

Rozhledy matematicko-fyzikální

Ivan Štoll

Ve znamení světelného kužele

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 80 (2005), No. 1, 2–5

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/146081>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2005

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



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

Ve znamení světelného kužele

Ivan Štoll, FJFI ČVUT Praha

Právě probíhající rok 2005 je světovým rokem fyziky, WYP 2005. Fyzikální společnosti a časopisy, ale i akademické, výzkumné a kulturní instituce v několika desítkách zemí pěti světadílů, pořádají konference, soutěže, besedy, výstavy, pouliční představení, organizují televizní a rozhlasové pořady, vydávají knihy a články seznamující veřejnost a zejména mládež s výsledky a úspěchy moderní fyziky a jejím významem pro rozvoj vědy, techniky a civilizace vůbec. Je paradoxní, že na jedné straně je převážná část našich technických vymožeností, ale i řešení globálních problémů a naše chápání přírody a vesmíru, založena na fyzikálních poznatcích, a na druhé straně obecné vnímání fyziky ve veřejnosti a zájem mladých lidí o její studium klesá. Světový rok fyziky má zájem o povzbuzení tohoto vědního oboru.



S nápadem věnovat rok 2005 fyzice přišla Evropská fyzikální společnost v roce 2001, podpořila ho Mezinárodní unie pro čistou a aplikovanou fyziku, Americká fyzikální společnost a záštitu nad ním převzala UNESCO, kulturní organizace při Organizaci spojených národů. Účastní se ho samozřejmě i Česká fyzikální společnost při JČMF a česká pošta vydá k 25. 5. 2005 příležitostnou poštovní známku. Celá akce nemá nějaký celosvětově řízený program, je to spíš výzva, aby všichni fyzikové ve svých zemích a institucích udělali všechno pro popularizaci svého oboru. Je to ale také velké zamyšlení nad vývojem a úlohou fyziky ve společnosti, jejím kulturním charakterem a morální zodpovědností, technologickými, ekonomickými a politickými důsledky fyzikálních objevů.

Rok 2005 nebyl vybrán jako rok fyziky náhodou. Uplyne totiž právě 100 let od roku 1905, kdy Albert Einstein uveřejnil své tři slavné práce, které otevřely brány nové, moderní fyzice. Byl to Einsteinův „zázračný rok“ – „annus mirabilis“. Einsteinovi bylo tehdy 26 let; připomeňme, že Newtonovi bylo 24 let, když během „morových prázdnin“ v rodném Woolsthorpu přišel na svůj gravitační zákon a základy diferenciálního a integrálního počtu. Pětadvacet let je doba velkých životních objevů.

Jedna z těchto Einsteinových prací se týkala Brownova pohybu, chaotického pohybu částicek vznášejících se v nehybné tekutině vyvolaného nárazy molekul (*Ann. Phys.* 17, 1905, 549–560). Einstein vypracoval matematickou teorii tohoto jevu, kterou o rok později nezávisle na Einsteinovi rozvinul polský teoretický fyzik Marian Smoluchowski. Jako přesvědčený atomista podal Einstein poslední, rozhodující důkaz o tom, že atomy a molekuly skutečně existují. Bylo to v době, kdy někteří fyzikové, jako Ernst Mach, stále ještě o existenci atomů pochybovali a považovali je jen za jakési myšlenkové konstrukce.

Druhá stěžejní práce, která nakonec Einsteinovi přinesla Nobelovu cenu za rok 1921, byla věnována vyzařování a přeměnám světla (*Ann. Phys.* 17, 1905, 132–148). Einstein v ní vysvětlil zákonitosti fotoelektrického jevu na základě hypotézy světelných kvant. Kvantu záření zavedl do fyziky Max Planck roku 1900, když se pokoušel o matematické odvození spektra záření absolutně černého tělesa; považoval je však jen za jakýsi pomocný matematický pojem. Teprve Einstein důsledně domyslel kvantovou hypotézu, nespojitý charakter světla, a stal se vlastně objevitelem nové elementární částice, která byla později nazvána fotonem. Einsteinova teorie fotoelektrického jevu byla experimentálně potvrzena až v letech 1914–1916 Robertem Millikanem na fotokatodách z lithia, sodíku a draslíku ve vakuu. Einstein tak stanul na počátku kvantové fyziky, která dnes popisuje chování mikrosvětla. Byl jedním z jejích zakladatelů, i když se později s některými zdánlivě absurdními důsledky kvantové fyziky nedokázal smířit. Celý život byl přesvědčen, že za náhodným, pravděpodobnostním chováním částic mikrosvětla musí být ještě nějaké zákonité pohyby na hlubší úrovni; podobně jako jsou Brownovy částice ovlivňovány nárazy molekul. „Bůh přece nehraje v kostky,“ říkal.

Třetí Einsteinova práce z roku 1905 vyšla pod názvem „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“ – „K elektrodynamice pohybujících se těles“ (*Ann. Phys.* 17, 1905, 891–921). V této práci Einstein zformuloval svou speciální teorii relativity. Vyšel z postulátu, že rychlost světla ve vakuu nezávisí na pohybu vztažné soustavy, a rozvinul důsledky, které odtud plynou pro vlastnosti prostoru a času. Zobecnil tak Newtonovu mechaniku, která platí jen pro pohyby pomalé ve srovnání s rychlostí světla, a odstranil rozpor mezi mechanikou a elektrodynamikou, který tenkrát trápil fyziky. Nedal se přitom odradit zdánlivě absurdními důsledky, které z teorie relativity vyplynuly, jako třeba zkracování délek nebo zpomalování chodu času pohybujících se objektů – podstatné je, že je experimenty potvrzují.

Tak jako tři mušketýři byli jak známo čtyři, tak i tři Einsteinovy články z roku 1905 byly čtyři. Poslední z nich, vlastně jakýsi dodatek ke speciální teorii relativity na pouhých třech stránkách, vyšel v září (*Ann. Phys.* 18, 1905, 639–641) a najdeme v něm známý Einsteinův vztah mezi hmotností a energií $E = mc^2$, který tak poznamenal fyziku, ale i osudy lidstva ve 20. století.

Světový rok fyziky má své barevné logo. Je jím světelný dvojitý kužel, který znázorňuje vztah mezi prostorem a časem ve speciální teorii relativity. Čas a prostor patří odjakživa k velkým hádánkám přírody. Jak uvádí Riegrův slovník naučný, „čas, rovněž jako prostor, náleží k oněm pojmům, o jejichž výměr darmo se lidský důmysl pokoušel“. S vlastnostmi prostoru a času měli potíže už staří Řekové, kteří se především nechtěli smířit s nekonečnou velikostí prostoru a nekonečným trváním času, ale také s jejich spojitostí a možností nekonečného dělení na stále menší části. Aristoteles si kladal otázku, jak dlouho trvá „okamžik“, a uvědomil si, že vlastně existuje pouze přítomný okamžik – čas minulý totiž už neexistuje a čas budoucí ještě neexistuje. Staří Řekové se také ptali, zda může existovat prostor bez věcí (*příroda má hrůzu z vakua*) a čas bez nějakých dějů. Feynman vtipně podotkl, že čas je vlastně to, co se děje, když se nic neděje. Hned však dodává, že taková definice nám ve fyzice moc nepomůže.

V klasické mechanice v Newtonově pojetí je prázdný absolutní prostor jakýmsi jevištěm, kde probíhají přírodní děje, a prázdný absolutní čas plyne stále stejně sám od sebe. Čas je tedy chápán jako spojitý parametr – podobná situace je ostatně i v nerelativistické kvantové mechanice. Představa o tom, že čas plyne nezávisle na čemkoli a je stejný ve všech vztažných soustavách, je vlastně blízká takzvanému „zdravému lidskému rozumu“. Čas má pro nás ovšem i rozměr psychologický; víme dobře, jak nám někdy utíká rychle a jindy pomalu. Byl proto i předmětem zkoumání filozofů a psychologů; snad nejznámějším z nich je francouzský filozof Henri Bergson, odpůrce teorie relativity. Ten odmítal propojovat čas s prostorem, nahrazoval ho pojmem „trvání“, které podle něho není fyzikální veličinou. „Trvání neměříme, nýbrž cítíme,“ říká Bergson.

Einstein spojil dvě vzájemně se pohybuující inerciální vztažné soustavy Lorentzovými transformacemi, v nichž čas hraje roli jedné ze souřadnic, a to dokonce imaginární. Že se to zdá být absurdní a že si neumíme představit imaginární čas? Jistě, ale příroda už taková je. Žijeme ve čtyřrozměrném prostoročase událostí a tyto události jsou odděleny tzv. intervalem, který může být reálný, nulový nebo imaginární. Interval vlastně na-

hrazuje vzdálenost v eukleidovských prostorech; ta je ovšem vždy reálná a nezáporná. Einstein tak vnesl do fyziky úplně nový pohled na prostor a čas a jejich vzájemné propojení se všemi paradoxními důsledky.

Čtyřrozměrný prostoročas můžeme jen obtížně nakreslit. Volíme proto obvykle jen dvě prostorové osy x , y a za třetí osu z bereme čas t násobený rychlostí světla c . Je to jako kdybychom se pohybovali pouze v rovině x , y ; stejně se většinou přemísťujeme jen po dvourozměrném povrchu Země. Počátek naší soustavy odpovídající $x = y = t = 0$ představuje událost „zde a nyní“ – pro vás tedy například, že v určitém okamžiku a na určitém místě na zemském povrchu právě čtete Rozhledy matematicko-fyzikální.

Zvolený počátek je vrcholem dvojitého kužele. Body uvnitř spodního kužele pro $t < 0$ jsou události minulé, body uvnitř horního kužele pro $t > 0$ jsou události budoucí. Všechny tyto události jsou spojeny s počátkem časupodobnými reálnými intervaly s , pro něž platí $s = (c^2t^2 - x^2 - y^2)^{\frac{1}{2}}$; takové dřívější události mohou ovlivnit ty pozdější a mohou být tedy vzájemně spojeny příčinnou souvislostí. Vyjdeme-li například od události našeho zrození kdesi v minulosti, budou všechny události našeho života (nebo života elementární částice) tvořit spojitou světočáru. Ta právě prochází počátkem a začne směřovat někam do budoucnosti. Náš život je řetěz událostí, z nichž jedna má za následek druhou. Jestliže jsme prochladi, bude zřejmě brzy následovat událost, že dostaneme teplotu. Pořadí těchto dvou událostí se nedá zaměnit.

V teorii relativity je podstatné, že jedna událost může ovlivňovat druhou nejvýše rychlostí světla. Události spočívající ve vyslání a přijetí světelného signálu leží na povrchu světelného dvoukužele. Kdesi a kdysi v minulosti vybuchla supernova a zpráva o této události znázorněná na povrchu spodního kužele k nám právě teď dorazila do počátku rychlostí světla. Svým zářením nás může také příčinně ovlivnit. Interval mezi takovou událostí a počátkem je nulový, což odpovídá tomu, že rovnice $c^2t^2 - x^2 - y^2 = 0$ je rovnicí dvoukuželové plochy.

Jsou ovšem události, které s námi nijak propojeny nejsou a leží vně světelného dvoukužele. Ty jsou spojeny s počátkem prostorupodobnými imaginárními intervaly. Kdesi ve světě se tedy dějí věci, o nichž nic nevíme a které nás, alespoň do této chvíle, nemohly nijak ovlivnit. Vidíme tedy, že logo Světového roku fyziky názorně charakterizuje Einsteinův pohled na prostor a čas, který všechna pozorování a experimenty za uplynulých sto let potvrzovaly.