

Oldřich Semerák

Albert Einstein a století moderní fyziky

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 50 (2005), No. 2, 89--119

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/141258>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2005

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 století moderní fyziky

Oldřich Semerák, Praha



Psal se rok 1905, v Bernu byl krásný květnový podvečer a v dálce za potměnými ulicemi se Mönch v sousedství Jungfrau povážlivě červenal. Lidé se vraceli z procházek a nákupů, některé vezl kočár na večeri a jiní mířili do divadla. Přes Bahnhofplatz právě spěchali opozdilci na rychlík do Curychu, když se na rohu náměstí zastavila dvojice mužů. Jeden z nich vzrušeně gestikuloval a několikrát ukázal střídavě nad sebe na věž Heiliggeistkirche a na věž Käfigturm na druhém konci Spitalgasse: „*Micheli, díky tobě jsem problém beze zbytku vyřešil. Řešením je analýza pojmu času. Čas nelze definovat absolutně...*“ Pak si uvědomil, kolik věžní hodiny ukazují, a zaklel: zase se zapomněl zaregistrovat na nové adrese v Besenscheuerweg.

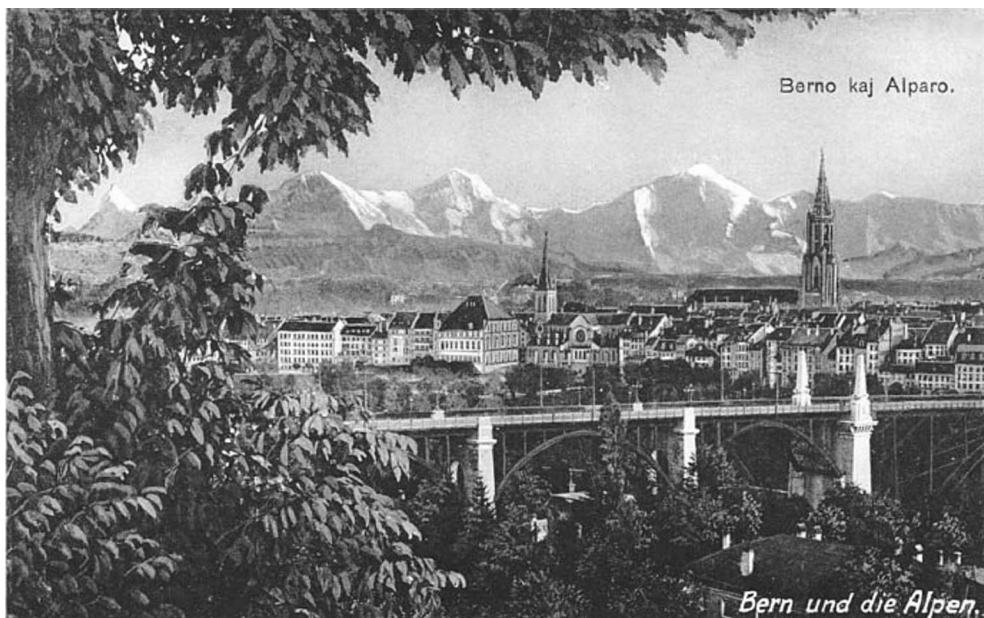
Analýza pojmu „současnost“ stála na počátku cesty k jednomu z pilířů dnešní teoretické fyziky. Onen muž pracoval na Švýcarském úřadu pro ochranu duševního vlastnictví a jmenoval se Albert Einstein. Přihlásit nové bydliště se mu nedařilo již týden, protože dopisoval pojednání o chování částic v kapalinách a včera zase s Bessoem strávili celý večer s „pravým“ a „místním“ časem.

1. Milý Habichte

Během jara 1905 sepsal Einstein i další fyzikální stati a koncem května se jimi pochlubil kamarádovi Conradu Habichtovi, tehdy učiteli matematiky na Evangelickém učilišti v Schiers v Graubündenu:

„Milý Habichte, zavládlo mezi námi tak velebné mlčení, že se cítím skoro jako bych se dopouštěl svatokrádeže, když ho teď přerušuji bezvýznamným plkáním. Ale není

Doc. RNDr. OLDŘICH SEMERÁK, Dr. (1962), Ústav teoretické fyziky, Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, e-mail: oldrich.semerak@mff.cuni.cz



Obr. 1. Zleva Finsteraarhorn, Eiger, Mönch a Jungfrau na jihovýchodním obzoru Bernu. (Pohlednice z r. 1913.)

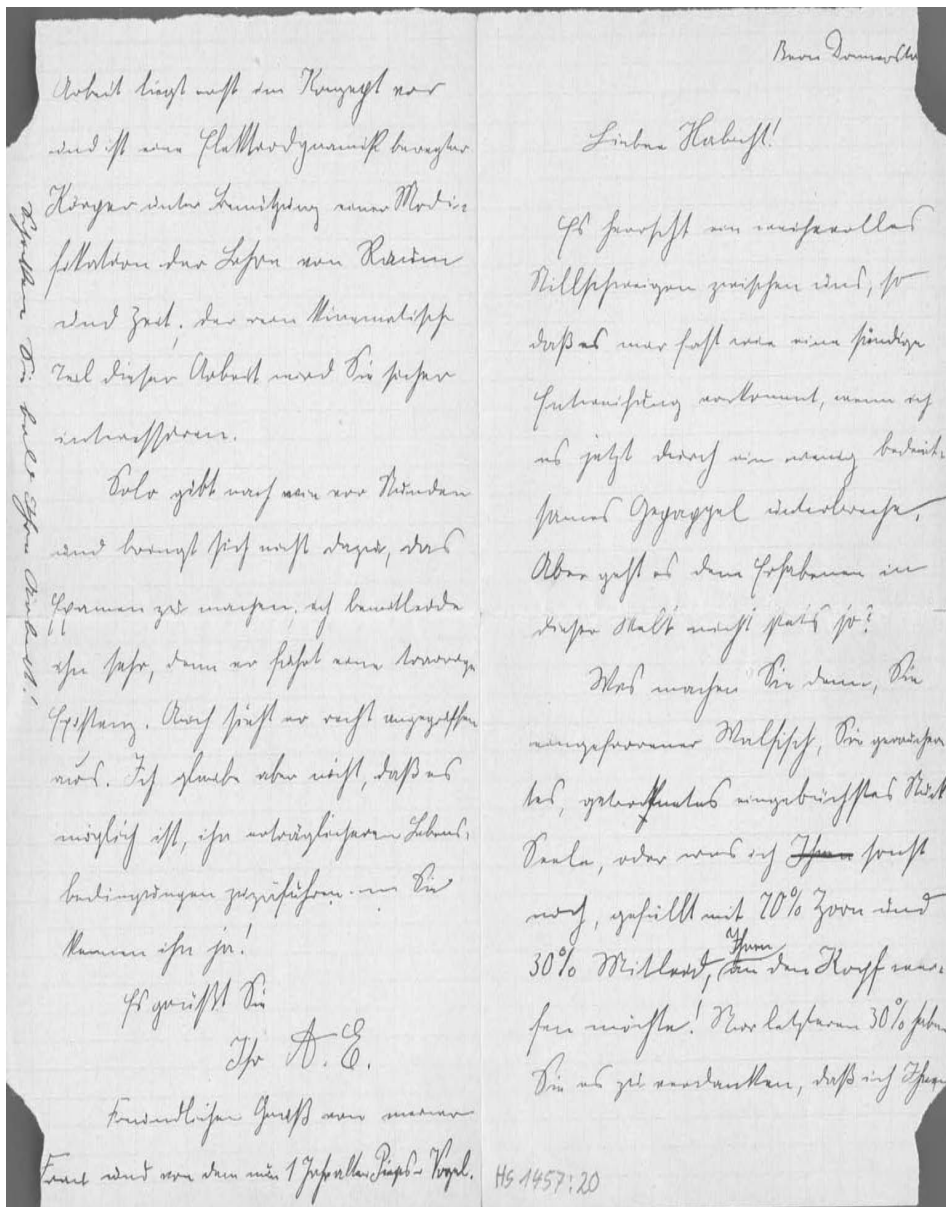


Obr. 2. Bernský Bahnhofplatz s nádražím a kostelem Heiliggeistkirche. Vlevo na návrší je vidět univerzita; není vidět patentový úřad ve zhruba stejné vzdálenosti, dojde se k němu ulicí podél nádraží vpravo.



Obr. 3. Ulice Spitalgasse s věží kostela Heiliggeistkirche na západě — a věží Käfigturm na východě.

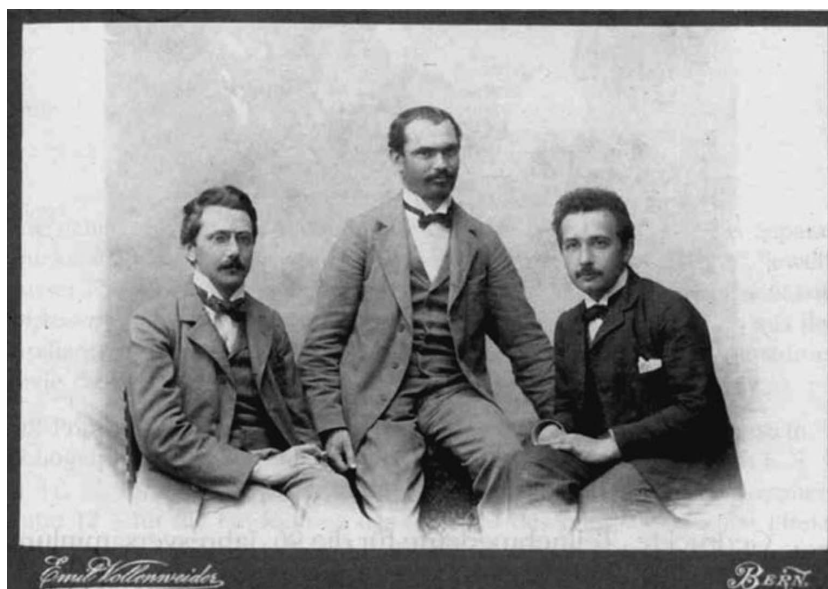
to vždy osudem vznešených tohoto světa? Tak co děláte, Vy mražená velrybo, Vy uzený, sušený, konzervovaný kousek duše či co bych Vám ještě rád hodil na hlavu, jsa ze 70 % naplněn zlobou a ze 30 % lítostí! Jen těm 30 % můžete děkovat, že Vám neposílám plechovku plnou krájené cibule a česneku poté, co jste se tak zbaběle neukázal



Obr. 4. Einsteinův „záračný dopis“ Conradu Habichtovi.

o Velikonocích. Ale proč jste mi stále ještě neposal svou disertaci? Cožpak nevíte, že bych byl jedním z 1½ maniků, kteří by si ji přečetli se zájmem a potěšením, Vy bídníku? Slibuji Vám na oplátku čtyři články, první bych mohl poslat brzy, protože záhy dostanu reprinty. Článek se zabývá zářením a energetickými vlastnostmi světla a je velmi revoluční, jak uvidíte, pokud mi nejdříve pošlete svou práci. Druhý článek je určením skutečných velikostí atomů z difuze a viskozity zředěných roztoků neutrálních

látek. Třetí dokazuje, z předpokladu molekulární teorie tepla, že tělesa velká řádově 1/1000 mm, rozptýlená v kapalinách, už musí konat pozorovatelný nahodilý pohyb, jenž je vyvolán tepelným pohybem; fyziologové skutečně pozorovali (nevysvětlené) pohyby rozptýlených malých, neživých tělísek, kteréžto označují jako »brownovský molekulární pohyb«. Čtvrtý článek je zatím jen hrubým náčrtem a je o elektrodynamice pohybujících se těles, která užívá modifikace teorie prostoru a času; čistě kinematická část tohoto článku Vás bude určitě zajímat. Solo dává soukromé hodiny jako dřív, nedokáže se přimět k tomu, aby udělal zkoušku; je mi ho velice líto, neboť vede smutnou existenci. Vypadá také docela vyčerpaně. Nemyslím ale, že je možné ho nasměrovat ke snesitelnějším životním podmínkám — víte, jaký je! Pozdravy od Vašeho A. E. / Pozdravuje Vás žena a ptáček zpěvák, jemuž je teď rok. Pošlete svou práci brzy!“



Obr. 5. „Academia Olympia“: C. Habicht, M. Solovine a A. Einstein.

Einstein se s Habichtem znal ze Schaffhausenu, kde působil na podzim roku 1901 na soukromé škole. Byla to jen jedna z jeho štací v době, kdy po absolvování curyšské Polytechniky v r. 1900 marně hledal místo asistenta. Snažil se ve Švýcarsku, ale psal i do Holandska, Itálie a Německa. Jeho schopnosti však tehdy tušili jen bývalí spolužáci Marcel Grossmann a Mileva Marićová. Oba měli ještě v Einsteinově životě sehrát důležité role. V červnu 1902 Einstein na přímluvu Grossmannova otce nastoupil na Švýcarském úřadu pro ochranu duševního vlastnictví (patentovém úřadu) v Bernu; a na samém začátku roku 1903 se (bez přímluvy) oženil s Marićovou. Jedinými svědky svatby byli Conrad Habicht a Maurice Solovine, tou dobou studenti Bernské univerzity, kteří do vznikající domácnosti docházeli diskutovat o fyzice, filosofii a umění (Einstein jejich debatnímu kroužku propůjčil titul „Academia Olympia“).

Habicht bude později rád, že dopis nezahodil. V prvním, „revolučním“ článku svého přítele mohl posléze číst: „Podle předpokladu, který zde bude uvažován, není při šíření

Inhalt.

Vierte Folge. Band 17.

Sechstes Heft.

	Seite
1. E. Warburg, Über die Ozonisierung des Sauerstoffs und der atmosphärischen Luft durch die Entladung aus metallischen Spitzen	1
2. Otto von Bayer, Absorption elektrischer Schwingungen von 70 cm Wellenlänge	80
3. N. Kapzov, Über die Druckkräfte der Wellen, welche sich auf einer Flüssigkeitsoberfläche ausbreiten	64
4. Heinrich Frhr. Rausch v. Traubenberg, Über den Halleffekt des Wismuts bei hohen Temperaturen. (Hierzu Taf. I)	78
5. Rudolf F. Pozdřna, Versuche über Blondlots „Emission pesante“	104
6. A. Einstein, Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt	132
7. H. Rubens und O. Krigar-Menzel, Flammenröhre für akustische Beobachtungen	149
8. V. Grünberg, Farbengleichung mit Zuhilfenahme der drei Grundempfindungen im Young-Helmholtz'schen Farbensystem	165
9. Martin Gildemeister und Otto Weiss, Über einen zuverlässigen Platinschließkontakt	174
10. Victor Bismacki, Über einen Halbschattenanalysator	180
11. Th. Rotarski und S. F. Žemžuznyj, Pyrometrische Untersuchung einiger „flüssiger“ Kristalle	185
12. J. P. Kuenen, Über die Berechnung der Konstanten a und b der van der Waals'schen Gleichung aus den kritischen Werten	189
13. O. Stöckert, Einige Bemerkungen zur Arbeit des Hrn. W. Merckens: „Über strahlenartige Einwirkungen auf die photographische Bromsilbergelatine“	192
14. M. Reinganum, Berichtigung	196

Ausgegeben am 9. Juni 1905.

VI

Inhalt.

Siebentes Heft.

	Seite
1. P. Lenard, Über die Lichtemissionen der Alkalimetall-dämpfe und Salze, und über die Zentren dieser Emissionen	197
2. Arthur Szarvassi, Über elektromotorische Kräfte und die reversiblen Wärmetönungen des elektrischen Stromkreises	248
3. C. Fredenhagen, Entwurf einer allgemeinen Theorie elektrolytischer Lösungskonstanten und Spannungsreihen, sowie der Löslichkeit und Dissoziation von Säuren und Basen	285
4. C. Fredenhagen, Über eine Theorie des elektrischen und dielektrischen Verhaltens der Leiter zweiter Klasse	332
5. A. Heydweiller, Über die dielektrische Festigkeit leitender Flüssigkeiten (nach Versuchen von F. Leppelmann mitgeteilt)	346
6. W. Holtz, Negative Bläsel mit Stiel u. Zweigen in freier Luft	353
7. Ferdinand Braun, Der Mechanismus der elektrischen Zerstäubung; Schmelzen von Kohlenstoff; Zerlegung von Metalllegierungen. (Hierzu Taf. II, Figg. 1—2)	359
8. Ferdinand Braun, Optische Doppelbrechung in isotropen, geschichteten Medien	364
9. B. Walter, Über eine von den Strahlen des Radioteururs in der atmosphärischen Luft erzeugte neue Strahlung. (Hierzu Taf. II, Fig. 1)	367
10. Robert Pohl, Über das Leuchten bei Ionisation von Gasen. Zur Deutung der Versuche des Hrn. B. Walter. (Hierzu Taf. III, Figg. 1—2)	375
11. Adolf Schmidt, Werte der erdmagnetischen Elemente zu Potsdam für das Jahr 1904	378

Ausgegeben am 4. Juli 1905.

Achstes Heft.

1. August Becker, Messungen an Kathodenstrahlen. (Hierzu Taf. IV, Figg. 1—10)	381
2. G. Bakker, Zur Theorie der Kapillarsicht	471
3. L. Hermann, Über die Effekte gewisser Kombinationen von Kapazitäten und Selbstinduktionen	501
4. T. Retschinsky, Über die Wiedervereinigung der Ionen in Luft	518
5. A. Einstein, Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen	549
6. B. Walter, Über das Röntgensche Absorptionsgesetz und seine Erklärung	561
7. Karl L. Schaefer, Über die Erzeugung physikalischer Kombinationstöne mittels des Stenortelephons	572
8. G. Bakker, Antwort an H. Hulshof	584

Ausgegeben am 18. Juli 1905.

Inhalt.

Neuntes Heft.

	Seite
1. A. Winkelmann, Über die Diffusion naszierenden Wasserstoffs durch Eisen	589
2. Georg Remppe, Die Dämpfung von Kondensatorkreisen mit Funkenstrecke	627
3. John Koch, Bestimmung der Brechungsindizes des Wasserstoffs, der Kohlensäure und des Sauerstoffs im Ultrarot	658
4. W. Matthies, Über die Glimmentladung in den Dämpfen der Quecksilberhaloidverbindungen HgCl ₂ , HgBr ₂ , HgJ ₂	675
5. Richard Thälde, Der Einfluß der Ionisation auf die Leitungsfähigkeit des Kohärenten	694
6. G. Melander, Über eine violette und ultraviolette Strahlung der Metalle bei gewöhnlichen Temperaturen	705
7. Paul Schuhknecht, Untersuchungen über ultraviolette Fluoreszenz durch Röntgen- und Kathodenstrahlen	717
8. O. Lehmann, Die Gleichgewichtsform fester und flüssiger Kristalle	728
9. H. Hausrath, Die Messung kleiner Temperaturdifferenzen mit Thermoelementen und ein Kompensationsapparat mit konstantem kleinem Kompensationswiderstand bei konstant bleibendem Hilfsstrom	735
10. Carl Forch, Die Oberflächenspannung von anorganischen Salzlösungen	744
11. B. Strasser, Über die Bestimmung des Selbstinduktionskoeffizienten von Solenoiden	763
12. U. Behn, Über die Übereinanderlagerung von Halbschatten; Bemerkung zur Arbeit des Hrn. J. Petri: Einige neue Erscheinungen etc.	772
13. Robert Fürstenau, Über einige Entladungserscheinungen in evakuierten Röhren	775
14. L. Hermann, Zusatz zu der Abhandlung: „Über die Effekte gewisser Kombinationen von Kapazitäten und Selbstinduktionen“	779

Ausgegeben am 22. August 1905.

Zehntes Heft.

1. P. Ewers, Die Spitzenentladung in ein- und zweiatomigen Gasen	781
2. E. Madelung, Über Magnetisierung durch schnellverlaufende Ströme und die Wirkungsweise des Rutherford-Marconischen Magnetdetektors	861
3. A. Einstein, Zur Elektrodynamik bewegter Körper	891
4. H. Greinacher und K. Herrmann, Über eine an dünnen Isolatorschichten beobachtete Erscheinung	922
5. R. Reiger, Lichtelektrische Zerstreung an Isolatoren bei Atmosphärendruck	935

Obř. 6. První tři strany jednoho z nejslavnějších obsahů — 17. ročníku Annalen der Physik.

světelného paprsku z bodu energie spojitě roznášena do stále se zvětšujících prostor, ale skládá se z konečného množství energetických kvant, která jsou lokalizována v prostorových bodech, pohybují se, aniž by se dělila, a mohou být absorbována a emitována pouze celá.“ Einstein zde jako první vzal vážně Planckovu kvantovou hypotézu ze září 1900 a navázal na svá studia specifického tepla a fotoelektrického jevu. Je pikantní, že Max Planck sám záhy označil svůj přelomový, „kvantový“ výpočet vyzařování černého tělesa za „akt zoufalství“ — a mezi spoustou chvály, kterou v r. 1913 zanesl do návrhu na přijetí Einsteina do Pruské akademie věd, nalezneme i větu: „*Nezazlívejme mu příliš, že ve svých spekulacích někdy přestřelil, jako např. s hypotézou světelných kvant; neboť ani v nejexaktnější z přírodních věd není pokrok možný bez rizika.*“ Po 9 letech dostane Einstein za „přestřelení“ Nobelovu cenu.

Druhou prací, kterou Einstein Habichtovi v dopisu slibuje, posléze podal jako doktorskou disertaci. Jmenovala se *Nové určení rozměrů molekul*, měla 17 stran, byla věnována Marcelu Grossmannovi a přinášela „atomistické“ argumenty — z makroskopického chování roztoků určovala velikost částic rozpuštěné látky. Navazovala na ni práce třetí, *O pohybu částic rozptýlených v klidných kapalinách, který si žádá molekulárně-kinetická teorie tepla*, v níž Einstein zúročil své znalosti Boltzmannovy kinetické teorie. Ihned vyvolala ohlas předních laboratoří i některých odborníků z biologických a lékařských kruhů. Einstein po půl roce přidal ještě článek *K teorii Brownova pohybu* a téma ho nepřestalo těšit ani v dalších letech; pochvaloval si, že v Brownově pohybu „*lze bezprostředně nahlížet neuspořádané elementární procesy*“. Za příspěvky k molekulárně-kinetické teorii byl na Nobelovu cenu navržen několikrát, poprvé už v r. 1910, ale nikdy ji nedostal.

Einstein psal o prvním článku (*K heuristickému hledisku týkajícímu se produkce a transformace světla*) jako o „velmi revolučním“ a i z pozdějšího pohledu to bylo zcela na místě — v té době nikdo nepochyboval o striktní platnosti Maxwellovy teorie a o vlnové povaze světla. Navíc, dnes lze jen stěží docenit, jakou odvalu musel autor v r. 1905 mít k „heuristickému hledisku“! Jak ale pak označit poslední v dopisu zmíněný text, „draft“ teorie, která bude po letech známa jako speciální relativita? Einstein zde nepřichází s novým tématem, skloubení Maxwellovy elektrodynamiky s Newtonovou mechanikou bylo na pořadu již desetiletí a Lorentzova transformace byla známa. Zatímco však o Maxwellových rovnicích se nepochybovalo 40 let, na koncept času jakožto inherentní strukturu vesmíru se úvahy „samozřejmě“ spoléhaly po tisíciletí. Ještě před všemi rovnicemi svého článku *K elektrodynamice pohybujících se těles* Einstein navrhuje nahradit posvátný parametr času „polohou ručičky na mých hodinách“... Přestože souvislost je úplně jiná, hodí se zde citovat z jeho korespondence: „*Ať žije drzost! Je na tomto světě mým strážným andělem.*“¹⁾

¹⁾ Einstein to psal Milevě Marićové 12.12.1901 ze Schaffhausenu; šlo zde především o drzost, se kterou se postavil „vykořisťování“ ze strany svých přechodných zaměstnavatelů, majitelů soukromé školy Nüeschových. O pět dní později píše v dalším dopisu: „*Pracuji teď velmi dychtivě na elektrodynamice pohybujících se těles, která slibuje stát se parádním článkem.*“ (Splnilo se to o dost později než přání ze začátku dopisu. Tam chtěl, aby za ním Mileva přijela — protože „*zjišťuji, že každý řádný chlap musí mít dívku*“). Později začal měnit názor.)

2. Myšlení samo o sobě je to pravé, stejně jako hudba!

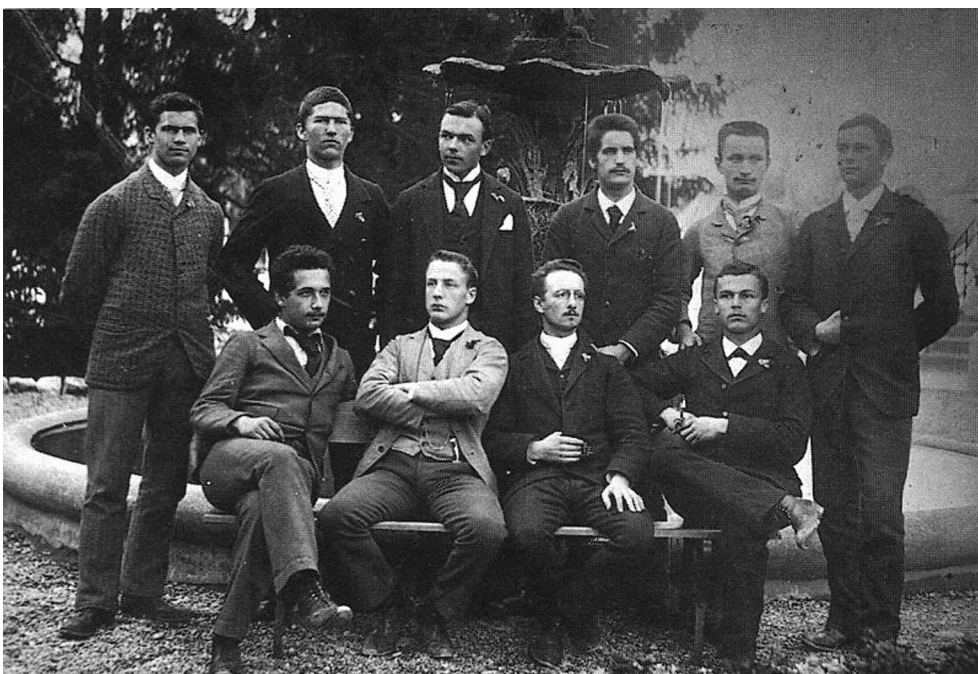
Einsteinovo mládí nebylo jednoduché a historikové nabízejí k překlenutí nejasných míst v životopisu jeho „zázraků“ různé interpretace. Einstein sám uváděl jako svůj první zázračný zážitek pozorování kompasu v 5 letech: „Že se jehla kompasu chovala takto, se vůbec nehodilo ke způsobu, jak se věci dějí a jak je lze podvědomě chápat (působení spojené s »dotekem«). . . . Tady muselo být něco, co bylo hluboce skryto za věcmi.“ Na školní léta nijak rád nevzpomínal. Do žádné party dobře nezapadal a děti mu říkali posměšně „pocivec“. Vůbec nesdílel sen většiny spolužáků o pochodování v uniformě. Když ho jednou rodiče vzali na přehlídku, prohlásil: „Až budu velký, nechci patřit k těmto ubožákům.“ Tou dobou se však na mnichovské základní škole právě tak cítil. Atmosféru na pozdějším gymnáziu označoval přímo za „kasárenskou“ — prospíval sice nadále velmi dobře, ale protivilo se mu „bezduché a mechanické učení“ v řadě předmětů: „Raději jsem se nechal trestat, než abych se učil nazpaměť.“ V 15 letech „z rukou poručíků“ unikl — podle pečlivě připraveného plánu gymnázium předčasně opustil a odjel za rodiči do Milána; záhy se vzdal i německého občanství. (Od r. 1901 do smrti byl pak švýcarským občanem.)



Obr. 7. Einstein zhruba v době, kdy unikl z Mnichova za rodiči do Itálie.

Einsteinův vzdor proti jakémukoliv „stádu“ a „papouškování“ nebyl jen povrchním pubertálním projevem, nýbrž pevným celoživotním krédem. Sám vzpomíná, jak k jeho formování přispěla raná četba přírodovědných knih. Když mu bylo 11 let, začal mu je nosit student medicíny Max Talmud. Jejich obsah se neslučoval dobře s tím, co se

Einstein učil v náboženství. „Z tohoto zážitku vyrostla nedůvěra k autoritě každého druhu, skeptický postoj k přesvědčení, která byla v tehdejší společnosti živá — postoj, který mě už nikdy neopustil, třebaže později ztratil lepším vhladem do příčinných souvislostí na ostroiti.“ Zvláště Einsteina fascinovala geometrie. Strýc Jakob ho na tři týdny zaměstnal dokazováním Pythagorovy věty a ve 12 letech mu Talmud půjčil knihu o Eukleidově geometrii. „V ní byla např. věta o protnutí tří výšek trojúhelníka v jediném bodě, která vůbec nebyla zřejmá, ale mohla být dokázána s takovou jistotou, že se jakékoli pochybnosti zdály být vyloučeny. Ta jasnost a jistota na mne udělaly nepopsatelný dojem.“ Brzy Einstein v samostudiu pokročil až k infinitesimálnímu počtu. To, že spolužáci — a často i učitelé — viděli v matematické nevzdělanosti spíše ctnost, ho utvrdilo v přesvědčení, že své zájmy zvolil správně.



Obr. 8. Einsteinova třída na kantonální škole v Aarau. Jeden ze spolužáků, jistý Byland, osobitě Einsteina popsal i z pozdějšího pohledu docela trefně: „Posměšná rýha kolem plných úst s poněkud výraznějším spodním rtem nepovzbuzovala žádného maloměšťáka k navázání známosti. Netišněn konvenčními zábranami, stál jako smějící se filosof před světem a jeho děním a duchaplným výsměchem nemilosrdně káral veškerou marnivost a nepřirozenost.“

Se stejnou vervou jako geometrii se tou dobou Einstein věnoval jen houslím. Hrál na ně od šesti a k malé radosti učitelů (neboť údajně „pro ně hudba nebyla víc než řemeslem“...). Ve třinácti však objevil Mozartovy houslové sonáty a samostatně na nich piloval techniku. Když v sedmnácti absolvoval s 16 kolegy hudební zkoušky na švýcarské kantonální škole v Aarau, inspektor ve zprávě vyzdvihl, že „jeden student, jménem Einstein, se blýskl předvedením adagia z Beethovenovy sonáty s hlubokým

porozuměním.“²⁾ Jak píše A. Fölsing, během pozdějších studií na Polytechnice bylo Einsteina často možno vidět, jak kráčí ulicemi Curychu s houslemi v podpaží; žádná z dam, které jej doprovázely na klavír, prý neměla ochranu před jeho hudební vášnivostí. C. Seelig dokumentuje také houslistovu hrdost: když jedno dámské publikum vytáhlo během jeho hry pletení, Einstein nástroj sbalil: „*Přece vás nebudu rušit při práci.*“ (Klavíristky budou ve svědectvích postupně řidnout, zato začne přibývat zájemkyň o fyziku, zejména o objasnění teorie relativity. Einsteinova hra vášnivost neztratila, ale vzhledem k tomu, že času na cvičení ubývalo, vyvolávala u pozdějších spoluhráčů jiné obavy.)

Na curyšskou Polytechniku Einstein nastoupil v 17 letech, v r. 1896. Absolvoval svědomitě „povinné“ první semestry, ale později přednášky „*často vynechával a místo toho studoval doma se svatým nadšením mistry teoretické fyziky*“, často s Milevou Marićovou. Před zkouškami pak oba chodili za spolužákem Marcelem Grossmannem, jehož pečlivě vedené zápisky přednášek sloužily jako „*záchranná kotva. Co bych si bez nich počal, o tom raději nechci ani přemýšlet.*“ Dalšího přítele na celý život našel Einstein při společném muzicírování — Michel Angel Besso na „Poly“ končil strojařinu.

Einstein se pokoušel na Polytechniku dostat už v r. 1895. Profesor Heinrich Friedrich Weber byl u zkoušek z matematiky a fyziky tak nadšen, že Einsteina pozval rovnou na své přednášky pro 2. ročník. Rektor Albin Herzog, také fyzik, však doporučil doplnit si nejprve humanitní znalosti na aaraské kantonální škole. Einsteinovi se líbil Weberův základní fyzikální kurs a horlivě pracoval i v jeho laboratoři, skvěle vybavené Siemensem. Postupně se ale jejich vztahy horšily. Einstein si na „principála“ stěžoval, protože odmítl jeho (údajně i dnes stěží realizovatelný) návrh alternativy Michelsonova-Morleyova pokusu a ve vyšších ročnících se málo věnoval nejmodernějším partiím teoretické fyziky. Diplomová práce o vedení tepla nebyla slavná a Weber ho nepřijal za asistenta. Einstein se k němu přesto přihlásil k doktorské práci o termoelektrickém jevu, ale věnoval se místo toho mikroskopickému vysvětlení povrchových jevů, zvláště kapilarity. Toto snažení mu sice vyneslo dvě „začátečnické práce“ v *Annalen der Physik*, ale také spory s Weberem a přerušení disertace. V listopadu 1901 podal doktorát u profesora Alfreda Kleinerja z curyšské univerzity, ale ten mu práci vrátil. Mezitím se ucházel na spoustě pracovišť o asistentké místo. Neúspěšně. Einstein byl v té době neznámým a průměrným kandidátem, ale podle jeho vlastní verze měly být příčinou všeho neštěstí záporné posudky od Webera. Když se po 11 letech vracel na Polytechniku z Prahy, již jako slavný fyzik, napsal svému asistentovi Ludwigu Hopfovi: „*Ten ukrutný Weber už zemřel, takže to bude i po osobní stránce velmi příjemné. . .*“

²⁾ Einstein měl ve Švýcarsku daleko větší chuť do života než v Německu. Kantonální střední škola v něm „*zanechala nezapomenutelný dojem, a to díky liberálnímu duchu a přístupu učitelů, kteří se neopírali o vnější autoritu; ve srovnání se šesti lety, strávenými na německém, autoritativně vedeném gymnáziu, jsem si uvědomil, o co lepší je výchova ponechávající volnost a vedoucí k samostatnosti oproti výchově postavené na drilu, vnější autoritě a ctižádosti. Skutečná demokracie není žádný prázdný blud.*“ Stejně štěstí měl v Aarau i s ubytováním. V penzionu Josta Wintelera, profesora na aaraské škole, našel druhý domov. „*Musím často myslet na tátu Wintelera a jasnozřivost jeho politických názorů.*“ Winteler byl přesvědčený demokrat a již od od 70. let 19. století varoval před nebezpečím hnědé diktatury v Německu.



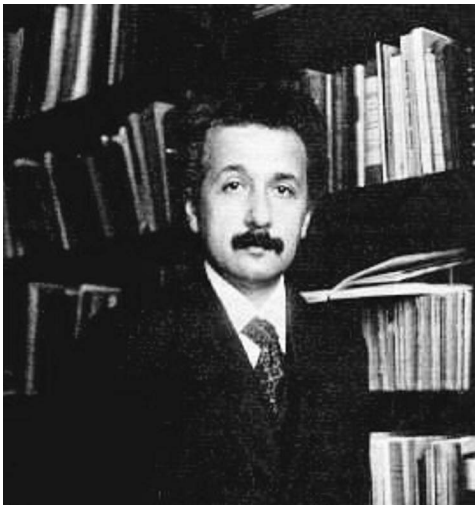
Obr. 9. Budova curyšské Polytechniky (ETH).

(Paradoxně právě Weber hodnotil Einsteina jako „velmi chytrého hochu“ a dával mu na škole ze všech nejlepší známky — přesto, že ten ho prý oslovoval „Herr Weber“.)

Student Einstein netrpěl přehnanou úctou ani k dalším profesorům Polytechniky. Ač ho v pozdějších letech vždy těšila účast u experimentu a některé i sám vymyslel, povinná fyzikální praktika vysloveně zanedbával, dostal za to ředitelskou důtku a nejhorší možnou známku. Na druhé straně ani matematických přednášek např. Hermanna Minkowského a Adolfa Hurwitze moc nevyužil — neboť „*viděl, že matematika je rozčleněna do mnoha speciálních oborů, z nichž každý mohl ukrátit čas, který nám život dal.*“³⁾ „*Nikdo mě nikdy nepřiměje, abych chodil na matematické semináře*“; raději navštěvoval filosofii, historii, geologii a ekonomii (např. přednášku „Bankovní a bursovní obchody“!). Závěrečné státní zkoušky udělal na rozdíl od Grossmanna jen tak tak, Marićová je musela opakovat. (Jak uvádí C. Seelig, Marcel Grossmann měl navíc ze všech nejlepší odhad, když už dávno předtím psal rodičům: „*Z Einsteina bude jednou něco velkého!*“)

Dne 13. dubna 1901 napsal Grossmann Einsteinovi do Milána, že by mohl dostat místo na Patentovém úřadě v Bernu. Einstein je v odpovědi dojat, že na něj bývalý spolužák nezapomněl, píše o shánění místa „*Už bych dávno nějaké našel, kdyby proti mně Weber nehrál falešnou hru*“, hlásí však neklesající náladu, protože „*Bůh stvořil osla a dal mu hroší kůži*.“ Pokračuje: „*Jsem teď přesvědčen, že mou teorii přitažlivých sil mezi atomy lze rozšířit i na plyny a že bude možné bez velkých obtíží získat charakteristické konstanty téměř všech prvků.*“ A odstavec končí: „*Je to nádherný pocit poznat jednotu komplexu jevů, které se přímému smyslovému vnímání jeví jako věci zcela rozdílné.*“

³⁾ Einstein se zajímal o asistentství mj. i u profesora Hurwitze. Hurwitz se krátkému dopisu patrně podívoval, protože studenta Einsteina viděl naposledy ve 3. semestru. Zmínil se v odpovědi o matematických seminářích, na což Einstein reagoval přímočaře: „*Neměl jsem na ně čas.*“ Nato psal v dopisu Milevč: „*Hurwitz zatím nic dalšího nenapsal, ale nemám žádné pochyby.*“ (Rozuměj: pochyby o kladné odpovědi. . .) Dodejme, že když Einstein v r. 1909 ukončil své famózní působení na patentovém úřadě a získal místo na curyšské univerzitě, napravil své absence při nedělním muzicírování s někdejší profesorem.



Obr. 10. Einstein jako student Polytechniky.

Na Patentovém úřadě se to ale protáhlo až do června 1902, Einstein se protloukal doučováním, Milevu sice ujišťoval, že „*udatného Švába nic nezastraší*“, ale akademická dráha se mu vzdalovala. Mileva komentuje existenční starosti Alberta své přítelkyni Savićové: „*... to víš, můj drahoušek je huba nevymáchaná a ke všemu ještě Žid.*“ Mezitím Einstein napsal řediteli Fyzikálního ústavu Gießenské univerzity Paulu Dru demu. Napadl jeho elektronovou teorii a současně požádal o místo. Odpověď poslal i Milevě a dodal: „*... je tak neklamným důkazem ubohosti pisatele, že k tomu nepotřebuji připojovat žádné vysvětlení*“ — a Jostu Wintelerovi potvrdil jeho pochyby o německých profesorech: „*... odpověděl odkazem, že jeho další (neomylný) kolega sdílí stejné mínění jako on. Brzy mu zatopím pořádnou publikací. Omámení autoritou je největším nepřítelem pravdy.*“ O vánocích 1901 se zase chystal do Curychu: „*Ten nudný Kleiner neodpověděl, ale ve čtvrtek si na něj posvítím. . . . Co všechno tihle staří šosáci nepoloží do cesty člověku, který není z jejich sorty, je skutečně hrozné. Každou mladou inteligentní hlavu považují instinktivně za ohrožení své zpuchřelé důstojnosti, tak to teď vidím. Jestli se opováží mou doktorskou práci odmítnout, tak to opublikuji černé na bílém i s prací a on bude za blázna. Jestliže ji však přijme, uvidíme, jak se k tomu postaví čistý pan Drude . . . skvostná společnost, jeden jako druhý. Kdyby dnes žil Diogenes, hledal by s tou svou lucernou slušného člověka marně.*“

V lednu 1903 se v dopise Bessovi zmínil: „*Jsem teď znovu rozhodnut jít mezi soukromé docenty. . .*“ Habilitace byla na Bernské univerzitě skutečně výjimečně možná i bez doktorátu, pokud se uchazeč mohl vykázat jinými vynikajícími výsledky. Einstein předložil své dvě „bezceňné začátečnické práce“, proces ihned ztroskotal a v dalším dopise můžeme číst: „*Zdejší univerzita je prasečí chlívek. Nebudu tam přednášet, poněvadž by bylo škoda ztrácet čas.*“ Doktorát Einstein nakonec získal až v lednu 1906, habilitoval se úspěšně v únoru 1908; na jeho první přednášku *O molekulární teorii tepla* chodili Besso a Schenk z „patentáku“ a Chavan z ředitelství pošt, během *Teorie záření* v zimě pak návštěvnost klesla na čistou nulu. Od října 1909 opravdu

učil jako mimořádný profesor na curyšské univerzitě⁴) a v dubnu 1911 konečně dostal plné profesorské místo na Německé univerzitě v Praze.

Navzdory někdejší obtížím Einstein později vzpomínal, že patentový úřad byl pro něj ve skutečnosti pozhánáním, neboť povinnost kritické pozornosti nad návrhy vynálezů neobyčejně tříbila myšlení a navíc přesně odpovídala jeho vlastnímu přístupu k fyzice — snaže proniknout do podstaty věcí „myšlenkovými experimenty“, odvolávajícími se na obrazotvornost mnohem spíše než na abstraktní, pojmové myšlení. Jak píše A. Fölsing: „*Odstup od univerzitního shonu s jeho intelektuálním tlakem a módními trendy, kterým se nevyhne ani fyzika, se tedy nakonec neprojevil jako nevýhodný.*“ Dále uvádí, že Einstein sám si ve stáří dokonce pochvaloval, že prostřednictvím praktického povolání unikl úmorné akademické práci, která „*nutí mladého člověka produkovat obrovské množství písemností, což svádí k povrchnosti, jíž odolají jen silné povahy*“.

Einstein si ostatně rád „tříbil myšlení“ již od střední školy — diskusemi s přáteli. (Oni sami to spíše formulují tak, že „*kázal fyziku*“.) Na patentovém úřadu k nim našel partnera ve starším kolegovi dr. Josefu Sauterovi, který byl před nástupem do úřadu asistentem u prof. Webera. Diskuse, při nichž Einstein údajně často prohlašoval „*Jsem kacír!*“, zřejmě měly význam pro jeho rané práce z termodynamiky i elektrodynamiky. Sauter ho také vzal do bernské Přírodovědné společnosti. V květnu 1903 byl Einstein do společnosti přijat. Stýkal se tam zejména s dr. Paulem Grunerem, gymnaziálním profesorem a soukromým docentem se zájmem o teoretickou fyziku. Během r. 1904 se rozešli za svým členové Academia Olympia, ale Einsteinovým „důvěrníkem“ se zato stal starý přítel Besso, který se vrátil z Terstu a nastoupil na patentovém úřadě.

Fölsing ve své knize *Albert Einstein* pěkně shrnuje stav ke konci r. 1904: Kdyby si Einstein tehdy předsevzal, že se dále soustředí už jen na kariéru ve státní službě, současníci by si ani nevšimli, že jejich sice publikující, ale jinak neznámý kolega přestal být vědecky aktivní. Jen o mnoho desetiletí později by nějaký historik s údivem zjistil, že jakýsi outsider tehdy vyvinul samostatný ekvivalent ke Gibbsově statistické fyzice. — Pak ale přijde krátké období od března do června 1905 a fyzika bude postavena na nové základy.

3. K molekulární teorii

Vzpomínky Einsteina z pozdějších let i zachovaná korespondence každopádně ukazují, že žádný z článků, které avizuje v úvodu citovaný dopis Conradu Habichtovi, nespadol z nebe. Naopak, Einstein nad jejich náměty přemýšlel od studií. Co se týče statistické mechaniky, tak o tu šlo ve všech pěti jeho předchozích pracích. V první z nich (sepsána v prosinci 1900) odvozuje dvěma způsoby charakteristické konstanty škálující mezimolekulární síly — jednak z rozboru povrchových jevů v kapalinách, jednak z energetické bilance při izotermickém stlačení kapaliny. Ve druhé práci (z dubna

⁴) Dva týdny předtím byl poprvé navržen na Nobelovu cenu (za r. 1910). Za relativitu ho navrhl Wilhelm Ostwald, slovatný profesor fyzikální chemie na Univerzitě Leipzig, a zopakoval to i při návrzích na léta 1912 a 1913. Na jaře 1901 Ostwalda Einstein (a tajně a velmi poníženě — a rovněž marně — i jeho otec) žádal o místo asistenta.



Obr. 11. Einstein na patentovém úřadě v Bernu.

1902) tytéž konstanty počítá z potenciálového rozdílu mezi kovy a plně disociovanými roztoky jejich solí. Další dva články (z června 1902 a ledna 1903) přináší statistické odvození základů termodynamiky; v prvním se na základě mechanického modelu fyzikálního systému odvozují podmínky tepelné rovnováhy, 2. zákon termodynamiky a formule pro entropii, ve druhém se pak ukazuje, že tyto výsledky je možné obdržet jako důsledky obecnějších postulátů o chování stavových veličin systémů složených z nesmírného počtu komponent. Tento přístup je dále rozpracován v pátém článku (z března 1904), který se už jmenuje přímo *O obecné molekulární teorii tepla* (ač jeho abstrakt začíná nevinně „*V následujícím předkládám pár dodatků k článku z minulého roku.*“) a ve kterém Einstein především uvažuje nad energetickými fluktuacemi a významem Boltzmannovy univerzální konstanty.

Einstein své výsledky zjevně odvodil nezávisle na nejnovějších pracích mistra kinetické teorie Ludwiga Boltzmannova, kde již byly některé z nich mezitím prezentovány (např. řešení rozporu mezi časově symetrickou mechanikou atomů a nevratností makroskopických dějů). Některé Einsteinovy předpoklady i závěry byly později korigovány, ale Max Born se přesto neubránil obdivu, když práce porovnal s přelomovou studií Josia Willarda Gibbsa *Elementární principy statistické mechaniky*, která vyšla v r. 1902 a stala se v oboru klasikou: „*Ta podobnost je přímo zarážející.*“

Otázka fluktuací stavových veličin u „malých“ systémů nepřestala Einsteina ještě dlouho zajímat a přemýšlel i o tom, jak se o takovém chování přesvědčit. Když začal v letech 1905 a 1906 sepsávat své práce o (skoro) makroskopických projevech elementárních, kmitavých tepelných pohybů molekul, nevěděl moc o tom, že takový jev byl už bezmála 100 let znám — ale nevysvětlen. Snad to byla tato experimentální zkušenost, která způsobila, že Einsteinova statistická teorie „Brownova pohybu“ jako jediná z jeho „zázraků r. 1905“ ihned vyvolala obecnou pozornost a obdiv. V druhé z prací lze nalézt i výpočet tzv. Brownovy rotace, tedy otáčivé složky pohybu, která

byla potvrzena až za několik let. Během dalšího období 1907–8 věnoval Einstein tématu ještě 2 články. Koncem r. 1906 zaslal do Análů také krátkou úvahu o možnosti měřit elementární fluktuace (šum) v elektrických obvodech a začátkem r. 1908 publikoval další návrh, který dokonce doplnil obrázky obvodů. Ještě zajímavější je, že následně vymyslel influenční „strojek“ („Maschinchen“), na němž se tato elektrická analogie brownovských oscilací dala zjistit — měřením kolísání napětí na kondenzátoru, a to s tehdy nevídanou přesností lepší než tisícina voltu. (V pozadí byla i myšlenka sledovat radioaktivní proces — kvůli ověření vztahu $E = mc^2$.) Einstein si při té příležitosti dokonce sám postavil elektrometr a zdroj; říkal mu „zfušovaná nádhera“ — ale konstruktér i přístroj přežili...⁵⁾ V dubnu 1909 Conradu Habichtovi hrdě hlásí, že „mašinka“ zesiluje $2 \cdot 10^5$ krát. Za pomoci Alberta Gockela z Univerzity ve Freiburgu a výrobce přístrojů Paula Habichta (bratra Conrada) pak dovedli mašinku až k patentování a skromné sériové výrobě. Když ji v prosinci 1911 Habicht předvedl v berlínské Fyzikální společnosti, sklidila obrovský úspěch. Zanedlouho ji však nahradily elektronické zesilovače.

4. Léta 1905–25: o kvantové teorii, bláznech a hraní v kostky

V dalších letech se Einstein k mikrofyzice látek i nadále vracel. Obraťme ale nyní pozornost k „velmi revolučním“ *světelným* kvantům. O nich patrně uvažoval již od studií — éter považoval za zbytečný a zajímal ho fotoefekt. Nahlédněme do dopisu Milevě Marićové z konce května 1901. Einstein ho poslal z Winterthuru, kde působil 2 měsíce jako výpomoc na technice, a reaguje v něm na sdělení Milevy, že je v jiném stavu: „*Moje milá kočička, právě jsem četl překrásný Lenardův článek o vzniku katodových paprsků z ultrafialového světla. Pod dojmem této krásné práce jsem naplněn takovým štěstím a radostí, že z toho určitě musíš také něco mít. ...*“

Výslovněji se kvanta objevují v závěru jeho páté práce (z března 1904), když aplikuje předpovědi mikroskopického pohledu dokonce na oblak záření a dostává Wienův „posunovací“ vztah mezi energií záření a teplotou. Podobně „nelegitimně“ použil atomistický pohled na záření už Planck, když 8. září 1900 nad ránem směřoval ke vzorci pro vyzařování černého tělesa. Uvažoval záření velkého souboru mikroskopických oscilátorů, zacházel s nimi boltzmannovským statistickým způsobem a rovnováhu dostal jedině tehdy, když se energie každého z oscilátorů nemohla měnit jinak než o celočíselný násobek jisté konstanty. Později se za tuto „nerozvážnost“ téměř omlouval a opakovaně ujišťoval, že účinkové kvantum byl jen formální předpoklad. Snažil se ho smířit s Maxwellovou teorií spojitého vlnění éteru a totéž dělali i ostatní (např. Lorentz nebo lord Rayleigh a James Jeans), a to převážně i poté, co v r. 1913 Niels Bohr navrhl „kvantový“ model atomu.

⁵⁾ Během druhého semestru přednášení v Curychu (1910) se Einstein vyjádřil, že „*jeho obavy z laboratoře byly oprávněné*“: „*Sotva si troufám vzít do ruky přístroj z obavy, aby mi nevybuchl v ruce.*“ Syn Hans Albert ale vzpomíná, že otec nebyl vůbec nešikovný: „*S trochou nití a několika krabičkami od zápalek uměl nejkrásnější věci.*“

Einstein ve svém článku z března 1905 odmítá Planckovo kvantové odvození pokládat jen za formalitu a záření „rozebírá“ důkladně: „Zatímco si představujeme, že stav tělesa je úplně určen polohami a rychlostmi velmi velkého, ale konečného počtu atomů a molekul,⁶⁾ používáme k určení elektromagnetického stavu prostoru spojitě prostorové funkce, takže konečné množství veličin nemůže být pro úplný popis elektromagnetického stavu prostoru považováno za dostačující. . . . Je však nutno mít na zřeteli, že optická pozorování se vztahují k časovým průměrům, ne k okamžitým hodnotám, a je myslitelné, že navzdory úplnému potvrzení teorií ohybu, odrazu, lomu, disperze atd. experimenty může teorie světla, která operuje se spojitými prostorovými funkcemi, vést k rozporům se zkušeností, když je aplikována na jevy produkce a transformace světla. Skutečně, zdá se mi, že pozorování týkající se »záření černého tělesa«, fotoluminescence, produkce katodových paprsků ultrafialovým světlem a jiné skupiny jevů spojených s tvorbou a přeměnou světla lze lépe pochopit, jestliže člověk předpokládá, že energie světla je v prostoru rozložena nespojitě.“ Jako příklady skutečností, které se dají vysvětlit světelnými kvanty, zatímco vlnová teorie v nich selhává, pak Einstein rozebírá Stokesovo pravidlo, podle něhož je frekvence luminiscenčního světla menší nebo rovna frekvenci světla absorbovaného, dále fotoelektrický jev Heinricha Hertze a Philippa Lenarda a ionizaci plynů ultrafialovým světlem.

O 20 let později, v létě r. 1925, předkládá Werner Heisenberg maticovou mechaniku a Einstein píše příteli Paulu Ehrenfestovi, který přišel před léty z Petrohradu do Leidenu jako nástupce Hendrika Lorentze: „Heisenberg položil základy »velkému kvantování«. V Göttingenu tomu věří (já ne).“ Věřícími byli nejen „göttingenští“, totiž Heisenbergův učitel Max Born, Einsteinův dávný přítel a jeden z prvních obdivovatelů relativity, a jeho asistent Jordan, ale také třeba Niels Bohr v Kodani a Heisenbergovi vrstevníci Dirac v Cambridge a Pauli v Hamburgu. Einstein měl o vznikající teorii velký zájem, ale na novou víru ho neobrátila ani matematicky korektní „komutátorová“ podoba, do které „dábelskou násobilku“ Heisenberga záhy uvedli Born s Jordanem a Dirac, ani mnohem stravitelnější ekvivalent v podobě vlnové mechaniky Erwina Schrödingera (ten vedl v Curychu katedru, na kterou Einstein v r. 1909 přešel z patentového úřadu), ani Bornova pravděpodobnostní interpretace vlnové funkce z léta 1926 a ani zanícené diskuse s Bohrem, který v nich vybrušoval svůj princip komplementarity. Einstein už svůj postoj nezměnil: „Kvantová teorie nám dává mnohé, ale k tajemství našeho Starocha nás nepřibližuje. V každém případě jsem si jist, že *On* nehraje v kostky.“ Když se v r. 1935 spolu s Podolským a Rosenem otázal, zda je kvantová mechanika úplná (práce je známa jako „EPR paradox“ a dodnes podněcuje diskuse), napsal Pauli Heisenbergovi: „Einstein se zase jednou veřejně vyjádřil ke kvantové mechanice. Jak známo, je to pokaždé katastrofa.“ (V té době

⁶⁾ Takový náhled zdomácněl v chemii již v druhé polovině 19. století, ale fyzikové měli vůči atomům odpor, kterému samozřejmost Einsteinovy věty vůbec neodpovídala. I velmi střízlivý A. Fölsing připouští souvislost mezi sebevraždou Ludwiga Boltzmannova v r. 1906 a postojem většiny vědců vůči jeho mikroskopické teorii. Einstein prý ještě ve velmi pokročilém věku se zanícením vyprávěl, jak se mu v září 1910 ve Vídni podařilo přimět Ernsta Macha k větě „Za určitých okolností by mohl být předpoklad existence atomů smysluplný.“

už měli Heisenberg i Schrödinger Nobelovu cenu; Einstein na ně předběžně upozornil v nominačním dopise z r. 1927 a v r. 1931 je navrhl „v první řadě“.)

Kvantová mechanika má letos také kulatiny, ale zmiňuji se o ní hlavně kvůli předchozím dějstvím Einsteinovy pozice. Jeho fyzikálně-filosofický odpor vůči náhodnosti v „kvantovce“ je skoro tak známý jako jeho housle, vlasy a relativita, ale tím spíš je dobré zdůraznit, jak osamocen Einstein byl od prvních let 20. století téměř až do jejího vzniku — a to na opačném břehu. V březnu 1906 poslal článek *O teorii emise a absorpce světla*, ve kterém ukazuje, že jakkoli se fyzikové snažili Plancka smířit s Maxwellem a éterem, jeho odvození spektrálního průběhu tepelného záření bylo skutečně jasně „kvantové“. Po půlroce následuje práce *Planckova teorie záření a teorie specifického tepla*, která založila kvantovou teorii pevných látek. Rozvinula zřejmě nápad, o němž lze číst už v dopise Marićové z konce března 1901: „*Zdá se mi, že není vyloučeno, že latentní kinetickou energii tepla v pevných látkách lze chápat jako energii elektrických rezonátorů. V tom případě by specifické teplo a absorpční spektrum musely být ve vzájemném vztahu. Zákon Dulonga a Petita by platil pro ty substance, jejichž nejmenší části vykazují jistou rezonanci v elektro-optickém smyslu.*“ Einstein v práci upozorňuje na zvláštní poměry v mikrosvětě: „*Ačkoliv jsme dosud mysleli, že pohyb molekul se řídí stejnými zákony, které platí pro pohyb těles ve světě našeho smyslového vnímání (v zásadě jen přidáváme postulát úplné vratnosti), jsme nyní o iontech schopných oscilovat při určitých frekvencích, které mohou zprostředkovávat výměnu energie mezi látkou a zářením, nuceni předpokládat, že rozmanitost stavů, které mohou zaujmout, je menší než u těles z oblasti naší zkušenosti.*“⁷⁾ Einsteinových výsledků si všiml hlavně Walther Nernst, jenž rok předtím vyslovil 3. větu termodynamiky a zabýval se měřením specifických tepel. Potvrdil souhlas s Einsteinovými předpověďmi, ale jeho „kvantovou hypotézu“ bral spíše jako prakticky výhodnou odbočku na cestě „fyziky etheru“.

Planckův asistent Max von Laue napsal Einsteinovi v červnu 1906 o separát „světelných kvant“. V dopise se zmínil, že jeho šéf má na kvanta nejspíš jiný názor, ale že i jemu samotnému se zdají podezřelé články, kde se pravděpodobnostní úvahy aplikují na vakuum... Na problémy kvantování záření se Einstein soustředil opět koncem r. 1908. V květnu 1909 píše Laubovi: „*Zaobírám se bez přestání otázkou struktury záření. ... Tenhle kvantový problém je tak mimořádně důležitý a těžký, že pracovat na něm by se měl obtěžovat každý.*“ Ještě z patentového úřadu publikuje přehledový článek *K současnému stavu problému záření*, který je především výzvou k úsilí a jehož body stanovují žádoucí matematické vlastnosti budoucí teorie. Posledním odborným činem Einsteina jako patentového úředníka byla účast na 81. sjezdu německých přírodovědců a lékařů v Salzburgu 21. září 1909. Fyzikální sekce ho chtěla oslavit jako tvůrce relativity a čekala od něj na to téma přehled, ale Einstein publikum znovu vyzval k práci přednáškou *K vývoji našich názorů týkajících se povahy a složení světla*. Opakoval v ní, že trvat na spojitě, vlnové reprezentaci záření je v některých případech neúnosné a že je třeba vytvořit obecnou kvantovou teorii záření. Za největší úkol

⁷⁾ A. Fölsing si všiml, že funkce ω , kterou Einstein zavádí ve vztahu nad rovnicí [13] svého článku, je Dirakova delta-funkce. (Dirakovi byly tou dobou 4 roky.)

pak považoval propojení vlnového popisu s částicovým, přičemž ilustroval, že vlnová a částicová stránka záření by neměly být chápány jako nekompatibilní. Předsedající Planck použil slova „opozice“ hned v první děkovné větě a vyjádřil za většinu publika názor, že vzdát se na úkor „atomistické“ koncepce záření Maxwellových rovnic se mu zatím nezdá nutné. Einsteinova salzburská řeč byla nicméně velkým úspěchem. Byla to vlastně jeho první přednáška před opravdu slovným fyzikálním fórem a Pauli později napsal, že ji pokládá za jeden z milníků ve vývoji teoretické fyziky.



Obr. 12. Einstein v roce 1912.

Z Curychu poté Einstein publikoval o záření další dva články s Hopfem a z Prahy jel na Solvayův kongres do Bruselu přednášet o specifických teplech. Žádný zásadní „kvantový“ nápad však nepřicházel, a jak uvádí P. Frank, hostům své pracovny ve Viničné ulici Einstein ukazoval zahradu protějšího blázince se slovy „*tam vidíte ty z bláznů, kteří se kvantovou teorií nezabývají*“. I z Prahy však kromě publikací souvisejících se Solvayovým kongresem připravil výrazný článek o interakci látky a záření — termodynamické odvození fotochemického ekvivalenčního zákona. (O 5 let později na něj navázalo zavedení „Einsteinových“ koeficientů A a B.) Ihned po dokončení obecné teorie relativity se Einstein ke kvantovým problémům opět vrátil dvěma pracemi, znovu a „čistě“ odvodil Planckův vzorec z kvantového Bohrova modelu atomu a zpřesněním představy generace světla při energetických přechodech stanovil vlastnosti světelných kvant, kterým se za 10 let bude říkat fotony. Experiment, který pro ověření předpovězené směrovosti emise navrhl v r. 1921, se ukázal neprůkazný, ale o pár let později přišlo potvrzení od Arthura Comptona ze St. Louis. Bylo to právě v těchto pracích, kde si Einstein definitivně uvědomil, že jeho teorie je statistická — a v závěru druhé z nich si dělá starosti, že čas a směr elementárních procesů jsou ponechány náhodě. . .

V předvečer zrodu nové teorie mikrosvěta přispěl Einstein ke kvantové teorii třemi zásadními pracemi. Satyendra Nat Bose z Univerzity v Dháce ho dopisem požádal o pomoc s uveřejněním pojednání, v němž navrhuje novou rozdělovací funkci pro

plyn složený z Einsteinových světelných kvant. Adresát si uvědomil, že tato funkce ve skutečnosti popisovala jakékoli nerozlišitelné částice,⁸⁾ a vyvodil z toho důsledky pro jednoatomový ideální plyn. Vyšly mu předpovědi o chování látek při extrémně nízké teplotě (za pár let pozorovaná „supratekutost“), zejména si však potvrdil, co právě konzultoval i s Louistem de Broglie z Paříže: že i částice látky — podobně jako kvanta záření — musí vykazovat jak částicovou, tak vlnovou povahu. Tento dualismus ovšem Einsteina zneklidňoval, a to ještě víc o 3 roky později, když byl Bohrem rozšířen přímo na princip — princip komplementarity. Mezitím Schrödinger převedl k všeobecnému nadšení Heisenbergovu „dábelskou násobilku“ na problém vlastních hodnot hamiltoniánu své vlnové teorie. Einsteinovi napsal, že na svou rovnici přišel i díky jeho „nekonečně předvídatým poznámkám“ o de Broglieových materiálních vlnách v druhé práci o degenerovaném plynu. I Born se ve své zásadní práci z léta 1926 „připojuje k Einsteinově poznámce . . . , že vlnové pole je tady k tomu, aby ukázalo cestu částicovému kvantu“, a upřesňuje, že toto „řídící pole“ je v nové teorii popsáno vlnovou funkcí, která má význam amplitudy pravděpodobnosti, že se částice nachází v určitém stavu, a která se šíří podle Schrödingerovy rovnice. — Tím se definitivně vzdává klasického determinismu.

Poslední citace z roku vzniku maticové mechaniky: Einsteinova čtyřstránková stať *Elektron a obecná teorie relativity* oslaví letos 80 let. Jde o známou verzi „jednotné teorie pole“, v níž je gravitace popsána symetrickou a elektromagnetismus antisymetrickou částí metrického tenzoru. Práce nepřináší dobrou zprávu: teorie není oprávněná, neboť požadavek její invariance vůči změně souřadnic vede k tomu, že ke každému poli, jehož kvanta mají jistou hmotnost a elektrický náboj, musí existovat také pole, jehož kvanta mají stejnou hmotnost, ale opačný náboj. Tato zpráva je někdy interpretována jako náznak předpovědi antihmoty; každopádně experimentální zkušenost doby zahrnovala jen proton a elektron a Einsteina takový výklad nenapadl. Předpověď učinil o 3 roky později Dirac, z kvantové mechaniky, a v r. 1932 byl objeven „pozitron“.

Kolegové zabývající se fyzikou mikrosvěta patrně celou „kvantovou“ historii znají, ale pro ty, kteří se orientují na jiné obory, může být užitečné takto zdůraznit, že populární obraz odmítače „hry v kostky“ je jen posledním dějstvím dramatu, v němž Einstein předtím pro takovou hru usilovně připravoval půdu. Přitom si mohl ještě nedlouho před vznikem kvantové mechaniky postěžovat jako v dopise Bessovi v r. 1918: „*O realitě kvant už nepochybuji, i když jsem s tímto přesvědčením sám.*“ Když dostal 17 let po svém „revolučním článku“ z r. 1905 Nobelovu cenu (zpětně za r. 1921), nevěřil prý na světelná kvanta ani laureát r. 1922 Niels Bohr! Teprve za další rok došlo ke zlomu díky Comptonovým pokusům s rozptylem Röntgenova záření. Tenkrát dostal cenu Robert Millikan — za fotoelektrické experimenty, se kterými začal (také) v r. 1905. Byla to tak trochu další cena Einsteinovi, neboť Millikan se tehdy hlavně snažil vyvrátit Einsteinův vzorec. (Když ho naopak v r. 1915 definitivně a přesně potvrdil, prohlásil přesto, že fyzikální teorie, z níž je odvozen, se mu zdá neudržitelná.)

⁸⁾ Právě tou dobou ovšem Wolfgang Pauli rozmýšlel o 4. kvantovém čísle elektronu a v dalším roce (1925) pak přišel s „vylučovacím principem“. Tím se upřesnilo, že Boseho (-Einsteinova) statistika nepopisuje jakékoli částice, ale jen ty s celočíselným spinem — dnes se jim říká *bosony*.

5. Čas? Jen tikot hodin...



Pokud si Conrad Habicht přečetl čtvrtý článek, „hrubý náčrt elektrodynamiky pohybujících se těles“, musel uznat, že Einsteinova „modifikace“ absolutního času byla troufalá (zvláště když autor hovořil o *svých* hodinách) — týkala se základního pojmu „nedotknutelné“ Newtonovy mechaniky, posvěceného včetně eukleidovského prostoru i Kantem jako apriorní syntetický úsudek. Na druhé straně šlo takovou revizi hodnotit i jako přirozené pokračování pozitivistické „lustrace“ fyzikálních pojmů, která řadu apriorních představ označila za metafyzické, protože neplynou ze zkušenosti. Tento směr v teorii poznání byl spojen především s Ernstem Machem a Einstein se k němu v mládí hlásil.

Bezprostřední zápletku ovšem přinesl konflikt teorie elektromagnetismu, jejímž ústředním bodem jsou Maxwellovy rovnice, s Newtonovou mechanikou. Jednou z předpovědí Maxwellových rovnic je řešení ve tvaru vln šířících se prostorem; tyto elektromagnetické (EM) vlny byly Heinrichem Hertzem v r. 1888 experimentálně potvrzeny. Jako nosič EM rozruchů byl postulován tzv. éter — vše prostupující prostředí podivuhodných vlastností; dobová zkušenost se totiž omezovala na vlnění mechanická, bylo těžké představit si vlnění bez materiálního „nosiče“. Zatímco Newtonova teorie dává stejné předpovědi ve všech inerciálních vztažných soustavách, jestliže se mezi takovými soustavami přechází Galileovou transformací, Maxwellova teorie je invariantní vůči jinému typu transformací (jak ukázal později Hendrik Antoon Lorentz) — její předpovědi jsou tedy v různých galileovských inerciálních soustavách různé. Speciálně rychlost šíření EM vln by se měla lišit podle toho, jak rychle se inerciální soustava, z níž vlny pozorujeme, pohybuje vůči éteru. Proměňováním rychlosti šíření světla by tak mělo jít mezi inerciálními soustavami identifikovat jednu privilegovanou — klidovou soustavu éteru, ztotožňovanou s Newtonovým „absolutním prostorem“. Experimenty ale ukázaly, že světlo se vůči všem inerciálním systémům šíří stejně rychle.

Experimentů byla celá řada, a aby při jejich interpretaci bylo možno dostat oběma úspěšným teoriím, byly vykonstruovány různé dodatečné argumenty. Nejúspěšnější kombinaci navrhl Lorentz. Jde o dva předpoklady, v nichž hlavní roli hraje faktor $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$, kde c je rychlost šíření světla vůči klidové soustavě éteru: (1) hodiny, které se vůči éteru pohybují rychlostí v , jdou pomaleji — vteřina jejich „místního“ času trvá γ -krát déle než vteřina „pravého“, absolutního času, měřeného v klidové soustavě éteru; (2) předměty, které se vůči éteru pohybují rychlostí v , jsou podélně zkráceny — metr je γ -krát kratší než na měřítku, které je vůči éteru v klidu

(tuto „kontrakční hypotézu“ navrhl nezávisle i George Fitzgerald). Lorentz svou představu postupně upřesňoval kolem přelomu 19. a 20. století, především pod vlivem podnětů Henriho Poincarého. Praktickým důsledkem těchto opatření bylo, že mohly zůstat v platnosti Newtonova i Maxwellova teorie; Maxwellova sice dávala v různých inerciálních soustavách různé předpovědi, ale tuto různost nešlo zjistit — inerciální systémy nebylo možné navzájem odlišit ani mechanickými, ani elektromagnetickými pokusy.

Henri Poincaré již v r. 1898 přemýšlel o synchronizaci sady vzájemně klidných hodin telegrafními signály a jako postulát přijímal konstantní a izotropní rychlost světla. O dva roky později počítal, jaký vliv na synchronizaci má translační pohyb sady hodin vůči éteru, přičemž rozlišoval „pravý“ a „zdánlivý“ čas. V květnu 1904 pak Lorentz doladil transformaci, vůči níž je Maxwellova teorie invariantní.⁹⁾ Poincaré ukázal, že Lorentzův „místní čas“ je totožný s jeho „zdánlivým časem“, a dovedl, že „vznikne zcela nová mechanika, která bude charakterizována skutečností, že žádná rychlost nepřekročí rychlost světla a žádná teplota nebude nižší než absolutní teplota nuly.“ Wilhelm Wien i jiní v rámci Lorentzovy elektronové teorie a představy o EM povaze hmoty potvrdovali, že by bylo třeba nekonečné práce k tomu, aby elektron překročil rychlost světla. V r. 1905 Poincaré publikoval další dva články, jeden měsíc před a druhý měsíc po Einsteinově přelomové práci. V nich spojil prostorové souřadnice a čas do polohového „čtyřvektoru“, ukázal, že Lorentzova transformace odpovídá otáčení tohoto čtyřvektoru ve čtyřrozměrném eukleidovském prostoru a že veličina $(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 - c^2(\Delta t)^2$ se při ní nemění, odvodil odpovídající transformaci rychlostí, dokázal, že Lorentzovy transformace tvoří grupu a diskutoval její EM invarianty; dokonce požadoval, aby „princip relativity“ platil i pro gravitaci, a uvažoval o „gravitačních vlnách“. Einstein však podle všeho četl jen Poincarého knihu *Věda a hypotéza* z r. 1902, a to v rámci své „Akademie Olympia“. Autor v ní předpovídá, že éter je pro vysvětlení řady jevů pohodlný, ale jednou bude jako neužitečný pojem opuštěn. Podobně skepticky se vyjadřuje i o „absolutním čase“ a konceptu současnosti na *různých* místech.

Podle svědectví R. S. Shanklanda¹⁰⁾ provázel Einsteina pocit neslučitelnosti mechaniky s elektrodynamikou již od 16 let v podobě rozporné představy pozorovatele, který se vydal za EM vlnou rychlostí světla. Podle mechaniky by takový pozorovatel měl vidět stojící, nepohyblivé vlny, což ovšem podle Maxwellovy teorie není možné — podle ní se vlny vůči každému inerciálnímu pozorovateli pohybují rychlostí c . Známá je i jiná vzpomínka, která Einsteina trápila od univerzitních let, totiž rozporný obraz Faradayovy EM indukce, k níž dochází při vzájemném pohybu vodivé smyčky a magnetu: když se jev popisuje z hlediska smyčky, vytvoří v ní proud elektrické pole, které je generováno časově proměnným magnetickým polem pohybujícího se magnetu; z hlediska magnetu žádné elektrické pole nevzniká, proud ve smyčce vyvolá Lorentzova elektromotorická síla, působící při pohybu smyčky v magnetickém poli

⁹⁾ První se k transformaci přiblížil již Woldemar Voigt v r. 1887 při studiu vlnové rovnice, ale Lorentz se to dověděl až poté, co ji mezitím (r. 1905) odvodil také Einstein jako součást svého nového pohledu.

¹⁰⁾ *Conversations with Albert Einstein*, American Journal of Physics 31 (1963), 48.

magnetu. Existence elektrického pole je tedy relativní. Einstein tento neuspokojivý stav překonával těžko a uvažoval např. i o „emisní“ teorii, v níž rychlost světla závisí na rychlosti zdroje.

Koncem studií byl již přesvědčen, že pojem éteru — když o něm nelze nic zjistit — je zbytečný. Marićové začátkem srpna 1899 píše: „*Jsem stále více přesvědčen, že elektrodynamika pohybujících se těles, tak jak se dnes prezentuje, není správná a že by ji mělo být možné podat jednodušeji. Zavedení termínu ether do teorií o elektřině vedlo k představě prostředí, o jehož pohybu se dá mluvit, aniž by však, myslím, šlo s takovým výrokem spojit nějaký fyzikální smysl. Domnívám se, že elektrické síly mohou být přímo definovány jen pro prázdný prostor, což zdůrazňuje i Hertz. Dále, elektrické proudy bude třeba pojímat nikoli jako »vymizení elektrické polarisace v čase«, ale jako pohyb skutečných elektrických hmot, jejichž fyzikální realita se zdá být potvrzena elektrochemickými ekvivalenty.*“ Dnes je obtížné docenit novátorství těch vět, poněvadž je těžké si představit, jak fixovaná byla fyzika zvláště po Maxwellovi na pojem éteru a jak cizí jí byla představa EM pole jako svébytné substance, jejíž vlnění není mechanické povahy.

Příklady jako ten s Faradayovou indukcí, stejně jako nezdary při detekci pohybu Země vůči éteru, vedly Einsteina k přesvědčení, že „*nejen v mechanice, ale ani v elektrodynamice neodpovídají pojmu absolutního klidu žádné vlastnosti jevů*“: všechny inerciální systémy mají být rovnocenné — a ve všech se má světlo šířit stejnou rychlostí c . To je ovšem velmi podivné: jak může být rychlost světla, měřená vůči nějakému inerciálnímu systému, nezávislá na pohybu tohoto systému? I kdyby Einstein býval znal poslední výsledky Lorentze a Poincarého, jistě by mu nestačilo, kdyby prostě derivací Lorentzovy transformace obdržel pro skládání rychlostí formuli, která ponechává c invariantní. Vždyť bez zásadní revize pojmů zůstávala nová transformace jen šikovnou matematickou hrou. Einstein vzpomíná, že vyjasnění přišlo během jedné z diskusí s Bessoem v květnu 1905¹¹⁾ a že při něm v tu chvíli stáli především David Hume a Ernst Mach: bylo třeba zapomenout na „absolutní čas“ a „místní čas“ povýšit prostě na „čas“ — pro každý inerciální systém specifický, ale všude plnohodnotný pojem času. Specifičnost inerciálních časů je vidět na pojmu současnosti. Použijme jako Poincaré k synchronizaci souboru stejných hodin, které jsou v klidu vůči nějaké inerciální soustavě, světelného signálu; např. postupně mezi každou dvojicí hodin vždy vyměříme bod v polovině jejich vzdálenosti, tam „blikněme“ a poté, co paprsek hodin dosáhne, na nich nastavme předem smluvený čas. Nyní porovnejme takto zavedenou současnost mezi různými dvěma soustavami — Einstein pracoval v Bernu u nádraží, tak si představoval klidový systém nástupiště a systém spojený s projíždějícím vlakem. Blikne-li průvodčí v polovině vlaku, pak podle souboru hodin spojených s peronem dosáhne světlo zadní konec vlaku dříve než přední, protože rychlost c je konečná a vlak během letu paprsků popojede. Soubor hodin spojený s vlakem je ale právě takto světlem synchronizován, takže z hlediska vlaku je obou jeho konců paprskem dosaženo „definitivně“ současně. Současnost je tedy *relativní* pojem; obecněji řečeno,

¹¹⁾ Fiktivní scéna z úvodu tohoto článku se mohla odehrát např. ve čtvrtek 11. května; „error bar“ je podle všeho nejméně týden.

mezi danými dvěma událostmi uplyne v různých inerciálních soustavách *různá* doba. V článku z června 1905 Einstein dále ukazuje, že v důsledku relativity současnosti je relativní také pojem délkové a časové jednotky — vůči systému nástupiště je vlak podélně zkrácen a hodiny s ním jedoucí jdou pomaleji. (To ho vede k prvnímu náznaku „paradoxu dvojčat“ a k předpovědi, že hodiny na zemském rovníku jdou vůči stejným hodinám na pólu nepatrně pomaleji.) Jde o čistě kinematické jevy, v nichž inerciální systémy vystupují naprosto symetricky, ne o nějaké silové působení na předměty pohybující se vůči „absolutnímu“ vztažnému systému jako v Lorentzově a Poincarého pojetí. Poté Einstein odvozuje z postulátu relativity a invariantní rychlosti světla trochu kostrbatě Lorentzovu transformaci a odpovídající skládání rychlostí; připojuje i „zkoušku“, že toto skládání nikdy nevede k nadsvětelným rychlostem. Tím končí kinematickou část a začíná s elektrodynamikou. Nejdříve dokazuje lorentzovskou invarianci bezdrojových Maxwellových-Hertzových rovnic, odvozuje vztahy pro Dopplerův jev a aberaci a pro tlak záření, poté transformuje polní rovnice za přítomnosti zdrojů a dovozuje, že elektrický náboj je invariant, a konečně analyzuje pohybovou rovnici pro elektron — z jejich průmětů nalézá podélnou a příčnou hmotnost a navrhuje, jak chování elektronů ověřit experimentálně. Závěr patří poděkování věrnému M. Bessovi.

Ještě než se článek v *Annalen der Physik* objevil, přišel z patentového úřadu Conradu Habichtovi další dopis: „... *Ale Vy jste začal být strašně vážný! To z toho, že poustevníčíte v tom pitomým zapadákově. Když se naskytne příležitost, zmíním se o Vás Hallerovi; třeba bude možno propašovat Vás mezi patentové otroky, což byste patrně přesto shledal poměrně příjemným. Byl byste opravdu schopen a ochoten přijet? Pamatujte, že kromě osmi hodin práce má každý den osm hodin pro blbnutí, a pak je tu taky neděle. Rád bych Vás tu měl. Brzy byste se zase stal tím starým darebou. Hodnota mého času teď moc neváží; není vždy námětů zralých k přemítání. Aspoň ne těch doopravdy vzrušujících. Bylo by tu samozřejmě téma spektrálních čar; ale myslím, že jednoduchý vztah mezi těmito jevy a těmi už prozkoumanými vůbec neexistuje, takže se mi ty věci zdají prozatím málo slibné. Napadl mě důsledek toho studia elektrodynamiky. Totiž princip relativity ve spojení s Maxwellovými fundamentálními rovnicemi vyžaduje, aby hmotnost byla přímou mírou energie obsažené v tělese; světlo s sebou nese hmotnost. V případě radia by mělo docházet ke znatelnému úbytku hmotnosti. Zábavná a svůdná úvaha; ale pokud vím, Všemohoucí Bůh se možná celé záležitosti směje a vodí mě za nos.“ — O smíchu není nic známo, ale vedl Einsteina k rovnici $E = mc^2$. Souvislost mezi hmotností a EM energií elektronů byla na přelomu století studována a Friedrich Hasenörl dokázal, že záření v dutině je možno připsat hmotnost úměrnou jeho energii. V třístránkovém článku *Závisí setrvačnost tělesa na jeho energetickém obsahu?* však Einstein našel zcela obecný vztah mezi oběma veličinami. To byla bomba — přeneseně, ale tak trochu i doslova (viz navazující text J. Podolského).*

V r. 1906 pak Einstein ukázal, že z úměrnosti setrvačnosti a energie plyne pro systém těles působících na sebe gravitačně a elektromagneticky rovnoměrný pohyb těžiště, a v další práci navrhl, jak změřit podélnou a příčnou hmotnost elektronů. V r. 1907 publikoval poznámku o možnosti zjistit časovou dilataci v měřeních spekter



Obr. 13. Budova patentového úřadu v Bernu v r. 1900.

pohybujících se iontů Johannese Starka (přímo však byla dilatace potvrzena až v polovině 20. století na kosmickém záření) a delší analýzu vztahu hmotnosti a energie pro tuhé rovnoměrně nabitě těleso a pro těleso, jehož vnitřní energie je modelována jako rovnoměrný pohyb neinteragujících hmotných bodů.

První reakce ze světa „velké fyziky“ přišla z okruhu Maxe Plancka, který Einsteinovy práce sledoval, referoval o nich před berlínskou akademií a již po roce přispěl k ustavení teorie článkem o principu nejmenší akce. Einstein později nikdy neopomněl uznat, že za ohlas na své výsledky — a zejména na teorii relativity — děkuje především jemu. Mimochodem, také termín *relativní teorie* (později *teorie relativity*) je Planckův: Einstein sám se ještě několik let držel svého označení „princip relativity“, aby zdůraznil, že nepřichází s teorií, ale s heuristickým principem, kterému musí vyhovovat *jakákoli* fyzikální teorie. Ve Würzburgu ho začal promýšlet Jakob Laub, asistent prof. Wilhelma Wiena. O separát si napsal i sám Wilhelm Röntgen, postupně se přihlásili také Paul Drude (vydavatel Análů), Hermann Minkowski, Arnold Sommerfeld, Johannes Stark a trio studentů z Wroclawi — Born, Ladenburg a Loria.

Autor elektronové teorie a Lorentzovy transformace se o teorii relativity přirozeně velmi zajímal, ale setrval navždy u absolutního času a éteru. Einstein každopádně Lorentze velmi ctěl, odborně i charakterově, a z dochovaných svědectví se zdá, že za ním a Ehrenfestem do Holandska jezdil snad vůbec nejraději. U Poincarého tomu bylo jinak — jako by vůbec nebyl „ve světelném kuželu“ Einsteina, minulém ani budoucím. Mezi jeho a Einsteinovou prací byl rozdíl skutečně již jen v interpretaci pojmu času,¹²⁾ ale oba o sobě navzájem důsledně mlčeli; Einstein až ve stáří jmenoval Poincarého mezi svými inspiracemi. Důvody této mimoběžnosti zůstávají nejasné, i když k ní mohly

¹²⁾ Nepatrný, a přece obrovský rozdíl mezi Poincarého a Einsteinovou elektrodynamikou rozebírá T. Damour v úvodu své loňské přednášky (viz práce [hep-th/0501168](#) v elektronickém archivu). Zdůrazňuje, že teprve u Einsteina není „zdánlivý“ či „místní“ čas jen matematickým produktem synchronizačních konvencí: pohybující se hodiny ho skutečně ukazují. V jeho teorii tedy poprvé dochází k dilataci a k „paradoxu hodin“. Závažnou okolnost uvádí Damour při odhadování, proč si Poincaré relativity v podstatě nevšímal: on a Lorentz usilovali o hlubší, dynamické vysvětlení vlastností Lorentzovy transformace, kdežto Einstein to možná v jeho očích „ošvindloval“, když je dostal automaticky z kinematického postulátu „principu relativity“.

příspěť informační překážky mezi Francií a Německem. Nejsou známy žádné stopy napětí, tím méně jiného než odborného. Když curyšští „přetahovali“ Einsteina v letech 1911–12 z Prahy zpět na jeho mateřskou Polytechniku, napsal dokonce Poincaré pro jejich politiky na Einsteina skvělý posudek.

Zatímco se „profesionálové“ snažili novou teorii pochopit, přišla na samém konci roku 1907 další „bomba“ ve Starkem objednané přehledové práci *O principu relativity a důsledcích z něj vyvozených*. Když ji Einstein dopisoval, zadával se snad jednou z patentového úřadu na pokrývače na střeše protějšího domu a představil si, co by se dělo, kdyby spadl. V práci se pak těsně před zasláním objevila poslední kapitola *V. Princip relativity a gravitace*: „*Princip relativity, tj. předpoklad, že fyzikální zákony jsou nezávislé na pohybovém stavu vztažné soustavy, jsme zatím použili jen na soustavy neurychlené. Je myslitelné, aby princip relativity platil také pro soustavy, které jsou vůči sobě urychlené? Uvažujme dvě pohybující se soustavy Σ_1 a Σ_2 . Nechť Σ_1 je urychlená ve směru své osy x a nechť g je (v čase konstantní) velikost tohoto zrychlení. Σ_2 bude v klidu, ale bude umístěna v homogenním gravitačním poli, které udělí všem objektům zrychlení $-g$ ve směru osy x . Pokud víme, fyzikální zákony vzhledem k Σ_1 se neliší od zákonů vzhledem k Σ_2 ; je to založeno na faktu, že všechna tělesa jsou v gravitačním poli urychlena stejně. Za současného stavu našich zkušeností nemáme tedy žádný důvod se domnívat, že systémy Σ_1 a Σ_2 se v jakémkoli ohledu liší, a v následující diskusi proto předpokládáme úplnou fyzikální ekvivalenci gravitačního pole a odpovídajícího zrychlení vztažné soustavy.*“ Einstein už nějakou dobu pomýšlel na to, jak s jeho teorií relativity skloubit gravitaci. Nyní vyslovil „princip obecné relativity“ a „princip ekvivalence“ (gravitace a setrvačnosti), základní kameny obecnější teorie, která ho bude zaměstnávat další léta v Bernu, Praze, Curychu a Berlíně a která z něj učiní nejen akademickou, ale i mediální hvězdu. Zatím se však kolegové budou usmívat Einsteinově tvrdošíjně snaze zjistit, „*co přesně cítí posádka výtahu, který padá volným pádem*“. Důležitou úlohu bude opět hrát Marcel Grossmann. Ale o tom až za 10 let.

6. Což není hrstka snaživých a přemýšlejících lidí naše jediná „vlast“?

„*Ano, krásná hlava. Je to básník?*“ Francouzský malíř a sochař Maillol to možná vyjádřil nejlépe, když se takto zeptal mecenáše umění hraběte Kesslera na jeho berlínského přítele. A to přesto, že ten psal básně jen sporadicky. Einsteinovo působení v diskusích je někdy srovnáváno se Sókratovým, ale umění v jeho hlavě ladilo s geometrií lépe než v hlavách athénských.

Když Alberta poprvé uviděla babička, zalomila na rozdíl od sochaře rukama a dokola opakovala: „Moc tlustý! Moc tlustý!“ Později se na Einsteina hodnocení jen sypala — o 3 desetiletí později tlustý dávno nebyl, ale tím méně ho šlo jen tak přehlédnout. Na soudy už obvykle neodpovídal, ale často se pobaveně smál. Jak píše P. Frank, ne každému to bylo příjemné, zvláště „*osoby na důležitých společenských místech většinou netoužily patřit k světu, jehož směšnost ve srovnání s většími problémy přírody se v tomto smíchu obrážela.*“ Einstein však shlížel s ironií i na sebe samého a vymyslel pro své role řadu kousavých označení. Měl k tomu přehršle příležitostí, neboť již

v polovině života se stal široce známou legendou (sám říkal „živou mumii“), a podobně jako Bachova Toccata d moll podbarvuje reklamu na snadno roztíratelný tuk, začala být i Einsteinovo jméno snadno „roztíráno“ pro nejrůznější účely, dokonce — a zcela proti směřování jeho nositele — jako záruka relativity hodnot a diskontinuity vývoje. A ovšemže i pro pikantnosti z Einsteinova rodinného působení, zvláště když (podle jeho sestřence a druhé ženy): „*život po jeho boku je plný třenic a složitý nejen v tomto, ale ve všech ohledech*“. On sám to ani nepopíral; po smrti celoživotního přítele Michela Bessa — a necelý měsíc před smrtí svou — na něj v dopisu pozůstalému synovi vzpomíná: „*Nejvíce jsem na něm obdivoval, že dovedl žít mnoho let v míru a dokonce souladu se svou ženou — odvážný kousek, v němž já jsem dvakrát neslavně ztroskotal*.“ Einsteinův příběh ale stojí za hlubší pozornost. Při čtení jeho prací, korespondence či životopisů se vrací pocit, jako by byl opravdu v kontaktu se „starým Jehovou“, na kterého rád s úsměvem poukazoval.

Samozřejmě pro intelekt, ale mnohem spíš tu jeho část, kterou by nezachytil žádný „IQ-test“. Einsteina především neobyčejně bavilo luštit tajenky „Velkého Hádankáře“. Bylo mu právě 18, když „druhé mamince“ Paulině Wintelerové vysvětlil, proč se vzdává její dcery Marie: „*Namáhavá duševní práce ě nahlížení do Boží Přírody jsou andělé, kteří mne povedou všemi zmatky žití, smířlivě, s posilou ě přece neúprosně přísně*.“ Zejména později v Berlíně to prý občas bylo jen těsně, ale Příroda (nad přírodou) obdivuhodně vyhrávala. Zcela mimořádný byl také Einsteinův smysl pro základní principy, nejhlubší pozadí jevů. V r. 1919 bylo možno ve vánoční příloze Berlínského deníku číst: „*Intuitivní uchopení podstaty velkého souboru skutečností vede vědce k předložení základního hypotetického zákona nebo řady takových zákonů*.“ Heisenberg vzpomíná, jak se s ním Einstein nechtěl bavit o „pozorovatelných“ — pouhých stínech na stěně jeskyně: „*V přírodovědě může jít jen o to, abychom se dověděli, jak se chová skutečná příroda*.“ A pak tu bylo mimořádné nasazení. Z dopisů přátel je cítit, jak byli někdy strženi Einsteinovým urputným úsilím. Jak si dělali obavy, když se jim po letech čekání zdálo, že fyzikální problém je nad jeho síly. On se jen počastoval nějakým posměškem — a nepolevil.

Od časů Keplera stěží někdo tak hluboce věřil v nesamozřejmou harmonii přírody („jednotu jevů“). Einsteinovy výsledky nebyly (snad kromě Brownova pohybu) experimentálně ověřeny hned a bezproblémově, přátelé i kolegové byli často nervózní, konkurenti se už radovali, ale on zůstával klidný. Již 8 let před zrodem relativity začal Walter Kaufmann proměřovat pohyb elektronů v EM polích (v r. 1902 přišel např. na to, že setrvačnost elektronu se zvyšuje s rychlostí). Relativita dávala pro něj stejné výsledky jako Lorentzova teorie, ale Kaufmannova měření jasně favorizovala předpovědi jiných teorií — Abrahamovy a Buchererovy. Probíhaly vášnivé diskuse a Lorentz přiznával, že je „se svou latinou v koncích“. Einstein se jich neúčastnil, protože na patentovém úřadě měl prostě pevnou pracovní dobu (tehdy samozřejmě včetně sobot), ale v jeho přelomovém článku o principu relativity z r. 1907 můžeme číst: „*Mělo by být zmíněno, že teorie Abrahama a Bucherera o pohybu elektronu dávají křivky, které jsou pozorované křivce podstatně bližší, než ta obdržená z teorie relativity. Pravděpodobnost, že jejich teorie jsou správné, je ale podle mého názoru malá, poněvadž jejich základní předpoklady týkající se rozměrů pohybujícího se elektronu nejsou*

v souladu s teoretickými systémy, které zahrnují větší soubory jevů.“ (Mělo by být také zmíněno, že autor tou dobou stále dělal vědu hlavně po večerech, „jako diletant“, a že mu bylo 28 let.)

Mezi Einsteinovou a Lorentzovou teorií pak experimenty neuměly rozhodnout až do 30. let, kdy byla konečně dost přesně doložena dilatace času a také přeměna hmotnosti na energii (hmotnostní defekt) při jaderných reakcích. V tu dobu už ovšem o relativitě nikdo nepochyboval: získala si přízeň bez ohledu na experimenty, díky své fundamentální povaze, „nevyhnutelné“ axiomatické formulaci a zejména po Minkowského geometrickém podání i díky formální kráse. Einstein spatřoval důvod poměrně rychlého přijetí své teorie i v tom, že v r. 1905 byla jednoduše zralá k objevení. Uváděl také konkrétně kolegu Paula Langevina z Paříže jako toho, kdo na ni mohl přijít. Historikové o tom však pochybují, neboť jmenovaného ještě dlouho prostupoval éter, a spíše tipují Hilberta nebo Minkowského, popř. Maxe von Laeho či Maxe Bornu, kteří přece jen na „lešení“ absolutního času nebyli fixováni tak jako Lorentz a Poincaré. Zajímavější je druhé Einsteinovo „kdyby“: *„Není nepravděpodobné, že by Mach byl na teorii relativity přišel, kdyby se v době jeho mládí fyzika zabývala otázkou konstantní rychlosti světla.*“ Kdo ovšem ví, zda třeba někde za přepážkou neseděl nezávislý amatér, který měl k dobrému nápadu blíže než ostatní? V průběhu let 1905 a 1906 se ostatně sám Einstein několikrát (z finančních důvodů) ucházel o místo úředníka na bernském Ředitelství pošt a telegrafu. Nevzali ho.

Později ho zato vzali do Společnosti národů a na sklonku života mu nabídli i prezidentské místo v Izraeli (k úlevě obou stran odmítl). Nejen to. Einstein se již ve svých 40 letech stal morální autoritou, i když zřídka u politiků a nikdy ne v Německu. Rozpor mezi vysokými ambicemi a bídnou mezinárodní pozicí živil v této sjednotivší se zemi již od 19. století směr pocitů nadřazenosti a útisku ze všech stran. V univerzitních posluchárnách začalo být slyšet o obrodné síle spravedlivých dobovačských válek, které má velký národ právo, ba dokonce povinnost vést ve jménu své národní identity a jako příspěvek k ovládnutí světa bílou rasou. *„V této době člověk vidí, k jak politováníhodnému druhu dobytka patří. Klímbám dále v mém pokojném hloubání a cítím jen směr soucitu a hnusu,*“ psal Einstein Ehrenfestovi po začátku 1. světové války z Berlína. Jakýmkoliv patriotismem opovrhoval a navrhoval jeho oltář nahradit klavírem nebo knihovnou: *„Což není hrstka snaživých a přemýšlejících lidí naše jediná »otčina« ?“* Když sledoval všeobecnou „lačnost“ po moci, patologický nacionalismus, obdiv k řevu a brutalitě a pozoruhodnou poslušnost („ochočenost“) mas, vzpomínal na vlastní útěk z „kasáren“ mnichovského gymnázia a varování Josta Wintelera. Nejhorší ranou však pro Einsteina bylo, když se toto „prušáctví“ v plné hrůze projevilo u jeho nejbližších kolegů z Akademie, kvůli nimž předtím do Berlína přesídlil. Padesátiletý Nernst se učil pod dohledem své ženy pochodovat, aby mohl i přes slabý zrak vyrazit na Paříž, a po návratu vyvíjel trhavy a dráždivé látky. I „rozvážný Planck“ jako rektor posílal studenty „tasit meč proti semenitým proradnostem“; oba budoucí nositelé Nobelovy ceny. Prakticky všichni nejbližší přátelé (také Einsteinův pozdější portrétista Max Liebermann) podepsali *Provolání ke kulturnímu světu*, v němž 93 německých duchovních veličin protestovalo proti barbarskému obrazu své země v zahraničí a obvinilo země, které německá armáda mezitím ničila, z toho, že „štvou Mongoly a černochoy

proti bílé rase“. Mezi horečným dokončováním obecné relativity Einstein podepsal či přímo sepsal — a dokonce publikoval — několik protiválečných textů, vstoupil do později zakázaného mírového spolku, ale zůstal až na zanedbatelné výjimky osamocen. Jeho kolegové přijímali vojenské zakázky a zvláště horlivě se chtěli své „vlasti“ zavděčit Židé. Jeden z nich, přítel Fritz Haber, ředitel císařského chemického ústavu, v němž měl Einstein přímo oficiální pracovnu, se vyznamenal vývojem a výrobou otravných plynů. Fölsing zaznamenává, jak dal Haber 22. 4. 1915 v rozporu s Haagskou dohodou rozptýlit podél francouzských pozic u Ypernu 168 tun chloru. Patnácti tisícům vojáků plyn rozleptal dýchací cesty a pět tisíc jich zemřelo; Haber byl dojat štěstím z povýšení na kapitána.

Když se Německo po lidových bouřích na podzim 1918 změnilo v republiku, Einstein se radoval, ale hned varoval proti násilí z druhé strany: nabádal revoluční studentské rady, aby nenahrazovali „pravicovou třídní tyranii levicovou třídní tyraní“, nevyhlašovali „diktaturu proletariátu“ a zachovali akademické svobody. Dosáhl aspoň propuštění několika profesorů (včetně rektora), ale jinak Ehrenfestovi psal o „reakci ve vší podlosti v odporném revolučním převleku“. Rozhořčeně vystupoval také proti odvetám západních intelektuálů proti hanebnému „Provolání 93“, a zejména proti postihům Německa zakotveným ve Versaillské smlouvě — přestože celou válku v porážku říše zla doufal. Vzhledem k neustále silícímu antisemitismu se snažil pomáhat Židům, zejména těm nejubožejším imigrantům z východu, ale nesnášel patolízalství, s jehož pomocí mnozí z nich budovali svou kariéru. Když se po válce jako málokdo angažoval pro obnovení mezinárodních styků, jeho berlínští „soukmenovci“ ho za to „vlastenecky“ odsoudili jako první. Zasloužil se o financování budoucí Hebrejské univerzity v Jeruzalémě, ale když u Zdi nářků spatřil, jak se jeho „*otupělí kmenoví bratři hlasitě modlí a s obličejem ke zdi se kymácejí vpřed a vzad*“, byl to pro něj „žalostný pohled“. Kromě humanismu a internacionalismu (a klasicismu. . .) nikdy nepřiřostl k žádnému „-ismu“, odrazovala ho omezenost stranického pohledu a obchodnických motivů.

Antisemitský tlak začal jen pár let po 1. světové válce Einstein cítit i osobně a rétoricky se proti němu činili i „nobelisté“ Lenard a Stark. Když tlak přerostl v bezprostřední ohrožení, odjel do Ameriky a navzdory dřívějšímu pacifismu podněcoval svět k obraně demokracie před fašismem všemi prostředky. Atomové výbuchy nad Japonskem však již považoval za zbytečné krveprolití a volal po tom, aby se národy do budoucna vzdaly části své suverenity ve prospěch mezinárodní mírové správy, která by kontrolovala zbrojení. Toto vše už nepatří k roku 1905, ale dobře to ilustruje rysy, které Alberta Einsteina ve výjimečné míře provázely od dětství až do smrti — vnitřní nezávislost, citlivost na ohrožení svobody a spravedlnosti a psychická odolnost. Říkal o sobě, že beletrii téměř nečetl, protože ho dojímalý osudy hrdinů a umělecký obsah díla mu pak unikal. Nebyla to dobrá výbava pro snad nejstrašnější epochu dějin, zvláště když kořeny některých hrůz měl v Berlíně před očima. Přesto kráčel slzavým údolím svou osamělou cestou bez většího vnitřního kolísání, a dokonce aniž by ho ovládal strach a nenávisť. Jak píše Fölsing, „*hluboce zakořeněná vnitřní nezávislost a drsný humor Einsteinovi umožnily snášet nejodpornější lidskou vřavu i z největší blízkosti s pobaveným odstupem*“. Nedaří se vám získat takový odstup? Zdá se vám (také), že se všichni zbláznili? Přečtěte si v Einsteinově dopisu švýcarskému příteli lékaři Heinrichu

Zanggerovi z dubna 1915: „Proč by v tom člověk nemohl žít spokojeně, jako personál v blázinci?“ T. Levenson ve své knize Einstein a Berlín končí trpký rozchod hrdiny s první ženou Milevou větou, která zřejmě platila po každé ráně osudu: „Einstein si otřel slzy, usadil se ve svém křesle a uprostřed vítaného ticha prázdného bytu začal pracovat.“

Nezávislost, odvaha a duševní stabilita Einsteinovi dobře sloužila i při vědecké práci,¹³⁾ zvláště když i tam tak často krácel proti proudu. Právě během 1. světové války byl mezi zhroucenou německou intelektuální elitou zcela osamocen i odborně — jeho zápas o obecnou relativitu sledovali s pochopením převážně jen Born a astronom Freundlich. S kvantovým pohledem byl téměř sám bezmála 20 let a zbytek života pak pěl svou „osamělou píseň“ jednotné teorie pole. Izolace se s léty prohlubovala a kolegům z ní bylo nejednou „za něj“ úzko, ale on se jen zasmál, že je „zkamenělina“; snášel to s neoblomnou trpělivostí a nad nezdary nezoufal.

Díky Einsteinovu smyslu pro humor se jeho mravní a odborné osamění neprojevovalo při styku s veřejností. Neměl problém chovat se nenuceně a zábavně ve společnosti uklízečky, novináře ani sboru finančníků, takže svět neobjížděl zdaleka jako „učený exot“. Kromě několika filmových a hudebních hvězd byl stěží někdo tak náhle a celosvětově oslavován jako on ve 20. letech. Životopisy a svědectví popisují uvítací výbory, kapely, mořské panny na vozech plných květin, kameramany filmových týdeníků, dlouhé kolony aut a nezvladatelné davy, k nimž geniální tvůrce nového, nepochopitelného evangelia vesmíru sestupuje z paluby s dýmkou, houslemi a nespoutanými vlasy. Sestupuje zvěstovat, že pravda je schopna přežít — uprostřed válečného šílenství i morálního vyšínutí Výmarské republiky. Města a instituce mu udělují čestná členství, nóbl spolky jím zdobí svá shromáždění a dámy pro něj ze svých vil posílají limuzíny. Einstein i v tomto stojí neuvěřitelně pevně a vybírá si. Přátelům se představuje jako „renomovaná volavka“, „výstavní vůl“ nebo prostě „fotomodel“ a slibuje návrat ze společnosti „cigaretový kouř vypouštějících pseudobůžků“, kteří mu „dávali tak hloupé otázky, že stěží udržoval vážnost...“

7. Mezinárodní rok fyziky 2005

Letos si připomínáme Einsteinův první „rok zázraků“, 1905. Těžko říci, kolik dalších jich bylo a zda k jeho největším zázrakům nedošlo v tichosti už dřív. Einsteinovy práce by se při vhodném členění mohly rozdělit mezi desítky autorů a stále bychom se se jmény všech setkávali v učebnicích. „Logo“ na plakátu výročí — ve tvaru světelného kužele — je však formálně vzato dílem Einsteinova curyšského učitele Minkowského. V r. 1905 už nepůsobil v Curychu, ale v Göttingen, po boku dalších špičkových matematiků Felixe Kleina a Davida Hilberta. O fyziku se velmi zajímali, pořádali semináře o pokrocích v elektrodynamice a Minkowski se podobně jako Poincaré v Paříži záhy snažil i o smíření relativity s newtonovskou gravitací. Jak dosvědčil

¹³⁾ Sám ostatně prohlásil, že za objevem se skrývá 10 % inspirace a 90 % potu.

jeho asistent Born, byl pro Minkowského výkon bývalého nepříliš pilného studenta docela šok: „*Toho bych se býval od Einsteina nenadál.*“ V r. 1908 představil Minkowski teorii relativity v novém hávu — ve čtyřrozměrné, prostoročasové verzi inspirované Poincarého pracemi, kde jsou poloha, rychlost, hybnost a síla popsány čtyřvektory, jimiž Lorentzova transformace otáčí. Zvláště elegantní se v tomto podání stává elektrodynamika, popsána čtyřvektory proudové hustoty a potenciálu, antisymetrickým tenzorem EM pole a Lorentzovou čtyř-sílu. Minkowského pohled přinesl i nové, téměř mystické názvosloví, z něhož „světobody“, „časupodobné a prostorupodobné světočáry“, „světové trubice“ či „nadvlochy“ — a ovšem *světelné kužely* — žijí dodnes. Einstein byl na „pompézní“ a rafinovanou matematiku trochu alergický, čtvrtý rozměr zprvu označil za „divadelní strašidlo“ a „čtyřrozměrné časoprostorové kontinuum“ uváděl pro výstrahu ještě po 10 letech. Reagoval proto s Jakobem Laubem jako spoluautorem ve dvou článkách jednodušším odvozením čtyřrozměrných rovnic. Různé životopisné prameny uvádějí šťavnaté reakce na to, když nějaký „virtuóz“ jako Minkowski měl jeho zpracování fyziky za „matematicky rozvláčné“: „*Víte, když se člověk skutečně pustí do počítání, tak se z toho bezděky podělá.*“ Nezdá se však, že by Einstein při pozdějším zobecnění relativity tímto způsobem trpěl; k matematice získal časem velký obdiv a přiznal, že bez Minkowského myšlenek „*by asi teorie relativity zůstala v plenkách*“. Příběh má bohužel smutný dovětek: světovou trubici jmenovaného ukončil pár měsíců po jeho „čtyřrozměrné“ přednášce zánět slepého střeva. Původní separát jeho práce *Základní rovnice pro elektromagnetické jevy u pohybujících se těles* se dnes nabízí za 8500 dolarů.

Před 110 lety poslal Einstein strýci své první fyzikální pojednání *O zkoumání stavu etheru v magnetickém poli*. Obecné relativitě je letos 90 let a 40 let (plus $1,37 \cdot 10^{10}$) je jednomu z trumfů relativistické kosmologie, reliktnímu záření. V dubnu uplynulo 50 let ode dne, kdy na Einsteinovy dveře zaklepalá smrt. Ani před tou se nesklonil. Nabídl mu operaci, ale odpověděl, že by rád šel, až on bude chtít. Dal si přinést koncept rozhlasového projevu pro Izrael a rozepsaný článek rozvíjející relativistickou teorii nesymetrického pole.

V komentáři k vyhlášení roku fyziky se praví, že připomenutí slavné minulosti by mělo oboru pomoci proti poklesu zájmu studentů a slábnoucímu veřejnému povědomí. Takový pokles by byl zvláštní. Ničím jiným není dnešní život „prošpikovaný“ tak jako aplikovanou fyzikou; ani to každého netěší. Dovedete si představit, že by se na 100 vteřin mávnutím hůlky „vypnulo“ vše, co spočívá na fyzice 20. století? A co 19. století? Newton? Otázkou jsou spíše pohnutky ke vzdělání a výzkumu. Fyzikální vědomosti dnes mohou jedinci umožnit úspěšnou „kariéru“ a společnost přijímá výsledky oboru především jako katalyzátor své cesty k „blahobytu“. Einstein to chápal jinak, když za stolem patentového úřadu říkal „*myšlení je to pravé, stejně jako hudba*“.

Fyzika má náš život v hrsti a ani 100 let po roce 1905 nemůže společnost přestat zajímat. Zdůrazňování pragmatické stránky věci však myšlení ani hudbě nepřeje, a tak je spíše na místě znepokojovat se tím, jak je tato nejhlubší úroveň přírodovědy vnímána: jako služka „pokroku“, nebo — jako po celý život Einsteinem — jedna z největších kultur?

L i t e r a t u r a

V textu jsem se z Einsteinova života zaměřil na období a okolnosti, související s jeho prvním „zázračným rokem“. Záměrně jsem však nechal stranou pozdější rozvinutí teorie relativity do obecné podoby zahrnující gravitaci; k její oslavě bude lepší příležitost v r. 2015 (a k připomenutí její pražské inspirace v r. 2011). Využíval jsem především následujících publikací, z nichž hlavně kniha Alberta Fölsinga je velmi ucelenou, vyváženou a pečlivě zpracovanou biografií. Překlady citátů jsou uvedeny v uvozovkách, ty delší navíc kurzívou. Pokud možno jsem je korigoval, doplňoval nebo přímo překládal z originální verze, publikované v souboru *The Collected Papers of Albert Einstein*.

- [1] FÖLSING, A.: *Albert Einstein*. Volvox Globator, Praha 2001.
- [2] LEVENSON, T.: *Einstein v Berlíně*. Práh, Praha 2004.
- [3] PAIS, A.: *Subtle is the Lord*. Oxford University Press, Oxford & New York 1982.
- [4] *The Collected Papers of Albert Einstein*, postupně vydávaný soubor všech prací a zachované korespondence A. Einsteina, souběžně v originální německé verzi a v anglickém překladu, 1. díl vyšel v r. 1987 (Princeton University Press, New Jersey).

$E = mc^2$ aneb dovětek o Einsteinově dovětku

Jiří Podolský, Praha

Jak bylo popsáno v předchozím obsáhlém příspěvku kolegy O. Semeráka, v květnu a červnu roku 1905 Albert Einstein sepsal svůj fundamentální článek [1] nazvaný *O elektrodynamice pohybujících se těles* a dne 30.6.1905 ho zaslal k publikaci do časopisu *Annalen der Physik*, kde vyšel 26. září. Zřetelně v něm artikuloval *speciální teorii relativity*, ucelený teoreticko-fyzikální koncept, který překonal klasické newtonovské představy o povaze prostoru, času a dějů v nich probíhajících. Byly tím položeny nové a pevné základy fyzikálního bádání. Význam, obsah a důsledky tohoto revolučního kroku učiněného právě před sto lety byly popsány v bezpočtu knih, učebnic i odborných článků (z dostupné literatury uvedme například [2]–[5]).

Je zajímavé zdůraznit, že Einsteinův zřejmě nejznámější vztah $E = mc^2$ však v práci [1] *nenajdeme*. Teprve během léta roku 1905 si Einstein uvědomil tento další důsledek své právě dokončené teorie. Jako dovětek své zásadní práce [1] proto sepsal třístránkový článek [6] s názvem *Závisí setrvačnost tělesa na jeho energetickém obsahu?* Byl odeslán 27. září rovněž do časopisu *Annalen der Physik*, kde vyšel 21. listopadu. Rozborem vztahu mezi energií hmotného objektu a vyzářené elektromagnetické

Doc. RNDr. JIŘÍ PODOLSKÝ, CSc. (1963), Ústav teoretické fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, e-mail: Jiri.Podolsky@mff.cuni.cz