

# Rozhledy matematicko-fyzikální

---

Ivo Kraus

O tradicích rakouské fyziky – 2. část

*Rozhledy matematicko-fyzikální*, Vol. 94 (2019), No. 4, 16–29

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/148013>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2019

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

## O tradicích rakouské fyziky – 2. část

*Ivo Kraus, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

Druhým z trojice slavných Stefanových žáků byl *Ludwig Boltzmann* (1844–1906). Narodil se 20. února, uprostřed noci, kdy v roce 1844 končil masopust a začínal čas předvelikonočního odříkání. Snad proto, jak sám říkal, mu bylo předurčeno mít stejně blízko k radosti, smíchu a optimismu jako ke smutku, pláči a beznaději.



Obr. 8: Ludwig Boltzmann

Byl nejstarším ze tří dětí daňového úředníka Ludwiga Georga Boltzmannna. Oba sourozenci zemřeli předčasně; bratr Albert na tuberkulózu, stejnou nemoc jako otec, sestra Hedwiga podlehla těžké duševní chorobě.

Do řádné školy chodil Ludwig teprve v Linci. Předtím až do jedenácti let o jeho vzdělání pečovala matka, před vstupem na gymnázium ho jeden rok připravoval soukromý učitel. I když matka v roce 1859 ovdověla, postarala se, aby syn nemusel studium přerušit.

Už jako středoškolák vynikal v exaktních vědách i všech dalších předmětech. Když se na podzim 1863 rozhodl jít studovat do Vídně matema-

tiku a fyziku, odešla s ním do metropole i matka. Ve dvaadvaceti letech (1866) studium na vídeňské univerzitě ukončil a obhájil doktorát, v roce 1867 se habilitoval pro matematickou fyziku a složil zkoušky opravňující vyučovat matematiku i fyziku na středních školách. Další dva roky byl asistentem na univerzitě ve Vídni, potom odešel do Štýrského Hradce, za čtyři roky (1873) se vrátil do Vídně a v roce 1876 odešel znovu do Hradce. Roku 1890 přešel do Mnichova, zanedlouho pak do Vídně, pak do Lipska a v roce 1902 zase do Vídně.

Mezi fyziky devatenáctého století byl výjimečný nejen tím, jak často měnil svého zaměstnavatele, ale i množstvím osobních kontaktů se zahraničními kolegy, a to nejen v sousedním Německu na univerzitách v Heidelbergu a v Berlíně, ale také v Dublinu, Oxfordu i za oceánem. Koncem století (1899) navštívil New York, Montreal a Buffalo, ve Worcesteru převzal čestný doktorát Clarkovy univerzity, v roce 1904 zajel na světovou výstavu v St. Louis a za rok nato do Berkeley v Kalifornii; o zážitcích z třetí cesty napsal poutavé vyprávění *Cesta německého profesora do Eldoráda*.

Svým vědeckým dílem Boltzmann završil klasickou statistickou fyziku a termodynamiku: Matematicky odvodil vyzařovací zákon, k němuž v roce 1879 empiricky dospěl jeho učitel a přítel Jožef Stefan. Podle tohoto tzv. Stefanova–Boltzmannova zákona intenzita elektromagnetického záření emitovaného tělesem roste se čtvrtou mocninou termodynamické (absolutní) teploty tělesa.

Největší Boltzmannův objev se týkal souvislosti mezi entropií a pravděpodobností. Entropii – termodynamickou stavovou veličinu zavedenou Rudolfem Clausiem – Boltzmann ztotožnil s mírou neuspořádanosti mikroskopických stavů při daném makroskopickém stavu. Ukázal, že entropie je úměrná logaritmu pravděpodobnosti stavu soustavy. Příslušnou rovnici  $S = k \cdot \ln P$  má vytesanou na svém náhrobku. Veličina  $k$  byla později určena Maxem Planckem a nazvána Boltzmannova konstanta.

Boltzmann trpěl druhou polovinu života úpornými bolestmi hlavy a pocity úzkosti. V letech 1905–1906 intenzita a frekvence těchto obtíží vzrostly natolik, že zjara 1906 musel ukončit přednášky. Pátý zářijový den téhož roku, kdy byl společně s manželkou a dcerou v italském letovisku Duino na pobřeží Jaderského moře, si ve stavu těžké deprese vzal život.

Alespoň krátké připomenutí si zaslouží třetí slavný Stefanův žák *Marian Smoluchowski* (1872–1917). Byl synem Wilhelma Smoluchowského,

právníka ve službách císaře Františka Josefa I. Středoškolské vzdělání získal na vídeňské Tereziánské akademii (1890), vysokoškolské v oboru matematiky a fyziky na vídeňské univerzitě (1890–1894).

Už během studia (1893) uveřejnil vědecké pojednání o vnitřním tření v kapalinách, v roce 1895 obhájil doktorskou disertaci. Další tři roky absolvoval studijní pobyty v zahraničních univerzitních laboratořích (Paříž, Glasgow, Berlín), po návratu do Vídně (1898) se habilitoval a jako soukromý docent přešel do Lvova. Na tamní univerzitě působil do roku 1912, poté přijal řádnou profesuru experimentální fyziky na Jagellonské univerzitě v Krakově. Uprostřed července 1917 byl zvolen rektorem. Školu však řídil jen několik týdnů; v srpnu onemocněl dysentérií a počátkem září na její následky v pětácti letech zemřel.

Je považován za klasika statistické fyziky. Odvodil zákony fluktuací rovnovážných stavů v molekulárních systémech, nezávisle na Albertu Einsteinovi vypracoval teorii Brownova pohybu, napsal také řadu prací o zemské atmosféře, o vzniku zvrásněných hor aj.

#### IV

*V širokém povědomí je rakouská fyzika 1. poloviny 20. století spojena především se dvěma laureáty Nobelovy ceny – Erwinem Schrödingerem a Victorem Franzem Hessem. První ji převzal v roce 1933 za objev nových produktivních forem atomové teorie, druhý roku 1936 za objev kosmického záření.*

Cesta *Erwina Schrödingera* (1887–1961) k nejvyššímu vědeckému ocenění začala v Curychu, kde se během šesti let svého působení na tamní univerzitě seznámil s hypotézou Louise de Broglieho, že s pohybem částice, např. elektronu, je spojena jakási hmotová vlna.<sup>1)</sup> Schrödinger této myšlence o částicích–vlnách začal dávat matematickou podobu. Jeho snahou bylo zobecnit de Broglieho hypotézu, odvozenou pro případ volného hmotného bodu s určitou hybností, také na objekty vystavené silovému působení. Základní veličinou, kterou Schrödinger každému mikroobjektu přiřadil, je tzv. *vlnová funkce*  $\Psi$ . Její hodnota  $\Psi(x, y, z, t)$  v bodě o souřadnicích  $x, y, z$  a čase  $t$  souvisí s pravděpodobností, že se daný objekt v tomto bodě a čase bude nacházet. Vlnové funkce jsou řešením rovnice, kterou Schrödinger formuloval za svého curyšského pobytu. Její význam

---

<sup>1)</sup> Francouzský fyzik Louis de Broglie (1892–1987) vyslovil ve své disertační práci (1924) hypotézu, podle níž částicím o hmotnosti  $m$  a hybnosti  $p$  přísluší tzv. hmotové vlny o vlnové délce  $\lambda$  ( $p = mv = h/\lambda$ , kde  $h$  je Planckova konstanta).

pro atomovou fyziku je srovnáván s úlohou Newtonových pohybových rovnic v klasické mechanice nebo Maxwellových rovnic v klasické elektrodynamice. Schrödinger pak vytvořil novou matematickou teorii mechaniky atomu, která dostala název vlnová mechanika. Je také autorem proslulého myšlenkového experimentu „Schrödingerova kočka“, který asi nejlépe vystihuje jeho skeptický postoj k obecně přijímané pravděpodobnostní interpretaci kvantové mechaniky.



Obr. 9: Busta Erwina Schrödingera na univerzitě ve Vídni

Rok 1933 se zapsal do Schrödingerova života dvěma významnými událostmi: V jarních měsících Německo navštívil představitel fyziky na univerzitě v Oxfordu profesor Lindemann s nabídkou několika míst asistentů pro německé židovské vědecké pracovníky ohrožené nacistickými antisemitskými zákony. Když svůj návrh předložil Schrödingerovi, dozvěděl se, že opustit Německo má v úmyslu i on.

Ve výroční den Nobelovy smrti, 10. prosince, převzal společně s Paulem Diracem za *objev nových produktivních forem atomové teorie* Nobelovou cenu za fyziku.

Po skončení pobytu v Oxfordu v roce 1936 sice Schrödinger dostal nabídku vést katedru v Edinburghu, vyřizování pracovního povolení však bylo tak zdlouhavé, že žadateli došla trpělivost, a když se dozvěděl o možnosti přednášet od 1. října 1936 na univerzitě ve Štýrském Hradci (Grazu), rád jí využil.

Po připojení Rakouska k Německé říši v březnu 1938 se Karl-Franzens-Universität Graz změnila na Univerzitu Adolfa Hitlera (Adolf Hitler Universität). Schrödinger si byl vědom, že mu nacisté jeho odchod z Německa v roce 1933 nezapomenou. Doufal ale, že postačí, když se za své tehdejší jednání omluví. Když potom na radu nového rektora napsal senátu univerzity dopis, ve kterém vyjádřil změněným poměrům svou loajalitu, dostal se kající text do rukou novinářů a ti ho uveřejnili s názvem *Závazek vůdci – Vynikající vědec se hlásí do služby lidu a vlasti* (*Bekennnis zum Führer – Ein hervorragender Wissenschaftler meldet sich zum Dienst für Volk und Heimat*). Ani toto veřejné pokání však nepomohlo; 26. srpna 1938 musel z univerzity odejít. Naštěstí měl kam. Díky svým zahraničním kontaktům nastoupil 6. října 1939 ve funkci ředitele Školy teoretické fyziky do nového Ústavu pro pokročilá studia v Dublinu.

Kromě několika desítek vědeckých prací z teorie elektromagnetického pole, teorie relativity a jednotné teorie pole napsal Schrödinger během dublinského období také řadu odborných knih, mezi nimi i pozoruhodné dílo *What is Life?*<sup>2)</sup>, které vzniklo z jeho přednášek pro širší veřejnost.

Myšlenky z této knihy měly významný podíl na vzniku moderní teoretické biologie. Schrödinger vytušil podobnost genetického kódu s běžnými způsoby zápisu informace a na základě úvahy, kolik různých kombinací lze v morseovce získat s pouhými dvěma znaky, tečkou a čárkou, došel k závěru, že zápis informace nemusí být ani pro složité organismy příliš komplikovaný a mohl by se provést lineárním řazením jednotlivých, třeba i nepočtených znaků.

V roce 1946 Schrödinger dostal z Vídně nabídku, aby na své alma mater převzal výuku teoretické fyziky. Irští kolegové mu to však rozmluvili. Na jejich doporučení do Vídně napsal, že nechce přerušit rozdělanou práci a že pozvání na univerzitu rád přijme, jakmile nastanou normálnější poměry. Definitivně se do Rakouska vrátil až zjara 1956. Dlouho však nepřednášel. Ve dvaasedmdesáti letech odešel z Vídně do svého domu v tyrolském Alpbachu. Na vyléčení tuberkulózy už ale bylo pozdě.

Druhý rakouský laureát Nobelovy ceny za fyziku, *Victor Franz Hess* (1883–1964), pocházel ze zámožné a společensky vysoce postavené rodiny. Po maturitě (1901) na gymnáziu ve Štýrském Hradci studoval na

---

<sup>2)</sup>Od roku 2004 je k dispozici český překlad Martina Černožského a Marie Fojtíkové. Brněnské nakladatelství VUTIUM vydalo v jednom svazku Schrödingerova díla *Co je život?* (*What is Life?*), *Duch a hmota* (*With Mind and Matter*) a *K mému životu* (*Autobiographical Sketches*) z let 1944, 1958 a 1960.

tamní Karl-Franzens-Universität (1902–1906) matematiku a fyziku. Další čtrnáct let (1906–1920) působil ve Vídni. Na univerzitě u *Franze Serafina Exnera* (1849–1926) získal docenturu, u *Stefana Meyera* (1872–1949) v nově založeném Ústavu pro výzkum radia se věnoval výzkumu radioaktivity. Během první světové války řídil rentgenologické oddělení vojenské polní nemocnice, roku 1919 ho univerzita ve Štýrském Hradci jmenovala profesorem. V letech 1921 až 1923 působil v USA jako konzultant ministerstva vnitra a vedoucí radiologické laboratoře washingtonské univerzity.

Když se vrátil do Rakouska, přednášel experimentální fyziku znovu ve Štýrském Hradci, později (1931) řídil v Innsbrucku univerzitní Radiologický ústav. Po připojení Rakouska k Německé říši v březnu 1938 byl pro své protinacistické postoje zatčen, vězněn a v květnu 1938 předčasně (v 55 letech) penzionován. Ještě téhož roku emigroval i s manželkou (židovského původu) do USA a tam na newyorské Fordhamské univerzitě přednášel a vědecky pracoval až do roku 1958.

*Objev kosmického záření*, za nějž byl v roce 1936 vyznamenán Nobelovou cenou za fyziku, byl vlastně odpovědí na otázku, co je příčinou ionizace vzduchu, která způsobuje vybíjení elektroskopu i tehdy, je-li ze všech stran kryt olovem. Protože možný vliv radioaktivního záření vycházejícího z povrchových vrstev půdy nebo radioaktivních plynů byl v roce 1911 už vyloučen, rozhodl se Hess prostudovat ionizaci atmosféry v různých výškách nad zemí. Během devíti letů balónem (dva v roce 1911, sedm v roce následujícím) zjistil, že ionizace (rychlost vybíjení elektroskopu) s výškou roste, není závislá na tlaku vzduchu (některé elektroskopy byly vzduchotěsné) a není způsobena slunečním světlem (výstupy balónem podnikl nejen ve dne, ale také v noci, a 17. dubna 1912 dopoledne při částečném zatmění Slunce).



Obr. 10: Příležitostní známka ke 100. výročí objevu kosmického záření

Sedmý výstup uskutečnil Hess s dalšími dvěma členy posádky 7. srpna 1912 v balónu Bohemia, který startoval v 6:12 v Ústí nad Labem, v 10:45

dosáhl maximální výšky 5 300 m a ve 12:15 přistál asi 70 km jihovýchodně od Berlína.<sup>3)</sup>

Nebylo pochyb, že ionizace vzrůstá s výškou a že záření, které ji způsobuje, musí mít mimozemský (kosmický) původ. Hess je zpočátku nazýval výškové (Höhenstrahlung), později kosmické (kosmische Strahlung).

## V

*Kromě Schrödingera a Hesse proslavila rakouskou fyziku 20. století také řada dalších osobností. Zapomenout by se určitě nemělo na přednosty univerzitního Ústavu teoretické fyziky Friedricha Hasenöhrla a Hanse Thirringa a na fyziky a fyzičky z vídeňského Radiologického ústavu založeného v roce 1910.*

Běh života *Friedricha Hasenöhrla* (1874–1915) byl osudově ovlivněn jeho vlastenectvím a občanskou poslušností. Měl všechny odborné předpoklady, aby dosáhl stejných úspěchů jako jeho současníci Hess a Schrödinger. Po smrti Ludwiga Boltzmanna v roce 1906 se na vídeňské univerzitě stal řádným profesorem a přednostou Ústavu teoretické fyziky, v roce 1910 ho Vídeňská akademie věd zvolila členem korespondentem a byl účastníkem obou prvních Solvayských kongresů (1911, 1913).



Obr. 11: Friedrich Hasenöhrl

Když 28. července 1914 Rakousko-Uhersko vyhlásilo Srbsku válku, přihlásil se i přes relativně vysoký věk (čtyřicet let) na frontu. Zpočátku sloužil na velitelství pevnosti (Festungskommando) Krakov, poz-

---

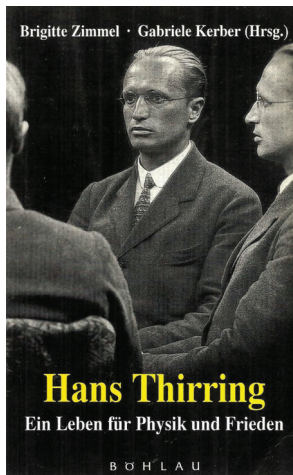
<sup>3)</sup> Balón Hessovi zapůjčil německý vzduchoplavecký spolek z Teplic, vodík poskytl ústecký Spolek pro chemickou a hutní výrobu.



ději v Jižním Tyrolsku. V červenci 1915 byl raněn, po vyléčení a vyznamenání Vojenským záslužným křížem III. třídy však nastoupil znovu k bojovému útvaru. Zanedlouho potom, začátkem října, ho při útoku jednotky, které v Jižním Tyrolsku velel, zasáhla do hlavy střepina granátu. Na předčasnou smrt velké naděje rakouské teoretické fyziky reagoval i rakouský císař František Josef I. kondolenčním telegramem Hasenöhrlově vdově.

Během své patnáctileté vědecké kariéry ovlivnil řadu oblastí teoretické fyziky. Už v roce 1904 odvodil vztah  $E = 4/3(mc^2)$  mezi hmotností  $m$ , energií  $E$  a rychlostí světla  $c$ , který se od rovnice  $E = mc^2$ , kterou Einstein uveřejnil v roce 1905, liší jen součinitelem  $4/3$ .

Ještě za Hasenöhrlova života nastoupil do Ústavu teoretické fyziky vídeňské univerzity jako asistent *Hans Thirring* (1888–1976). Jeho hvězdná hodina přišla už v roce 1918, kdy spolu s kolegou fyzikem *Josefem Lense*m (1890–1985) odvodil z Einsteinových rovnic obecné teorie relativity poznatek, že Země svou rotací strhává časoprostor okolo sebe.<sup>4)</sup> Předpověď tohoto tzv. Lenseova–Thirringova jevu byla koncem 20. století potvrzena laserovým měřením poloh umělých družic v blízkosti Země.



Obr. 12: Titulní list biografie Hanse Thirringa od rakouské autorky Gabriely Kerberové a kol.

<sup>4)</sup>K podobnému efektu dochází, vhodíme-li do husté kapaliny rotující míč. Ten bude strhávat okolní kapalinu a cokoli je v ní ponořené.

Kromě řady fyzikálních prací je Thirring autorem i několika protiválečných spisů. Za svou angažovanost v mírovém hnutí byl dvakrát navržen na Nobelovu cenu za mír.

Od roku 1910 vstupuje do dějin rakouské fyziky *vídeňský Radiologický ústav (Institut für Radiumforschung)*, první instituce tohoto druhu nejen v Evropě, ale na celém světě. O jeho vznik se zasloužili dva profesori vídeňské univerzity – fyzikální chemik *Franz Serafin Exner* (1849–1926) a jeho bývalý asistent, fyzik *Stefan Meyer* (1872–1949). Nejprve Radiologický ústav řídil Exner, od roku 1920 převzal vedení Meyer.

Je jistě zajímavé uvést, že Exner během svých studií v Curychu byl spolužákem *Wilhelma Conrada Röntgena* a právě z jeho iniciativy se zpráva o *objevu záření X* dostala do novin už 5. ledna 1896.



Obr. 13: Pamětní deska Franze (Serafina) Exnera na univerzitě ve Vídni

Meyer byl v roce 1938 kvůli svému židovskému původu předčasně penzionován. Období nacismu však prožil v podstatě bez problémů v Bad Ischlu, kam se z Vídně odstěhoval. Po válce ještě dva roky (1946–1947) přednášel na univerzitě a řídil Radiologický ústav. Teprve potom odešel do důchodu.

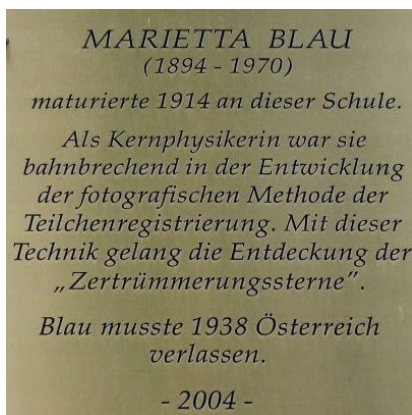
Mezi stovkami fyziků a chemiků, kteří si svou kariéru vybudovali ve vídeňském Radiologickém ústavu, bylo také několik žen. Ve vědecké práci přálo štěstí nejvíce *Bertě Karlikové* (1904–1990), když v přirozených

radioaktivních řadách prokázala (1943) existenci izotopů prvku astatu ( $Z = 85$ ). Astat existuje pouze ve formě nestabilních radioaktivních izotopů; nejdelší poločas rozpadu, 8,3 hodiny, má izotop  $^{210}\text{At}$ .

Roku 1945 byla Karliková jmenována dočasnou ředitelkou Radiologického ústavu, v letech 1947 až 1974 ředitelkou definitivní. Těžiště její aktivity se poté přesunulo od vlastního výzkumu k organizaci vědecké práce početného kolektivu. Spektrum řešených problémů rozšířila o přípravu radioaktivních látek pro využití v medicíně a technice, o aplikaci neutronové aktivační analýzy nebo radiouhlíkovou metodu datování.

Její zásluhy o experimentální jadernou fyziku (uveřejnila přes 70 původních vědeckých prací) ocenila vysokými poctami řada prestižních zahraničních vědeckých institucí. A ve své vlasti byla jako první žena v dějinách vídeňské univerzity jmenována v roce 1956 řádnou profesorkou. Prvenství (1973) má rovněž mezi ženami – řádnými členkami Rakouské akademie věd.

Do první generace rakouských fyziček, jejichž osudem se stalo ionizující záření, patřila také *Marietta Blauová* (1894–1970). Vyrůstala v zámožné vídeňské židovské rodině, její otec Markus Blau byl právník a spolunajítel nakladatelství hudebnin. Po maturitě studovala (1914–1919) na vídeňské univerzitě matematiku a fyziku. Disertační práci o absorpci divergentního záření alfa jí vedli rakouský fyzik Franz Serafin Exner (1849–1926) a německý matematik *Philipp Furtwängler* (1869–1940).



Obr. 14: Pamětní deska Marietty Blauové na vídeňském dívčím gymnáziu, kde maturovala

Jako doktorka filozofie v oboru fyziky pracovala (1923–1938) ve vídeňském Radiologickém ústavu, v továrně na rentgenky (Röntgenröhrenfabrik Fürstenau, Berlín), v Ústavu fyzikálních základů medicíny (Institut für physikalische Grundlagen der Medizin, Frankfurt nad Mohanem) a ve Fyzikálním ústavu univerzity ve Vídni (Physikalisches Institut Universität Wien). Během této doby absolvovala stipendijní pobyt v Göttingenu (1932) a jeden semestr (1933) v Paříži u Marie Curie.

V roce 1938, kdy bylo Rakousko připojeno k Říši, musela kvůli židovskému původu emigrovat. Zpočátku našla uplatnění v Oslu, potom jí Albert Einstein zajistil místo na Technické univerzitě v Mexico City. K experimentálnímu výzkumu tam však nebyly potřebné podmínky, takže roku 1944 odešla do newyorské firmy Rare Metals Refinery zpracovávající vzácné kovy. Po válce se věnovala vývoji fotonásobičů pro detektory částicové fyziky; byla vědeckou pracovnící v Národní laboratoři v Brookhavenu, na Columbijské univerzitě a na univerzitě v Miami. Posledních deset let žila ve Vídni, vedla vědecký kolektiv, který spolupracoval s CERN na analýze stop částic detekovaných fotografickou emulzí.

Příčinou její smrti v roce 1970 byl zhoubný nádor, pravděpodobně důsledek mnohaleté a mnohdy neopatrné manipulace s radioaktivními látkami.

## VI

*Stejně jako jiné země má i Rakousko fyziky, kteří své schopnosti lépe než v rodné zemi uplatnili za jejími hranicemi. K těm nejvýznamnějším bezpochyby patří Lise Meitnerová a Wolfgang Pauli.*

*Lise Meitnerová* (1878–1968) žila od svého narození až do devětatdacetilet ve Vídni. Jako třetí z osmi dětí zámožného židovského právníka Philippa Meitnera vychodila v hlavním městě rakousko-uherské monarchie obecnou školu a měšťanku. V dalších letech získala kvalifikaci k výuce francouzštiny a samostatně, později i v soukromých kurzech, se připravovala k maturitě na chlapeckém akademickém gymnáziu. Po jejím složení začala od října 1901 studovat na vídeňské univerzitě matematiku, fyziku a filozofii, v únoru 1906 obhájila doktorskou disertaci. Že by neměla fyziku jen vyučovat, ale také odhalovat její tajemství, ji přesvědčil profesor Ludwig Boltzmann a jeho asistent Stefan Meyer. Boltzmann v ní vzbudil lásku k teorii, pod Meyerovým vedením se zabývala vlastnostmi paprsků alfa a beta. V Ústavu teoretické fyziky vídeňské univerzity (Institut für theoretische Physik – Universität Wien) ale zůstala jen do

roku 1907, pak se rozhodla jít na zkušenou k *Maxu Planckovi* (1858–1947).



Obr. 15: Lise Meitnerová na německé známce z roku 1988

Rakousko opouštěla s představou, že do roka bude zase zpátky. Berlín jí však vyhovoval víc než Vídeň, nakonec v něm zůstala jednatřicet let, celou druhou třetinu svého života. U Plancka se zdokonalovala v teoretické fyzice, s *Ottom Hahnem* (1879–1968), který se právě vrátil ze studijního pobytu v Kanadě od *Ernesta Rutherforda* (1871–1937), spolupracovala v Chemickém ústavu berlínské univerzity při výzkumu radioaktivních materiálů.

Zatímco Hahn sloužil za 1. světové války na západní frontě, Meitnerová od července 1915 ošetřovala v rakouských polních nemocnicích raněné. Když válka skončila, pracovali sice i nadále ve stejném ústavu, každý ale v jiné laboratoři. Hahn se zabýval chemií, Meitnerová vedla samostatné radiofyzikální oddělení a přednášela na univerzitě.

V dubnu 1933 začal platit tzv. zákon o obnově stavu úředníků z povolání, podle něhož směli na vysokých školách působit jen učitelé čistě árijského původu. Ani Meitnerová nezískala výjimku. V ústavu ale ještě mohla zůstat, rasová očista se zpočátku týkala jen výchovných institucí a zaměstnanců s německou státní příslušností.

Na konci dalších čtyř let, během nichž znovu spolupracovala s Hahnem, byl objev, který dal 20. století jadernou energii. Očitým svědkem historického experimentu Meitnerová však už být nemohla. Po připojení Rakouska k Německé říši v březnu 1938 neměla jinou volbu než emigrovat.

Několik dnů před Vánoci 1938 došli Otto Hahn se spolupracovníkem *Fritzem Strassmannem* (1902–1980) v Berlíně k závěru, že ostřelováním

uranu neutrony vzniká baryum, které má ve srovnání s uranem hmotnost přibližně poloviční. Hahn si byl svými experimenty naprosto jistý, nedovedl je však interpretovat. Požádal proto o radu Meitnerovou, která tehdy ve Švédsku nedaleko Göteborgu se svým synovcem, fyzikem *Ottou Robertem Frischem* (1904–1979) trávil Vánoce.

Teoretické vysvětlení, na něž přišli společně při procházce zasněženým lesem, bylo přesvědčivé a prosté: Uranové jádro je podobné nestabilní kapce, která se může absorpcí neutronu rozdělit na dvě lehčí jádra. Protože jejich celková hmotnost je ale o 20 % nižší než hmotnost původního jádra uranu, musela se „ztracená hmota“ přeměnit podle Einsteinovy rovnice  $E = mc^2$  na energii. Hahn se Strassmannem uveřejnili své výsledky 6. ledna 1939 v německém časopise *Naturwissenschaften*, jejich teoretické zdůvodnění od Lise Meitnerové a Otty Frische vyšlo 11. února 1939 v britském časopise *Nature*. Za objevy v jaderném štěpení těžkých prvků převzal však Nobelovu cenu za chemii jen Otto Hahn.



Obr. 16: Wolfgang Pauli

Také *Wolfgang Pauli* (1900–1958), o generaci mladší vídeňský rodák než Lise Meitnerová, prožil většinu života v cizině. V osmnácti letech odešel do Německa a tam na mnichovské univerzitě vystudoval matematiku a fyziku a obhájil doktorskou disertaci. Potom dvanáct let přednášel v Curychu na polytechnice, za 2. světové války působil ve Spojených státech amerických; mimochodem byl jediným z tamních významných

fyziků, který odmítl spolupracovat na vývoji atomové bomby. Od roku 1946 až do konce života znovu přednášel v Curychu. Jeho příspěvek k vývoji fyziky měl hodnotu Nobelovy ceny za rok 1945.

Objevil *vylučovací princip*, podle něhož žádné dva elektrony nemohou být ve stejném kvantovém stavu. Vysvětlil podstatu paramagnetismu elektronového plynu v kovech. Předpověděl existenci částice, kterou italský fyzik *Enrico Fermi* nazval *neutrino*.

Kromě 93 časopiseckých článků a 11 knih napsal přes dva tisíce dopisů. Pravděpodobně nejslavnější byl dopis adresovaný 4. prosince 1930 účastníkům kongresu o radioaktivitě v Tübingenu. Po oslovení „milé radioaktivní dámy a pánové“ je informoval o své představě, že při beta rozpadu musí být emitována ještě další, elektricky neutrální částice; neví však, jak ji experimentálně dokázat. Na závěr dopisu uvedl: „Dnes jsem učinil cosi, co by teoretik neměl ve svém životě nikdy udělat. Pokusil jsem se nevysvětlitelné objasnit nepozorovatelným.“

Za svého mládí žil jako bohém. Dlouho do noci vysedával v hospodách, na ranní přednášky nechodil, ukládat mu povinnosti před polednem bylo nanejvýš neprozíravé.

Jako vědec byl výjimečný a svým kritickým postojem k vlastním i cizím vědeckým výsledkům tvrdý a nekompromisní. Jako člověk byl však citlivý a zranitelný. Současníci ho nazývali svědomím fyziky, nejvyšším soudcem při sporech teoretiků. Práce, k nimž měl výhrady, odmítl často zcela otevřeně konstatováním „ganz falsch“ (zcela špatně).

Na druhé straně se traduje, že i jen pouhá Pauliho přítomnost v laboratořích byla pro experimentátory doslova pohromou. Něco pravdy na tom asi bude. Jinak by nevznikl tzv. druhý Pauliho vylučovací zákon: v jednom prostoru nemůže být zároveň s profesorem Paulim žádný fungující přístroj. Pochybnosti, že jde o pomluvu, vyvracejí záznamy z autoškoly, podle nichž Pauli na složení zkoušky z řízení automobilu potřeboval celkem 100 hodin.

## Literatura

- [1] Štoll, I.: *Dějiny fyziky*. Prometheus, Praha, 2009.
- [2] Kraus, I.: *Století fyzikálních objevů*. Academia, Praha, 2014.
- [3] Kraus, I.: *Ženy v dějinách matematiky, fyziky a astronomie*. Nakl. ČVUT, Praha, 2015.