

ALBERT EINSTEIN
TEORIE
RELATIVITY

EINSTEIN PO STO
(A DALŠÍCH PATNÁCTI) LETECH
JAN NOVOTNÝ

GRAVITAČNÍ VLNY
ANEB CO EINSTEIN DO SVÉ KNIHY
TAKÉ MOHL PŘIDAT, ALE NEPŘIDAL
JIRÍ PODOLSKÝ

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
NAKLADATELSTVÍ VUTIMUM
2022

Publikace vychází u příležitosti 105. výročí prvního německého vydání Einsteinovy knihy.

Knihy vyšla poprvé v roce 1917 v nakladatelství
Friedrich Vieweg, Braunschweig
První české vydání vyšlo v roce 1923 v nakladatelství
František Borový, Praha
První úplné české vydání připravilo VUT v Brně,
Nakladatelství VUTIUM v roce 2005 u příležitosti
Světového roku fyziky

© 1956 The Hebrew University of Jerusalem
© Translation Václav Štíbr 1923, Jan Novotný 2005
© 2005, 2022 Prologue Jan Novotný
© 2022 Prologue Jiří Podolský
© 2022 Editor Petr Dub
© 2005, 2022 Brno University of Technology

ISBN 978-80-214-5888-8

Jan Novotný

EINSTEIN PO STO (A DALŠÍCH PATNÁCTI) LETECH

<u>Einstein po sto letech</u>	13
Zázračný rok 1905	15
Einstein a druzí	25
Cesta a cíl	31
... a druzí	35
Pozdější život relativit	39
Pozdější život Einsteina	46
Ne pouze fyzik	51
Co číst o Einsteinovi?	55
<u>A dalších patnácti letech</u>	60
Co ještě číst a na co se dívat?	69
Poznámky	76

Jiří Podolský

GRAVITAČNÍ VLNY

aneb co Einstein do své knihy také mohl přidat, ale nepřidal

Pravdivost teorie	87
Klasické testy obecné teorie relativity	87
Einsteinova předpověď gravitačních vln	91
Příběh gravitačních vln ve 20. století	94
Příběh gravitačních vln ve 21. století	109
Závěrem	126
Literatura	128

Albert Einstein

THEORIE RELATIVITY, SPECIÁLNÍ I OBEČNÁ

Ediční poznámka (Milan Jelínek)	135
Předmluva	141
Dodatek k třetímu vydání	142
Vorwort des Autors zur tschechischen Ausgabe	143
Předmluva autora k českému vydání	145

První část

SPECIÁLNÍ THEORIE RELATIVITY

§ 1. Fyzikální obsah geometrických vět	147
§ 2. Systém souřadnic	149
§ 3. Prostor a čas v klasické mechanice	152
§ 4. Galileiův systém souřadnic	153
§ 5. Princip relativity (v užším slova smyslu)	154
§ 6. Addiční teorém rychlostí podle klasické mechaniky	157
§ 7. Zdánlivá neslučitelnost zákona o šíření se světla s principem relativity	157
§ 8. O pojmu času ve fyzice	160
§ 9. Relativita současnosti	163
§ 10. O relativitě pojmu prostorové vzdálenosti	165
§ 11. Lorentzova transformace	166
§ 12. Jak se chovají tyče a hodiny v pohybu	170
§ 13. Addiční teorém rychlostí. Pokus Fizeauův	172
§ 14. Heuristická cena teorie relativity	175
§ 15. Obecné výsledky teorie	176
§ 16. Speciální teorie relativity a zkušenost	179
§ 17. Minkowského čtyřdimensní prostor	183

Druhá část

OBEČNÁ THEORIE RELATIVITY

§ 18. Speciální a obecný princip relativity	186
§ 19. Gravitační pole	189
§ 20. Rovnost setrvačné a těžké hmoty jakožto argument pro obecný postulát relativity	191
§ 21. Pokud nemohou základy klasické mechaniky a speciální teorie relativity uspokojovati?	194
§ 22. Některé důsledky obecného principu relativity	196
§ 23. Jak se chovají hodiny a měřítka na rotujícím vztažném tělese	199
§ 24. Euklidovské a neeuklidovské kontinuum	202
§ 25. Gaussovy souřadnice	205

§ 26. Časoprostorové kontinuum speciální teorie relativity jakožto euklidovské	208
§ 27. Časoprostorové kontinuum obecné teorie relativity není euklidovským kontinuem	210
§ 28. Exaktní formulace obecného principu relativity ...	212
§ 29. Řešení gravitačního problému na základě obecného principu relativity	215

ÚVAHY O SVĚTĚ JAKOŽTO CELKU

§ 30. Kosmologické potíže Newtonovy teorie	219
§ 31. Možnost konečného a přece neomezeného světa	220
§ 32. Struktura prostoru podle obecné teorie relativity	224

DODATKY

I. Jednoduché odvození Lorentzovy transformace (Doplněk k § 11)	227
II. Minkowského čtyřdimensní svět (Doplněk k § 17) ..	231
III. Jak jest obecná teorie relativity potvrzena zkušeností	233

DODATKY Z POZDĚJŠÍCH LET

IV. Struktura prostoru podle obecné teorie relativity (Doplněk k § 32)	241
V. Relativita a problém prostoru	243

JMENNÝ REJSTŘÍK	266
-----------------------	-----

JAN NOVOTNÝ

EINSTEIN PO STO
(A DALŠÍCH PATNÁCTI)
LETECH

Prof. RNDr. Jan Novotný, CSc., (*1944) vystudoval fyziku na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Zde působí od roku 1968. Zabývá se hlavně obecnou teorií relativity (souvislost zákonů zachování a symetrií, přesná řešení Einsteinových rovnic) a také historickými a filosofickými otázkami fyziky. V posledních deseti letech jakožto emeritní profesor vede kurzy kosmologie a přírodní filosofie. Podílel se na nalezení kosmologického řešení Einsteinových rovnic (*Carter–Novotný–Horský solution*). Je autorem i spoluautorem učebnic teorie relativity, kosmologie, řady učebních textů a článků ve fyzikálních časopisech. Významně se podílel na českém překladu a komentáři výboru z Newtonova díla *Isaac Newton, Matematické principy přírodní filosofie* v edici Prameny novověké vědy (2019). Spolu s J. Malinou redigoval knihu *Kurt Gödel* (Nadace Universitas Masarykiana, 1996). Stal se zakládajícím členem a prvním předsedou Gödelovy společnosti v Brně.

Patří mezi dlouholeté esejisty časopisu *Listy*. Angažoval se v samizdatové tvorbě např. *Křesť svatého Vladimíra*, parafráze Havlíčkovy básně (pod pseudonymem Pavel Hořanský, Atlantis, Brno 1991). Napsal soubor esejů *Proč Platón nebral zeleninu* (Doplňek, Brno 2001). V knihovně *Listů* vyšly jeho sbírka próz *Jednou za život* (2014) a humorné příběhy ze školních lavic *Mizol a ti druzí* (2019). V roce 2021 vyšel bestseller *Jak pracuje věda* (Burian a Tichák, spoluautorka J. Svobodová), který je kritickým zamyšlením nad vědeckým přístupem ke světu.

V roce 2016 přeložil knihu Alberta Einsteina *Smysl relativity* (Vyšehrad). Je téměř dvorním překladatelem knih J. D. Barrowa: *Teorie všeho, Teorie ničeho, Kniha o nekonečnu, Nové teorie všeho: Hledání nejhlubšího vysvětlení, Vesmírná galerie: Klíčové obrazy v dějinách vědy*. Přeložil také knihu Peter Woit: *Dokonce ani ne špatně: Lesk a bída strunové teorie*.

EINSTEIN PO STO LETECH

Kniha *O speciální a obecné teorii relativity* (*Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*, Friedrich Vieweg, Braunschweig 1917) má v Einsteinově díle zvláštní postavení jako jediná práce, v níž velký tvůrce vykládá podstatu svých teorií širokému okruhu čtenářů.

První vydání v roce 1917 čerstvě zachytilo kulminaci Einsteinovy tvorby: speciální teorii relativity z roku 1905 a obecnou teorii relativity s klíčovým rokem 1915, kdy formuloval své rovnice gravitačního pole. Einstein se však ke knize vracel a doplňoval ji přílohami, které odrážejí jeho pohledy na pokrok relativistické fyziky. Brzy ji rozšířil o prosté odvození Lorentzovy transformace a o výklad čtyřrozměrného světa Minkowského, čímž se prohloubila matematická složka. Od roku 1920 patří ke knize obsáhlejší pojednání o experimentální prověrce teorie relativity, jež reaguje zejména na Eddingtonovo pozorování z roku 1919, kterým tato prověrka k radosti světa znaveného válkou slavně začala. Dalším obohacením byl dodatek o struktuře prostoru ve velkém měřítku, kde Einstein komentuje Friedmannův teoretický objev rozpínání vesmíru z roku 1922 a jej potvrzující Hubblovo pozorování rudého posuvu spekter galaxií z roku 1929. Naposledy se vrátil ke svému dílu na sklonku života, když v roce 1952 doplnil nejrozsáhlejší a filosoficky pronikavou přílohou o problému prostoru. Od té doby je kniha i nadále vydávána v řadě jazyků.¹

Publikace připravená Nakladatelstvím VUTIUM Vysokého učení technického v Brně přináší spolu s reprintem

prvního (a dosud jediného) českého vydání, které vyšlo v roce 1923 pod názvem *Theorie relativity speciální i obecná* v nakladatelství František Borový, Praha, s předmluvou Alberta Einsteina k tomuto vydání, také dva později vzniklé dodatky.

Mezi čtenáři prvního vydání byli jistě návštěvníci památné Einsteinovy přednášky v pražské Uránii v únoru 1921.

Knihu bychom mohli považovat za součást volné trilogie odrážející Einsteinovy názory na vlastní teorii a na její místo ve stavbě a dějinách fyziky. Spolu s Infeldem napsaná *Evoluce fyziky* z roku 1938 (přeložená do češtiny pod šťastně zvoleným názvem *Fyzika jako dobrodružství poznání*) se věnuje především historickému vývoji fyziky jako celku, byla však napsána z Infeldovy iniciativy a zahrnuje jeho podstatný autorský přínos, takže pro sledování vývoje Einsteinových názorů nemusí být vždy směrodatná. Kniha *The Meaning of Relativity*² [česky snad nejlépe Podstata relativity] z roku 1921, rovněž doplňovaná až téměř do autorovy smrti, nebyla zatím bohužel do češtiny přeložena. Je určena náročnějším čtenářům a nevyhýbá se složitějšímu matematickému aparátu.

Můžeme tedy říci, že dnes čtenáři znovu předkládané dílo je opravdu tou nejlepší zprávou z první ruky, jakou mohl zájemce o velkou kapitolu fyziky dostat. Je hodno ocenění, že se tak brzy objevila v češtině, a bylo by nepochybně zajímavé blíže sledovat její ohlas v české kultuře (o kontrakci délek a o obrovské energii obsažené v látce ví např. inženýr Prokop v Čapkově *Krakatitu* z roku 1924, o neukleidovské geometrii, překonání klasické fyziky či o Einsteinově vesmíru uvažuje F. X. Šalda na více mís-

tech ve svém *Zápisníku* a pro Konstantina Biebla je ideálem dokonalosti umět psát jako Rimbaud a počítat jako Einstein).

Chvála a detailní rozebírání knihy jsou jistě zbytečné; troufal bych si jen říci, že z odstupu je nejlépe vidět, jaký cit měl Einstein pro výběr toho, co je podstatné a perspektivní – dnes by sice mohl rozšířit knihu o nové kapitoly, ale ty by hladce navazovaly na původní text, v němž by nemusel měnit téměř nic. Co za této situace zbývá autorovi úvodního slova? Snad pokusit se zasadit knihu do historické perspektivy. Co bylo předtím a co bylo potom?

Zázračný rok 1905

Pod tímto názvem byly téměř sto let po svém vzniku znovu vydány s aktuálními komentáři čtyři Einsteinovy články publikované roku 1905. Výraz *annus mirabilis* učinil známým britský básník John Dryden v souvislosti s rokem 1666, kdy Anglie zvítězila v námořní bitvě nad Holandskem a Londýn se úspěšně vzpamatoval z velkého požáru. Dnes je však zmíněný rok vnímán jako zázračný především proto, že tehdy 23letý Isaac Newton, který se během morové epidemie uchýlil na venkov, dospěl k převratným matematickým a fyzikálním závěrům, na nichž pak založil svá *Principia* určující směřování fyziky na dvě další století. Srovnatelným mezníkem v jejím vývoji je díky 26letému Einsteinovi i rok 1905.

Představa o meteoru, který náhle ozářil vědecké nebe, je však již poněkud romanticky přehnaná. Je pravda, že Einsteinova cesta k vědecké kariéře je neobvyklá.