

Rozhledy matematicko-fyzikální

Jan Horský; Vladislav Navrátil
Rozměrnost fyzikálního prostoru

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 84 (2009), No. 1, 23–25

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/146283>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2009

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>

Literatura

- [1] Bednář, J.: *Pozoruhodné jevy v atmosféře*. Academia, Praha, 1989.
- [2] Příhoda, P., Holovská, H.: *Průvodce astronomií*. Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy, Praha, 1995.
- [3] Whalley, E.: Scheiners Halo: Evidence for Ice Ic in the Atmosphere, *Science* **211**, 4480 (1981), s. 389–390.
- [4] Whalley, E.: Cubic Ice in Nature, *Journal of Physical Chemistry* **87**, 21 (1983), s. 4174–4179.
- [5] <http://tea.armadaproject.org/bowman/1.11.1999.html>
- [6] www.atoptics.co.uk

Rozměrnost fyzikálního prostoru

Jan Horský, Vladislav Navrátil, Pedagogická fakulta MU Brno

Abstract. Physics teaching for secondary schools has to be shifted to be dealing with more modern and more actual living problems. Practically no information is presented about one of a very fundamental problem of dimensions. We are trying to do so in the sense of a very nice book of Einstein and Infeld [1].

Otázka rozměrnosti prostoru je nejen velmi aktuální a živá, ale má také bohatou i poučnou historii. V pythagorejském obrazu světa se bod ztotožnil s jedničkou, dvojka s křivkou, trojka s rovinou a čtyřka s tělesem. Z komentáře Simplitia k Aristotelovu traktátu *O nebi* víme, že „talentovaný Ptolemaios ukázal, že není více než tři rozměrů, nelze najít více než tři přímky svírající vzájemně pravý úhel, dvě z nich určují plochu, třetí pak hloubku. Kdyby byl další rozměr za třetím, byl by zcela neměřitelným a neurčeným.“ Galileo Galilei dokonce svoji knihu *Dialog o dvou systémech světa* začíná úvahami o třírozměrnosti prostoru. Salviati, hovořící zde za Galilea, navrhuje experimentálně vyjasnit, jaký je rozměr prostoru. Slovo „experimentálně“ v sobě odráží, že pro Galilea je třírozměrnost prostoru faktem fyzikálním.

Fyzikům tedy nestačí, že je představa o třírozměrnosti prostoru intuitivně jasná. I. Kant dal poprvé do souvislosti třírozměrnost prostoru s tvarem Newtonova gravitačního zákona. Známy holandský fyzik Paul

Ehrenfest ukázal, jaké důsledky by měl jiný počet rozměrů prostoru na samotný pohyb planet, galaxií a tím i na stavbu celého vesmíru. Ehrenfest též prokázal, že spektrum a stavba vodíku by přinášely nesrovnatelnosti s experimentem v jiných prostorech než právě v prostorech třírozměrných.

Bouřlivý rozvoj vědy začátkem minulého století přinesl další nové pohledy na zkoumaný problém. Francouzský matematik a fyzik H. Poincaré především velmi pečlivě propracoval samotný pojem dimenze (rozměrnosti) prostoru. H. Minkowski a A. Einstein velmi přirozenou cestou zavedli a jasně propracovali matematickou a fyzikální představu čtyřrozměrného prostoročasu.

Vývoj se v tomto směru nezastavil ani po vzniku speciální teorie relativity, ani po vzniku obecné teorie relativity. Einstein stále věřil, že i když příroda doslova hýří bohatostí nejrůznějších struktur a jevů, že je velmi úsporná na základní principy. Až do své smrti pracoval na tzv. unitárních (jednotných) teoriích pole. Myšlenka unitární teorie pole je nicméně velmi přitažlivá. Podle ní by mělo existovat jediné základní, všezahrnující fyzikální pole, jehož projevem by byla všechna pole pozorovaná v přírodě – pole elektromagnetická, pole slabých i silných interakcí i pole gravitační.

Cesta k takovýmto sjednocovacím snahám všech čtyř interakcí však byla a je dodnes hodně složitá. Začátkem dvacátých let minulého století T. Kaluza a O. Klein vytvořili jednotnou teorii elektromagnetického a gravitačního pole. V jejich teorii se vychází z představy, že ve fyzikálních základech popisu světa leží zakřivený prostoročas s jednou časovou a čtyřmi prostorovými souřadnicemi. Podařilo se odvodit rovnice, které zároveň popisovaly jak pole elektromagnetické, tak pole gravitační. Nepodařilo se však hlouběji objasnit podstatu páté souřadnice, její zavedení se jevilo jako umělé.

Jak se dá například souřadnice (dimenze) „navíc“ s jistou názorností zavést? Představte si, že žijete ve dvourozměrné ploše (jste dvourozměrní). Když se v ní pohybujete a dostanete se k nějaké čáře, nemůžete ji ani přelézt ani podlézt, musíte ji roztrhnout nebo obejít. V obklopujícím třírozměrném prostoru budíž umístěna žárovka a nit, která vrhá na vaši plochu stín. Protože v této ploše žijete, vnímáte jen to, co je v ní. Nevíte tedy nic o niti ani o žárovce. Víte však o existenci stínu, který je součástí vašeho světa, ale chová se jinak než ona „čára“ přes cestu. Stín a jeho vlastnosti si můžeme prozkoumat a třeba vás napadne, že vznikl „projekcí“ ze světa vyšší dimenze.

Přejděme ke zmíněnému světu pětirozměrnému. Skutečnost že v „běžných“ situacích se závislosti na páté souřadnici neprojeví, lze opět názorně objasnit například takto: křivka je jednorozměrný objekt tvořený body. Pod pojmem křivka si představíme například vlas. Vlas je ale ve skutečnosti třírozměrný objekt, třírozměrný pokrivený váleček. To, co je v naší představě o vlasu bod, je ve skutečnosti kroužek a když budeme uvažovat jen o plášti vlasu, je to kružnice. Plášť vlasu je dvojrozměrný objekt, který díky jeho malosti vnímáme jako jednorozměrný. Po plášti ale tak malého „vlasu“, který by měl průměr třeba 10^{-33} cm, se už ale nemůže částice pohybovat, nemůžeme tedy z ničeho usoudit, že křivka má i svůj plášť, a že tedy není pouze objektem jednorozměrným.

Lze tvrdit, že výsledky Kaluzových a Kleinových prací tvoří počátek nového přístupu k realizaci unitární teorie pole na základě prostoročasu s rozměrností (dimenzí) vyšší než čtyři. Takovému vyššímu rozměru se často říká dimenze skrytá, zkompatifikovaná. Další stimulační roli sehrály výsledky práce řady fyziků, například F. Kleina, V. Foka, W. Heisenberga a dalších, a to v letech sedmdesátých.

Zcela soudobá fyzika spočívá na dvou základních pilířích, na kvantové teorii a na obecné teorii relativity. První teorie v sobě nezahrnuje tak důležitou interakci – gravitační, druhá teorie není teorií kvantovou. Snaha o sjednocení obou teorií, snaha o vypracování jednotné teorie všech čtyř interakcí je posilována obrovskou touhou astrofyziků hlouběji porozumět stavu a vývoji vesmíru těsně kolem Velkého třesku.

K požadavku takzvané supersymetrie užívanému již v předchozí části unifikací cest se připojila myšlenka, že fundamentální stavební prvky hmoty nejsou bodové elementární částice, ale spíše jednodimenzionální struny, hovoří se o superstrunách kmitajících ve více než čtyřrozměrných prostorech (například v prostoru jedenácti-rozměrném). Nutno ovšem dodat, že teorie superstrun není jedinou soudobou teorií kvantové gravitace, to by ale vyžadovalo samostatný příspěvek. Pokud by čtenář měl hlubší zájem o komplexní a fantastický výklad i soudobého spektra zmiňovaných otázek, doporučujeme dílo R. Penrose [2].

Literatura

- [1] Einstein, A., Infeld, L.: *Fyzika jako dobrodružství poznání*. Aurora, Praha, 2000.
- [2] Penrose, R.: *The Road to Reality*. Vintage books, London, 2004.