

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Jiří Vrána  
Albert Einstein

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 2 (1957), No. 3, 320--333

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137225>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1957

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

*Každým dnem školního roku 1911—12 přicházel k budově německé university ve Viničné ulici v Praze mladý, asi třicetiletý černovlasý muž se šviháckým knírkem. Byl to profesor fyziky Albert Einstein, tehdy již velmi známý v celém vědeckém světě. Jak je možné, že získal tolik světového věhlasu, že tak mlád byl povolán na odpovědné místo universitního profesora? Prolistujme si jeho životopis a uvidíme, že k tomu nestačí pouze geniální mozek nadaného člověka, ale že všechny jeho úspěchy jsou zaslouženy stálou, neutuchající pílí, s níž je nutno prostudovat velmi mnoho náročné látky, že všechna jeho světová, slavná pojednání byla připravena mnoho let trávící tvrdou prací.*

Dvacátého března 1879 se v židovské rodině Einsteinových v Ulmu v Německu narodil syn Albert. Tehdy přišel na svět člověk, jenž měl ve vínku stát se nejslavnějším fyzikem a jedním z největších myslitelů na světě.

Dětská léta prožil šťastně doma. Již jako velmi mladý chlapec byl Albert velmi hloubavý a všímavý. Pozoroval bedlivě věci okolo sebe a pamatoval si dobře všechny své zážitky. Učinil si určitou představu o vnějším světě, se kterým přicházel denně do styku, a zvykal si na jeho určité uspořádání. Všemmu tomu, co neodpovídá těmto obvyklým představám, se obvykle říká zázraky. S jedním z takovýchto zázraků se Einstein setkal jako pětiletý chlapec, když mu otec prvně ukázal kompas. Že jeho střílka kývala stále stejným směrem, bylo úplně proti tomu, nač byl dosud zvyklý. „*Ještě nyní si pamatuji,*“ říká Einstein ve svých 67 letech, „*aspoň se mi zdá, že si pamatuji, že tato příhoda měla na mne dlouhý a hluboký vliv. Hluboko pod vnějšími projevy musí být ještě něco skryto.*“

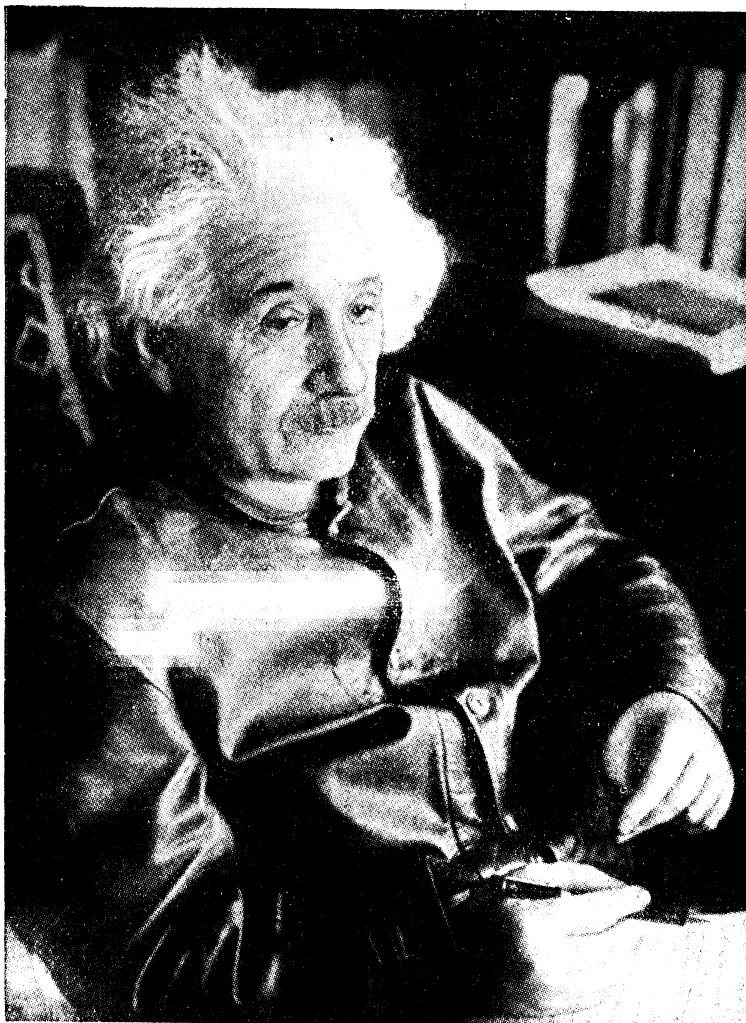
Jeho rodiče a později německá škola mu daly velmi dobrou náboženskou výchovu, takže hleděl na svět očima náboženství. Tento pohled byl už ve dvanácti letech narušen. Četba populárně-vědeckých knížek jej přesvědčila o tom, že v biblických příbězích je mnohé nesprávné. Z těchto poznání se zrodila nedůvěra ke všem autoritám a skeptický postoj k jakýmkoli tvrzením jeho tehdejšího okolí. Tento skepticismus Einsteina již nikdy neopustil, i když později s poznáváním vnitřní souvislosti jevů nebyl již tak vyhrocen.

Takto zničený náboženský ráj byl prvním krokem k osvobození se od všeho osobního světa, od světa, ve kterém kralovala jen přání, naděje a nejjednodušší zážitky. Tam vně byl velký svět, existující nezávisle na nás, zcela přikrytý neprůhlednou rouškou, kterou se nám podaří pouze trochu odkrýt, záhadu trochu poznat.

Tehdy se dostala mladému Einsteinovi do ruky malá knížka o euklidovské geometrii. Tam se po prvé dočetl na příklad o tom, že výšky trojúhelníka se protínají v jednom bodě, což na první pohled není zcela samozřejmé, ale co bylo možno dokázat se vši věrohodností. V téže knížce byly však také věci, které byly přece zcela samozřejmé, ale které zde byly dokazovány na základě několika axiomů. Jemu se tehdy zdálo nutným dokazovat pouze to, co zcela samozřejmé není. To bylo způsobeno zřejmě tím, že všem geometrickým veličinám připisoval vlastnosti předmětů kolem sebe (délka — pevná tyč atd.). To, že je možno pouze rozumem zjišťovat vlastnosti předmětů kolem sebe, se mu zdálo být téměř zázrakem.

V době od dvanácti let, kdy poznal, že svět kolem něho je mnohem složitější, než dosud stačil poznat, byl hnán touhou po vědění, po tom, aby poznal, jak je vnější svět kolem něho uspořádán. Tehdy přečetl mnoho knih o základech matematiky, počítaje v to i diferenciální a integrální počet. Na štěstí to byly knihy, které nehleděly na hluboké logické

souvislosti, ale kde byla dobře odvozena praktická stránka věci. Byly to věci dosti únavné, ale přece tu nacházel zajímavosti, které na jeho hloubavého ducha působily — základní myšlenky analytické geometrie, nekonečné řady, pojem diferenciálu a integrálu. Šťastnou



náhodou se mu dostaly do ruky knížky o přírodních vědách, které populárně, pouze kvalitativně, popisovaly přírodní jevy. Einstein tyto knihy přímo hltal.

To vše bylo v době jeho středoškolských studií. Einstein nikdy neměl rád náboženskou a dogmatickou školu, a tato škola neměla ráda jeho. Jeho profesor latiny mu jednou řekl: „*Einsteine, z vás nikdy nic nebude.*“

Když se jeho rodiče přestěhovali do Itálie, Einstein dlouho nezůstal ve škole, kterou téměř nenáviděl. Když mu bylo patnáct let, opustil školu, aniž by složil jakoukoli zkoušku a odejel za rodiči do Pavie. Svá středoškolská studia pak ukončil ve švýcarské Aarau

v kantonální škole. Proti nacionalistickému a militaristickému duchu v Německu se zde, ve švýcarské demokracii mnohem volněji dýchalo. Ve škole mohl rozvíjet své volné myšlenky, poněvadž zde nalezl mnoho druhů, kteří s ním stejně smýšleli. Po závěrečné zkoušce začal Einstein studovat na polytechnice v Curychu matematiku a fyziku. Měl velmi dobré učitele, z nichž nejlepší byl Herman Minkowski. Ve škole Einsteina skoro neznali, protože téměř všichni látku uměl, a na přednášky proto nechodil. Vysokou školu ukončil v roce 1901 diplomem, který jej opravňoval vyučovat matematice a fyzice. V roce 1902 se stal zaměstnancem patentního úřadu v Bernu, kde zůstal až do roku 1909. Každodenních osm hodin jednoduché práce za kancelářským stolem mu nebránilo v rozběhu jeho fyzikálního myšlení. V témže roce (1902) se Einstein oženil. I když měl dva syny, jeho manželství nebylo šťastné a v roce 1919 se rozvádí.

Až dosud bylo možno sledovat celý Einsteinův život najednou. Ale od této doby je jeho činnost tak rozsáhlá, že si musíme jeho život pro přehlednost rozdělit na několik úseků, jež potom budeme sledovat samostatně.

Nejprve se vydáme po cestě jeho životních osudů. V roce 1909 byl již Einstein světově známým fyzikem. Byl povolán na universitu v Curychu, kde zůstal až do roku 1914, s výjimkou školního roku 1911—12, který ztrávil jako profesor na universitě v Praze. V roce 1914 byl na Planckův návrh jmenován členem berlínské akademie věd za opravdu výjimečných podmínek. Stal se ředitelem výzkumného fyzikálního ústavu císaře Viléma, nemusel se starat o žádné úřední záležitosti, neměl povinnost přednášet, takže se mohl plně věnovat svým problémům. Léta strávená v Berlíně byla mimořádně šťastná. Navštěvoval pravidelně fyzikální semináře na universitě. Posluchači těchto seminářů hleděli s posvátnou úctou na celou plejadu hvězd první velikosti: Einstein, Planck, Laue, Nernst, Schrödinger byli téměř vždy přítomni. Přehledy posledního stavu experimentálního i theoretického výzkumu ve fyzice i živé diskuse, jež se po každé přednášce rozvinuly, zůstanou nesmazatelně vryty do paměti každého, kdo se účastnil těchto nevidaných shromáždění. Roku 1919 se Einstein oženil se svou sestřenicí Elsou, se kterou šťastně žil až do její smrti v roce 1936. Když holandský fyzik Lorentz odstoupil se svého místa profesora theoretické fyziky na universitě v Leydenu, byl Einstein určen jeho nástupcem. Poněvadž nechtěl ztratit vzácnou berlínskou společnost, Einstein nabídku nepřijal, ale slíbil každoroční návštěvy v Leydenu.

Jakmile roztáhl černý drak fašismu svá křídla nad Německem, nebylo možné, aby židovský vědec zůstal déle na berlínské universitě. Na štěstí bylo volné místo na nově založené vysoké škole v Princetonu (*School of Advanced Studies*, Princeton, USA). Einstein toto místo přijal a zůstal zde až do smrti. Roku 1945 odchází na odpočinek, aby uvolnil své místo na universitě, avšak ve své denní práci neustále pokračuje.

S pokračujícími dny se stíny prodlužovaly. Intenzivně hořící intelektuální oheň sžíhal Einsteinův organismus. Profesor vždy vyhlížel o 10 let starší, než skutečně byl. Několikrát byl smrtelně nemocen, ale vždy se úspěšně vyléčil. Během posledních let jeho života se jeho zdravotní stav stále zhoršoval. V dubnu 1955 byl převezen do princetonské nemocnice, kde zemřel 18. dubna 1955.

Jeho životní cesta, kterou jsme právě s Einsteinem prošli, tak důležitá pro ostatní lidi, podle něho samého vůbec nic neznamenala. Již od mládí se snažil Einstein nalézt svoji cestu, kde by uplatnil svoje hluboké znalosti. Poznal, že se nejlouběji k poznání světa přiblíží studiem fyziky a matematiky, jež je k tomuto studiu nezbytným nástrojem. Na universitě studoval již speciální problémy různých oborů fyziky — vysokoškolskou látku znal již ze střední školy — a v tomto studiu pokračoval pak i v letech, kdy byl již zaměstnán.

Einstein hledal takový popis přírody, který by v sobě zahrnoval co největší obor přírodních jevů, který by byl co nejvšeobecnějším. Jedním z prostředků k tomu byla termodynamika, jež učarovala Einsteinovi nejdříve. Termodynamika je věda, která umožňuje popsat různé fyzikální a chemické vlastnosti hmoty na základě několika všeobecných předpokladů, aniž bychom přesně znali příčiny jednotlivých jevů. Činit tyto závěry je umožněno tím, že pozorujeme velké množství stejných částic, jež statistiky skládají měřitelný efekt. Pyramida stojí, i když miliony otroků, kteří ji stavěli, zůstávají neviditelné.

Na přelomu století mnoho fyziků ještě nevěřilo v existenci atomů, jimž přikládali význam pouze jako umělé, skutečně neexistující pomůcky pro řešení některých fyzikálních problémů. Metoda statistické fyziky, vyvinutá Maxwellem a později rozšířená Boltzmannem a Gibbsem, se stala protějškem klasické termodynamiky, určující atomickou strukturu termodynamických principů. Některé základní vztahy, které objevil Boltzmann a Gibbs, určil novým způsobem Einstein ve svých prvních pracích [1, 2, 3]. Tím však nebyl Einstein uspokojen, proto se snažil podat nějaký přímý důkaz existence atomů a molekul. To se mu podařilo v roce 1905, kdy Einstein vstoupil do fyzikálních dějin třemi svými slavnými pracemi — o Brownově pohybu, o světelných kvantech a speciální teorii relativity. Použil statistickou teorii na částice suspendované v kapalině a našel, že tepelný pohyb molekul způsobuje pohyb částic, jenž vyhovuje difusní rovnici s konstantou

$$D = \frac{RT}{N} \frac{1}{6\pi\eta a},$$

$\eta$  — koeficient vnitřního tření kapaliny a  
 $a$  — poloměr suspendované částice.

Řešením této rovnice dostal neočekávaný výsledek, že střední pohyb částice nebude nulový, ale bude vzrůstat s odmocninou času  $t$

$$\sqrt{\bar{x}^2} = \sqrt{2Dt}.$$

Tento efekt byl již dříve pozorován (Brownův pohyb) a jeho měření přesně souhlasilo s Einsteinovým výpočtem. Tím byl podán hmatatelný důkaz existence molekul.

Zkoumání Planckova zákona záření černého tělesa přivedlo Einsteina k novým statistickým objevům. Max Planck odvodil svůj zákon za předpokladu, že zdroje záření, kmitající molekuly, mohou vyzařovat energii pouze po určitých kvantech o velikosti  $h\nu$ . Einstein se snažil vyjádřit tyto mikroskopické předpoklady obecnými principy termodynamiky. Spočítal fluktuace energie záření v malém objemu. Střední hodnota těchto fluktuací v intervalu frekvencí  $(\nu, \nu + d\nu)$  může být určena podle termodynamické rovnice [7]

$$\bar{\epsilon}^2 = KT^2 \left( \frac{\partial E}{\partial T} \right)_\nu.$$

Z Planckova zákona dostaneme

$$\bar{\epsilon}^2 = h\nu E + \frac{c^3}{8\pi\nu^2} \frac{E^2}{V}.$$

Z Maxwellových rovnic však dostáváme pouze druhý člen této rovnice. Abychom dostali celou tuto rovnici, je nutno zavést matematický předpoklad, že světelné pole je

rozděleno na kousky, světelná kvanta velikosti  $h\nu$ . Einsteinova geniální intuice neviděla v tomto předpokladu pouze matematickou pomůcku při řešení určité rovnice, ale prostředek k odhalení podstaty světla. Světlo podle Einsteina sestává z fotonů, jejichž energie je zcela určena frekvencí. Pro uvolňování elektronů z kovů světlem (vnější fotoefekt) Einstein odvodil základní vztah mezi kinetickou energií a frekvencí světla

$$\frac{1}{2} m v^2 = h \nu - W \quad (\text{Einsteinův zákon})$$

( $W$  je výstupní práce elektronů z povrchu tělesa). Tento zákon byl experimentálně přesně potvrzen.

Současně učinil Einstein základní pokrok ve fyzice pevných látek. Aplikoval Planckův zákon na elastické oscilace v tuhém tělese. Za určitých zjednodušujících předpokladů dostává závislost specifických tepel na teplotě, jež byla později plně potvrzena v oblasti nízkých teplot, kde se nejmarkantněji projevuje [5].

Na základě předpokladu existence kvant světelného pole, fotonů, a s použitím Bohrova atomu provedl Einstein velmi pěkné odvození Planckova zákona s použitím všeobecných vlastností Bohrova atomu. Použil pouze nejvšeobecnější vlastnosti Bohrovy teorie, předpokladu, že částice může existovat pouze ve stavu s diskretními hladinami energie  $\varepsilon_m$ . Einstein předpokládá určitou pravděpodobnost  $A_m^n$  přechodu mezi dvěma stavy  $m, n$ , to znamená, že určitý díl molekul s energií  $\varepsilon_m$  může samovolně (spontánně) změnit energii v  $\varepsilon_n$ , jestliže je  $\varepsilon_m > \varepsilon_n$ , emitujíc energii  $\varepsilon_m - \varepsilon_n$ . Na druhé straně existuje jistá pravděpodobnost přechodu  $B_n^m$  druhým směrem, při čemž je absorbována energie záření  $\varepsilon_m - \varepsilon_n$ . Tyto přechody ovšem vyžadují určitou hustotu záření  $\varrho(\nu, T)$ ; množství částic, jež se účastní absorpce záření, bude úměrné  $B_n^m \varrho$ . Současně však může nastat proces indukované emise, jenž bude úměrný  $B_m^n \varrho$ . Pro popis jevu je nutno zavést statistické váhy  $p_n$  a  $p_m$  stavů s energiemi  $\varepsilon_n$  a  $\varepsilon_m$ .

Poněvadž molekuly zářivého tělesa a částice světelného (zářivého) pole — fotony tvoří statistický soubor, jenž se řídí Maxwelllovým-Boltzmannovým rozdělením, platí pro energetickou rovnováhu

$$p_n e^{-\frac{\varepsilon_n}{kT}} B_n^m \varrho = p_m e^{-\frac{\varepsilon_m}{kT}} (B_m^n \varrho + A_m^n).$$

Použijeme-li samozřejmé vlastnosti, že  $\varrho(\nu, T)$  vzrůstá nade všechny meze, vzrůstá-li  $T$  nade všechny meze, dostáváme z této rovnice

$$p_n B_n^m = p_m B_m^n.$$

Z těchto dvou základních rovnic plyne

$$\varrho(\nu, T) = \frac{A_m^n}{B_m^n \left( e^{\frac{\varepsilon_m - \varepsilon_n}{kT}} - 1 \right)}.$$

Nezávisle na výměnném mechanismu energie mezi látkou a zářivým polem je známo z obecné termodynamiky, že zákon pro  $\varrho(\nu, T)$  musí být ve tvaru

$$\varrho(\nu, T) = \nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right) \quad (\text{Wienův zákon}),$$

odtud plyne ihned jediná možnost

$$A_m^n = \alpha \nu^3 B_m^n$$

a

$$e_m - e_n = h \nu$$

se dvěma konstantami  $h$ ,  $\alpha$ .

Tak Einstein dostal z velmi obecných předpokladů Planckův zákon a základní podmínku pro frekvenci, jež je emitována (nebo absorbována) při přechodu elektronu mezi dvěma energetickými stavy.

Tento geniální příspěvek k fyzikální statistice byl Einsteinovi vnuknut myšlenkou indického fysika Bozeho, jenž ukázal, jak je možno odvodit Planckův zákon jako důsledek korpuskulární statistiky, v níž považujeme světelná kvanta za identické, od sebe navzájem nerozlišitelné částice.

Zde vidíme, jak zprvu osamělá Einsteinova cesta termodynamikou se stává úspěšnou, a ještě nyní, velmi dlouho od dob, kdy se po ní Einstein aktivně ubíral, je Einsteinovo jméno pevně spojeno s tímto důležitým oborem moderní fyziky.

Těsně vedle této cesty, jež byla inspirována termodynamikou a statistikou, běží cestička, na níž Einstein formuloval Sommerfeldovy-Wilsonovy kvantové podmínky ve tvaru Hamiltonovy  $S$ -funkce. Náhodný tvar kvantových podmínek, použitelný pouze na rozlišitelné systémy, je zde nahrazen invariantní formulací, jež může být použita i na systémy nerozlišitelné. Einsteinovu obecnou formulaci těchto podmínek ve tvaru jednoho sjednoceného invariantního principu interpretoval de Broglie jako rezonanční podmínku pro vlny. Vidíme, že de Broglieho hmotné vlny vyrůstají z Einsteinových kvantových podmínek. Dále však de Broglieho hmotné vlny kulminují ve Schrödingrově vlnové mechanice. Tak se tato Einsteinova cestička stává cestou několika a později mnoha fysiků, kteří zde dosahují velkých úspěchů.

Analytická geometrie svou jednoduchostí a možností algebraicky řešit složité geometrické úlohy Einsteinovi brzy učarovala. Einstein analytickou geometrii důkladně prostudoval a tak brzy objevil rozdíl úlohy souřadnic v geometrii a ve fyzice. Při řešení každé geometrické úlohy musíme nejprve definovat souřadnicové osy, ke kterým budeme souřadnice jednotlivých bodů vztahovat. Tyto souřadnice si můžeme zvolit libovolně, nepatří k dané úloze. Každá skupina souřadnicových os stanoví určitý referenční systém; všechny tyto systémy mají stejnou platnost. Žádný z těchto systémů nemůže být prohlášen za systém absolutní, žádnému nemůže být dána přednost vůči ostatním jednak proto, že geometrický prostor nemá žádný vybraný střed, ani vybraný směr. (To, že některé úlohy můžeme vhodnou volbou souřadnicových os řešit jednodušeji, neodporuje právě uvedené úvaze.)

A jaká je úloha různých referenčních systémů ve fyzice? Vezměme jako příklad velmi jednoduchý pohyb — volný pád tělesa. Zvolíme-li souřadnicové osy pevně spojené se Zemí, popíšeme pohyb tělesa jako pohyb s konstantním zrychlením. Zvolíme-li však souřadnicové osy pevně spojené s tělesem, bude pozorovatel v tomto systému tvrdit, že se těleso nepohybuje, ale že je stále v klidu, ba dokonce že na ně nepůsobí žádné síly. Podívejme se na jiný příklad. Umístíme svoji laboratoř ve vlaku, který se pohybuje s absolutně konstantní rychlostí po dokonale hladkých a rovných kolejnicích. Je-li naše laboratoř uzavřena, a nemůžeme-li konat žádná srovnání s vnějším světem, nepodaří se nám žádným způsobem určit rychlost vlaku. Všechny pokusy ve vlaku budou probíhat přesně stejně, jako by byl vlak v klidu. Newton tyto obtíže znal a proto své pohy-

bové zákony vztahuje k soustavě inerciální, to jest k soustavě absolutní, pevně spjaté se stálicemi, a ke všem soustavám, které se vzhledem k této rovnoměrně přímočaře pohybují.

Problému, že jen v některých systémech jsou pohybové zákony platné, si byl Newton plně vědom, avšak odmítal pronášet jakékoli filosofické dohady o jeho příčinách. Jeho výrok „*Hypothesis non fingo*“ (Domněnek nevymýšlím) je historický.

Po dvě staletí platila Newtonova dynamika beze změny. Teprve když byly objeveny elektromagnetické vlny, vypracována jejich teorie, a když byla dokázána jejich totožnost s optickými jevy, bylo nutno opustit inerciální systémy a navrátit se k absolutní soustavě. Světlo je elektromagnetické vlnění, jež se šíří všemi směry konstantní rychlostí  $c$ . Pohybujeme-li se však pozorovatel vůči etheru (absolutnímu referenčnímu systému) určitou rychlostí, musí tím narušit homogenitu světla v různých směrech. Tím se naskytá možnost změřit rychlost pozorovatele vůči absolutní soustavě. O změnění této rychlosti (rychlosti Země) vůči etheru se pokoušelo mnoho vědců. Nejznámějším je interferenční pokus Michelsonův, jenž byl tak přesný, že by byl změřil s jistotou pohyb Země vůči etheru i v tom případě, kdyby byl mnohem menší, než jenom její pohyb kolem Slunce. Jeho výsledek i výsledky všech podobných pokusů však zůstávaly stále negativní. Všechno probíhalo tak, jako by Země byla stále v klidu vůči etheru.

Tvrdí theoretický oríšek se snažili před Einsteinem rozlousknout fysikové G. F. Fitzgerald a H. A. Lorentz. Oba předpokládali, že se délka měřítka ve směru absolutního pohybu zkrátí tak, že se eliptické vlny, jím měřené, zdají být opět kulové. Tento nový předpoklad byl však pouhou záplatou na dosavadní teorii; nebylo možno navrhnout úspěšný pokus, jímž by bylo možno absolutní rychlost Země změřit.

V této době přichází Einstein na scénu a řeší úlohu se základního hlediska. [4] Rozšířil platnost principu relativity Newtonovy mechaniky na všechny přírodní jevy a pak je již výsledek Michelsonova pokusu jen demonstrací tohoto předpokladu. Tím se však objevila otázka, jaký vztah musí existovat mezi souřadnicemi různých referenčních systémů. Necht  $x, y, z, t$  jsou souřadnice systému pozorovatele a  $x', y', z', t'$  souřadnice systému jiného pozorovatele, který se vzhledem k původnímu pozorovateli pohybuje. Ze zvyku pokládáme vždy  $t = t'$ , pokládáme čas za absolutně stejný pro celý vesmír, předpokládáme, že čas je universální proměnná. Uvidíme, že to není možné. Prohlásili jsme rovnost všech referenčních systémů pro přírodní jevy, a proto musí být i homogenní postup světla všemi směry zachován ve všech referenčních systémech. Z toho vychází podmínka, že rovnice rovnoměrného postupu světla

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$$

musí zůstat platná i v novém referenčním systému, platí-li v systému původním. To vede k rovnici

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = k(x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2).$$

Poněvadž nemůžeme dávat přednost žádnému referenčnímu systému a poněvadž transformace musí být reversibilní, musíme položit  $k = 1$ . Tím dostáváme podmínku, že transformacemi souřadnic musí být takové lineární vztahy, jež zachovávají kvadratickou formu

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$$

invariantní. Takové transformace již dříve objevil Lorentz a Poincaré jako důsledek jistých matematických vlastností Maxwellových rovnic. Avšak jejich interpretaci jako



skutečný vztah mezi souřadnicemi jim připsal teprve Einstein. Tím čas ztrácí svůj absolutní význam, a musí se spokojit pouze s úlohou čtvrté souřadnice po boku souřadnic prostorových.

Einstein však nezůstal jen u této fyzikální interpretace Lorentzových transformací. Einstein odvodil fyzikální důsledky svého objevu. Newtonovy pohybové rovnice, ve skutečnosti všechny rovnice fyziky musely být revidovány a pozměněny podle požadavků nové transformace. Z nových pohybových rovnic vychází závislost *m* na rychlosti částice podle zákona

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Massa *m* roste s rychlostí *v*, pro rychlost *v* rovnou rychlosti světla *c* by byla dokonce nekonečně veliká; takové rychlosti se však nedá dosáhnout, bylo by k tomu třeba nekonečných sil. Měření na rychlých částicích přesně souhlasí s tímto důsledkem relativistické mechaniky.

Má-li pozorovatel *B* rychlost *u* vzhledem k pozorovateli *A*, a nějaký jev má rychlost *v* vzhledem k pozorovateli *B*, rychlost *w* tohoto jevu vzhledem k *A* není součtem rychlostí *u* + *v*, nýbrž

$$w = \frac{u + v}{1 + \frac{uv}{c^2}}$$

Z tohoto slavného Einsteinova adičního theoremu rychlostí jasně vidíme: je-li rychlost *v* = *c*, pak nezávisle na rychlosti *u* bude *w* = *c*. Má tedy v teorii relativity rychlost *c* stejnou úlohu jako nekonečná rychlost *v* klasické mechanice.

Roku 1907 [6] publikoval Einstein velmi důležitý důsledek své teorie, rovnici mezi *massou* a energií

$$E = m_0 c^2.$$

Podle této rovnice je každá hmota zásobárnou ohromného množství energie, již za normálních okolností není možno uvolnit. Při jistých nukleárních procesech, při štěpení nebo splynutí jader, je tato rovnice přesně potvrzována. Tragicky potvrdily Einsteinovu rovnici výbuchy atomové pumy, kdy přeměna pouze několika gramů *massy* v energii stačila na vytvoření umělého slunce o teplotě několika milionů stupňů C.

Důležitým pokrokem ve vývoji teorie relativity bylo zavedení 4-dimensionálního prostoru H. Minkowského [18]. Ten ukázal, že požadavek konstantní rychlosti je geometrický požadavek, jenž je kladen na homogenitu prostoru, v němž ke třem prostorovým osám *x*, *y*, *z* je připojena čtvrtá, časová osa *ict*. V tomto prostoru píšeme čtverec elementu vzdálenosti ve tvaru

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2.$$

Tím dostává požadavek rovnocennosti všech inerciálních systémů pro přírodní jevy geometrickou interpretaci v grupě čtyřrozměrných rotací, jež zachovávají základní element vzdálenosti invariantním.

Velmi důležitým objevem Minkowského teorie bylo sestrojení symetrického tensoru

impulsu a energie  $T_{ik} = T_{ki}$ . Minkowskioho matematické stmelení teorie relativity sjednotilo základní zákony fyziky — zákony zachování impulsu a energie ve čtyři složky jediné vektorové rovnice  $\frac{\partial T_{ik}}{\partial x_k} = 0$ . Píšeme-li rovnici v tomto tvaru, používáme Einsteinova sumačního pravidla, podle něhož sčítáme přes všechny indexy, jež se vyskytují v jednom členu dvakrát, aniž bychom psali sumační znamení  $\Sigma$ .

Rozřešením problému speciální teorie relativity, jak se jí později říkalo, nebyl Einstein uspokojen. Další problémy nedaly Einsteinovi spát. Proč je dávana přednost jen některým referenčním systémům? Proč jsou rovnoměrné pohyby preferovány před ostatními? Základní zákony musí přece platit pro všechny soustavy. Toto byl princip obecné teorie relativity, o jejíž vybudování Einstein bojoval po deset let a již úspěšně dobudoval v roce 1915. Historie tohoto období je skvělou ukázkou věčného boje lidského intelektu za svobodu a světlo.

Jako první zobecnění referenčních systémů Einstein zaostřil svoji pozornost na referenční systémy, navzájem vůči sobě rovnoměrně zrychlené. Zjistil, že zavedení takovýchto systémů generuje zdánlivé gravitační pole. Slavný Einsteinův princip ekvivalence [6] vyjadřuje tuto myšlenku: Mějme na laně zavěšenou uzavřenou fyzikální laboratoř. Na všechny předměty a přístroje působí gravitační pole Země. Fysik, jenž provádí v této laboratoři měření, může snadno změřit jeho gravitační zrychlení. Představme si však, že náhle Země zmizí a nějaký obr současně začne táhnout za lano ve stejném směru, jak bylo dříve napjato, a se zrychlením, rovným tomu, jež fysik naměřil. Pak nebude možno zjistit v laboratoři žádnou změnu. Vše bude v laboratoři probíhat naprosto stejně jako dříve. Z tohoto myšlenkového pokusu vyplývá jako samozřejmý důsledek rovnost tíhové a setrvačné massy, jež byla s velkou přesností změřena maďarským fysikem Eötvösem.

Zavedením systémů, jež se vůči sobě pohybují zrychleně, přestává být element vzdálenosti invariantem. Zůstává však stále diferenciální kvadratickou formou souřadnic, již je možno vyjádřit ve tvaru

$$ds^2 = g_{ik} dx_i dx_k.$$

Metrický tensor  $g_{ik}$  vede Einsteina k poznání, že k řešení problému se přiblíží tenzorovým počtem. Toto nové odvětví matematické analýzy začíná u geniálních objevů Gausse a Riemanna a bylo šťastnou náhodou o několik let dříve elegantně zceleno italskými matematiky Riccim a Levi Civitou (1900).

Složky metrického tensoru jsou spojenými funkcemi souřadnic a proto musíme hledat rovnice pro jejich určení. Poněvadž musí platit princip ekvivalence všech vztažných systémů, musí tyto rovnice splňovat princip obecné kovariance. Nejjednodušším kovariantním diferenciálním operátorem je operátor druhého řádu a vede k Riemannovu tensoru křivosti  $R^i_{jk m}$ . Bohužel tento tensor předurčuje problém, poněvadž pro 10 neznámých složek tensoru  $g_{ik}$  máme k dispozici 20 nezávislých složek tensoru  $R^i_{jk m}$ .

Tuto obtíž Einstein obešel tím, že jednoduchou kontrakcí redukoval tensor čtvrtého řádu na tensor druhého řádu

$$R_{ik} = R^a_{i \alpha k}.$$

Tím dostal Einstein tensor, jenž dává stejný počet určujících složek, jako je neznámých. Malou změnou tohoto tensoru dospěl k novému tensoru

$$S_{ik} = R_{ik} - Rg_{ik}.$$

Tento tensor je nejen symetrickým tensorem druhého řádu, ale jeho divergence je rovna nule, čímž je vyjádřen zákon zachování 'stejného' druhu jako ve speciální teorii relativity.

Nyní mohl Einstein napsat rovnici

$$S_{ik} = \kappa T_{ik},$$

kde  $\kappa$  je konstanta, jejíž vztah k Newtonově gravitační konstantě je dán rovnicí

$$\kappa = \frac{8 \pi k}{c^4}.$$

Speciální teorie relativity sjednotila prostor a čas do jediného čtyřdimensionálního prostoru a obecná relativita zavedla fyzikální hmotu do říše geometrie tím, že ukázala možnost vyjádřiti ji v geometrických pojmech. Základní rovnice Newtonova potenciálu

$$\Delta \varphi = -4 \pi \rho,$$

jenž spojuje tíhový potenciál s hustotou hmoty, byla rozšířena na mnohem obsažnější soustavu 10 rovnic, ve kterých skalární hustota hmoty byla nahrazena 10 složkami hmotného tensoru a skalární Newtonův potenciál nahrazen 10 složkami metrického tensoru.

Když nyní Einstein spočítal vhodným způsobem zjednodušené řešení své tensorové rovnice, dostal tytéž výsledky, k jakým vedla mnohem jednodušší skalární teorie Newtonova. Výsledky Newtonovy teorie, jež musela předpokládat platnost dvou složitých zákonů, Newtonova druhého pohybového zákona a Newtonova gravitačního zákona, byly nyní odvozeny z pouhého předpokladu ekvivalence setrvačné a tíhové massy [9].

Všechny dosavadní fyzikální teorie popisovaly pouze určitý úsek fyzikálních pozorování. Nyní však byla odvozena široká matematická teorie na základě logických spekulací.

V několika odstavcích jsme tu popsali výsledky desetiletého boje Einsteinova genia s temnotou. Prohlédneme-li konečný výsledek, zdají se nám výsledky celkem jednoduché a evidentní. Avšak co tápání, pokusy, co úsilí je v celé této Einsteinově práci. V době, kdy Einstein začal svoje hledání, počítání s křivočarými souřadnicemi bylo celkem neznámo, tensorový počet byl teprve nedávno objeven a Riemannova geometrie byla pouhým matematickým snem. Přivést tento nepoddajný materiál k poslušnosti a vypracovati jej k novému kosmickému řádu bylo nad lidské síly. V jedné ze svých knih [16] Einstein píše o zápolení v tomto období: „*Ve světle konečného výsledku se dedukce zdají vždy samozřejmé a mohou být pochopeny každým inteligentním studentem, avšak předcházející tápání v temnotě, rok po roce, kolísání od víry k pochybám a nakonec vrcholný zlom do konečné čistoty, to může být pochopeno jen někým, kdo něco podobného zakusil sám na sobě.*“

Po konečném rozlousknutí problému Einstein zakusil další překvapení. Když počítal pohyb planet kolem Slunce v druhém přiblížení (první přiblížení byla Newtonova mechanika) [8], nalezl slabou odchylku od Newtonovy teorie ve tvaru precese perihelia, danou výrazem

$$\eta = \frac{6 \pi k M}{c^2 a (1 - e^2)}$$

( $M$  — massa Slunce,  $a$ ,  $e$  — velká poloosa a excentricita dráhy planety). Největší hodnotu precese dostáváme pro planetu Merkur, u něhož byl již tento pohyb ( $43''$  za století — Leverrier 1856) pozorován, a kterýžto pohyb nebylo možno z Newtonových zákonů vysvětlit. Podle kritického zhodnocení [19] je theoretický pohyb podle Einsteinova vzorce počítaný  $43,03'' \pm 0,08''$  a změřená hodnota  $42,56'' \pm 0,94''$  za století. Pro pohyb zemského perihelia jsou odpovídající hodnoty  $3,8'' \pm 0,0''$  a  $4,6'' \pm 2,7''$ . Souhlas téměř dokonale krásně potvrzuje Einsteinovu teorii.

Vedle precese perihelia předpověděla Einsteinova teorie další dva optické efekty. Prvním z nich byl posuv spektrálních čar spektra k červenému konci spektra v gravitačním poli hvězdy o masse  $M$  a poloměru  $r$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{k}{c^2} \frac{M}{r_0}$$

Tento červený posuv je vyjádřitelný v rychlosti  $v$ , ekvivalentní postupné rychlosti, jež by způsobila (podle Dopplerova zjevu) stejný posuv jako Einsteinův vliv gravitačního pole. Tato rychlost je u Slunce pouhých  $640$  m/sec a je proto velmi obtížno oddělit tento efekt od posuvů, způsobených tepelným a tlakovým pohybem vrchních vrstev sluneční atmosféry. Vhodnou hvězdou pro určení tohoto efektu byl shledán tak zvaný tmavý souputník Siria, u něhož je theoreticky červený posuv  $26$  km/sec a změřený  $23$  km/sec. [20].

Druhým optickým zjevem, předpověděným Einsteinovou teorií a plně potvrzeným měřením, je ohyb světelných paprsků gravitačním polem. Tento ohyb je na Zemi možno pozorovat při průchodu světelných paprsků hvězd kolem Slunce v době úplného zatmění. Gravitační odchylka pro světelný paprsek, jenž má sluneční kotouč, je

$$\delta = \frac{4k}{c^2} \frac{M}{r_0} = 1,75''.$$

Tento zjev je velmi malý a vyžaduje maximální přesnosti měřicích přístrojů. Na mnoha astronomických výpravách byla tato odchylka měřena a její střední hodnota je  $1,87'' \pm 0,08''$  [19], což je opět v dobrém souhlasu s vypočtenou hodnotou.

Naše sluneční soustava není jediným zkušebním kamenem Einsteinových převratných myšlenek. Nový pohled na strukturu světa měl radikální důsledky v kosmologii. Hmota koncentrovaná ve hvězdách dává vznik určité průměrné hustotě hmoty, takže musí existovat jistá střední křivost vesmíru. Tato střední křivost má za následek, že se prostor ohýbá do sebe a uzavírá se stejným způsobem, jako se uzavírá kruh. Prostor není již více nekonečný, je to prostor bez hranic, avšak konečný, ve kterém se cestovatel případně po jisté době vrátí do výchozího bodu, zachová-li stále stejný směr pohybu. Rozměry vesmíru jsou ohromné, ne však nekonečné. Tím byly vyřešeny jisté potíže, jež vězí v předpokladu otevřeného, nekonečného prostoru. V nekonečném prostoru není možno rozdělit konečné množství hmoty, aniž bychom určili střed světa. Kromě toho jsou hvězdy odsouzeny postupně se rozplynout do nekonečna bez jakékoli naděje na rovnováhu. V konečném, do sebe uzavřeném prostoru se tyto obtíže nevyskytují.

Léta 1905—1925 byla nejúspěšnějšími vědeckými lety Einsteinova života. Vše, čeho se v této době dotkl, se měnil pod jeho rukama ve zlato a drahokamy. Všechny jeho práce byly velkého měřítka, pohled na věci byl zcela nový a řešení problému bylo vždy tak dokonalé, že jeho práce jsou dosud vyhledávány. Již v této době Einsteinův genius několikrát překročil míru objevů, které obvykle jeden člověk může dokázat. Jaká je

další Einsteinova vědecká práce? Nacistické rozrušení evropské fyziky a nutnost opustit přátele a vědecké ovzduší berlínské university způsobily jistou jeho izolovanost a odtržení od současné fyziky. Hlavní příčina osamostatnění leží však v Einsteinovi samém. Deset let práce na obecné teorii relativity mělo hluboký vliv na jeho filosofický názor; Einstein začínal svoji vědeckou kariéru pod vlivem vídeňského filosofa Macha jako chladný a skeptický pozitivista [17]. Kladi fyzikální intuici vysoko nad matematickou spekulací a neviděl v matematice nic víc, než formální nástroj popisu. Jestliže se však podíváme na konečný obraz obecné teorie relativity, vidíme, že je to výsledek matematické a filosofické spekulace a nikoli výsledek pouhého popisu experimentu, ke kterému odsuzuje pozitivistická filosofie matematiku. Žádný pokus by nemohl dát podnět k odvození soustavy rovnic, které obsahují matematickou formulaci teorie gravitačního pole. Obecná relativita odvrátila Einsteina od pozitivismu a zavedla jej ke starým řeckým filosofům, kteří věřili, že přírodu je možno prozkoumat filosofickými úvahami. Tyto úvahy byly nyní samozřejmě zpřesněny užitím nejnovějších method analýsy a obecných geometrií.

Einstein se ve svých dalších pracích vrhl do končin, kde jej nikdo nenásledoval. Nemůžeme se divit, že člověk, který tolik odkryl roušku z tajemství přírody, nebyl ochoten řešit jednoduché otázky. Einstein cítil povinnost odhalit další tajemství přírody.

Svět není zcela jistě sestaven z náhodných součástek. Jestliže jsme byli schopni rozluštit záhadu tíže pouhou rozumovou spekulací, musí být možno podobně odvodit zákony jiných přírodních sil. Jednou z takových základních sil je elektřina. Einstein věřil, že snad bude možné vyjádřit strukturu elementárních částic jako rovnováhu mezi odpuzivými elektrickými a přitažlivými gravitačními silami. Kdyby se podařilo vyjádřit elektrické síly stejným způsobem, jako síly gravitační, byl by úkol rozřešen. Jaký je geometrický význam elektřiny? Elektromagnetické zjevy jsou popisovány Maxwellovými rovnicemi, které jsou založeny na antisymetrickém tenzoru  $F_{ik} = -F_{ki}$  (na rozdíl od symetrického metrického tenzoru  $g_{ik} = g_{ki}$ ). Einstein tedy hledal v Riemannově geometrii antisymetrický tenzor druhého řádu. Poněvadž takový tenzor nebylo možno nalézt, bylo nutno přejít k ještě obecnějším geometriím. Při přechodu od Euklidovy k Riemannově geometrii při formulování obecné teorie relativity byla pouze jediná možnost a matematická formulace tenzorovým počtem dobře shrnovala všechny její poznatky ve tvaru vhodném pro její fyzikální použití. Nyní však byl problém mnohem obtížnější. Dědiců Riemannovy geometrie bylo mnoho a ani geniální fyzikální intuice neuchránila Einsteina od mnoha omylů a nutnosti návratu. Jeho snahy o geometrické sjednocení mohou být formulovány do tří hlavních kapitol: 1

**Zachování rovnoběžnosti.** Riemannova geometrie nepřipouští pojem rovnoběžnosti mezi vzdálenými místy, který by byl na dráze nezávislý. Zavedením  $n$  infinitesimálních a navzájem ortogonálních jednotkových vektorů  $h_{\mu\nu}$  v každém bodě dostaneme 16 základních veličin, ze kterých může být sestaveno 10 složek metrického tenzoru  $g_{ik}$  s běžným Riemannovým paralelismem. Je možno též použít absolutní rovnoběžnosti směrů a tím dostáváme nový tenzor křivosti [10]

$$\frac{1}{2} (\Delta_{ik}^m - \Delta_{ki}^m) = A_{ik}^m$$

který je antisymetrický v indexech  $i, k$ . Těmito veličinami je formálně možno interpretovat Maxwellovy rovnice. Pro jisté obtíže při speciálním řešení Einstein tuto teorii opustil.

**Pětirozměrný svět.** Th. Kaluza předpokládal, že pohyb částice může být zobrazen jako geodetická čára v pětirozměrném prostoru. Element vzdálenosti tohoto světa je pětirozměrný, avšak o tensoru  $g_{ik}$  se předpokládá, že nezávisí na nové souřadnici. Tato theorie mohla vysvětlit pohyb nabitých částic v elektromagnetickém poli, avšak problém elementárních částic zůstal nerozřešen. Einstein přišel o něco později k rovnocenné theorii. Použil vztahů, které existují mezi rovnoběžnými posunutími přímého, pětidimensionálního prostoru a zakřiveného čtyřdimensionálního prostoru a dostal formální interpretaci tensoru elektromagnetické energie [11, 12]. V pozdějších letech se vrátil k původní myšlence Kaluzově, nahradil však nepřírozený předpoklad neaktivní páté dimenze mnohem přirozenějším předpokladem.

**Asymetrický dráhový element.** Ve svých posledních pracích se Einstein vrátil ke čtyřdimensionálnímu prostoru, avšak bodové transformace obecné teorie relativity zaměnil transformacemi, které obsahují komplexní koeficienty. Tím byla podmínka symetrie  $g_{ik} = g_{ki}$  nahrazena hermitovskou podmínkou

$$g_{ik} = g_{ki}^*$$

Reálná část  $g_{ik}$  dává symetrický tensor, který může být interpretován jako gravitace, a jeho imaginární část, antisymetrický tensor je odpovědný za elektromagnetismus. Později tuto myšlenku Einstein opouští a předpokládá reálný, nesymetrický tensor  $g_{ik}$ . Jeho symetrická část opět reprezentuje gravitační pole a antisymetrické části může odpovídat pole elektromagnetické. Tato myšlenka prošla různými modifikacemi, ale princip zůstává zachován [13, 14]. Představuje konečné Einsteinovy snahy o proniknutí do tajností vesmíru. Poslední jeho práce o sjednocené theorii pole [15] vyšla krátce po jeho smrti.

Na fyzikálním obzoru vzplála 1905 nová hvězda — Einstein, která určovala směr rozvoje fyziky po mnoho let a zanechala trvalou stopu v mnohých oborech vědy. I když práce jeho posledních třiceti let, zasvěcených sjednocené theorii pole, nevedla k naprostému vítězství nad tajemstvími přírody, ukázala mnoho hlubokých myšlenek a postavila mnoho otázek před fyziku zítřka, jež se jistě bude na základě Einsteinových prací v budoucnu rozvíjet.

Profesor Einstein byl ve svém osobním životě nenáročný a prostý. Nosil stále koženou kazajku, takže se nemusel téměř vůbec starat o své šaty. Velmi nerad slyšel opěvování svého genia a při příležitostech, kdy byl oslavován, byl vždy v rozpacích. Když byl v dubnu 1955 převezen do princetonské nemocnice, věděl, že jeho dny jsou již sečteny. Klidně, bez vzrušení a bez lítosti očekával blížící se smrt. Zemřel s toužou jednoduchostí a skromností, s jakou žil. Baruch Spinoza, jehož učení si Einstein velmi vážil, jednou řekl: „*Homo liber de nulla re minus quam de morte cogitat*,“ („Svobodný muž si o ničem méně nemyslí než o své smrti.“) A Albert Einstein byl svobodný muž!

Jiří Vrána

#### Literatura

- [1] A. Einstein, Ann. der Phys., sv. 9, 417 (1902).
- [2] A. Einstein, tamtéž, sv. 11, 170 (1903).
- [3] A. Einstein, tamtéž, sv. 14, 354 (1904).
- [4] A. Einstein, tamtéž, sv. 17, 891 (1905).
- [5] A. Einstein, tamtéž, sv. 22, 190 (1907).
- [6] A. Einstein, Jahrbuch der Radioaktivität, sv. 4, 411 (1907).
- [7] A. Einstein, Phys. Zs., sv. 10, 185 (1909).

- [8] A. Einstein, Berl. Ber., 831 (1915).  
 [9] A. Einstein, Ann. der Phys., sv. 49, 769 (1916).  
 [10] A. Einstein, Math. Ann., sv. 102, 685 (1930).  
 [11] A. Einstein, W. Mayer, Berl. Ber., 541 (1931).  
 [12] A. Einstein, W. Mayer, tamtéž, 130 (1932).  
 [13] A. Einstein, Rev. Mod. Phys., sv. 20, 35 (1948).  
 [14] A. Einstein, *The meaning of relativity*, Princeton, N. J. (1953).  
 [15] A. Einstein, B. Kaufmann, Ann. of Math., sv. 62, 128 (1955).  
 [16] A. Einstein, *Mein Weltbild*, Curych (1953); *Philosopher-Scientist*, Evanson, Ill., (1949) (v této knize je úplná Einsteinova bibliografie).  
 [17] P. Frank, *Einstein, His Life and Times*, Lond., (1948).  
 [18] H. Minkowski, Math. Ann., sv. 68, 472 (1910).  
 [19] V. L. Ginzburg, UFN, LIX, 11 (1956).  
 [20] W. S. Adams, Proc. of the Nat. Ac. of Science, sv. 11, 382 (1925).  
 [21] Sborník článků, Nuovo Cim., Supl., č. 5 (1955); UFN, LIX, č. 1 (1956); UFN, LVII, č. 2 (1955).

Dr FRANTIŠEK PSOTA

## HISTORIE GERSTNEROVA NÁHROBKU<sup>1)</sup>

Je známa historie dvou míst uložení tělesných pozůstatků Františka Josefa Gerstnera, kterou podle výsledků vlastních pečlivých šetření, zejména i na místech samých, zveřejnil nositel Řádu republiky prof. Dr František Kadeřávek v »Naší vlasti«, IV — 1956, čís. 3. Tato historie se dokumentárně odráží také v denním tisku z r. 1931 (zejména z listopadu), kde byla živě rozvířována ožehavá událost převezení Gerstnerových ostatků z Mladějova do Chomutova. Tehdy se mělo za to, že byla exhumována a do Gerstnerova rodiště převezena celá jeho kostra; nebylo známo, že ve skutečnosti šlo jen o její malou část. Je zásluhou prof. Dr Kadeřávka, že je nyní zjištěn skutečný stav.

Méně je známa historie Gerstnerova náhrobku v Mladějově u Jičína, kde Gerstner zemřel 25. června 1832 a byl pohřben na tamním hřbitově. Do Mladějova se odebral 7. června 1832 a dožil zde poslední dny u svého zetě Josefa Augustina Pabstmannna. Nad jeho hrobem byla ve zdi do kamenného profilovaného ostění zasazena velká litinová deska s latinským nápisem v reliefu a nad ním umístěným gerstnerovským znakem rovněž v reliefu, který zabírá třetinu výšky desky. Fr. Jos. Gerstner byl povýšen do rytířského stavu 7. prosince 1811, a propůjčen mu znak, popsáný oficiálně v konceptu příslušného diplomu takto: »Vzpřímený podlouhlý, dole zakulacený modrý ne-

bo lazurový štít, dělený napříč zlatým břevnem, v horním poli je vlevo postavený zlatý úhelník, nad kterým se vznáší zlatá hvězda, a v dolní polovině jsou tři ječné klasy, svázané zlatou stuhou. Na štítě spočívají dvě k sobě hledící otevřeně turnajské přilbice se zlatými korunami, na obě strany obklopené modrými a zlatými, uměle propletenými splývavými přikryvadly, a se zlatými nákrčními klenoty, pravá přilbice je zdobena rozkřídlenou rostoucí, dovnitř hledící černou orlicí, a levá dvěma modrými a uprostřed žlutým, dovnitř přehnutými pštrosími péry.« Obecná znamení (figury) Gerstnerova znaku vyjadřují jednak symbolický vztah k rodovému jménu (ječmen, německy Gerste), jednak pak vztah ke Gerstnerově životní činnosti a povolání (hvězda — symbol astronomie, úhelník vyjadřuje vztah k měřictví, matematice, stavitelství a j., modrá barva štítu symbolisuje vodu i oblohu). U znaku na desce náhrobku byl zobrazen ještě na stuze kolem spodku štítu Leopoldův řád, udělený Gerstnerovi.

Nápis na desce praví o Gerstnerovi nej-

1) O životě a díle F. J. Gerstnera viz články: prof. dr. F. Kadeřávek, *F. J. Gerstner a pražská polytechnika*, v tomto časopise, roč. I, č. 4 (1956), dr. F. Psota, *F. J. Gerstner*, tamtéž, č. 3, *F. J. Gerstner jako matematik a astronom*, tamtéž, č. 4. — Pozn. red.