

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Ivo Kraus

Ze životopisu rentgenových paprsků

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 41 (1996), No. 6, 296--304

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137603>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1996

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>

# Ze životopisu rentgenových paprsků

Ivo Kraus, Praha

Už 36 let má Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického katedru zaměřenou na obor, který je mezi všemi fyzikálními disciplínami bezesporu největší — na fyziku pevných látek. V rodném listu tohoto pracoviště, zpočátku „kabinetu fyziky pevných látek“ se třemi interními učiteli a několika obětavými externisty, je zapsán rok 1960. Profil katedry, která dostala v roce 1967 označení „inženýrství pevných látek“, se postupem času měnil jak objektivními faktory (rozvojem oboru), tak působením osob, které byly v čele kolektivu učitelů, vědeckých a odborných pracovníků.

Na katedře se pěstovala teorie pevných látek, teorie magnetismu, technologie magnetických látek, technologie polovodičů, rentgenová strukturní analýza, neutronová difraktografie, technologie polovodičových detektorů a optické vlastnosti pevných látek. Nejdlejší tradici, od roku 1960 až dodnes, má výzkumná problematika z oblasti průmyslových aplikací rentgenografických difrakčních metod. Pevný základ dala tomuto oboru na katedře prof. Adéla Kochanovská, nejvýznamnější osobnost české strukturní rentgenografie.

Medicína, přírodní i technické vědy letos vstoupily už do druhého století rentgenového letopočtu. Přesto snad žádnému objevu v exaktních vědách nezůstalo v *curriculu vitae* tolik otazníků jako právě neviditelnému záření X. Čím podrobněji se s historií těchto paprsků seznamujeme, tím více pochybností nás napadá. Najít pravdu není snadné; ani poznat, co bylo jen domyšleno, nebo bez ověření i s omyly a nepřesnostmi převzato z nespolehlivých pramenů.

Položil jsem si tři otázky a při hledání odpovědí na ně zkusil nedat žádnou příležitost své fantazii.

*Proč uveřejnil Röntgen zprávu o objevu, který patřil k největším v celé novověké historii přírodních věd, v relativně bezvýznamném regionálním periodiku?*

*Jak se mohla informace o objevu dostat před sto lety z Würzburgu do celého světa během několika dnů?*

*Jak na zprávu reagovala odborná veřejnost?*

Důvod pro volbu časopisu, kam Röntgen poslal své *předběžné sdělení O novém druhu paprsků*, byl čistě pragmatický: ze svého článku potřeboval co nejrychleji separáty. S publikační pružností *Annalen der Physik und Chemie*, renomovaného německého vědeckého časopisu té doby, neměl právě nejlepší zkušenosti. Naproti tomu würzburšské *Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft* nabízely termíny pod-

---

Prof. RNDr. IVO KRAUS, DrSc. (1936), FJFI ČVUT, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8.

Z knihy o W. C. Röntgenovi, kterou nakladatelství Prometheus připravuje k vydání v edici *Velké postavy vědeckého nebe*.

statně příznivější, protože vydání i tisk zajišťovala místní firma *Stahel-sche k. Hof- und Universitätsbuch- und Kunsthandlung*.<sup>1)</sup>

Otisky práce, jejíž rukopis odevzdal Röntgen 28. prosince, byly k dispozici už na Nový rok 1896! Téhož dne rozeslal téměř 100 exemplářů. Jeden z nich také do Vídně na adresu Franze Exnera, svého přítele ze studií v Curychu. Díky němu se Röntgenova práce dostala do redakce vídeňského deníku *Die Presse*. Jeho čtenáři mohli tak už v neděli 5. ledna 1896 na první straně číst zprávu nadepsanou *Senzační objev*.

*V učených vídeňských kruzích vyvolalo velkou senzaci sdělení o objevu, který měl udělat profesor Röntgen ve Würzburgu. (Chybné jméno bylo pak uváděno ve všech novinách a časopisech, které přebraly informaci z Die Presse.) Pokud se zpráva potvrdí a jestliže se z toho vyplývající informace prokáží jako opodstatněné, pak máme co činit s událostí, která je svého druhu v exaktním bádání epochální, aby měla pozoruhodné důsledky nejen v oblasti fyzikální, ale i lékařské...*

O tom, že prioritu novinářské informace o Röntgenově objevu má *Die Presse* z 5. 1. 1896, není pochyb. Na dalších místech jsou deníky ze 7. ledna. *Frankfurter Zeitung* a pražská *Bohemia* celý text z *Die Presse* doslova přetiskly, *Národní politika* a *Národní listy* přinesly podstatný výtaž. Nešetřilo se nadšenými slovy, prognózami o využití, objevily se však i první nepřesnosti a zkreslení.

Další den byla zpráva uveřejněna v *Berliner Tagesblatt* a ve *Vossische Zeitung* a 9. ledna 1896 ji vzal na vědomí také *Würzburger Generalanzeiger*. Mnohem větší chybou novinářů *rodného* města nových paprsků než zpoždění informace byl chybný text, podle něhož měl Röntgen o svém objevu v prosinci minulého roku *přednášet* ve würzburšské *Fyzikálně-lékařské společnosti*. Autor článku jednoduše zaměnil *přednášku* s *předáním rukopisu*. Dodnes se však tento omyl v mnoha vzpomínkových člancích mechanicky přepisuje.

V sobotu 11. ledna oznámil tisk, že profesor Röntgen dostal na nedělní odpoledne pozvání k císařskému dvoru do Berlína. V telegramu bylo uvedeno: *Protože se zpráva o objevu potvrdila, blahopřeji Vám z celého srdce a velebím Boha, že naši německé vlasti dopřál nový vědecký úspěch, který snad bude pro lidstvo pozhnáním.*

O návštěvě u císaře Viléma II. psaly samozřejmě všechny tehdejší noviny. *Jak bylo oznámeno, byl pan profesor Röntgen z Würzburgu pozván, aby přijel císaře o svém objevu osobně informovat. Profesor Röntgen se chystal na návštěvu již od časného nedělního rána ve Fyzikálním ústavu, kde společně s profesorem Warburgem připravovali pokusy. V pět hodin odpoledne byli pánové z Würzburgu přijati císařem za přítomnosti císařovny, ... Audience trvala celou hodinu; předloženo bylo všech 25 dosud zhotovených fotografií. Nejzajímavější z nich byla ruka s prstenem. Kosti se zdály nejjemněji vymodelované, měkké části sotva znatelné, jako nadechnuté; na prsteníku nebo správněji na jeho skeletu byl zřetelný zlatý prsten. Profesor Röntgen zahájil svou přednášku vysvětlením pohybu vln, objasněním podstaty Geißlerových a Crookesových trubic a pak přešel ke svému objevu, který přiblížil řadou pokusů. Nechal paprsky X procházet dřevěnou deskou, dřevěnou a papírovou krabicí a fotografoval také některé*

---

<sup>1)</sup> Členem společnosti würzburšských přírodovědců a lékařů se Röntgen stal již za svého prvního pobytu ve Würzburgu v roce 1870.

neživé předměty. Císař sledoval přednášku s velkou pozorností a projevil o objev živý zájem. Na závěr předal panu Röntgenovi „Řád koruny II. třídy“ a pozval ho spolu s ostatními hosty k večerní tabuli.

Röntgen se hned druhý den ráno vrátil zpět do Würzburgu. O svém objevu promluvil později veřejně už jenom jednou; nevystoupil dokonce ani před říšským sněmem a omluvil se i bavorskému králi.

Při každém významném objevu usiluje o *autorství* vždy více osob. Není proto překvapující, že se 14. ledna 1896 objevily v různých denících zprávy, podle nichž všechno, co měl objevit Röntgen, zjistil prý už dříve pomocí svých katodových paprsků Philipp Lenard. Později se ukázalo, že iniciátorem této informace byl on sám. Závist nepřešla Lenarda ani po Röntgenově smrti v roce 1923. Svědčí o tom poznámka u odstavce *Entstehung von Hochfrequenzstrahlen* ve 4. díle jeho Německé fyziky z roku 1941:

*Zulášťe pozoruhodné jsou extrémně krátké vlny, které vznikají v látce účinky katodových paprsků... Mají vlnovou délku kolem  $10^{-8}$  cm; jsou tedy až desettisíckrát kratší než viditelné světlo. Příslušně vysoké jsou jejich kmitočty. Proto má být toto záření, objevené při pozorování rychlých katodových paprsků (1895), nazýváno „vysokofrekvenční“. Lékaři, kteří důležitost objevu paprsků W. Röntgenem ihned pochopili, navrhli a zavedli název Röntgenovo záření. Pro ně jsou paprsky nástrojem, nikoliv přírodním objektem. Jména lidí nazvali už mnoho svých nástrojů a pomůcek. Pojmenovávat tímto způsobem přírodní děje a přírodní předměty, které nemají jen technický význam, je však nevhodné. Tak bylo upuštěno od pojmenování „Galvaniho, Voltův, Faradayův“ proud pro elektrické proudy různého původu; Jupiterovy měsíce se už dlouho nenazývají „Medicejské hvězdy“, stejně tak planeta Uran není nazývána „Herschel“ a záření radioaktivních látek se neoznačuje „Becquerelovy paprsky“.*

Je pochopitelné, že se na Röntgena v té době obracela spousta osob s dotazy týkajícími se podrobností objevu. O rozsahu korespondence si lze udělat představu z řádků, které Röntgen napsal vlastnoručně v roce 1921. *Tisíce dopisů, které se vztahují k objevu paprsků X — zejména z prvního období — jsem jako příliš málo zajímavé spálil.* Jak se dovídáme z dopisu adresovaného vdově po příteli Theodoru Boverim, o necelé dva roky později *vyřazování* staré korespondence dále pokračovalo. *Večer jsem vybral z mnoha set dosud existujících dopisů z první doby po objevu v roce 1895 některé zajímavější k úschově; ostatní posloužily k vytopení mého pokoje.*

Obsahem dopisů byly žádosti nejen o rentgenogramy, ale dokonce o celé aparatury, pozvání přednášet, nabídky na publikaci rukopisů, výzvy k poskytnutí patentového práva, účasti na podnikání soukromníků i společností; nechyběly ani prosby o dobročinné příspěvky nebo požadavky vyděračů.

Röntgena zájem neoborné veřejnosti velmi obtěžoval. Dokonce se rozhodl uveřejnit v tisku výzvu, aby mu už nebyly žádné dopisy ani žádosti zaslány. Zároveň oznámil, že jeho publikace o objevu paprsků byla znovu vytištěna a prodává se za 60 feniků. Některým projevům uznání se však přece nevyhnul. Svědčí o tom např. sto let stará noticka v českých novinách z 12. února 1896: *Vynález Roentgenův. Z Vircburku oznamují: Zdejší studentstvo usneslo se jednomyslně uspořádati prof. Roentgenovi pochodňový průvod. Přijal jej s výhradou, že pokládá jej za vzdání pocty nikoli sobě, nýbrž vědě.*

Striktní odmítání popularizace objevu mělo ovšem i nepříznivé důsledky. Tak např. časopis *Gartenlaube*, kterému Röntgen svůj článek odřekl, uveřejnil v 5. čísle ročníku 1896 vlastní úvahy o záření X s tolika chybami a nepřesnostmi, že čtenář musel být spíše dezorientován než poučen.

\*

Okruh kolegů, kterým Röntgen rozeslal 1. ledna 1896 své separáty, byl sestaven podle adresáře obsahujícího více než 80 významných fyziků v Německu, Anglii, Francii, Holandsku, Rakousku, Švédsku a USA. Byly mezi nimi takové osobnosti jako Emil Warburg, Friedrich Kohlrausch, Woldemar Voigt, Johann Heinrich Rubens, Friedrich Paschen, Wilhelm Hittorf, Ernst Abbe, Eilhard Wiedemann, Walter Nernst, Paul Drude, Ludwig Boltzmann, Ernst Mach, William Thomson (Lord Kelvin), Lord Rayleigh, Joseph John Thomson, John Tyndall, Johannes Diderik van der Waals, Hendrik Lorentz, Svante August Arrhenius, Knut Ångström, Henry Rowland.

Jako první odpověděl už 3. ledna objevitel magnetické hystereze Emil Warburg, o deset dnů později přišlo blahopřání od Kohlrausche, který byl v té době prezidentem *Fyzikálně-technického říšského ústavu v Berlíně*. Ze zahraničních kolegů napsal nejdříve George Stokes. Separát dostal ranní poštou 3. ledna a okamžitě na něj reagoval: práci považuje za mimořádně zajímavou, dává však najevo, že s označením *záření* zcela nesouhlasí. Šestého ledna se ozývá William Thomson; zpočátku jen potvrzuje příjem zásilky, později (17. ledna) posílá co nejsrdečnější blahopřání. Z Vídně od Exnera se Röntgen 11. ledna dovídá, jak velkou radost měli z objevu Boltzmann a Kundt. Jednadvacátého došlo poděkování za separát a nádherné fotografie z Holandska od Lorentze a ve stejné době blahopřeje také Petr N. Lebeděv z Moskvy a kolegové ze Sankt Petěrburgu.

Z vědeckého hlediska byla nejzajímavější odpověď, kterou napsal Henri Poincaré. Vyslovuje Röntgenovi nejen upřímný obdiv, ale vyjadřuje i své myšlenky inspirované pečlivým studiem *předběžného sdělení*: *Můžeme se ptát, zda X-záření může být vyvoláno jen katodovými paprsky nebo zda vychází z fluoreskujících látek, což může být také příčinou jejich fluorescence.*

Když na zasedání francouzské Akademie Poincaré přednášel o Röntgenově objevu, byl mezi posluchači i Henri Becquerel, příslušník třetí generace staré rodiny francouzských přírodovědců. Stejně jako jeho otec Edmond Becquerel (1820–1891) zabýval se i on fluorescencí látek obsahujících uran. Henriho Becquerela zaujala především ta část informace o objevu paprsků, v níž bylo konstatováno, že *hlavním bodem, z něhož se paprsky šíří do všech stran, je nejsilnější fluoreskující část stěny výbojové trubice.*

Hned po Poincaréově přednášce začal Becquerel s experimenty, které měly souvislost vzniku X-paprsků s fluorescencí buď dokázat, nebo vyloučit. Vzal proto z rodinné sbírky dobře fluoreskující soli uranu, vystavil je slunci a pak položil na fotografickou desku zabalenou do černé látky. Po vyvolání se deska chovala tak, jako by došlo k jejímu *osvětlení* paprsky vycházejícími z uranových solí. Stejný efekt byl pak pozorován i bez ozáření vzorků sluncem. Krystalky vysílaly své pronikavé záření *zcela spontánně* a neslábly, ani když uranové sloučeniny zůstaly delší dobu v temnotě. Podivuhodné paprsky vybíjely elektroskop, jejich působením se stával okolní vzduch

vodivým podobně jako po průchodu paprsky Röntgenovými. O svých pozorováních podal Becquerel zprávu Akademii 2. března 1896. Svět si ještě nestačil zvyknout na Röntgenovo neviditelné záření X a už tu byl další *objev století*.

Na jaře 1896 přešla iniciativa ve výzkumu nových paprsků do rukou Pierra (1859–1906) a Marie (1867–1934) Curieových. Za pouhých několik týdnů zjistili, že intenzita záření je úměrná množství uranu ve zkoumaných vzorcích a že paprsky podobné paprskům uranu jsou samovolně vyzařovány i sloučeninami thoria. Pro novou pozoruhodnou vlastnost některých prvků navrhuje Marie Curieová název *radioaktivita*. V polovině dubna 1898 si je jistá, že uranové rudy *smolínek*, *chalkolit* a *uranit* mají mnohem vyšší aktivitu než uran a thorium. *Tento úkaz patří patrně nějakému jinému prvku, velice aktivnímu, jež tyto nerosty ve velmi malé míře obsahují...* V červenci 1898 manželé Curieovi oznamují: *Domníváme se, že látka, kterou jsme vyloučili ze smolínce, obsahuje dosud neobjevený kov, svými analytickými vlastnostmi blízký vizmutu. Potvrdí-li se existence tohoto kovu, navrhuje, aby byl nazván poloniem, podle vlasti jednoho z nás.* O vánocích téhož roku ohlásili existenci druhého radioaktivního prvku ve smolinci. Dávají mu jméno *radium*.

V roce 1899 vyslovila Marie Curieová hypotézu o mechanismu radioaktivity a jejich možných příčinách. Správně předvíдалa, že jde o emisi částic z atomu, doprovázenou transmutacemi těchto atomů na atomy nové, jednodušší. Ještě před začátkem dvacátého století se uskutečňuje odvěký sen alchymistů, padá základní koncepce dosavadní chemie o neměnnosti atomů.

\*

Jediná *veřejná* přednáška Wilhelma Conrada Röntgena o objevu X-paprsků se konala 23. ledna 1896 v posluchárně *Fyzikálního ústavu* pro würzburgskou *Fyzikálně-lékařskou společnost*.

Není známo, zda Röntgen sám projevil přání přednést společnosti své výsledky nebo byl požádán předsedou či některým z členů. Rukopis přednášky se nedochoval, takže máme o průběhu toho památného večera většinou jen zprostředkované svědectví. Röntgen prý nejprve početné publikum seznámil s vývojem oblasti výzkumu katodových paprsků. Zvláštní zřetel věnoval přitom pracím Hertzovým a Lenardovým. *To mě přivedlo, řekl, také k práci v tomto oboru, při čemž jsem potom náhodou udělal objev.* Zpozoroval, že stínítko s platnatokyanidem barnatým, které leželo na stole, při každém výboji Hittorfovy trubice obalené v černém kartonu jasně zazářilo. Röntgen měl říci: *Náhodou jsem zjistil, že paprsky procházejí černým papírem. Vzal jsem dřevo, sešit, ale stále ještě jsem myslel, že jsem oběť klamu. Pak jsem vzal na pomoc fotografii a pokus se podařil.*

Účinky nových paprsků doložil Röntgen řadou příkladů; nechal kolovat fotografie dřevěné cívky, sady závaží a snímek ruky své ženy. Na závěr přednášky poprosil seniora přítomných lékařů, tajného radu profesora Alfreda von Koellikera, aby směl novými paprsky vyfotografovat jeho ruku. Snímek byl hned vyvolán a ukázán publiku.

Von Koelliker řekl ve svém poděkování Röntgenovi, že se za 48 let jeho příslušnosti k *Fyzikálně-lékařské společnosti ve Würzburgu* dosud nepřednášelo o něčem tak velkolepém a významném. Potom navrhl, aby X-paprsky byly v budoucnu nazývány *Rönt-*

genovými. (Citujme doslova část autentického zápisu ze zasedání: *Herr v. Kölliker. Letzterer dankt im Namen der Gesellschaft dem Vortragenden für die Mittheilungen, die in den Annalen der Sitzungen an Bedeutung ihres Gleichen nicht haben, und bringt auf Herrn Röntgen ein Hoch aus, in welches die Mitglieder und gesammte, den Hörsaal des physikalischen Instituts gedrängt füllende Auditorium dreimal mit lautem Ruf und unter rauschendem Beifall einstimmen. Der Vorschlag Herrn v. Kölliker's, die neuen „X-Strahlen“ von nun an „Röntgen-sche Strahlen“ zu nennen, entfesselt neuen allgemeinen Jubelruf.*)

Telegraf a pošta informovaly o *splněném snu lékařů nahlédnout dovnitř lidského těla* i ty nejdálší kouty světa. Pro nedostatek původních zpráv byl nejčastěji jako zdroj udáván článek v *Die Presse*. *Le Matin* přinesl překlad z Vídně 13. ledna, *New York Times* získaly text uveřejněný 16. ledna patrně telegraficky transatlantickým kabelem.

V Anglii, kde byla v té době živá tradice Crookesových experimentů, a tedy dostatek vhodných výbojových trubic, mohla Röntgenovy pokusy zopakovat bezprostředně po zprávě o objevu celá řada vědců. (Crookes sám byl v té době v Africe.) Tak např. inženýr A. A. Campell Swinton zhotovil snímek ruky ještě týž den (13. 1.), kdy se k němu informace dostala, a o týden později vyfotografoval Crookesův spolupracovník J. H. Gardiner mřížku z hliníkových a měděných fólií. Časopis *Nature* otiskl Röntgenovo *sdělení* 23. ledna s dodatkem o úspěšných experimentech již zmíněného A. A. C. Swintona.

Překlad Röntgenovy práce uveřejnilo v té době i mnoho dalších vědeckých časopisů. Patřil mezi ně např. *L'Éclairage Électrique* z 8. února 1896 s přílohou od slavného francouzského fyzika J. B. Perrina.<sup>2)</sup> Američané si mohli *sdělení O novém druhu paprsků* přečíst 14. ledna 1896 v časopise *Science*. Mezi těmi, kdo se v USA pustili s velkou aktivitou do experimentů s Röntgenovými paprsky, byl i Thomas Alva Edison. Škoda, že o tuto oblast vědy velmi brzy ztratil zájem. V březnu publikovali článek o Röntgenově objevu poprvé také Japonci.

Jediné interview, které Röntgen o svém objevu poskytl, uveřejnil dubnový *McClure's Magazine*. Údajně Röntgenovy odpovědi na otázky novináře H. J. W. Dama obsahují však tolik nepřesností, že článek nebyl zřejmě autorizován. Jedině tam však *stojí černé na bílém*, že k objevu paprsků X došlo právě 8. listopadu 1895.

Jakmile semestr skončil a Röntgen se zbavil svých pedagogických povinností na univerzitě, odjel se ženou do Itálie. Konečně našel čas, aby odpověděl na blahopřání profesora Gunninga, u něhož v mládí bydlel; jejich vzájemné kontakty byly pak Röntgenovou vinou na dlouhá léta přerušeny.

Historická hodnota tohoto Röntgenova dopisu zůstala dodnes nedoceněna. Stačí totiž přečíst jen pár řádků a samotářský, nepřístupný univerzitní profesor se v našich představách změní v člověka neobyčejně citlivého, laskavého a skromného:

---

<sup>2)</sup> Ve stejném čísle tohoto časopisu byli čtenáři informováni o novém pařížském telefonním tarifu. Poplatek za pětiminutový hovor poklesl z 50 centimů na 25.

Sorrento u Neapole, 1. dubna 1896.

*Vysoce vážený pane a příteli!*

*Z mnoha blahopřání, která jsem v poslední době dostal, nebylo žádné tak vzácné a milé jako Vaše. Nehledě na to, že mě podle svých slov považujete stále za přítele, i když jsem s tím vzhledem ke svému chování v posledních letech neměl právo počítat, osvobodily mne Vaše řádky ze slepé uličky, do níž jsem se postupně více a více vlastní vinou dostával — jak často jsem si v posledních letech myslel: Kdybych jen věděl, že staré přátelství je ještě dost silné, napsal bych: Pater, peccavi (otče, zhřešil jsem), miluj mě zase znovu! Chtěl bych Vám napsat, že Vaše místo v mém srdci nikdy nebylo prázdné a že jsem nikdy nezapomněl, za co všechno Vám oběma vděčím. Ani obavy, že Vám své city snad už nebudu moci vyjádřit, nestačily k překonání mé ostýchavosti. Díky Bohu, že je teď všechno naráz pryč...*

*Působí mně velkou bolest, že moji milí nezapomenutelní rodiče, kteří byli tak pyšní na svého syna, se mého úspěchu nedožili. Že ale ti milí lidé, kteří po mých rodičích měli na moji výchovu největší vliv, u nichž jsem tak dlouho jako malé dítě směl být, se ještě mohou dovědět, že láska a také starost, kterou o mne a se mnou měli, přece nebyly zcela zbytečné, to mě naplňuje vděčností a radostí. Nechci všechno podrobně vypisovat, za co Vám vděčím, buďte však oba ubezpečeni o tom, že ani nejmenší z toho všeho nezapomenu...*

## První atomy skutečné antihmoty vyrobeny v CERNu

*Jiří Kubašta, Praha*

Periodická soustava prvků v současné době obsahuje 112 chemických prvků. Její obdoba ve světě antihmoty zatím obsahuje prvek jediný. V loňském roce se podařilo mezinárodnímu týmu fyziků z Německa, Itálie a Švýcarska, pracujících v Evropském středisku pro jaderný výzkum CERN poblíž Ženevy, vytvořit 11 atomů antiprotonu, nejjednoduššího prvku skutečné antihmoty.

První závěry směřující k předpovědi existence antičástic se objevily v pracích britského fyzika P. A. M. Diraca v oblasti relativistické kvantové mechaniky na přelomu

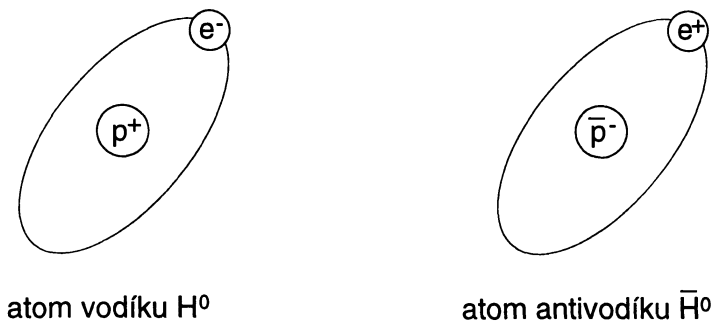
---

Ing. Jiří KUBAŠTA (1969), katedra fyziky FJFI ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha 1.



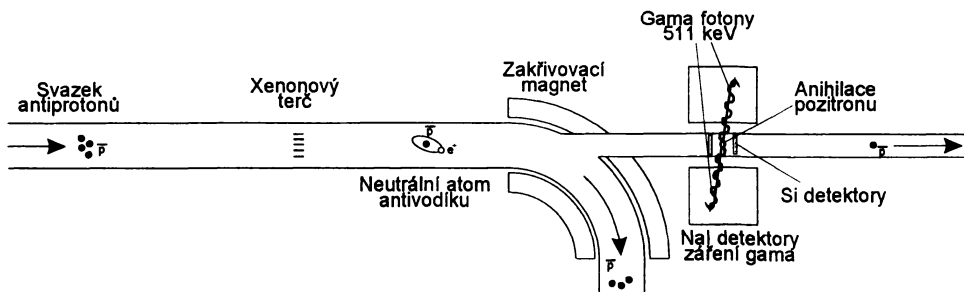
20. a 30. let tohoto století. Diracovy elektronové rovnice měly dvě řešení. Jedno řešení popisovalo elektron a druhé tehdy neznámou částici se stejnou hmotností, spinem a velikostí elektrického náboje, jako má elektron, avšak s opačnou polaritou náboje. Již v roce 1932 C. Anderson ve sprškách způsobených kosmickým zářením objevil pozitron  $e^+$ , Diracem předpovězený protějšek elektronu.

CPT teorém, velmi obecný princip symetrie odvozený na základě současného působení nábojové konjugace (C), prostorové inverze (P) a obrácení chodu času (T) v relativistické kvantové teorii pole, předpovídá, že ke každé elementární částici existuje antičástice se stejnou hmotností, se stejnou velikostí, ovšem s opačnými znaménky elektrického náboje a magnetického momentu. Protože nemáme rozumný důvod pochybovat o symetrii mezi částicí a antičásticí, mělo by být teoreticky možné skládat antičástice v antihmotu působením týchž sil, kterými jsou vázány částice v „normální“ hmotě. Zcela pochopitelně se jeví jako nejjednodušší spojit antiproton  $\bar{p}^-$  a pozitron  $e^+$ , tj. vytvořit atom antivodíku  $\bar{H}^0$  (viz obr. 1).



Obr. 1. Nejjednodušší atom hmoty a antihmoty

Poprvé se tuto myšlenku podařilo uskutečnit na přelomu září a října loňského roku fyzikům v CERNu. Experiment byl postaven na urychlovači antiprotonů zvaném LEAR (Low Energy Antiproton Ring), viz obr. 2.



Obr. 2. Experimentální uspořádání

Antiprotony o kinetické energii  $1,94 \text{ GeV}^1$ ) se v jedné z přímých částí urychlovačového prstence srážejí s atomy plynného xenonu. Při těchto srážkách mohou v malém počtu případů antiprotony vytvářet elektron–pozitronové páry v elektrickém poli jader xenonu. Pokud se takto vzniklý pozitron nachází po dostatečně dlouhou dobu v blízkosti antiprotonu, může na základě jejich přitažlivé coulombické interakce vzniknout neutrální atom  $\bar{\text{H}}^0$ .

Pro registraci vzniklých antivodíkových atomů byl vybudován detekční systém a byla stanovena kritéria, jejichž splnění se považovalo za důkaz vytvoření atomu  $\bar{\text{H}}^0$ :

1. Jakožto elektricky neutrální objekt pokračuje antiatom  $\bar{\text{H}}^0$  ve směru dopadajících antiprotonů a opustí prsteneček LEARu tangenciálně, zatímco všechny nabitě částice budou odchýleny magnetickým polem zakřivovacích magnetů (obr. 2). Atom  $\bar{\text{H}}^0$  vletí rychlostí rovnou asi  $9/10$  rychlosti světla do tří za sebou postavených křemíkových detektorů, kde ztratí část své energie a opět se rozdělí na dvě původní částice.
2. Pozitron po zastavení anihiluje s některým elektronem v prostředí Si detektoru. Tento jev je doprovázen uvolněním energie ve formě dvou fotonů záření gama s energií  $511 \text{ keV}$ . Fotony jsou detekovány scintilačními NaI detektory.
3. Antiproton z rozpadu  $\bar{\text{H}}^0$  dále pokračuje do soustavy detektorů, kde se měří jeho rychlost z doby letu a zakřivení dráhy v magnetickém spektrometru. Z těchto veličin lze zjistit, zda detekovanou částicí je skutečně antiproton.

Uvedeným kritériím vyhovělo během patnáctihodinové doby měření 11 událostí. To znamená, že se podařilo vytvořit 11 atomů antivodíku, z nichž každý existoval po dobu třiceti miliardtin sekundy a uletěl dráhu asi deseti metrů.

Skutečná antihmota tedy byla vyrobena. Její využití v praxi, např. jako velmi efektivní palivo, je ovšem zatím fikcí. Na druhé straně tento výsledek nabízí velkou možnost ověření či vyvrácení hypotézy o CPT symetrii. Laserová spektroskopie umožňuje měřit spektra energetických hladin v atomu vodíku s nepředstavitelnou relativní přesností  $1 : 10^{18}$ . Stejně tak je možno měřit spektra atomů antivodíku a velmi přesně porovnat naměřené hodnoty. K tomu je ovšem třeba vyrobit atomů antihmoty větší množství a udržet je v jednom místě po delší dobu. To je úkol, na jehož řešení se pracuje.

## L i t e r a t u r a

- [1] BAUR, G. et al: *Production of Antihydrogen*. Physics Letters B 386, (1996) 251–258.
- [2] FRASER, G.: *Atoms of Antimatter*. CERN Courier, vol. 36 (2), (1996) 1–3.

---

<sup>1)</sup> Jeden elektronvolt (1 eV) je taková kinetická energie, kterou získá elektron s elektrickým nábojem  $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$  při urychlení elektrostatickým polem s rozdílem potenciálů 1 V, tzn.  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .