

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

I. J. Tamm

Albert Einstein a soudobá fyzika

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 1 (1956), No. 5-6, 757--761

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137352>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

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>

ALBERT EINSTEIN A SOUDOBA FYSIKA¹⁾

»18. dubna 1955 zemřel Einstein. Zhasla zářivá hvězda. Zemřel snad největší fyzik všech dob. Zemřel člověk nevýslovné dobroty, vycházející spíše z hlavy než ze srdce. Zemřel člověk, který byl svědomím světa, člověk, který vždy pozvedal svůj hlas na ochranu utlačovaných, proti tyranii.«

Tak uzavírá L. Infeld, vynikající polský fyzik a jeden z nejbližších spolupracovníků Einsteinových svoje »Vzpomínky na Einsteina«²⁾ Je možno, a také nutno kriticky hodnotit filosofické stanovisko A. Einsteina, je možno litovat, že jako myslitel zůstal v idealistickém táboře, nelze však popřít, že ve fyzikovi Einsteinovi zhasla hvězda první velikosti, že odešla osobnost, která se důstojně řadí k takovým velikánům vědy, jako jsou Galilei, Newton, Lobačevskij, Mendělejev, Kopernik a jirť, jejichž jména jsou nerozlučně spjata s celými vývojovými epochami v poznávání přírody. Jako vědec patří A. Einstein všemu lidstvu.

Sovětský svaz důstojně vzpomíná tohoto genia. Ve dnech 30. listopadu a 1. prosince 1955 se konalo zasedání fyzikálně matematické sekce Akademie věd SSSR, věnované padesátému výročí založení teorie relativity a sovětský časopis »Uspechi fizičeskich nauk«, časopis určený přehledům současného stavu nejaktuálnějších problémů fyziky a přílehlých vědních oborů, věnoval A. Einsteinovi celé první číslo LIX. svazku.

Obsah tohoto čísla tvoří kromě krátkého redakčního úvodníku devět statí, které lze rozdělit do tří skupin:

Jednu skupinu tvoří první čtyři statí: I. J. T a m m, »A. Einstein a soudobá fyzika« (A. Einstein i sovremennaja fizika), V. L. G i n z b u r g, »Experimentální ověření obecné teorie relativity« (Experimentálnaja proverka obščej teorii otnositel'nosti), A. A. M i c h a j l o v, »Pozorování Einsteinova efektu za slunečních zatmění« (Nabluděnije efekta Einsteina vo vremja solnečnych zatmenij) a V. A. F o k, »Pohybové rovnice soustavy těžkých mass s ohledem na jejich vnitřní strukturu a rotaci« (Uraňeniya dviženija sistěmi tjaželych mass s učetom ich vnutrennej struktury i vraščeniya). Jsou to referáty, přednesené na zmíněném zasedání fyzikálně matematické sekce Akademie věd SSSR.

Druhou skupinu tvoří jednak ruské překlady dvou Einsteinových prací, poměrně méně známého pojednání »Příčiny vzniku zakřutů v řečištích a tak zvaný zákon Beerův« (uveřejněno v »Die Naturwissenschaften«, sv. 14, 1926) a »Trochu autobiografie« (»Autobiographisches«, po prvé uveřejněno ve sborníku »Albert Einstein, Philosoph - Scientist«, The Library of Living Philosophers, 1949, Illinois, USA), jednak »Poznámka k autobiografii A. Einsteina« od V. A. F o k a. Autobiografická stať Einsteinova je cenným dokumentem pro poznání jeho tvůrčích method; ukazuje však zároveň Einsteinovy gnoseologické chyby, zejména tam, kde hovoří o původu pojmů, o libovolnosti pojmů a teorií, o logických kriteriích pravdivosti teorií, o možnosti čistě racionálního poznání přírody a jiné. Fokova »Poznámka« dokumentuje autorovo stanovisko k obecné teorii relativity, v níž vidí teorii gravitace a nikoli zobecnění principu relativity.

Třetí skupinu tvoří dvě statí nesovětských autorů; M a x

1) I. J. T a m m, A. Einstein i sovremennaja fizika, zahajovací projev na zasedání fyzikálně matematické sekce Akademie věd SSSR, konaném ve dnech 30. listopadu a 1. prosince 1955 u příležitosti 50. výročí založení teorie relativity, UFN, sv. LIX, č. 1, 1956.

2) Twórczość, č. 9, 1955; ruský překlad I. J. D u d o v s k é a G. I. Z a l u c k é h o v UFN, sv. LIX, č. 1, 1956.

Born, »A. Einstein a světelné kvanty« (přednáška v Berlínské fyzikální společnosti ze dne 18. března 1955, publikováno v »Die Naturwissenschaften«, sv. 42, 1955) a Leopold Infeld, »Vzpomínky na Einsteina« (Twórczość, č. 9, 1955, ruský překlad I. J. Duďovské a G. I. Zalučkého). Z obou pojednání zejména Bornovo ukazuje velmi výrazně úlohu, kterou měl Einstein při smělé přetváření našich představ o světle. Born ukázal, že již z rozboru faktů, známých v roce 1905, vyplývají kvantové vlastnosti světla. Z Einsteinovy korespondence s Bornem je snad jasněji než z čehokoli jiného patrné, čeho se Einstein obával, když se stavěl proti »kodaňské interpretaci« kvantové mechaniky, totiž popření »naprosté zákonitosti v objektivně existujícím světě«, v což Einstein bezpodmínečně věřil.

K některým z uvedených statí se v tomto časopise podle možnosti vrátíme. Zatím uveřejňujeme překlad referátu I. J. Tamma, »A. Einstein a soudobá fyzika«, kterým bylo zahájeno zmíněné zasedání fyzikálně matematické sekce Akademie věd SSSR ve dnech 30. listopadu a 1. prosince 1955.

I. J. Tamm, vynikající sovětský fyzik, tu výstižně, třeba jen stručně ukazuje, za co vděčí fyzika A. Einsteinovi a v čem je velikost tohoto geniálního přírodovědce.

Josef Veselka

Zasedání fyzikálně matematické sekce Akademie věd SSSR, jehož jsme účastníky, vzpomíná dvou událostí: jednak padesátého výročí publikace Einsteinova pojednání *Elektrodynamika pohybujících se těles*,³⁾ jímž byly položeny základy teorie relativity, jednak smrtí A. Einsteina 18. dubna tohoto roku.

Einstein, jehož Lenin nazval jedním z velkých reformátorů přírodovědy, je právem srovnáván s Newtonem. Toto srovnání je podle mého soudu oprávněné nejen v tom smyslu, že Newton a Einstein představují vrcholy lidského poznání přírody, vrcholy, jež se tyčí nad třistaletým obdobím vývoje exaktních věd a jež jsou přes tento nesmírný časový odstup přímo spjaty; Newtona a Einsteina lze právem srovnávat i v tom smyslu, že Newton položil základy soudobé přírodovědy a Einstein svou teorií relativity dovršil stavbu klasické fyziky. Zde je třeba říci, že pod pojmem klasická fyzika se velmi často rozumí jen fyzika předrelativistická a předkvantová. Mně se zdá správnějším pokládat za klasickou fyziku fyziku makrokosmu včetně teorie relativity, přes hluboké změny, které tato teorie způsobila — na rozdíl do fyziky mikrokosmu. Není pochyb, že duch teorie relativity je duch klasické fyziky, a že teorie relativity klasickou fyziku dovršila, že učinila klasickou fyziku důslednou, strukturálně vnitřně sladěnou a úplnou. Einstein tak ukončil dílo započaté Newtonem.

Theorie relativity měla však zároveň nesmírný význam pro další rozvoj fyziky. Již v druhé polovině minulého století byly v Maxwellových a Boltzmannových pracích vypracovány koncepce statistické fyziky, které později vedly k vybudování kvantové mechaniky. Základy této fyziky mikrokosmu se podstatně liší od základů fyziky makrokosmu, dovršené teorií relativity. Einstein nepřispěl k vybudování kvantové mechaniky jen tím, že v roce 1905, v téměř roce, kdy byly položeny základy teorie relativity, vypracoval zcela novou hypotézu světelných kvantů (za kterou dostal v roce 1922 Nobelovu cenu pro fyziku), ale zejména a snad víc, než kterýkoli z tvůrců kvantové mechaniky právě svou teorií relativity, neboť tato teorie sama prorazila cestu k novému, pronikavému přetváření fyziky.

³⁾ A. Einstein, *Elektrodynamik bewegter Körper*, *Annalen der Physik*, serie 4, sv. 17, str. 891—921, 1905. — Pozn. překl.

Dialektickým materialistům bylo vždy jasné, že lidské představy a pojmy nejsou apriorní, nýbrž že jsou zobecněním lidských zkušeností; s druhé strany pak jim bylo stejně jasné, že příroda je nevyčerpatelná a že naše pojmy a představy mají proto omezený dosah. Proto pokaždé, když se dostaneme k novým jevům, je nutné změnit a učinit obecnějšími základní vědecké pojmy a představy tak, aby se obsáhl okruh nových jevů. Přesto vzniklo mezi fysiky minulého století jisté sebevědomí, jistá spokojenost s sebou samými. Převládalo mínění, že základní fyzikální zákonitosti jsou již objasněny, že zůstaly sice nedodělky, které, i když byly podstatného charakteru, nevycházely z rámce bezpečně vybudovaných základů. S takového stanoviska vycházel na zlomu století na příklad i takový vynikající fysik, jakým byl W. Thomson (lord Kelvin). Ponechal si, pravda, dvě výhrady, že na jasném klidném nebi fysiky jsou ještě dva »mračky«: jeden spojený s Michelsonovým pokusem, druhý související s tak zvanou ultrafialovou katastrofou, týkající se otázky tepelné rovnováhy mezi látkou a zářením. Z prvního »obláčku« vznikla theorie relativity, z druhého »obláčku« kvantová theorie.

Theorie relativity z kořene vyvrátila tento nesprávný vědecký názor. Theorie relativity vedla k pochopení faktu, že každá nová vývojová etapa fysiky vyžaduje revise, znovuvybudování a rozšíření nejzákladnějších jejích pojmů, na příklad takových, jakými jsou prostor a čas.

Nový duch, který takto zavládl ve fysice, uvolnil také cestu k vytvoření kvantové fysiky. Tento nový duch bude mít nepochybně také rozhodující úlohu při řešení základních problémů, jež se dnes vynořují v theorii elementárních částic a problémů v theorii jevů, k nimž dochází při extrémně vysokých energiích. Jde o problémy, jejichž rozřešení dovede podle mého mínění fysiku na nový stupeň vývoje ještě v naší generaci. Nelze pochybovat o tom, že nový duch v nazírání na fyzikální bádání bude mít podstatný vliv i v rozvoji jiných přírodních věd.

Je třeba připomenout i jinou stránku věci. Rozvoj theorie relativity neměl jen revoluční vliv na celou fysiku, ale podtrhl také kontinuitu ve vývoji vědy. Na příkladě theorie relativity zvláště výrazně vyniká fakt, že žádná nová etapa ve vývoji vědy neodvrhuje etapu předcházející, nýbrž zahrnuje ji v sebe jako zvláštní případ obecnějších zákonitostí. Tak na příklad klasická mechanika je zvláštním případem relativistické mechaniky pro rychlosti malé ve srovnání s rychlostí světla.

Podle obecně přijaté, i když snad ne plně vyhovující terminologie se hovoří o speciální theorii relativity a o obecné theorii relativity. Většina referátů na našem zasedání je věnována obecné theorii relativity, pouze dva se zabývají speciální theorií relativity. To proto, že speciální theorie relativity je dnes natolik uzavřenou theorií, že lze mluvit ani ne tak o jejím dalším rozvoji, jako spíše o jejím použití na různé fyzikální jevy. Správnost speciální theorie relativity je prokázána nade všechnu pochybnost. Byla potvrzena nejen pokusy speciálně uspořádanými za účelem jejího ověření, ale i — a to je mnohem důležitější — souhlasem s experimentálními zkušenostmi celé soudobé fysiky, jejíž je jednou z nejzákladnějších složek. Speciální theorie relativity se kromě toho stala součástí soudobé techniky a je základem nejen pro stavby urychlovačů, ale i pro mnoho důležitých výpočtů, souvisejících s využitím atomové energie. Omezím se proto na jednu jedinou poznámku k této theorii.

Tato theorie nejen od základů změnila naše představy o prostoru a času, ale ukázala také nedostatečnost dřívějších představ o těchto pojmech s logického hlediska. Tak na příklad se dnes stalo zřejmým, že jeden z nejdůležitějších pojmů — pojem současnosti, nebo obecněji pojem časového sledu dvou událostí vzá-

jemně prostorově oddělených neměl v předrelativistické fyzice jednoznačný, určitý smysl. Předpokládal existenci signálů a účinků, které se šířily *okamžitě* na libovolné vzdálenosti. V přírodě však takového nic není. Tato logická labilnost starých pojmů je dnes takřka očividná.

Celá vědecká tvůrčí činnost A. Einsteina neobyčejně výrazně ukazuje, že fundamentálních pokroků v poznání přírody se dosahuje hlubokým logickým rozbořením několika málo základních klíčových experimentálních faktů a zákonitostí, jež je nutno umět vyčlenit z obrovského množství materiálu, který svou nesmírnou masou dusí bádání v každém odvětví soudobé vědy.

Zvláště charakteristickou je v tomto směru historie vytváření obecné teorie relativity. K vypracování této teorie přivedl Einsteina rozbor prostého, dávno známého faktu, že poměr setrvačné massy k masse tíhové je pro všechna tělesa týž. Princip ekvivalence pole zrychlení a tíhového pole, který je jádrem obecné teorie relativity, je v podstatě přímým zobecněním tohoto dávno známého jednoduchého faktu.

Nemohu v této souvislosti nezpomenout jedné poznámky, kterou učinil Einstein před patnácti lety. Hovořilo se o tom, že objevem velkého počtu elementárních částic, zejména mesonů, uzrála otázka vypracování teorie elementárních částic. Einstein byl vždy názoru, že již elektron — atom elektřiny — je cizincem v klasické elektrodynamice. V rozhovoru, který jsme o tom spolu měli, řekl, že snad již pouhá existence elektronu musí být dostatečnou příčinou k vypracování obecné teorie elementárních částic. To je nepochybně přehnáno, je to však hyperbola pro Einsteina charakteristická, a je jistě poučné konfrontovat ji s velmi rozšířeným míněním, že k řešení základních vědeckých problémů je nezbytné nejprve nahromadit velké množství experimentálních faktů. Ve skutečnosti jak speciální, tak obecná teorie relativity jsou příkladem pro to, že rozhodující úlohu pro vypracování zcela nové teorie má hluboký logický rozbor *klíčových* experimentálních faktů. Závěry teorie ovšem musí být ověřeny na co možná nejbohatším experimentálním materiálu.

Obecná teorie relativity zahrnuje jak známo racionální teorii gravitace. Tato teorie gravitace je k newtonovské teorii gravitace ve stejném poměru, v jakém je soudobá elektrodynamika k teorii elektřiny, vybudované jen na Coulombově zákonu vzájemného působení dvou nábojů. Zároveň rozřešila obecná teorie relativity otázku, o kterou se pokoušel již náš L o b a č e v s k i j měřením součtu vnitřních úhlů velkého trojúhelníka; obecná teorie relativity ukázala, že náš reálný fysikální prostor není euklidovský, nýbrž že je zakřivený. Konečně tím, že obecná teorie relativity rozřešila otázku geometrie skutečného fysikálního prostoru v malých astronomických měřítcích, — mám na mysli měřítka naší sluneční soustavy nebo naší Galaxie — vytvořila theoretickou základnu pro studium geometrie ve velkých astronomických měřítcích, v měřítcích kosmologických. Dnes, kdy moderní dalekohledy pronikají na miliardy světelných roků do vesmíru, se problém kosmologie stal dostupný pro experimentální výzkum, a není třeba pochybovat o tom, že Einsteinova teorie relativity je spolehlivým vodítkem do tohoto nového okruhu neprobádaných jevů, podobně jako klasická fyzika, atomová fyzika a elektronová teorie měly vedoucí úlohu při pronikání do mikrokosmu. Stejně však, jako nás studium mikrokosmu dovedlo k nové etapě fysiky, ke kvantové teorii, která nečekaným způsobem přetvořila výchozí fysikální představy, také kosmologie budoucnosti, v jejímž budování bude mít obecná teorie relativity nepochybně rozhodující úlohu, se může ukázat velmi vzdálenou kosmologii, jak si ji představujeme dnes.

Na konec bych chtěl ještě říci toto: Před sto jedna lety vyslovil R i e m a n n ve své habilitační práci⁴⁾ hlubokou myšlenku. Zkoumaje metriku prostoru poznává, že jsou dvě a jen dvě možnosti: buď je prostor diskretní nebo spojitý; v prvním případě je jeho metrika v něm samém a je dána prostou sumací diskretních elementů; v druhém případě nemůže být jeho metrika v něm samém, nýbrž musí být podmíněna zvenčí, to je musí být určena podle Riemannovy terminologie vnějšími vazbovými silami (bindende Kräfte).

Einstein dokázal svou teorií, že metrika našeho reálného světa, čtyřrozměrného prostoročasu, patří k druhému Riemannovu typu, a že je určena přítomností mass (včetně na příklad massy světla a jiných forem hmoty). V poslední době však položil vývoj kvantové fyziky znovu otázku prostoru a času v mikrokosmu. Dosud se lze jen dohadovat, jak tato otázka bude vyřešena, zdá se mi však velmi pravděpodobným, že v mikrokosmických měřících je prostor diskretní, to je že v mikrokosmu nastupuje prvá z Riemannových alternativ. Poznávám k tomu, že v rámci klasických představ nemůže diskretní prostor, to je něco jako souhrn uzlových bodů krystalické mřížky, ne být anisotropní, to je že je neslučitelný s požadavkem rovnomocnosti všech směrů v prostoru. Avšak kvantové představy umožňují, jak ukázal S n y d e r, učinit diskretnost prostoru slučitelnou s jeho isotropností a homogenností.

Nikdo ovšem nemůže předpovídat, jaký bude další vývoj fyziky. Jedno však je možno podle mého mínění tvrdit na jisto: Einsteinovy myšlenky, jeho rozbor pojmů prostoru a času a vzájemné souvislosti prostoročasových vztahů s hmotou, nacházející se v prostoru a v čase, mohou v budoucnosti projít hlubokými změnami, avšak právě tyto Einsteinovy myšlenky budou nepochybně východiskem pro celou další historickou epochu ve vývoji fyziky.

Přeložil Dr. Josef Veselka

4) B. R i e m a n n, *Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen*; jde o proslulou habilitační práci Riemannovu, kterou přednesl při své habilitaci v roce 1854 na filosofické fakultě university v Göttingách. Uveřejněna byla teprve v roce 1867 — po smrti Riemannově — Dedekindem. — *Pozn. překl.*