

Einstein opět v Praze (3. část)

Ohlédnutí za „českým“ seriálem z produkce National Geographic aneb „fyzik potkává filmaře“

Jiří Podolský, Pavel Cejnar

Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8; jiri.podolsky@mff.cuni.cz; pavel.cejnar@mff.cuni.cz

Na podzim roku 2018 odvysílala Česká televize na ČT2 unikátní desetidílný seriál *Génius: Einstein*, věnovaný životu a dílu asi nejslavnějšího fyzika všech dob. Každý pátek od září do listopadu mezi 20. a 21. hodinou tak měl každý možnost chronologicky sledovat celý Einsteinův pozoruhodný osud, často dramatický v osobní, vědecké i celospolečenské rovině.¹ Na jeho pozadí tvořil své objevy, z nichž mnohé byly hodny Nobelových cen a doslova změnily historii (vzpomeňme jeho podíl na vzniku kvantové teorie, formulování speciální i obecné relativity či pozemský i kosmický dosah jeho rovnice $E = mc^2$). To vše bylo nyní bravurně zachyceno v HD kvalitě, precizní dobové výpravě, s hvězdným hereckým obsazením postav. Co více si může přát fyzik, jemuž není lhostejná historie ani obraz, jaký má jeho obor mezi ostatními lidmi! Seriálem *Génius* dostal možnost sdílet „to nejlepší z dějin fyziky“ se svými rodinami, přáteli nefyziky, se všemi ostatními. Nám, autorům tohoto článku, však bylo řízením osudu dopřáno více. Dostali jsme šanci aktivně se podílet na tvorbě takového výjimečného díla.

Einsteinův osud ve 20. letech a jeho odchod z Německa (JP)

Osmá epizoda televizního seriálu *Génius: Einstein* nás zavádí do roku 1932. Podstatnou část zabírá úřední pohovor Alberta a jeho ženy Elsy na ambasádě USA v Berlíně. V retrospektivních zkratkách jsou vylíčeny i hlavní události Einsteinova života uplynulých deseti let od roku 1921.

Scény z ambasády přímo navazují na dramatický závěr úvodní 1. epizody, kdy mu zástupce konzula Raymond Geist sděluje: „Doktore Einsteine, tyto otázky vám kladu na žádost ředitele FBI Spojených států pana J. Edgara Hoovera. ... O vaše politické aktivity a kontakty se zajímá od vaší první návštěvy New Yorku. Takže pokud nezodpovíte mé otázky k jeho spokojenosti, vstup do Spojených států amerických vám bude odepřen.“ Úplně stejná slova se nyní opakují v prvních minutách 8. epizody.

Pro Alberta Einsteina je situace velmi vážná. Antisemitské útoky proti němu se stupňují, po dlouhém váhání se proto rozhodne přijmout nabídku působení v Princetonu a z Německa, čím dál více ovládaného nacisty, chce odejít. Potřebuje získat americké vízum, proti němu však stojí další nepřítelé, tentokrát na opačném břehu Atlantiku. Einstein se ocitá v absurdní pas-



Obr. 42 Triumfální přivítání Alberta Einsteina po příjezdu do New Yorku 2. 4. 1921. Záběr v seriálu je samozřejmě trikový: natáčelo se v Žatci a v postprodukcí byl naklíčován zaoceánský parník i silueta newyorských mrakodrapů. Scény z ulic New Yorku se filmovaly v Plzni. Zdroj: National Geographic, foto: Dušan Martinček

¹ Na začátku roku 2020 byl seriál reprízován na kanálu ČT Art po deset čtvrtečních večerů.

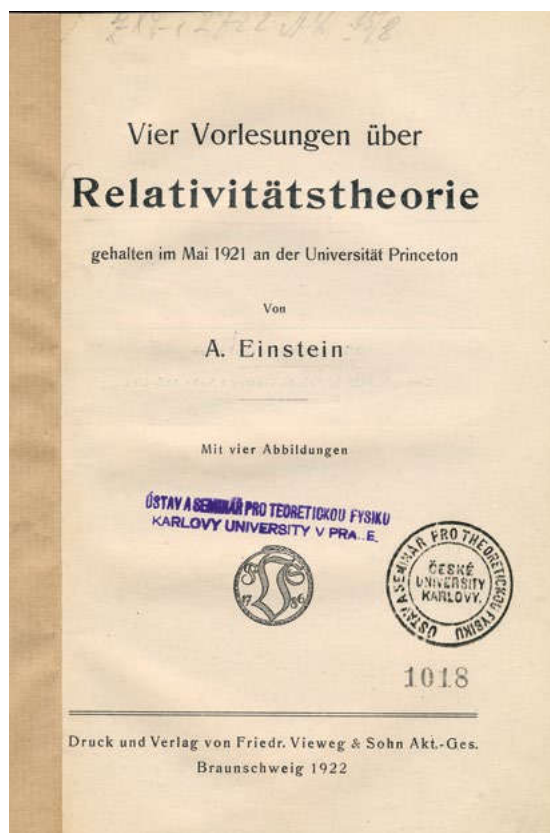
» Nejsm
příkladný žid.
Synagogu jsem
nenavštívil už
celé roky. Ale
teď jsem dospěl
k závěru, že uni-
verzita chránící
naš odkaz je
nezbytná pro
budoucnost
našich dětí. «

ti: „Celý svůj život bojuji za svobodu myšlení a mír pro všechny lidi a americký ředitel špionáže je znepokojen mými politickými aktivitami?“

Hooverova nedůvěra a snad i osobní antipatie se datují od Einsteinovy první návštěvy USA v dubnu a květnu 1921 (mimočodem: krátce předtím v lednu opět navštívil na pár dní Prahu, což ale v seriálu zachyceno není). Příjezd do New Yorku je velkolepý, viz obr. 42.

Cílem Einsteinovy cesty do Spojených států bylo osobně podpořit finanční sbírku pro založení Hebrejské univerzity v Jeruzalémě. Cestu zorganizoval jeho přítel a propagátor vzniku samostatného židovského státu Chajim Weizmann, uznávaný vědec v oboru chemie, diplomat, politik, sionistický vůdce a v letech 1948–1952 první prezident Státu Izrael.

V New Yorku se Einstein k této aktivitě vyjadřuje následujícími slovy: „Nejsm příkladný žid. Synagogu jsem nenavštívil už celé roky. Ale teď jsem dospěl k závěru, že univerzita chránící náš odkaz je nezbytná pro budoucnost našich dětí.“ Hebrejská univerzita v Jeruzalémě byla nedlouho poté opravdu založena. Její základní kámen položil Einstein osobně dne 7. 2. 1923. A dnes, po sto letech, tato univerzita pečuje o Einsteinův odkaz! Ve svém archivu uchovává obrovské množství cenných Einsteinových rukopisů (mimo jiné i korespondenci Einsteina s Masarykem). Najdete zde i Einsteinův rozsáhlý rukopis (má 73 stran) přednášek o teorii relativity, které tenkrát v květnu 1921 přednesl v Princetonu [33]. Má archivní číslo 2-1 a je dostupný v digitálním archivu *Einstein Archives On-*



Obr. 43 Knižní vydání Einsteinových přednášek o teorii relativity, které přednesl v Princetonu v květnu 1921. Rukopis přednášek je dnes v archivu Hebrejské univerzity v Jeruzalémě. Cílem Einsteinovy první návštěvy USA bylo pomoci shromáždit finance na založení právě této univerzity. Zdroj: Knihovna dějin přírodních věd MFF UK



Obr. 44 Albert a Elsa Einsteinovi při pohovoru s Raymondem Geistem na ambasádě USA v Berlíně v roce 1932. Zdroj: National Geographic, foto: Dušan Martinček

line [5] knihovny The Hebrew University of Jerusalem. V roce 1922 byly tyto vynikající přednášky vydány v Německu v knižní podobě. V *Sebraných pracích Alberta Einsteina* [4] jsou zařazeny jako dokument č. 71 v 7. svazku s názvem „Čtyři přednášky o teorii relativity konané na Princetonské univerzitě v květnu 1921“. Zajímavostí je, že rukopis obsahuje pět přednášek, zatímco knižní vydání jen čtyři (první dvě byly spojeny). Jejich výtisk [34] máme i v knihovně Matfyzu, má signaturu MS2561 a pochází z někdejšího Ústavu a semináře pro theoretickou fyziku České University Karlovy, viz obr. 43.

Vraťme se však do roku 1932. Během dlouhého a nepřijemného pohovoru na ambasádě USA (obr. 44) musel Einstein podrobně vysvětlovat také svůj vztah k socialismu a komunismu. Na Geistovu otázku: „Doktore Einsteine, vláda Spojených států má důvod věřit, že jste členem komunistické strany“, Einstein pohotově reagoval: „Představa, že bych vstoupil do komunistické strany – závazek, který by vyžadoval, abych se vzdal své nezávislosti ve prospěch státu? To je holý nesmysl, pane. Stejný, jako že by opice v klobouku jela na psovi do továrny na koblíhy.“

Geist předal všechny Einsteinovy odpovědi Hooverovi s doporučením víza udělit. Ten byl však neoblomný a nařídil víza zamítnout. Na to Einstein zareagoval tím, že zkontaktoval novináře *New York Times* a vylíčil, jak byl na ambasádě USA podroben politickému výslechu. Ministerstvo zahraničí hned zahltily telefonáty amerických občanů, které rozhořčilo, že jejich vláda popotahuje slavného Alberta Einsteina, pobouření lidé volali i do Kongresu. Byl z toho velký poprask a Hoover musel ustoupit. Albert s Elsou získali víza a v prosinci 1932 odjeli do USA. Na poslední chvíli: 30. ledna 1933 převzali v Německu moc Hitlerovi národní socialisté.

V závěrečných titulcích 8. epizody se ještě dočteme: „V letech 1933 až 1939 pomohl generální konzul Spojených států Raymond Geist vydat víza, která zachránila životy více než 50 tisícům německých Židů.“

Einstein a kvantová fyzika (JP a PC)

Podstatnou část 8. epizody tedy zabírají závažné společenské i osobní problémy, fyzice je bohužel opět věnováno relativně málo prostoru. Divák se samozřejmě dozví, že Einsteinovi byla 9. listopadu 1922 udělena Nobelova cena, nikoli ovšem za rok 1922, ale zpětně za předchozí rok 1921. Dozvídá se o tom oficiálně během cesty lodí do Japonska. (Po atentátu na Wal-

thera Rathenaua v červnu 1922, jímž začíná první epizoda celého seriálu, se Einstein stáhl z veřejného života. Soustředil se na vědu, přednášky a konference, začal více cestovat. Aby odplul daleko od Německa, přijal i zajímavou nabídku přednáškového turné po Japonsku.) Einstein nehodlá plavbu přerušit a vydat se do Švédska převzít cenu. Poznává k tomu: „Odmítli uznat obecnou relativitu. Ale nemůžou mě ignorovat, a tak mi dávají cenu za můj článek o fotoelektrickém efektu.“

V polovině 20. let se kvantová fyzika, k jejímuž zrodu Einstein přispěl svým průlomovým článkem z roku 1905 o kvantování světla [16] a několika dalšími důležitými analýzami z let 1907–1924, stává hlavním fyzikálním tématem. Einstein se do tohoto dění intenzivně zapojuje, nyní ale jako klíčový *oponent* nově vznikající ucelené teorie kvantové mechaniky. Věří v determinismus světa popsaný klasickými zákony kauzality. Není ochoten připustit, že v evoluci mikrosvěta tkví *princiální náhoda*, „že by Bůh, když jde o vesmír, házel kostkami“.



Obr. 45 Einsteinova debata s Bohrem zachycená na fotografii Paula Ehrenfesta z 11. 12. 1925. Zdroj: upraveno z Wikimedia Commons

Dlouhá debata, kterou po mnoho let na toto téma vedl Albert Einstein s Nielsem Bohrem, obsahuje pronikavý rozbor zvláštností kvantové mechaniky a patří k vůbec nejhlubším diskuzím v dějinách vědy. Oba géniové v ní neustále precizovali své argumenty týkající se samotných základů fyziky a filozofie poznání. Jednu z těchto diskuzí zachycuje autentický snímek z roku 1925, viz obr. 45.

V seriálu *Génius* je tato významná polemika pěkně zachycena, a to dokonce na několika místech závěrečných tří epizod. Nejprve v tříminutové sekvenci scén (mezi 32. a 35. minutou 8. epizody) popisujících Bohrovu návštěvu Einsteina v Berlíně v roce 1927. Z dialogů se divák dozví základní fakta o kvantovém popisu světa. Hned na začátku je správně uveden Heisenbergův princip neurčitosti: „Čím přesněji změříme rychlost částice, tím méně přesně dokážeme změřit její polohu v prostoru.“ Bohrův pohled je pak s nadsázkou vyjádřen tvrzením, že „částice vůbec neexistuje, dokud ji nevidíme“. Následuje scéna, ve které Einstein s Bohrem jdou po ulici a živě diskutují, viz obr. 46.



Obr. 46 Bohr s Einsteinem na ulici diskutují o podstatě kvantové mechaniky. Natáčelo se na rohu Senovážného náměstí a Dlážděné v Praze. Zdroj: National Geographic

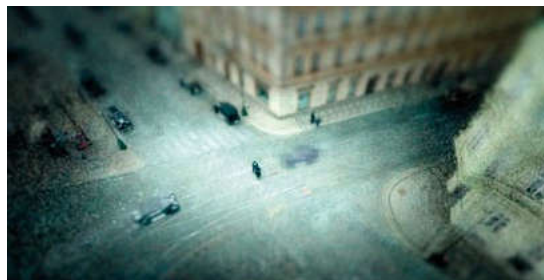
Jejich dialog je věcně správný a elegantně shrnuje protichůdná stanoviska obou velkých fyziků:

Bohr: „*Alberte, princip neurčitosti funguje. Platí. A umožňuje nám využívat kvantový svět.*“

Einstein: „*Cílem vědeckého bádání by nemělo být pouhé využívání okolního světa, ale pochopení jeho základů. Bez ohledu na to, o jaké využití by se mohlo...*“

Einstein, zcela ponořený do debaty, náhle vstoupí do křižovatky a málem ho srazí auto. Bohr ho na poslední chvíli zachrání: „*Alberte, pozor! Dívej se, kam jdeš, prosím tě.*“ Ale Einstein jen suše opáčí: „*Proč bych měl? Proč bychom oba měli? Kdyby ten automobil byl částice, a my jsme ho neviděli, přece by podle tebe neexistoval a nám by vůbec nic nehrozilo!*“

Následuje výtečná animace tohoto myšlenkového experimentu: Einstein s Bohrem stojí uprostřed křižovatky, ze všech stran se k nim rychle blíží dobové automobily. Protože si jich ale vůbec nevšímají, nic se jim nestane. Kdykoli se automobil k Bohrovi s Einsteinem



Obr. 47 Animace kvantových automobilů. Nejsou-li pozorovány, jsou to jen neškodná oblaka pravděpodobnosti. Zdroj: National Geographic

» Alberte, princip neurčitosti funguje. Platí. A umožňuje nám využívat kvantový svět.“ Einstein: „Cílem vědeckého bádání by nemělo být pouhé využívání okolního světa, ale pochopení jeho základů.“

$ds^2 = A^2(t)(dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2) - c^2 dt^2$
 $2A \frac{d^2 A}{dt^2} + \left(\frac{dA}{dt}\right)^2 = 0$ Integ. $\sqrt{A} \frac{dA}{dt} = h$
 $3 \left(\frac{dA}{dt}\right)^2 = \kappa \rho c^2$ (1) $A(t) = C(t-t_0)^{\frac{2}{3}}$
 Hubbel $\frac{1}{A} \frac{dA}{dt} = h = \text{konst.}$ $A-t_0 = \frac{2}{3h}$
 $\frac{2}{3}(t-t_0)^{\frac{2}{3}-\frac{2}{3}} = \frac{2}{3}(t-t_0)^{-\frac{1}{3}} = h$ $h = 500 \text{ km./sec. pro } 10^6 \text{ parsec.}$
 (1) $3h^2 = \kappa \rho c^2$ $\rho = \frac{3h^2}{\kappa c^2}$ $\text{Ordnung } 10^{-29}$ $\text{Zeit } 10^{10} \text{ Jahren}$

Obr. 48 Einsteinův–de Sitterův vesmír z roku 1932. Nahoře je zapsána metrika, pod ní v rámečku dvě diferenciální rovnice gravitačního pole a vedle jejich řešení, tedy funkce $A(t)$ popisující velikost vesmíru. Špatný zápis jména „Hubbel“ je autentický. Zdroj: osobní archiv J. Podolského

přiblíží, rozplyne se do „nehmotného oblaku pouhé pravděpodobnosti“, viz obr. 47.

Bohr ihned správně oponuje: „Automobily nejsou subatomární částice, Alberte.“ Einstein se však nevzdává: „Ale vzpírá se přece zdravému rozumu, aby pravidla, která řídí to, co vidíme, neplatila pro to, co nevidíme. Nepřestanu používat mozek jen proto, že ty jsi s tímto problémem hotov.“

Jejich debata pak pokračuje, do konce života se k ní stále vracejí, aniž by ji jednoznačným způsobem uzavřeli.

Einstein a kosmologie (JP)

Einstein se v té době pochopitelně zabýval i mnoha jinými fyzikálními tématy. Usilovně pracoval především na své unitární teorii, která měla matematicky elegantně sjednotit teorii gravitačního a elektromagnetického pole. Ještě o ní bude řeč v následujících částech tohoto textu.

Přispěl také ke kosmologii. První matematický model celého vesmíru v kontextu obecné relativity vytvořil sám Einstein již v roce 1917 [35]. Byl to *statický* kosmos. Řídil se totiž radami astronomů, kteří v té době ještě nevěděli, že ve vesmíru existují vzdálené galaxie, které se od sebe vzdalují. Kvůli dosažení domnělé stacionarity musel Einstein do svých rovnic tenkrát zavést *kosmologickou konstantu*, která má „antigravitační účinky“. Willem de Sitter bezprostředně potom ukázal [36, 37], že Einsteinova kosmologická konstanta vystihuje tendenci *prázdného* prostoru exponenciálně zvětšovat svou velikost.

Ve 20. letech Friedmann našel přesná řešení Einsteinových rovnic gravitačního pole s hmotou, která byla *dynamická*, popisovala vesmír rozpínající se z „nulových rozměrů“ (dnes tento počátek nazýváme „velký třesk“). Lemaître pak Friedmannovy modely zobecnil tak, že kromě hmoty obsahovaly i kosmologickou konstantu. Rozpínání vesmíru bylo záhy skutečně prokázáno, když Hubble s Humasonem u několika vzdálených galaxií změřili, že červený posun čar v jejich spektrech (udávající rychlost vzdalování od nás) je přímo úměrný jejich vzdálenostem. Tato univerzální korelace z roku 1929 se dnes nazývá Hubbleův–Lemaîtreův zákon.

<https://ccf.fzu.cz>

Einstein s de Sitterem si následně uvědomili (počátkem roku 1932 se spolu potkali na Caltechu v Pasadena), že existuje ještě speciální model s hmotou bez kosmologické konstanty, který je „mezní“: má *přesně euklidovskou* prostorovou geometrii a jeho velikost se s časem t zvětšuje podle jednoduché mocninné funkce $(t - t_0)^{2/3}$. Tento výsledek vzájemné spolupráce publikovali v roce 1932 v americkém časopise [38].

Pro seriál *Génius* jsem měl vytvořit návrh tabule, kterou měl mít Einstein ve svém berlínském bytě v roce 1932 těsně před odjezdem do USA. A protože nikde v celém seriálu není jediná zmínka o Einsteinově zásadním přínosu ke kosmologii, záměrně jsem použil vzorce z článku [38] popisující Einsteinův–de Sitterův vesmír, viz obr. 48. Čerpal jsem při tom zejména z nedávno zveřejněného podrobného historického rozboru [39] okolností vzniku tohoto slavného modelu a z Einsteinovy přehledové (a zapomenuté) práce, která vyšla pouze francouzsky [40].

Můj skrytý záměr však nevyšel. Tabule natočená ve scéně 154 na konci 1. epizody nebyla v závěrečném sestřihu použita a neobjevila se ani v 8. epizodě. Každopádně Einstein stál u zrodu moderní fyzikální kosmologie vycházející z obecné teorie relativity. A jím zavedená kosmologická konstanta, jež je zodpovědná za stále rychlejší rozpínání vesmíru (který jako celek opravdu nejspíš má euklidovskou prostorovou geometrii!), se dnes znovu ocitla ve světle reflektorů, tentokrát pod líbivým pseudonymem *temná energie*. Vysvětlit ji je jedním z velkých otevřených problémů fyziky a astronomie 21. století. Je to další Einsteinův pozoruhodný odkaz, jenž přetrval století.

Strašidelné působení na dálku: epizoda první (PC a JP)

Asi nejdůležitější dialogy Einsteina s Bohrem o kvantové fyzice se týkaly její *skryté nelokality*. Tato podivuhodná vlastnost kvantového světa, která dnes patří k důležitým východiskům pokročilých kvantově-informačních technologií, byla poprvé odhalena v článku Alberta Einsteina, Borise Podolského a Nathana Rose na z roku 1935 [41]. Jde o slavný „EPR paradox“, nazvaný podle iniciál tří autorů, tedy Einsteina a jeho dvou

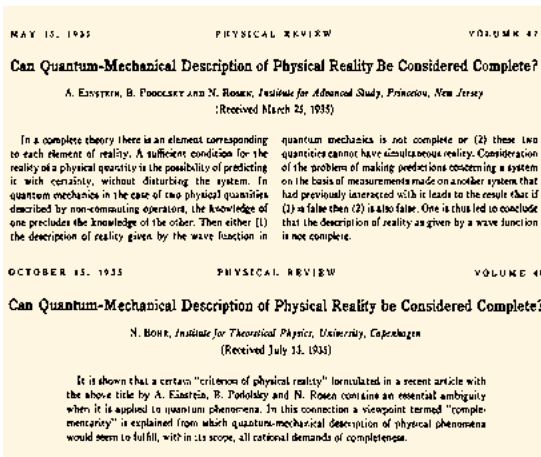
EINSTEIN ATTACKS QUANTUM THEORY

Scientist and Two Colleagues Find It Is Not 'Complete' Even Though 'Correct.'

SEE FULLER ONE POSSIBLE

Believe a Whole Description of 'the Physical Reality' Can Be Provided Eventually.

Obr. 49 „Einstein útočí na kvantovou teorii“. Titulek New York Times ze 4. 5. 1935 oznamuje objev známého EPR paradoxu kvantové mechaniky. Zdroj: Institute for Advanced Study, Princeton, <https://www.ias.edu/ideas/2013/epr-fallout>



Obr. 50 Einstein, Podolsky a Rosen „útočí“ a Bohr „vrací úder“. Anotace iniciačních článků [41, 42] o EPR paradoxu v časopise Physical Review. Zdroj: American Physical Society

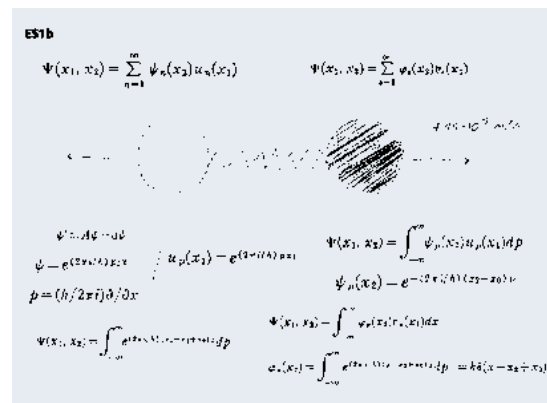
mladších kolegů z Princetonu. Mimochodem, zpráva o EPR článku se tehdy objevila i v běžném tisku – viz například titulky v *New York Times* ze 4. května 1935, tedy 11 dní před uveřejněním EPR článku v odborném časopise *Physical Review* (obr. 49 a 50).

Scény týkající se tohoto důležitého tématu jsou v seriálu dvě. První je scéna 924 v 18. minutě deváté epizody. Odehrává se v Einsteinově domácí pracovně v Princetonu (skvěle reinkarnované v barrandovských ateliérech) přímo v roce 1935. Einstein nastíní Bohrovi podstatu myšlenkového experimentu, který má dokazovat neúplnost kvantové mechaniky. To je doprovázeno animací dvou vzdalujících se částic v provázaném stavu a v rozhovoru nakonec padne známé sousloví „*strašidelné působení na dálku*“ (použité Einsteinem jako argument proti kvantové nelokalitě), které v tu chvíli zaskočený Bohr okomentuje větou: „*Ty jsi lepší básník než vědec.*“

Natáčení scény předcházela 1. 2. 2017 večerní schůzka herců ztvárňujících Einsteina a Bohra s námi coby fyzikálními poradci. Po několikaminutovém čekání ve foyeru hotelu Grand Mark přichází nepřehlédnutelný vysoký muž v kulichu, zpod něhož vyčuhují dlouhé šedé vlasy. Geoffrey Rush, představitel Einsteina. Hned se k nám připojuje David Dencik, filmo-

vý Niels Bohr, který čekal opodál. Vyjíždíme výtahem do nejvyššího patra a usedáme za stůl v Rushově apartmá. Atmosféra je zcela uvolněná a neformální, naše nervozita rychle mizí. Zodpovídáme Rushovy otázky týkající se fyzikálního a filozofického významu EPR paradoxu, tedy toho, *co* mají Rush s Dencikem zítra v příslušné scéně hrát. S tím samozřejmě úzce souvisí otázka, *jak* to mají hrát – jakým tónem, s jakou dikcí a s jakým důrazem je třeba pronést tu kterou repliku. Rush především několikrát s různými obměnami zkouší pronést „*spooky action, at a distance*“. Ta druhá část je v jeho podání čím dál impresivnější – jako v shakespearovském dramatu...

Důkladnost přípravy obou herců je obdivuhodná. Hovor s Rushem se postupně stáčí i k jiným tématům ztvárněným v *Géniovi*, např. k německému jadernému výzkumu za války. Docela dobře je obeznámen s principem fungování jaderných bomb, je si dobře vědom nebezpečí jejich zneužití v současném světě. Potom ale hovoříme i o Praze a dalších věcech. Rush přitom stojí v otevřených dveřích na balkon a ležérně kouří, evidentně relaxuje po náročném dni. Po zhruba hodině se však omlouvá – musí cvičit na housle. Partituru má přišpendlenou na stěně pokoje. Ve filmu bude muset na housle hrát a nesmí při tom vypadat, jako by je nikdy v životě nedržel v ruce. Jako památku na toto výjimečné setkání si odnášíme oběma protagonisty podepsanou Einsteinovu knihu (16. vydání jeho *Relativity*, viz obr. 59) a kopii původního EPR článku z *Physical Review*, viz obr. 50.



Obr. 51 Scéna Einsteinovy debaty s Bohrem. Čáry a mlhavý útvar v popředí představují jednu z provázané dvojice částic, o které v EPR paradoxu jde. Jejich animace byla do záběru vložena v postprodukci. Na tabuli je vidět torzo zápisu EPR vlnové funkce, původní návrh tabule je uveden dole. Zdroj: National Geographic



Johnny Flynn a Geoffrey Rush v seriálu „Genius“.

„Na place“ další den byl pak jako „odborný dozor“ přítomen jen jeden z nás (PC). A jak už to bývá, člověk miní a pánbůh mění. Z připravené tabule (navržené v koprodukcii PC a JP podle původního článku EPR a v ateliéru již pečlivě napsané kaligrafem) směl podle režisérova rozhodnutí zbýt jen jeden vzorec! Ten bude Einstein dopisovat během rozhovoru. Hm, opravdu nevím, jestli by podstatu problému někdo (včetně geniálního Bohra) mohl pochopit z jednoho vzorce, ale rozkaz je rozkaz. Vybral jsem formuli pro vlnovou funkci dvojice částic v provázaném stavu – to je asi těžší EPR článku (mimochodem, tato formule je jiná, než jsme dnes zvyklí spojovat s EPR paradoxem – netýká se spinů, ale souřadnic a hybností provázaných částic). Formulka byla jako obvykle napsána na tabuli fixem a částečně obtažena křídou, zbytek pak při mnohokrát opakovaném snímání obtahuje Rush, podpořen hlasitým diktováním režiséra Kena Billera (který vypadá, že vzorci doopravdy rozumí, nebo přinejmenším ví, že se jedná o integrál!). Uvědomil jsem si, že herci to v tomto filmu opravdu nemají lehké – nejenže musejí psát křídou podivné symboly, ale ještě k tomu musejí odřikávat nesnadno zapamatovatelné a obtížně vyslovitelné věty. Pro nás fyziky by to nebyl žádný problém, ale bohužel bychom naopak neporovnatelně hůře zvládali mimiku, gesta a pohyby, všechny ty věci, které velcí herci (a Rush obzvlášť!) ovládají tak skvěle, viz obr. 51.

Upozorňuji režiséra, že část formulky, která je na tabuli napsána křídou už na začátku dialogu, se musí v postprodukcii vymazat. Není přece pravděpodobné, že by Einstein nejprve napsal jen torzo vzorce a zbytek dopisoval až ve finále rozhovoru. Jsem ujištěn, že se tak stane, ale sliby – chyby. Úvodní fázi rozhovoru obou fyzikálních titánů v *Géniovi* můžeme obdivovat na pozadí tabule s rozepsanou, ale nedokončenou vlnovou funkcí. Teprve pak se Einstein chápe křídou a vzorec triumfálně dopisuje.

Na závěr poznamenejme, že zatímco původní EPR článek [41] je často citován, vysvětlován a zmiňován v nejrůznějších knihách a prezentacích, Bohrova odpověď [42] nastiňující obecnější koncept komplementarity [43] je známa už podstatně méně. Určitě stojí za pozornost.

Pokračování v příštím čísle

Odkazy a literatura

[4] Mnohosvazkové dílo *The Collected Papers of Albert Einstein* vydává od roku 1987 nakladatelství Princeton University Press ve spolupráci s odborníky z dalších institucí v rámci projektu *The Einstein Papers Project*. Postupně bude zpracováno a vydáno celé nesmírně rozsáhlé Ein-

steinovo psané dědictví čítající více než 30 000 unikátních dokumentů. Digitální verze dosud vydaných svazků je veřejně dostupná na adrese <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/>.

- [5] Kliknutím na unikátní archivní identifikační číslo se lze ze [4] dostat k původnímu záznamu v *Einstein Archives Online* (na adrese <http://www.alberteinstein.info>) a v některých případech dokonce přímo k rukopisu. Dosud bylo digitalizováno zhruba 7 000 stránek reprezentujících 2 900 dokumentů.
- [16] Albert Einstein: „Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt,“ *Annalen der Physik* **17**, 132–148 (1905).
- [33] Albert Einstein: „Fünf Vorlesungen über Relativitätstheorie,“ dokument 2-1 v *Einstein Archives Online*, The Hebrew University of Jerusalem, Israel, Jerusalem. Dostupný je na adrese <http://www.alberteinstein.info>.
- [34] Albert Einstein: *Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie gehalten im Mai 1921 an der Universität Princeton*. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1922; české vydání *Smysl relativity*, Vyšehrad, Praha 2016.
- [35] Albert Einstein: „Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie“, *Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften (Berlin), Sitzungsberichte*, 142–152, 1917 (část 1).
- [36] Willem de Sitter: „Over de relativiteit der traagheid: Beschouwingen naar aanleiding van Einstein's hypothese“, *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam* **25**, 1268–1276 (1917); anglický překlad *Proc. Akad. Amsterdam* **19**, 1217–1225 (1917).
- [37] Willem de Sitter: „Over de Kromming der ruimte“, *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam* **26**, 222–236 (1917); anglický překlad *Proc. Akad. Amsterdam* **20**, 229–243 (1918).
- [38] Albert Einstein a Willem de Sitter: „On the relation between the expansion and the mean density of the universe“, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **18**, 213–214 (1932).
- [39] Cormac O'Raiheartaigh, Michael O'Keefe, Werner Nahmb a Simon Mitton: „Einstein's cosmology review of 1933: a new perspective on the Einstein-de Sitter model of the cosmos“, *European Physical Journal* **40**, 301–335 (2015).
- [40] Albert Einstein: „Sur la structure cosmologique de l'espace“, jeden ze tří Einsteinových článků otištěných v knížce *Les fondements de la théorie de la relativité générale*, Hermann et Cie, Paris 1933 (překlad z němčiny do francouzštiny pořídil Einsteinův dávný přítel Maurice Solovine).
- [41] Albert Einstein, Boris Podolsky a Nathan Rosen: „Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?“, *Physical Review* **47**, 777–780 (1935).
- [42] Niels Bohr: „Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?“, *Physical Review* **48**, 696–702 (1935).
- [43] Filip Grygar: *Komplementární myšlení Nielse Bohra v kontextu fyziky, filosofie a biologie*. Pavel Mervart, Červený Kostelec 2014.