

# Einstein opět v Praze (1. část)

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

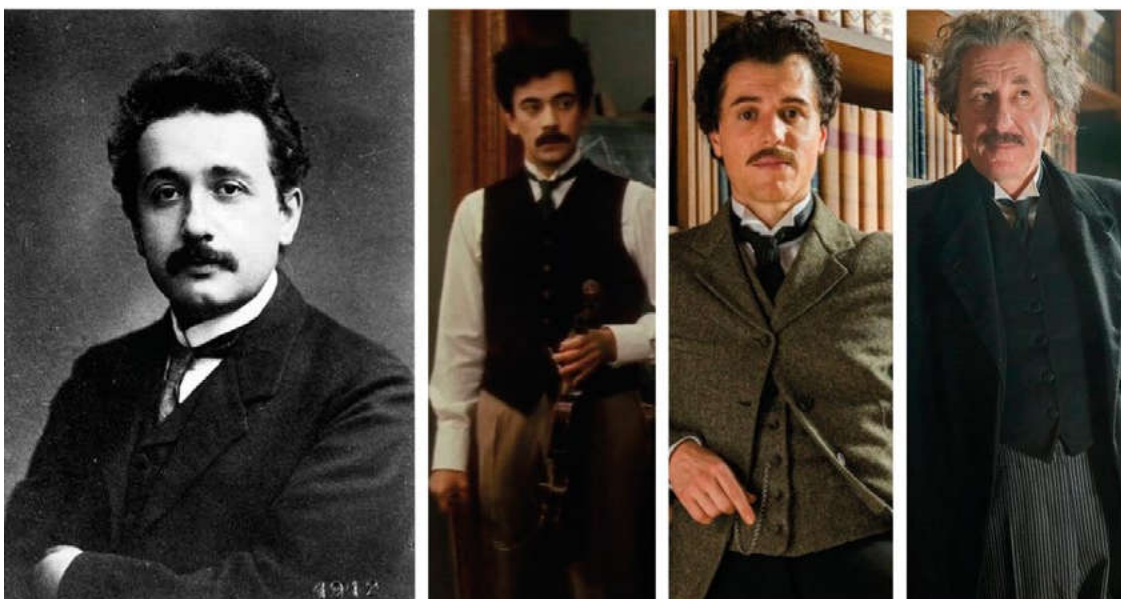
**Jiří Podolský, Pavel Cejnar**

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, často dramatický osud v osobní, vědecké i celospolečenské rovině. 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 jeho obor má 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 na tvorbě takového výjimečného díla podílet. *Génius loci Prahy* magicky zafungoval a opět k sobě přitáhl génia *Einsteinova!* Už potřetí během století. Nejprve to bylo v roce 1911, kdy skutečný Albert Einstein přijal místo řádného profesora teoretické fyziky na Karlo-Ferdinandově univerzitě v Praze. Na její německé části

zůstal tři semestry a kromě učení zde začal systematicky budovat svou teorii gravitace – obecnou relativitu. Druhá Einsteinova pražská reinkarnace v roce 1969 již měla filmovou podobu, a to v potrhle sci-fi komedii *Zabil jsem Einsteina, pánové...*, kde si Einsteina s chutí sobě vlastní zahrál Petr Čepek. A nyní tedy do třetíce se Einstein opět několik měsíců, konkrétně od srpna 2016 do března 2017, procházel pražskými ulicemi,



**Obr. 1** Einsteinovy pražské reinkarnace v letech 1911, 1969 a 2017



byty a barrandovskými ateliéry. Jeho podobu ztvárnil nadaný Johnny Flynn (jako mladý Einstein) a věhlasný oscarový herec Geoffrey Rush (coby starší Einstein). Všechny pohromadě je můžeme vidět na obr. 1.

Tvorby televizního seriálu *Génius: Einstein* s rozpočtem zhruba jedna miliarda korun se pro společnost *National Geographic* ujalo několik producentů, mezi nimiž byli Brian Grazer a Ron Howard. Howard se navíc chopil i režie prvního pilotního dílu. Scénář, volně inspirovaný životopisnou knihou *Einstein: Jeho život a vesmír* od Waltera Isaacsona, napsali Kenneth Biller, Noah Pink a další scenáristé (každý z nich obvykle napsal dva až tři po sobě jdoucí díly). Realizací byla pověřena společnost *Stilking*, sídlící na Barrandově, štáb čítal v různých obdobích zhruba 200–400 filmových profesionálů, z toho jen 5–10% byli zahraniční filmaři.

Celý seriál byl natočen v Čechách během 94 dnů. Kromě barrandovských ateliérů se filmovalo na různých místech Prahy v interiérech (rozpoznat lze třeba unikátní secesní výtah v Obecním domě anebo mramorovou hlavní dvoranu Právnické fakulty Univerzity Karlovy) i mnoha exteriérech (například meziválečný Berlín na Senovážném náměstí, švýcarské Alpy u vinohradské Gröheho vily, budova školy ve Strašnicích ztvárnila gymnázium v Mnichově, Rudolfinum univerzitní budovu v Heidelbergu, okolí Zemské porodnice na Karlově zpodobnilo kampus v americkém Princetonu) i na mimopražských lokalitách (Loket hrál švýcarské městečko Aarau, sladovna v Žatci přístav v New Yorku, další záběry vznikaly v synagoze v Plzni). Hezkou roli dostal Průhonický park i zámek Sychrov, klíčové záběry z berlínského akademického prostředí včetně Einsteinovy pracovny se natáčely v krásné dobové radnici v Liberci, točilo se též v Jablonci nad Nisou či Brně. Samozřejmě, v některých případech vpomohla digitální postprodukce (přikreslení Alp namísto pražských Nuslí i jejich silueta nad městečkem Loket, digitální zaoceánský parník v Žatci a podobně). Dohromady se natáčelo na stovce pečlivě vybraných a připravených lokací.

V tomto smyslu lze seriál o Einsteinovi právem pokládat do značné míry také za český. V premiéře byl odvysílán na jaře roku 2017, a to současně ve 171 zemích světa a v překladu do 45 různých jazyků.

<https://ccf.fzu.cz>

## Role odborných poradců

Autoři tohoto článku byli ke spolupráci na tvorbě seriálu přizváni v různou dobu. Jiří Podolský (dále jen iniciály JP) již během příprav natáčení v srpnu 2016, a to především jako vědecký poradce pro autentické ztvárnění Einsteinových gymnaziálních a vysok školských studií koncem 19. století a jeho následného vědeckého přínosu – zejména šlo o Einsteinův „rok zázraků“ 1905 (kdy v rozmezí několika měsíců přichází s vysvětlením fotoefektu hypotézou světelných kvant, určením rozměrů molekul z Brownova pohybu a zejména se speciální teorií relativity, včetně rovnice  $E = mc^2$ ), významný rok 1915 (kdy formuluje svou slavnou obecnou teorii relativity) i o jeho pozdější práci na unitární teorii pole. Pavel Cejnar (dále PC) byl jako vědecký poradce seriálu přizván v lednu 2017, kdy se připravovalo natáčení posledních tří dílů zachycující období Einsteinova života po roce 1920, čímž se přirozeně objevuje tematika kvantové teorie a jaderné fyziky. V obou případech tedy naše působení odpovídalo našim odborným kompetencím.

Do jisté míry lze říci, že naše přizvání k natáčení v Praze se událo shodou náhod. Američtí producenti a tvůrci seriálu si přes společnost *Stilking* pronajímali služby místních lidí, což se týkalo také zajištění všech dobových kulis a potřebných rekvizit. Do této poněkud bagatelizující kategorie spadaly i věci dosti podstatné – třeba návrhy konkrétních fyzikálních vzorců a schémat, jež doprovází velké množství scén v *Géniovi*, anebo vybavení laboratoří a zobrazení průběhu různých fyzikálních objevů a experimentů. Čeští filmaři, vedeni svou snahou o co největší historickou i vědeckou věrnost, proto coby externisty oslovili nás, fyziky. Naše role postupně přesáhla roli pouhých „pomocníků dekoratérů a rekvizitářů“: prováděli jsme revize a korekce odborných pasáží scénáře, radili hercům a režisérům s jejich ztvárněním, podíleli se na českém překladu a nakonec i na propagaci seriálu. Věříme, že v tom všem kromě náhody sehrála svou roli i skutečnost, že autoři tohoto článku se „popularizací“ fyzikálně-historických témat dlouhodobě věnují v přednáškách pro studenty i širší veřejnost [1]. JP s kolegy Langerem, Těšínskou, Valentou, Rotterem a dalšími také v roce 2012 uspořádali v Křížové chodbě Karolína výstavu *Einstein a Praha, gravitace a vesmír*. Tehdy vytvořené a na webu zveřejněné „modré einsteinovské tabule“ [2] mapující Einsteinův pražský pobyt v letech 1911–12 se staly dobře viditelným odkazem výstavy, skrz který nás filmaři v srpnu 2016 poprvé zkontaktovali.

## Tabule, tabule, tabule

V čem konkrétně spočívala naše činnost? S určitou mírou nadsázky by se dalo říct, že naši hlavní úlohou při přípravě filmového *Génia* bylo „rekonstruovat“ záměry scenáristů a jejich amerických vědeckých poradců, kteří se evidentně podíleli na tvorbě scénáře. Jejich představám a záměrům (často jen velmi nejasně vtěleným do monologů a dialogů) bylo třeba vtisknout konkrétní vizuální a faktickou podobu. Vzdálená přítomnost amerických vědeckých poradců byla cítit jak ze samotného scénáře, který prozrazoval poučenou kompozici fyzikálních scén, tak ze sporadické existence doprovodných odborných poznámek (každý bod scénáře na sebe nabaluje množství dodatečné dokumentace). Bohužel jsme však tyto kolegy neznali, ani jsme neměli možnost se s nimi spojit. Jejich zámě-

ry jsme proto museli buď uhádnout (což bylo naštěstí většinou možné), nebo občas dotvořit a přizpůsobit svým představám.

Nemalá část práce vědeckých poradců spočívala také v přípravě scén odehrávajících se ve fyzikálních a chemických laboratořích, kdy bylo nezbytné zajistit autentické (nebo alespoň autenticky vypadající) přístrojové vybavení a navrhnout smysluplný způsob prezentace experimentů (např. objev Röntgenova záření, rané pokusy s radioaktivitou či Haberův vynález syntézy amoniaku z plynného dusíku). V této oblasti odvedl skvělou práci náš kolega z MFF UK Stanislav Daniš [3].

Autoři tohoto článku se podíleli hlavně na přípravě *tabulí popsaných fyzikálními a matematickými vzorci* (ve filmu se objevují v míře větší než malé – je jich bezmála stovka) a různých *papírových odborných textů či schémat*. Bylo nutné zajistit faktickou správnost zobrazených vzorců a nákrešů, ale i historickou pravdivost použité notace a adekvátnost kontextu, ve kterém se daný text, výpočet či obrázek objevuje. Někdy byla příprava tabule poměrně snadnou záležitostí, jindy naopak bylo potřeba vynaložit několikadenní nemalé úsilí téměř detektivního charakteru.

Některé tabule hrají roli pouhých „dekorací“. Dokreslují školní, akademické a vědecké prostředí, tedy vlastně spoluvytvářejí kulisy, v nichž se děj odehrává. Takové tabule se ve filmu zpravidla mihnou doslova jen na pár sekund, takže rozpoznání jejich obsahu předpokládá nadšence, který si projekci filmu v daném místě zastaví a pohrouží se do luštění vzorečků (i pro takové jsme ovšem pracovali podle svého nejlepšího vědomí a svědomí!). Některé tyto „pomocné“ tabule se nakonec v sestříhaném seriálu ani neobjevily – kamera je při natáčení dané scény buď nezabrala, nebo příslušný záběr nebyl ve finální verzi použit. Je však třeba dodat, že v určitých případech i takto nevýznamné či ve filmu opomenuté tabule ožily druhým životem, a to ve vizuální prezentaci seriálu nebo coby pozadí výstupů hlavních protagonistů doprovázející jeho uvádění v televizi. Člověk tak dopředu nikdy nevěděl, jaký „impakt“ jeho tabule bude nakonec mít – někdy se i ty zdánlivě nejméně významné dostaly všem na oči.

Jiné tabule byly důležité již samou svou rolí ve scénáři. Herci na ně příslušné vzorce sami píšou, vysvětlují je, diskutují o nich. Někdy se o jejich významu do-



**Obr. 2** Režisér Ron Howard při natáčení prvního pilotního dílu seriálu. Za pozornost stojí jeho čepice. Zdroj: *National Geographic*



**Obr. 3** Natáčení scény z první epizody seriálu na podzim roku 2016. Vlevo sedí mladý Albert Einstein ztvárněný hercem Johnnym Flynnem, mezi kamerami napravo stojí režisér Ron Howard, který mu dává instrukce. Zdroj: *National Geographic*

konce hádají! Na takových tabulích záleží samozřejmě mnohem víc než na výše zmíněných tabulích „dekoracích“. Jsou zabírány z velkého detailu, jejich obsah je tedy jasně čitelný a některé výrazy může identifikovat i poučený laik. Dá se říci, že tyto „hrající tabule“ významně dotvářejí vlastní vědecký obsah seriálu – linii Einsteinovy biografie, v níž jde o jeho geniální přínos teoretické fyzice a o další vědecké revoluce první poloviny 20. století, jichž se Einstein účastnil. Vystupují zde i četné další velké postavy tehdejší vědy, jako Röntgen, manželé Curieovi, Lenard, Planck, von Laue, Haber, Freundlich, Hilbert, Bohr, Heisenberg, von Weizsacker, Szilard, Bohm, Oppenheimer a další.

*Postup tvorby tabulí* byl obvykle následující: E-mailem nám z Barrandova poslali anglický scénář jednoho či dvou dílů seriálu. Nejprve jsme v něm museli identifikovat „fyzikální a matematické scény“ a s filmaři dohodnout, kolik tabulí (případně psaných stránek) budou tyto scény obsahovat a zda budou mít roli pasivní (tedy jen „ilustrační“ či „dekorativní“), anebo s nimi budou herci aktivně pracovat. Pak přišel na řadu vlastní obsah tabulí. V prvním kroku šlo o rozmyšlení adekvátního tématu (dle kontextu scény a příslušného dialogu či monologu), následně pak o úplné a detailní návrhy obsahu tabulí v „camera-ready“ podobě, které producenti museli schválit. *Ve všech případech jsme čerpali z originálních zdrojů*, tedy z vytištěných článků, dobových knih a učebnic. Pokud existoval přímo Einsteinův rukopis, přebírali jsme vzorce i (patříčně zkrácený) původní text přímo z něj a snažili se o shodnou grafickou úpravu, posloupnost vzorců, stejné škrtnání, korekce atd. Jak bylo dohodnuto na první osobní srpnové schůzce JP s režisérem Ronem Howardem (viz obr. 2), tabule jsme museli vytvořit v autentickém jazyce, tedy v naprosté většině případů německy. A obvykle pod velkým časovým tlakem, zpravidla během jednoho týdne. Zatímco se scény těchto dílů natáčely, dostali jsme e-mailem průběžně vznikající scénáře dílů následujících a hektický cyklus se opakoval (celkem pětkrát, protože od srpna 2016 do ledna 2017 jsme takto připravovali díly 1, 2+3, 4+5, 6+7 a 8+9+10).

Námi vytvořené kompletní návrhy pak velmi zdařilým způsobem přepsal dobovou křídou na dobové tabule (vyrobené dekoratéry na míru konkrétnímu interiéru či kulisám) profesionální kaligraf Ladislav Kouba.

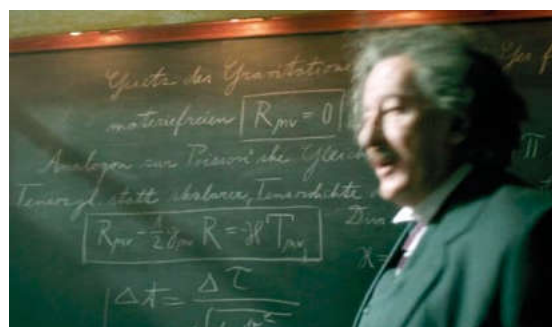
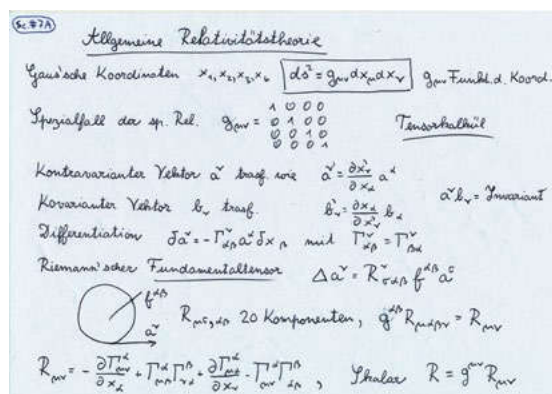
„... věříme, že seriál alespoň na čas přivedl fyziku – nebo přinejmenším některé okolnosti její pozoruhodné historie – do povědomí a rozhovorů lidí, kteří by se něčím takovým jinak zabývali jenom stěží.“

Naučil se přitom autentický Einsteinův rukopis. Někdy psal na tabuli i tmavým fixem. Jeho podklad pak sloužil jako vodítko pro herce, kteří při natáčení tyto fixou předepsané vzorce a texty „obtažovali křídou“. V postprodukci pak byl fixový podklad digitálně odstraněn. Výsledný dojem je vynikající: herci, kteří nikdy nepřišli do kontaktu s vysokoškolskou matematikou ani fyzikou, v natočených záběrech bravurně zvládají řešení obyčejných i parciálních diferenciálních rovnic, zápisy tenzorů v zakřivených geometriích libovolné dimenze, Lagrangeovy funkce, akce sjednocených teorií gravitace a elektrodynamiky, vlnové funkce kvantové mechaniky i jiné „kabalistické formule“ moderní teoretické fyziky.

### Fyzik(a) na place

Návrhem tabulí však naše role většinou nekončila. U hlavních fyzikálních scén jsme byli jako vědečtí poradci a autoři návrhů přizváni „na plac“, tedy přímo jsme se účastnili natáčení. Bylo to nutné, protože jsme prováděli finální „výstupní kontrolu“ tabulí připravených kaligrafem. A navíc většinou docházelo k menším či větším operativním změnám! Až teprve na místě natáčení, v konkrétním interiéru a s již nalíčenými herci a celým štábem totiž režisér s kameramanem rozhodovali, kde bude kdo stát a co přesně bude dělat (viz obr. 3). Až v tomto okamžiku tak docházelo k „propojení“ našich tabulí s herci a jejich ztvárněním dané situace. A bylo potřeba dohlédnout, aby to bylo spojení správné, a nikoli směšné.

Měl-li herec psát něco na tabuli, měl na to několik sekund, takže stihl jen pár slov anebo symbolů. Co přesně bude herec psát, se rozhodovalo až na poslední chvíli. Kaligraf Láďa Kouba musel často narychlo a pod naším dozorem dopisovat křídou přes fix. Jindy



**Obr. 4** Návrh levé tabule se vzorci obecné teorie relativity pro Einsteinovu přednášku v Berlíně (nahore) a Geoffrey Rush alias Albert Einstein před pravou tabulí (dole). Jejich obsah i zápis odpovídají Einsteinovu formalismu z let 1921–22. Zdroj: osobní archiv J. Podolského a National Geographic

se zase zjistilo, že herec by měl stát spíše nalevo nežli vpravo a celý obsah tabule se musel „zrcadlově překlápět“. To bylo opravdu stresující v okamžicích, kdy herci a celý štáb již netrpělivě čekali na natáčení scény a nadarmo běžel drahocenný čas. Museli jsme zachovat chladnou hlavu, soustředit se na formální i obsahovou stránku změněné tabule a nedopustit, aby z pečlivého návrhu nakonec nevznikl „fyzikálně-historický paskvil“. Každá scéna se navíc mnohokrát opakovala a točila několika kamerami z různých úhlů, z dálky i v detailu, z nadhledu či podhledu, zoomem a podobně. Po každém takovém natáčení bylo nezbytné uvést tabule do původní podoby, tedy smazat hercem napsaný text křídou, provést opravy a retuše atd. Není divu, že natáčení jedné komplikovanější scény trvalo hodiny. A během natáčecího dne se jich muselo typicky stihnout víc než pět.

Ani po dotčení všech dílčích plánů dané scény jsme však ani zdaleka neměli jasno, jak to všechno nakonec bude vypadat „v realu“. Co zůstane a co bude naopak vystříháno? Bude i v konečné zkrácené verzi dávat scéna z fyzikálního hlediska smysl? Nevypadne ve střížně něco podstatného, bez čeho bude fyzikální kontext nepochopitelný nebo zkreslený? Nepropojí se nějakou nešťastnou náhodou nesouvisející části dialogu, které odborný obsah zatemní nebo mu dokonce dají mylný význam? Takové otázky nám většinou vířily hlavou cestou z natáčení. Na odpovědi jsme si museli počkat ještě několik měsíců, než jsme celé dílo měli možnost spatřit sestříhané při kontrolách českého dabingu a pak kompletně hotové na obrazovce.

### Summa summarum

Českou „fyzikální osádku“ samozřejmě tvořili jenom autoři tohoto článku. Nicméně s ohledem k celkovému počtu lidí podílejících se na tvorbě seriálu byl počet českých fyzikálních poradců až překvapivě skromný – dohromady tvořili zhruba jedno jediné procento všech zúčastněných. To u filmu, který je „v podstatě o fyzice“ (jak to vidíme my), opravdu není mnoho. Jak jsme se již zmínili, dalším poradcem byl Stanislav Daniš z Matematicko-fyzikální fakulty UK (jeho vzpomínky si budou moci čtenáři ČČF přečíst v některém z příštích čísel [3]) a také Jiří Svoboda z Astronomického ústavu AV ČR. Příležitostně se při natáčení jednotlivých scén seriálu uplatnilo několik dalších odborníků, například další náš kolega z MFF UK Jan Valenta.

Ačkoliv – přes původní příslib – se do velmi krátkých titulků seriálu spolupráce s českými akademickými institucemi nakonec nedostala (o celé české spolupráci na tvorbě seriálu se z nich můžeme dohadovat jenom na základě několika málo českých jmen), my poradci jsme si svůj díl „slávy“ užili na mnoha besedách a přednáškách, které se v souvislosti s uvedením seriálu v celosvětové televizní síti National Geographic a posléze i v České televizi konaly na různých místech.

O to více zde chceme poděkovat lidem, kteří nám pomohli. Naše vděčnost jmenovitě patří Dagmar Drahné z Kabinetu výuky obecné fyziky, která velmi vstřícně zorganizovala důležitou schůzku 4. 10. 2016 s barrandovskými filmaři v učebně fyzikálních praktik MFF UK na Karlově, a také pracovnícím Knihovny dějin přírodních věd MFF UK v Troji Květoslavě Dobíášové a Marcelé Kahounové, které ochotně pomohly vyhledat konkrétní historické prameny pro přípravu klíčových scén prvních dílů. Poděkování patří rovněž

Filipu Grygarovi z Katedry filosofie Univerzity Pardubice, který se odborně věnuje historii jaderné a kvantové fyziky v první polovině 20. století a opravdu výrazně nám pomohl se sháněním odborných podkladů pro poslední tři díly seriálu.

A jaké jsou dnes naše celkové dojmy? Odpovídá vynaložené úsilí konečnému výsledku? Stála všechna ta práce za to? Z našeho osobního hlediska určitě ano! Při přípravě tabulí a dalších odborných rekvizit pro natáčení jsme si sami podstatně prohloubili znalosti historie fyziky a objevili spoustu pramenů, které jsou pro nás i nadále užitečné při výuce a popularizaci fyziky. Účastnit se natáčení, být v přímém kontaktu s režisérem a výbornými herci, vidět, jak to v „továrnách na sny“ chodí, byl navíc určitě velký osobní zážitek – něco, k čemu se člověk naší profese může dostat jen výjimečně nebo spíše nikdy. Byla to naše výprava do zcela neznámého teritoria, unikátní dobrodružství.

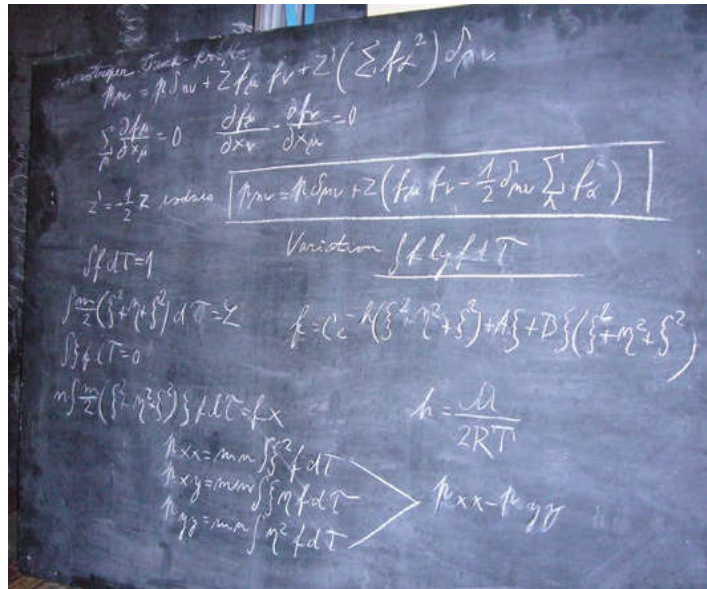
Obraz Einsteina, jeho blízkých, kolegů i protivníků a celé složité doby, ve které žili a docházeli ke svým přelomovým objevům, je ve výsledné podobě seriálu vykreslen velmi působivě. Vznikla strhující filmová saga, ve které se nám všem (včetně těch, kdo o Einsteinovi a jeho životě už něco věděli) nezapomenutelným způsobem zhmotnil důležitý úsek historie nejen moderní vědy, ale celého lidstva. Kromě výborných hereckých výkonů seriál obsahuje i spoustu pěkných animací, které graficky zdařile a přitom věcně správně vizualizují různé fyzikální jevy a myšlenkové experimenty.

Jak už to ale bývá, nic na světě není úplně dokonalé, a to se samozřejmě týká i filmového *Génia*. Zajisté lze mít výhrady k určité „bulvarizaci“ Einsteina – zvýraznění jistých, řekněme choulostivějších stránek jeho života. Můžeme cítit zklamání z toho, že osobní a milostné peripetie někdy částečně zastínily význam Einsteinových intelektuálních výkonů. Chápeme sice, že osobní motivy jsou sdělnější nežli fyzikální výsledky, ale chvilkové zklidnění překotného tempa vyprávění a zaostření na obecnou podstatu problémů, které Einstein s takovou vášní řešil, by snad mohlo zprostředkovat lepší představu o hloubce jeho teorií a vědeckém tvůrčím procesu. To se týká především největšího Einsteinova příspěvku k moderní fyzice, obecné relativity, kdy při ztvárnění jejího hektického završení poněkud zaniká obrovský dosah teorie a dosud nepřekonaná míra invence, která by byla dobře sdělná i bez matematických podrobností. Nicméně i přes tuto kritiku věříme, že seriál alespoň na čas přivedl fyziku – nebo přinejmenším některé okolnosti její pozoruhodné historie – do povědomí a rozhovorů lidí, kteří by se něčím takovým jinak zabývali jenom stěží. A už jen to je obrovská věc!

V následující části našeho delšího článku se budeme věnovat okolnostem a kontextu vzniku několika konkrétních scén či témat, které jsou v seriálu zachyceny. Jedná se tedy o jakési „veselé historicky z natáčení“ kombinované s „kapitolami z dějin fyziky 20. století“. Na laskavém čtenáři pak ponecháváme, kterému z obou aspektů dá při četbě přednost.

### Anizotropní tlaky v plynech i Albertově životě (JP)

Celý seriál začíná drastickou scénou, při níž je 24. června 1922 v Berlíně spáchán atentát na ministra zahraničí Výmarské republiky. Tím byl Einsteinův přítel Walther Rathenau. Prudkým střihem se v tentýž okamžik ocitáme v pracovně Pruské akademie věd a následně

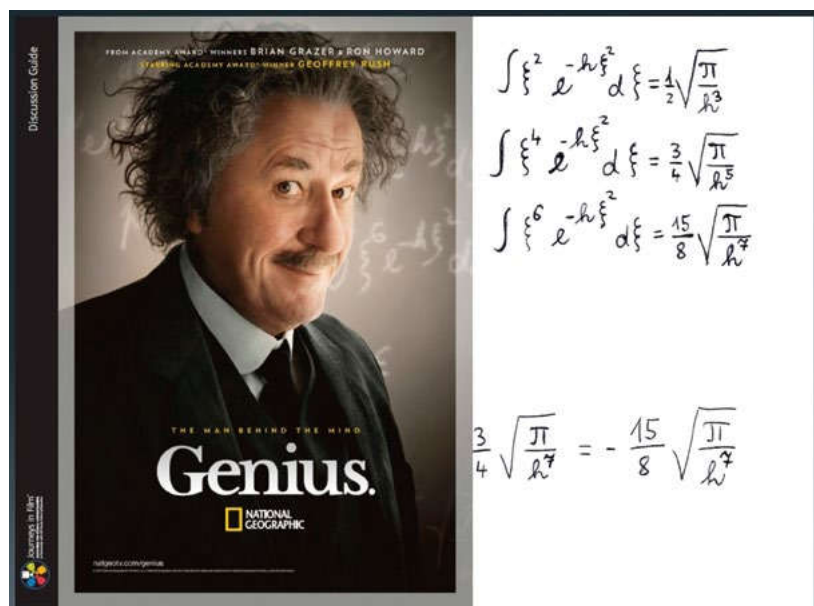


**Obr. 5** Tabule z úvodní Einsteinovy scény obsahující vzorce z jeho článku z roku 1922 o anizotropních tlacích v plynech. Použitá tabule leží po natáčení dne 16. 11. 2016 na chodbě radnice v Liberci, kde se realizovaly scény z berlínské Pruské akademie věd. Zdroj: osobní archiv J. Podolského

duje erotická scéna, jejímiž aktéry jsou třiačtyřicetiletý profesor Albert Einstein a jeho mladá sekretářka Betty Neumannová. Génia tedy poprvé spatřujeme v hodně překerní situaci. Nicméně děj se rychle zklidní a vydá jiným směrem, následuje zajímavý dialog (mimo jiné o nejednoduché geometrii milostného trojúhelníku) a v jeho závěru Einstein odchází do vedlejší posluchárny přednášet studentům o své obecné teorii relativity. Klade otázku „Co je čas?“ a vysvětluje svůj klíčový objev, že čas není absolutní, že plyne pomaleji, když se pohybujeme. A letíme-li spolu se světlem, úplně se zastaví. Následuje graficky zdařile vizualizovaný myšlenkový experiment, který končí výpravou v čase do minulosti: Einstein se probouzí jako patnáctiletý student při hodině matematiky na mnichovském gymnáziu v roce 1894.

Mým prvním konkrétním úkolem v půlce srpna roku 2016 bylo navrhnout několik vhodných tabulí pro tyto úvodní scény pilotního dílu. Pokud jde o přednášku z obecné relativity, docela snadno jsem vymyslel návrhy dvou velkých tabulí s hlavními vzorci teorie. Abych docílil co největší autentičnosti, vyhledal jsem v *Sebraných pracích Alberta Einsteina* [4] jeho přednášky z té doby. Ideální se mi jevil nástin Einsteinovy přednášky „O speciální a obecné teorii relativity“ z konce roku 1921 (je to dokument č. 63 ze 7. svazku [4]). V souvisejícím digitálním archivu *Einstein Archives Online* knihovny The Hebrew University of Jerusalem [5] jsem ke své velké radosti dokonce našel příslušný Einsteinův rukopis (má archivní číslo 2-85). Tím byl jasně určen obsah i styl, jakým mají být zapsány vzorce i německý text. Stačilo jenom rukopis vhodně zkrátit a zjednodušit, za dvě tři hodiny jsem měl hotovo. Obě tabule, které ve filmu hrají docela pěknou roli, jsou vidět na obr. 4.

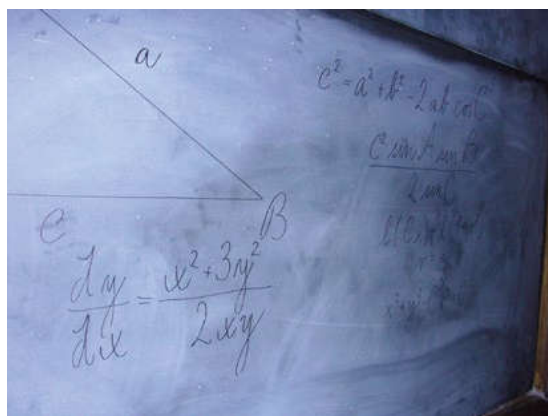
Ale co dát na další čtyři tabule do Einsteinovy pracovny, kde se odehrává úvodní scéna s Betty? Rozhodně se mi nechtělo znovu opakovat teorii relativity. Scéna je datována do června a lze předpokládat, že na tabulích v pracovně mohl mít výpočty nějakého budoucího článku. Tak jsem se podíval, čím se v té době Ein-



**Obr. 6** Návrh tabule s integrály (pravá část) a Geoffrey Rush alias Albert Einstein před ní (levá část). Tento obrázek celý seriál oficiálně propagoval. Zdroj: *National Geographic a osobní archiv J. Podolského*

stein zabýval a co publikoval ve druhé půlce roku 1922. A jeden vhodný článek jsem opravdu našel: nese název *O anizotropních tlacích v plynech s tepelným tokem* (dokument č. 339 ze 13. svazku [4]). Dochovaný třístránkový rukopis je taktéž v knihovně The Hebrew University (archivní číslo 2-91). Einstein ho dokončil v září, časově tedy všechno hezky souhlasí.

Stačí z tohoto rukopisu opsat hlavní vzorce v původní Einsteinově notaci a pár německých slov. Ale které vztahy jsou ty hlavní? Je těžké dostat se od jednoho k druhému? Podstatu i vzorce Einsteinovy relativity znám dobře, je to můj vlastní obor. Ale nikdy jsem se nezabýval plyny s tepelným tokem a anizotropními tlaky. Moje profesionální čest matfyzáka se ozvala: rozhodl jsem se, že Einsteinův článek důkladně přečtu a přepočítám ho. Po několikahodinovém úsilí se mi to povedlo! Úspěšně jsem dopočítal Einsteinovy vzorce (10)–(12) a zjistil přitom, jaké jsou klíčové mezivýsledky. Tak vznikl návrh tabule, jejíž výslednou podobu



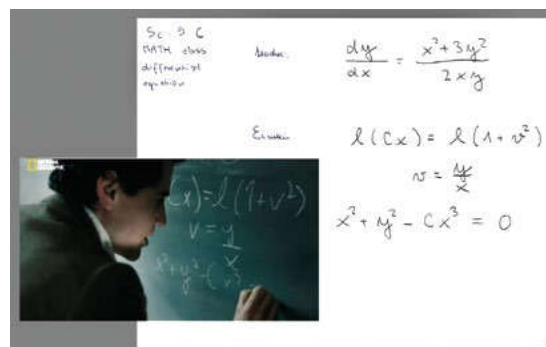
**Obr. 7** Tabule z hodiny matematiky na gymnáziu v Mnichově v roce 1894. Nahoře jsou vzorce z trigonometrie, dole pak řešení diferenciální rovnice. Tabule byla kaligrafem předepsána tmavou fixou, kterou pak herci obtahovali křídou. Točilo se 12. 11. 2016 ve zrušené škole v pražských Strašnicích. Poprvé jsem jel na plac. Shodou náhod jsem to měl z domova jenom čtyři stanice tramvají číslo 22. Zdroj: *osobní archiv J. Podolského*

vidíte na obr. 5. Pro úplnost:  $p_{uv}$  je tenzor napětí,  $p$  je izotropní tlak,  $f_\mu$  je tepelný tok,  $f$  je distribuční funkce a  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$  jsou kartézské složky rychlosti.

Při výpočtech jsem musel použít slavný Eulerův–Laplaceův–Poissonův integrál z funkce  $\exp(-h\xi^2)$  přes všechna reálná  $\xi$ , který se často vyskytuje ve statistické fyzice. A také jeho klony, kdy se integrují funkce  $\xi^n \exp(-h\xi^2)$ . Jak známo, ty se počítají pěkným matematickým trikem, totiž derivací ELP integrálu podle parametru  $h$ . A tyhle pomocné vzorce se moc hodily: rozhodl jsem se je dát na zbývající tři tabule! Ve filmu se mihnou jenom na zlomek sekundy, divák si jich určitě ani nevšimne (zejména když se docela pochopitelně soustředí na Alberta a Betty). A přesto také sehrály svou úlohu: objevily se v prominentní roli na propagačním obrázku celého seriálu! Geoffrey Rush alias Albert Einstein na něm se šibalským úsměvem pózuje před tabulí právě s těmito integrály (obr. 6). Evidentně se režiséru Ronu Howardovi, producentům a promotérům graficky zalíbily.

### Pane Einstein, opusťte třídu! (JP)

Když se Einstein náhlou retrospektivou propadne zpátky v čase z roku 1922 do roku 1894, ocitne se jako student na Luitpoldově gymnáziu v Mnichově. Zrovna probíhá hodina matematiky. Přísný učitel nutí



**Obr. 8** Gymnazista Albert Einstein řeší diferenciální rovnici (vlevo) podle mého návrhu (vpravo). Zdroj: *National Geographic a osobní archiv J. Podolského*

žáky nahlas sborově opakovat namemorované poučky a vzorce ze středoškolské matiky. Konkrétně se podle scénáře jedná o kosinovou větu (kterou všichni známe ze školy) a vzoreček pro obsah trojúhelníka (ten nás naopak nenaučili, zní  $S = \frac{1}{2} c^2 \sin\alpha \sin\beta / \sin\gamma$ ). Stačí to jenom napsat, tenhle návrh tabule se dá udělat velmi snadno.

Ale pozor! Jak se tyto vzorce zapisovaly tenkrát v roce 1894 na mnichovském gymnáziu? Vůbec netuším. Je večer 15. srpna 2016 a jsem pod velkým časovým tlakem. Naštěstí žijeme v 21. století ve světě propojeném fenomenální internetovou pavučinou. Hned nacházím rozsáhlou digitální knihovnu v Mnichově a v ní kompendium vyšší matematiky vydané v roce 1851 ve Vídni [6]. V § 60 na straně 35 objevují kosinovou větu a je jasno: psala se tenkrát úplně stejně jako dnes, jenom úhly se neoznačovaly řeckými písmeny  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ale velkými latinskými  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Uspokojen to přebírám, přidávám banální obrázek trojúhelníku a návrh příslušné části tabule je hotov – viz obr. 7.

Einstein je výukou totálně znuděn a znechucen. Pohrouží se do vlastních úvah o čase a paprscích světla, které mu dopadají oknem na lavici. Náhle je vyrušen rozrušeným učitelem: „Herr Einstein! Jaké je řešení této

homogenní diferenciální rovnice?“. Albert vstane, dojde k tabuli, bravurně ji na dvou rádcích vyřeší, načež zemenší pedagoga a je vykázán ze třídy.

O jakou diferenciální rovnici šlo a jak vypadá její řešení? Podívejte se na dolní část obr. 7 a na obr. 8. Je to rovnice 1. řádu a dá se vyřešit standardní substitucí  $v = y/x$ , což po separovaném integrování vede na rovnost dvou logaritmických výrazů, dávající řešení  $x^2 + y^2 - Cx^3 = 0$  (zkuste si to sami!). Znáte-li vhodný postup, opravdu to lze vyřešit „skoro z hlavy“. Přestože jde o scénaristovu čirou fantazii, výsledkem je docela impresivní vizualizace Einsteinovy matematické geniality.

Jedinou starost jsem opět měl s dobovou notací. Jak asi tenkrát v Německu psali přirozený logaritmus? Ještě dnes zápasíme s nejednotným zápisem „log“ a „ln“. Znova jsem musel sáhnout po dobových učebnicích. V tabulce integrálů v § 772 na straně 518 kompendia [6] jsem ke svému velkému překvapení nenašel ani „ln“ ani „log“, ale prostě jenom „l“. Skvělé, učinil jsem pro sebe nečekávaný objev a ještě bude autentická tabule vypadat zajímavěji! Písmeno „l“ navíc může mladý Einstein napsat rychleji než „log“, takže bude vypadat ještě geniálnější!

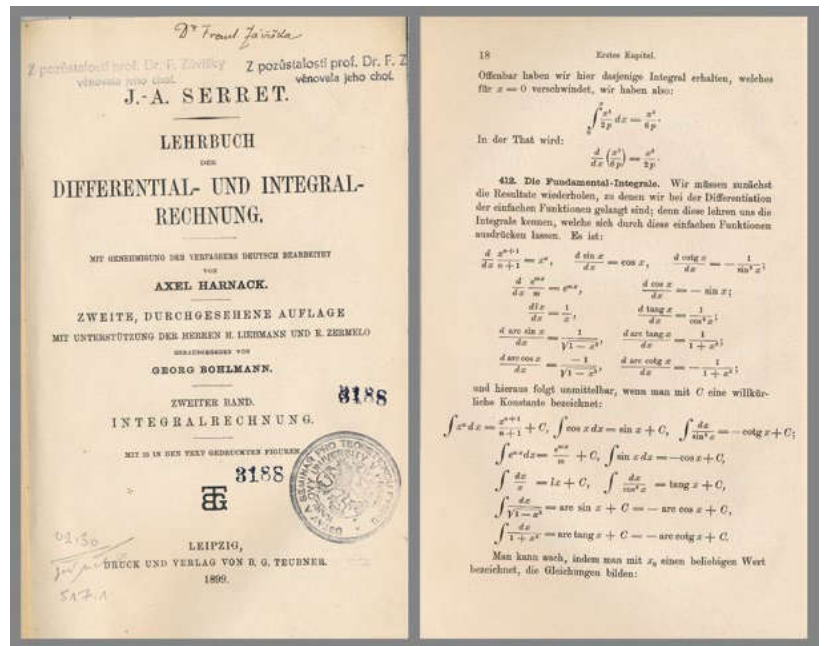
Bylo však toto značení logaritmu tenkrát obecně rozšířené? Nedá mi to a vydávám se do Knihovny dějin přírodních věd, kterou máme u nás na Matfyzu. Naštěstí se nachází přímo v budově v Troji, kde mám pracovnu, a paní knihovnice Dobiášová je velmi ochotná, přestože jsou prázdniny. Chvilí pátráme a hledáme učebnice matematiky z 2. poloviny 19. století v německém jazykovém prostředí (jaká to výhoda, že jsme byli součástí Rakousko-Uherska a německy psaných svazků je tak v naší historické knihovně spousta!). Zanedlouho držím v ruce nádhernou starou knihu. Je to významná dobová učebnice diferenciálního a integrálního počtu od francouzského matematika Josepha Alfreda Serreta, konkrétně její překlad do němčiny z roku 1899 [7]. Potvrzeno: i v této učebnici je logaritmus všude označen zkratkou „l“.

Největší překvapení ovšem zažívám, když si na titulní straně knihy všimnu vlastnoručního podpisu jejího původního vlastníka: byl jím „Dr. Frant. Závíška“. Jsou tam i dvě razítka „Z pozůstalosti prof. Dr. F. Závíšky věnovala jeho choť.“ a vpravo dole ještě razítko „Ústav a seminář pro teoretickou fysiku Karlovy university v Praze“... Z veliké úcty a piety jsem potom záměrně použil vzorce z této osobní Závíškovy učebnice [7] do dalších scén seriálu *Génius*. Nejhezčí roli sehrály ke konci 1. epizody při scéně na Polytechnice v Curychu (točila se v barrandovských ateliérech), kdy se v posluchárně po přednášce z matematiky poprvé setká Albert Einstein se svou budoucí osudovou ženou Milevou Marićovou, viz obr. 9.

**Vypadá to, že nás čeká zajímavý rok (JP)**

Mladý Einstein nedokáže snést polovojevské prostředí mnichovského gymnázia, které naprosto ubíjí osobnost studentů. Nenávidí autoritářský „pruský“ styl výuky založený na absolutní kázni, memorování faktů a bezduchém opakování. V roce 1895 utíká za rodiči a sestrou do italského Milána, tuto střední školu už nikdy nedokončí.

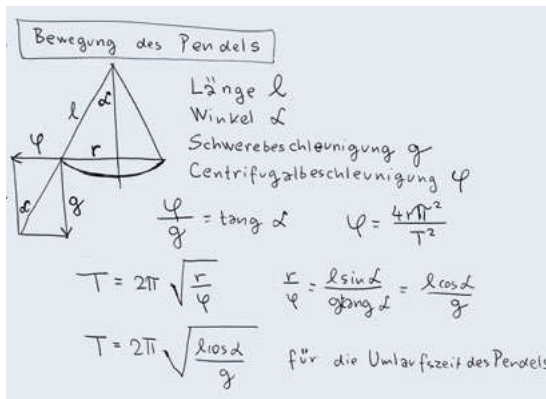
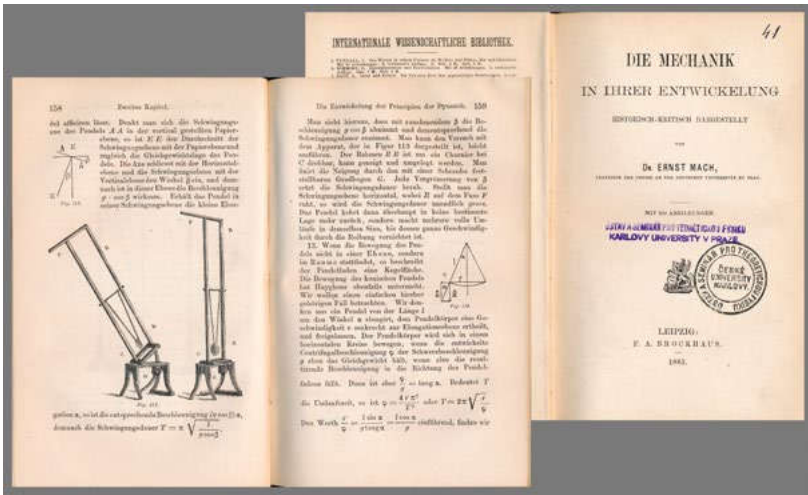
Je přesvědčen, že „od nejmenší molekuly po největší galaxie musí na každou otázku existovat jasná odpověď“. Proti vůli otce se hodlá stát profesorem fy-



**Obr. 9** Nahoře je titulní a 18. strana učebnice diferenciálního a integrálního počtu, jež byla v osobním vlastnictví profesora Františka Závíšky. Dole záběr, kdy se roku 1896 Einstein v posluchárně curyšské Polytechniky poprvé setkává s budoucí ženou Milevou Marićovou. Na velké tabuli za nimi jsou vidět autentické vzorce převzaté ze Závíškovy učebnice. Zdroj: Knihovna dějin přírodních věd MFF UK a National Geographic – foto: D. Martinček

ziky a žít se přemýšlením. Drze se přihlásí na vysokou školu, zvolí Polytechniku v Curychu. Přijímací zkoušky z matematiky a fyziky zvládne výtečně, ale ve všem ostatním (literatuře, zoologii, botanice, francouzštině a politice) neuspěje. Heinrichu Weberovi, vedoucímu katedry fyziky, kouzelně vysvětluje proč: „Literatura je jen zábava, v životě jsem nebyl v zoo, botaniku řadím do stejné kategorie jako buržoazní literaturu a francouzština, no ... pourquoi, pane?“ Na Weberovu repliku, že zapomněl na politiku, odvětí: „Politici jsou pošetilí. Jsou jenom předmětem aktuálních obav. Ale matematická rovnice, profesore, ta bude platit vždycky!“

Webera to dojde a umožní mu neoficiálně navštěvovat své přednášky. A hlavně mu doporučí doplnit si chybějící obecné vzdělání na škole v městečku Aarau. To je pro Alberta spása. Styl švýcarské výuky je úplně jiný. Mezi kantorem a žáky panuje přátelská atmosféra, nezávislé myšlení není ubíjeno, ale naopak vítáno. V seriálu je to vykresleno scénou z hodiny fyziky, kde se probírá Newtonův pohybový zákon. Albert podro-



**Obr. 10** Nahoře je titulní strana a stránky 158–159 s nakloněným kyvadlem z Machovy slavné *Mechaniky*. Přesně podle nich jsem navrhl dolní tabuli pro hodinu fyziky na škole ve švýcarském Aarau. Zdroj: *Knihovna dějin přírodních věd MFF UK a osobní archiv J. Podolského*

bí kritice definici zrychlení koule v kosmickém prostoru jakožto derivaci rychlosti podle času: „*Jak víme, že se koule skutečně pohybuje, když nemáme její pohyb s čím porovnat? Jinými slovy ... co je čas? A když už jsme u toho ... co je prostor?*“ Učitel připomene Newtonovu definici absolutního času z *Principií*. Albert však okamžitě vznáší pochybnosti o její oprávněnosti v duchu úvah Ernsta Macha, jež předjímají pozdější Einsteinovu speciální teorii relativity. Je to další působivá a adekvátní scéna (i když se skoro jistě nikdy neodehrála, klidně mohla...). Na rozdíl od mnichovského gymnázia, v Aarau ho za jeho troufalost učitel ze třídy nevykáže. Naopak se na něj usměje a ke spolužákům klidným hlasem pronese: „*No, vypadá to, že nás čeká zajímavý rok.*“

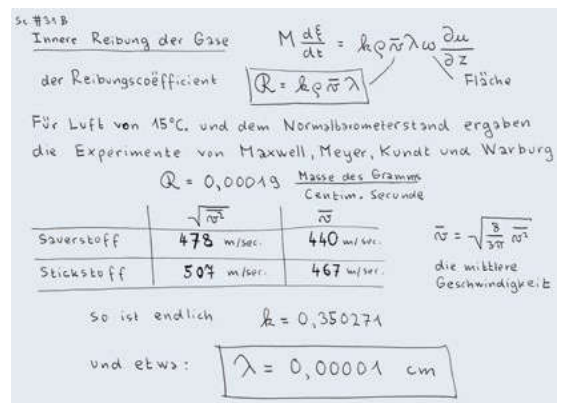
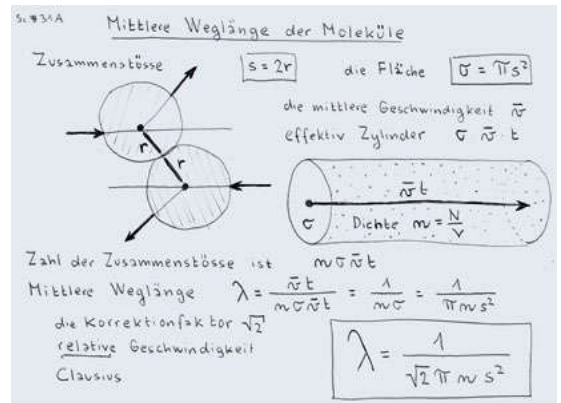
Opět stojím před úkolem tuto scénu doprovodit autentickými tabulemi. Moje rozhodnutí je okamžité: když jsou zde téměř doslova citovány argumenty Ernsta Macha proti newtonovskému konceptu absolutního času a prostoru, bude nejlepší použít přímo Machovu významnou učebnici mechaniky [8]. Víme, že skutečného Einsteina v jeho mládí silně ovlivnila, později uprostřed 2. epizody seriálu je dokonce přímo zmíněna. Navíc ji sepsal a vydal roku 1883 během působení na pražské univerzitě, takže *genius loci* bude nečekaným způsobem několikanásobně propojen: Mach i Einstein byli slavní profesori fyziky v Praze, kde se zrovna natáčí unikátní seriál o tom druhém, a já mám možnost do seriálu přirozeně (a potají) zakomponovat

také toho prvního. Tuhle příležitost si přece nemůžu nechat ujít!

Zase jdu do Knihovny dějin přírodních věd v Troji a s účtou i osobním potěšením listuji Machovou *Mechanikou*. Má signaturu MS6473 a pochází opět z českého Ústavu a semináře pro teoretickou fyziku Karlovy university v Praze, což potvrzují hned dvě razítka z různých dob, viz obr. 10. Na straně 158 nacházím, co potřebuji: krásné vyobrazení Machova nakloněného kyvadla, jednoho z mnoha jeho originálních nápadů, jak pedagogicky názorně demonstrovat základy mechaniky. Když kyvadlo skláníme, doba kyvu se mění, protože do hry vstupuje úhel odklonu. Přebírá Machův náčrtek z následující strany 159, vzorce i klíčová slova a tabule je hotova. Jsem na ni pyšný. V seriálu se prakticky nedá rozeznat. Ale to nevadí: podařilo se mi přece realizovat nečekané propojení ve světě idejí!

**Budu navštěvovat Polytechniku v Curychu (JP)**

Druhé přijímací zkoušky již Albert Einstein zvládne (i díky pedagogické péči své první lásky Marie Wintelerové). Albertova kompozice z francouzštiny zní: „*Budu navštěvovat Polytechniku v Curychu. Strávím tam čtyři*



**Obr. 11** Návrh tabulí Lenardovy přednášky v Heidelbergu o střední volné dráze molekul vzduchu (nahore) a výsledný záběr ze seriálu (dole). Zdroj: *osobní archiv J. Podolského a National Geographic*



roky a budu studovat fyziku a matematiku. Předpokládám, že se stanu učitelem daných oborů a budu se soustředit na teoretické části.“ Profesor Weber ji komentuje slovy: „Váš slovník je elementární. Syntaxe zjednodušená. Nepoužil jste správný čas. Ale myslím, že je to vynikající plán.“

Albertova studia v Curychu v letech 1896–99 jsou zachycena ve 2. epizodě seriálu. Během nich na vysoké škole poznává nejen Milevu, ale také své celoživotní přátele Marcela Grossmanna a Michele Bessa. Studijní léta jsou reprezentována zejména přednáškovými scénami ve velké posluchárně: konkrétně to je přednáška Heinricha Webera o klasické termodynamice, Hermann Minkowskiho o Gaussově teorii zakřivených ploch a také přednáška Philippa Lenarda o kinetické teorii na univerzitě v Heidelbergu.

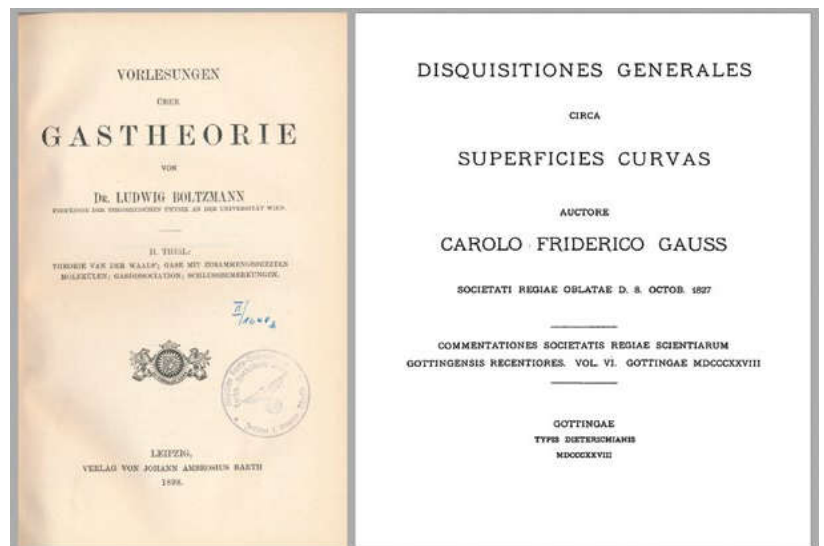
Pro tyto scény bylo opět nutné navrhnout adekvátní tabule, což si ve druhém říjnovém týdnu 2016 vyžádalo další hodiny strávené nad dobovými knihami dešifrováním vzorců a cizího textu. Nebudu vás unavovat podrobnostmi, dovolte mi jenom shrnout, že celkem deset tabulí pro Weberovu přednášku obsahuje klasické vzorce pro 1. a 2. větu termodynamiky svazující energii, teplo, teplotu a entropii. Během přednášky se Mileva a Albert dotazují na podstatu nevratnosti dějů, odpovědi se jim však nedostane. V kontrastu s tímto klasickým, fenomenologickým přístupem k termodynamice je Lenardova přednáška na univerzitě v Heidelbergu v roce 1898 mnohem modernější: opírá se totiž o molekulovou teorii, kterou teprve nedlouho předtím zformuloval Ludwig Boltzmann. Lenard konkrétně počítá střední volnou dráhu molekul vzduchu a ukazuje, že i přes jejich obrovskou rychlost větší než 400 m/s urazí mezi srážkami vzdálenost typicky menší než setinu šířky vlasu. V tomto případě jsem příslušné vzorce a výpočty pro celkem čtyři tabule převzal ze slavné Boltzmannovy učebnice [9] z roku 1896 (v knihovně MFF UK má signaturu MS1375). Konkrétně šlo o § 10 až § 12 na stranách 69–82. Návrhy dvou tabulí i příslušný záběr z filmu jsou na obr. 11.

Byly tu i čtyři docela složité tabule pro scénu, kdy Minkowski přednáší o Gaussově *teorému egregium* týkajícím se křivosti dvojrozměrných ploch. Zde jsem se opíral přímo o původní Gaussovu práci z roku 1827, naštěstí v roce 1902 přeloženou z latiny do angličtiny [10]. Gaussovův významný teorém je uveden na straně 10 tohoto překladu. Faksimile titulních stran obou původních zdrojů je na obr. 12.

Do skupiny „univerzitních“ tabulí patří také pozdější z roku 1905, kterou najdeme v první polovině 4. epizody. Einstein navštíví v Curychu svého spolužáka Grossmanna, jenž se tam brzy poté stal profesorem deskriptivní geometrie, nauky o zobrazování prostorových útvarů do roviny. Setkání probíhá v posluchárně po Grossmannově přednášce. V tomto případě jsme na čtyři tabule převzali autentické náčrtky ze strany 29 jeho osobních studentských zápisků reprezentující znázornění elipsoidu, viz obr. 13. Grossmannovy krásné rukopisy ze zimního semestru 1896–97, kdy absolvoval kurz u prof. Fiedlera, jsou dostupné v digitální podobě [11].

### Je čas povstat, pánové. Povstat za Německo! (JP)

V seriálu je také další scéna z univerzitní posluchárny, a to hodně impresivní. Najdeme ji uprostřed 1. epizody. Vystupuje v ní již zmíněný Philipp Lenard a odehrá-

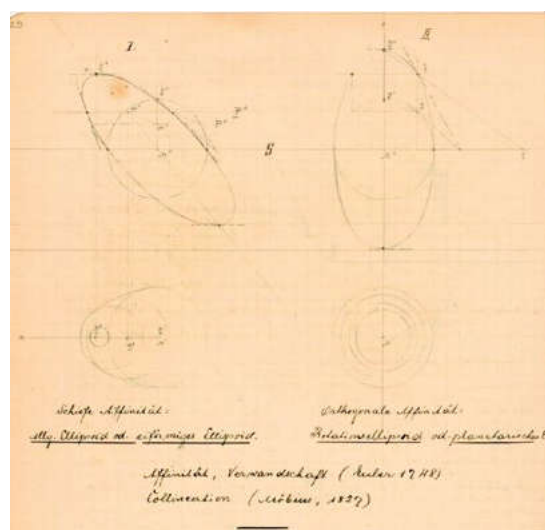


**Obr. 12** Titulní strany Boltzmannovy knihy o kinetické teorii plynů z roku 1896 (vlevo) a Gaussova díla o křivých površích z roku 1827 (vpravo), podle nichž vznikaly předlohy pro tabule univerzitních přednášek. Zdroj: Knihovna dějin přírodních věd MFF UK a Princeton University Library

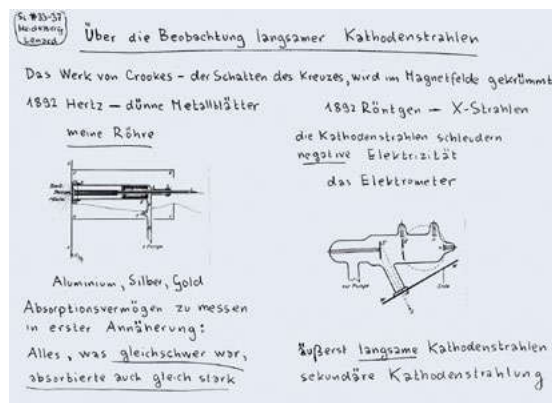
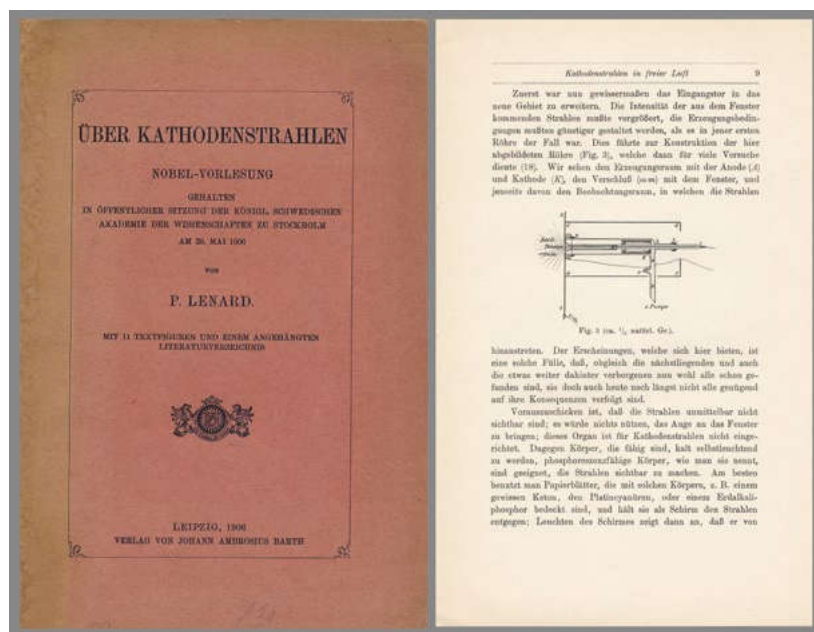
vá se v Heidelbergu v roce 1922, pár dní po atentátu na Walthera Rathenaua, jenž byl židovského původu. Demokratické Německo truchlí nad brutální vraždou svého ministra zahraničí, ale vzmáhající se antisemitská část společnosti, ze které se již brzy zrodí nacistická totalitní diktatura, naopak jásá.

Tuto odvrácenou tvář poválečného Německa v seriálu zosobňuje právě Philipp Lenard. Byl vynikající experimentátor, profesor fyziky, nositel Nobelovy ceny roku 1905 za výzkumy katodového záření, ale současně i otevřený nepřítel Židů a aktivní nacista. Alberta Einsteina z duše nenáviděl, jeho práce odmítal jako „židovskou fyziku“. V seriálu je Lenard hlavní antihrdina. Dokonale ho ztvárnil herec Michael McElhatton (proslavil se mimo jiné v kultovním seriálu *Hra o trůny*, kde si také zahrál „záporáka“, a to Roose Boltona).

V působivé scéně Philipp Lenard v přednáškovém sále zcela zaplněném zfanatizovanými studenty hřímá: „Naši předchůdci opírali svá vědecká bádání o experi-



**Obr. 13** Precizní kresby průmětů elipsoidu ze sešitu Marcella Grossmanna z jeho studijních let 1896–97 v Curychu. Posloužily jako předloha tabulí pro scénu z roku 1905, kdy se setkává s Einsteinem. Zdroj: digitální archiv ETH v Curychu



**Obr. 14** Přebal a 9. strana Lenardovy nobelovské přednášky vydané roku 1906 (nahore), návrh hlavní tabule (uprostřed) a výsledný záběr ze seriálu (dole). Zdroj: *Knihovna dějin přírodních věd MFF UK, osobní archiv J. Podolského a National Geographic – foto: D. Martinček*

menty a fakta, nikoli o umělé vzorce vycházející ze svévolných definic nebo populistických vymyslů o prostoru a čase. Tento cizácký vliv nabývá na síle už příliš dlouho. A úkolem nás coby budoucnosti tohoto skvělého národa je chránit naši árijskou úctu k empirickému pozorování! Nesrozumitelné teorie postrádající reálný základ nemají v našem oboru místo. Nebudeme-li proti nim bojovat, přísahám vám, že se toto cizáctví v těchto posvátných prostorách rozšíří jako virus. A než se nadějeme, ně-

<https://ccf.fzu.cz>

mecká fyzika přestane existovat. Je čas povstat, pánové. Povstat za Německo!“

I k této důležité scéně bylo nutné vytvořit tabule. Sálh jsem po Lenardově nobelovské přednášce [12] vydané roku 1906, kterou také máme v knihovním fondu MFF UK (signatura D2101). Uvnitř je srozumitelný text i pěkná schémata katodových trubic. Přibral jsem též Lenardovu práci [13] z roku 1903. Podle nich se dají příslušné tabule vytvořit už docela snadno. Výsledek je vidět na obr. 14.

*Pokračování v příštím čísle.*

## Odkazy a literatura

- [1] Jedná se o námi organizovaný cyklus *Přednášky z moderní fyziky* pro středoškoly a veřejnost na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze (<http://utf.mff.cuni.cz/popularizace/PMF/>) a také nový matfyzácký kurz *Fyzika jako dobrodružství poznání* s kódem NPOZ008 (<http://utf.mff.cuni.cz/seminare/filos.pl>). Z uvedených webových stránek vedou přímé odkazy na videozáznamy jednotlivých přednášek, které pořídil Ing. Ludvík Hájek (LLionTV) a umístil na YouTube (<https://www.youtube.com/user/LLionTV/>).
- [2] Snímky a dokumenty z výstavy *Einstein a Praha, gravitace a vesmír* v Křížové chodbě Karolina v roce 2012 jsou dostupné na stránce <http://ae100prg.mff.cuni.cz/vystava.php>.
- [3] Stanislav Daniš: příspěvek se připravuje, *Čs. čas. fyz.* (2020).
- [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 Einsteinovo 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.
- [6] Adam Ritter von Burg: *Compendium der höheren Mathematik*. C. Gerold, Wien 1851. Kniha je dostupná online v *Digitale Bibliothek MDZ* (Münchener Digitalisierungszentrum) na adrese <http://www.digitale-sammlungen.de>.
- [7] Joseph-Alfred Serret: *Lehrbuch der Differential- und Integral-Rechnung*. B. G. Teubner, Leipzig 1899.
- [8] Ernst Mach: *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*. F. A. Brockhaus, Leipzig 1883.
- [9] Ludwig Boltzmann: *Vorlesungen über Gastheorie*. J. A. Barth, Leipzig 1896.
- [10] Karl Friedrich Gauss: *General Investigations of Curved Surfaces of 1827 and 1825*. The Princeton University Library, 1902.
- [11] Marcel Grossmann: *Darstellende Geometrie I, Vorlesung von Wilhelm Fiedler, Vorlesungsnachschrift, ausgearbeitet von Marcel Grossmann, 1896–1897*. ETH-Bibliothek Zürich, Shelf Mark: Hs 421:10.1. Dostupné online na adrese <http://dx.doi.org/10.7891/e-manuscripta-6875> v rámci švýcarské digitální platformy pro rukopisy [www.e-manuscripta.ch](http://www.e-manuscripta.ch).
- [12] Philipp Lenard: *Über Kathodenstrahlen. Nobel-Vorlesung*. J. A. Barth, Leipzig 1906.
- [13] Philipp Lenard: „Über die Beobachtung langsamer Kathodenstrahlen mit Hilfe der Phosphoreszenz und über Sekundärentstehung von Kathodenstrahlen“, *Annalen der Physik* 12, 449 (1903).