočky! Písmo svaté bylo otevřeně napadáno, že uvádí tak velký počet hvězd, a tvrdilo se: „Je jich tam tisíc dvaadvacet, víme to.“

„Na zemi jsou byliny, vidíme je.“ – Z měsíce bychom je neviděli. – „A na těch bylinách jsou chloupky a v těch chloupkách drobní živočichové: ale pak už nic.“ – Ó domýšlivci!

„Směsi jsou složeny z prvků; a prvky dál už složeny nejsou.“ – Ó domýšlivci, to je choulostivý bod!

„Nemůžeme říkat, že je něco, co nevidíme.“ – Musíme říkat to, co druzí, ale nesmíme si myslet totéž co oni.

Blaise Pascal /1. str.85/

Jak v roce 2003 vyplynulo z měření kosmické sondy WMAP, o vesmíru zatím víme opravdu jen velmi málo. Zjistilo se totiž, že vesmír je z 73% tvořen „skrytou energií“, 23% tvoří „skrytá hmota“, a jen 4% připadají na hmotu v té formě, jakou ji známe (baryonová hmota). Přitom o té skryté energii a hmotě nevíme vlastně vůbec nic, dávají nám o sobě vědět jen svými gravitačními účinky. Skrytá hmota totiž brzdí rozpínání vesmíru, zatímco skrytá energie vesmír v jeho rozpínání popohání. Je to jako bychom měli nohu na brzdě i na plynu současně. Skrytá energie se vyznačuje tzv. „odpudivou gravitací“, a protože je jí víc, vesmír se rozpíná zrychleně. To je vše, co víme o většině našeho světa. Nemáme ani ponětí, kde máme tyto komponenty vesmíru hledat, a jaké k tomu máme použít prostředky. Podstatné je, že z těch 4% nám známé látky je velice obtížné, ne-li vůbec nemožné, dělat jakékoliv závěry o světě, ve kterém žijeme.

Literatura:

1. Blaise Pascal, *Myšlenky*, Odeon, Praha 1973
2. Richard P. Feynman, *To nemyslíte vážně, pane Feynmane!*, Aurora, Praha 2001
3. L. Sklenák, *Teoretická mechanika*, učební text KFY PŘF OU, dokument PDF, Internet
4. Feynman – Leighton – Sands, *Feynmanovy přednášky z fyziky I.*, Fragment, Praha 2001
5. Stephen W. Hawking, *Stručná historie času*, Mladá fronta, Edice Kolumbus, Praha 1997
6. Richard P. Feynman, *O povaze fyzikálních zákonů*, Aurora, Praha 1998
7. Richard P. Feynman, *To nemyslíte vážně, pane Feynmane!*, Aurora, Praha 2001
8. *Věda a víra* (Autorizovaný záznam besedy přírodovědců, filosofů a teologů u kulatého stolu – inicioval RNDr. Jiří Grygar), Aldebaran, Valašské Meziříčí 2004
9. Miloslav Dušek, *Koncepční otázky kvantové teorie*, Vydala a vytiskla Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2002
10. Lubomír Skála, *Úvod do kvantové mechaniky*, Academia, Praha 2005