

# Jean Baptiste Perrin (1870–1942)

## Aleš Lacina

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Přírodovědecká fakulta MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; lacina@sci.muni.cz

Úvahy o možné souvislosti mezi vnějšími projevy látek a jejich vnitřním ustrojením přivedly záhy první vzdělance k otázce případného omezení jejich dělitelnosti (a stoupence jeho existence pak i ke spekulacím o vlastnostech předpokládaných stavebních částic). Zásadní spor o diskrétní či spojitou strukturu látek, trvající po mnoho staletí, byl na rozdíl od zkratkovitých formulací v některých učebnicích vyřešen vznikem chemického atomismu (na počátku devatenáctého století) a kinetické teorie plynů (v jeho druhé polovině) jen zdánlivě a zůstal tak živý až do začátku dvacátého století. Na několika místech do něj podstatně zasáhl Jean Baptiste Perrin, který jej nakonec (1909) rozhodujícím způsobem definitivně ukončil ve prospěch částicové koncepce. Těžištěm textu je rámcový komentář Perrinových největších zásluh na tomto poli, doplněný základními informacemi o jeho životě, občanských postojích a společenských aktivitách.

### Vzdělání a vědecké začátky

Jean Baptiste Perrin se narodil 30. září 1870 v severofrancouzském Lille právě uprostřed půl roku trvající prusko-francouzské války, v níž jeho otec – dělostřelecký důstojník – utrpěl těžké zranění a byl zajat. Po válce a jeho návratu se Perrinovi přestěhovali do Lyonu, kde však otec zanedlouho podlehl následkům svého zranění. Ovdovělá matka žila velmi skromně se svými třemi dětmi – malým Jeanem a jeho dvěma staršími sestrami – ještě několik let v Lyonu, kde mladý Perrin mohl díky státnímu stipendiu podporujícímu válečné sirotky vstoupit na střední školu. Poté neúplná rodina přesídlila do Paříže, v níž roku 1889 Jean svoje střední vzdělání úspěšně završil na *Lycée de Janson-de-Sailly*. Velmi kvalitní matematická příprava, kterou tu prošel, mu pak o rok později, po vykonání povinné vojenské služby, otevřela cestu ke studiu na elitní *École Normale Supérieure*.<sup>1</sup> Zde jeho odborný růst a zaměření rozhodujícím způsobem ovlivnil *Louis Marcel Brillouin*<sup>2</sup> – přesvědčený stoupenec Boltzmannovy statistické mechaniky za-

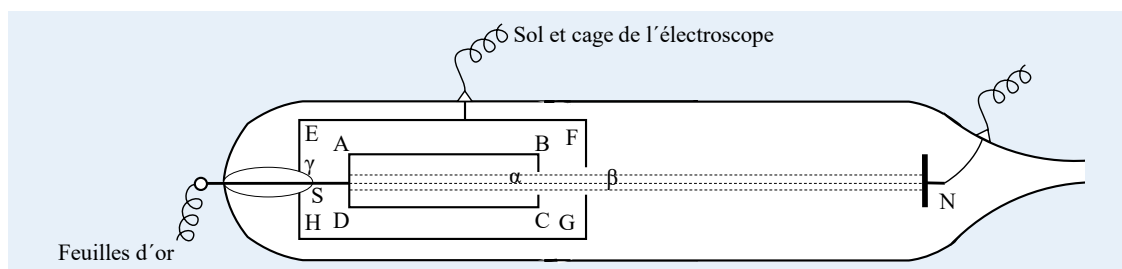
ložené na předpokladu částicové struktury látek, který tuto (v té době ještě mnohými odmítanou) novou teorii nejen propagoval, ale jako jediný ve Francii i vyučoval.

Po absolutoriu (1894) se Perrin stal na své alma mater asistentem v laboratoři Julesa Violleho a na Brillouinovo doporučení se začal věnovat tehdy sice experimentálně intenzivně studovanému, avšak stále ne uspokojivě pochopenému katodovému záření. Shoda přitom nepanovala už v názoru na jeho samotnou povahu: Zatímco angličtí fyzikové (William Crookes, Joseph John Thomson) – především s odkazem na jeho prokázané vychylování magnetickým polem – mínili, že jde o proud záporně nabitých částic, jejich němečtí oponenti (Eugen Goldstein, Heinrich Hertz, Philipp Lenard) – argumentující jeho velkou pronikavostí a zejména neúspěchem všech dosavadních snah o jeho odchýlení elektrickým polem – je považovali za vlnění.

Východisko z této dichotomie předznamenalo Perrinovo krátké sdělení [1], přinášející experimentální důkaz existence záporně nabitých částic v katodové trubici. V jejím schematickém náčrtu (obr. 1) N označuje katodu a EFGH uzemněnou válcovou anodu, jež stíní před vnějšími vlivy Faradayův válec ABCD. Pokud do tohoto válce vniká otvory  $\beta$  a  $\alpha$  svazek katodových paprsků, pak lístkový elektroskop, který je k němu připojen, detekuje záporný náboj. Je-li však svazek vnějším elektromagnetem odchýlen od původního směru, takže do vnitřního válce nepronikne, lístky elektroskopu se nerozestoupí.

1 Tato věhlasná škola pokrývající svými studijními programy přírodní vědy, matematiku i vědy humanitní a společenské je považována za líheň francouzské inteligence. Mezi jejími absolventy je čtrnáct laureátů Nobelovy ceny, dvanáct laureátů Fieldsovy medaile, řada spisovatelů, mnoho státníků a vysokých úředníků a polovina všech nositelů nejvyššího francouzského vědeckého ocenění – Zlaté medaile CNRS.

2 *Louis Marcel Brillouin* (1854–1948) byl otec zejména pevnofyzikům známějšího *Léona Brillouina* (1889–1969).



Obr. 1 Perrinova katodová trubice. Převzato z [1]



Marcel Brillouin

Tyto výsledky byly v roce 1896 oceněny Jouleovou medailí londýnské Royal Society. Stoupence vlnové představy o katodovém záření – trvale připomínající jeho dosavadní netečnost k elektrickému poli – Perrinova argumentace ještě zcela nepřesvědčila. Nicméně inspirovala J. J. Thomsona k tomu, aby Perrinovo experimentální zařízení poněkud modifikoval a učinil tak jeho závěry ještě průkaznějšími [2, 3]. A poněvadž se mu současně podařilo odchýlit katodové paprsky i elektrickým polem [2, 4], byl tím letitý spor o jejich povaze definitivně ukončen. Vyvrcholením celého příběhu je pak Thomsonovo experimentální určení měrného náboje korpuskulí katodového záření posléze přejmenovaných na elektrony [4]. Sám Thomson si přínosu šestadvacátiletého Perrina k vyřešení dlouhodobého problému vážil a jeho příspěvek [1] nejprve podrobně ocitoval ve své zásadní práci [2] a později jej výslovně zmínil i v přednášce [5] pronesené při převzetí Nobelovy ceny, která mu za objev elektronu byla udělena.

Perrin, jenž současně s vlastnostmi po léta zkoumaných katodových paprsků podrobně vyšetřil i projevy nově objeveného rentgenového záření – zejména jeho vliv na elektrickou vodivost plynů, pro jehož vysvětlení použil atomistickou hypotézu –, shrnul tyto výsledky do své doktorské disertace [6], kterou na počátku léta 1897 úspěšně obhájil. Jeho koncem se pak oženil s mladší sestrou svého přítele – někdejšího spolužáka z lycea – Henriettou Duportal.<sup>3</sup> A ještě téhož roku získal učitelské místo na pařížské Sorbonně. Proti druhému uchazeči – o jedenáct let staršímu Pierru Curieovi – jej při konkurzu prosazoval zejména Henri Poincaré, který ve způsobu jeho práce spatřoval naději pro francouzskou fyziku, již vyčítal neschopnost výrazněji přispět k aktuálnímu vědeckému kvasu konce devatenáctého století.

### Atomistická hypotéza, planetární model atomu

Po staletí otevřená otázka vnitřního ustrojení látek nabyla během devatenáctého století na palčivosti. Stou-

<sup>3</sup> Henriette Perrin Duportal (1869–1938) – spisovatelka, autorka dětské literatury a učebnic; matka Perrinových dětí – dcery Aline (\*1899) a syna Francise (\*1901).

penci částicové představy konkretizované atomistickou, resp. molekulární hypotézou<sup>4</sup> argumentovali v její prospěch jednak úspěchy chemického atomismu (John Dalton, Amedeo Avogadro → Stanislao Canizzaro) při popisu chemického slučování, jednak úspěchy molekulárně-kinetické teorie (Rudolf Clausius, James Clark Maxwell, Ludwig Boltzmann) při výkladu řady fyzikálních vlastností látek a spatřovali v ní jejich společný hlubší základ. Někteří atomisté pak šli ve svých spekulacích ještě dále: např. Dmitrij Mendělejev vyslovil domněnku, že příčinou periodicity chemických vlastností prvků, kterou objevil, může být jen dosud neuvažovaná vnitřní struktura jejich základních stavebních částic. A ke stejnému závěru dospěl v téže době i Maxwell v souvislosti s optickými spektry plynových vzorků. Zastánci spojitě koncepce (Wilhelm Ostwald, Ernst Mach) oponovali částicovým představám odkazem na možnost alternativního (makroskopického) popisu mnohých z těchto jevů, hlavně však prohlašovali, že „nemá smysl uvažovat o světě jako o mozaice skládající se z kamenů, o jejichž existenci se nemůžeme přesvědčit“ (Mach) [7–9].

Objevy učiněné v poslední dekádě devatenáctého století (1895 – rentgenové záření, 1896 – přirozená radioaktivita, 1897 – elektron) a zejména jejich následné detailní studium, jehož byl Perrin aktivně účasten, přinesly k vyřešení vleklého sporu nové impulzy. Experimentální zjištění, že průchod rentgenového záření (původně elektricky nevodivými) plyny je činí elektricky vodivými, bylo zdůvodněno „elektrizací“ jejich (původně elektricky neutrálních) atomů. A tento jev, interpretovaný J. J. Thomsonem jako oddělování jednoho nebo více elektronů od jednotlivých atomů, pak vedl k závěru, že elektrony jsou součástí atomů. Perrinovými slovy [10]: „Víme tedy, jak rozdělit atom na dvě části. Jejich velikost ovšem není srovnatelná

<sup>4</sup> Jde-li o základní spor mezi částicovou a spojitou koncepcí, nemá příliš velký smysl rozlišovat mezi atomy a molekulami a jeho účastníci to také nijak důsledně nedělali.



Jean Perrin



Jean Perrin

a jedna z nich, korpuskule<sup>5</sup>, je velmi malá ve srovnání s [celým] atomem.“ A dále Perrin formuluje vůbec první konkrétní představu o stavbě atomu obsahujícího elektrony:

„Vyslovme, například, následující hypotézu, jež je konzistentní s předcházejícími [experimentálními] fakty. Každý atom by sestával na jedné straně z jednoho nebo více silně kladně nabitých těles, jakýchsi Sluncí, jejichž kladný náboj by byl mnohem větší než náboj korpuskule, a na druhé straně z mnoha korpuskulí, jakýchsi malých záporných planet. Obojí by se přitahovalo elektrickými silami a celkový záporný náboj by se přesně rovnal celkovému kladnému náboji, takže [celý] atom by byl elektricky neutrální.“

A v následujícím doplňku pak lze snad i spatřovat tušení mnohem později objevených nukleonů:

5 Název elektron se ujímal jen postupně; např. sám jeho objevitel J. J. Thomson (a mnozí jiní) o něm mluvili jako o korpuskulí (katodového záření) ještě v celé první dekádě dvacátého století.

„Negativní planety patřící ke dvěma různým atomům jsou identické. Pokud by se ukázalo, že pozitivní Slunce jsou také navzájem identická, znamenalo by to, že vesmírná látka je tvořena jen spojením dvou druhů odvěkých elementů, kladně nabitých a záporně nabitých.“

Na základě těchto představ se Perrin ještě pokusil o vysvětlení radioaktivity a naznačil i možnost jejich využití při výkladu spekter. Svůj obecně formulovaný nápad však už dál podrobněji nerozvíjel.

Přestože byl Perrin rozhodným přívržencem částicové koncepce, udržoval si nad ní kritický nadhled. V článku [10], jenž byl jeho prvním publikovaným textem věnovaným této problematice, konstatuje, že spor o ni má „čistě filosofickou povahu“ a jako takový je věcí jen „odborného vkusu“. Není-li totiž jeho rozhodnutí podloženo experimentálně, nelze molekulovou hypotézu, přes všechny její úspěchy, zatím považovat za „pravdivou“, ale pouze za „užitečnou“. A pro její potvrzení je nezbytné zjistit počet a velikost molekul.

### Disperzní soustavy:

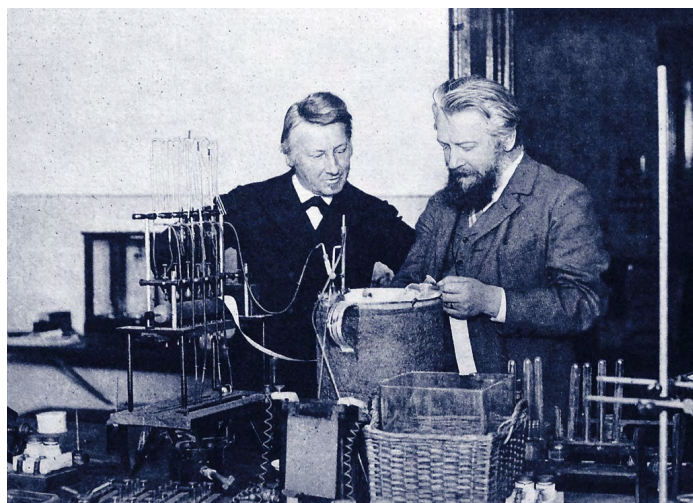
#### vysvětlování viditelného skrze neviditelné

Svoji pedagogickou dráhu Perrin započal přednáškami z termodynamiky, k nimž sepsal ceněnou učebnici [11], a podílel na výuce jiných partií teoretické fyziky. Těžištěm jeho práce v tomto období však byla příprava a realizace kurzu fyzikální chemie – disciplíny, která se právě profilovala na pomezí obou věd. Jeho trvalý odborný zájem o základní otázky struktury látek se v souvislosti s tím rozšířil na celou řadu konkrétních jevů souvisejících s transportem hmoty a náboje v disperzních systémech (zejména osmózu a elektrické jevy na stěnách nádoby či membránách v elektrolytech). Kromě vlastního výzkumu této problematiky, jehož výsledky postupně publikoval během prvních let dvacátého století [12], pozorně sledoval práce zakladatelů nového oboru (Jacobus van 't Hoff, Wilhelm Ostwald, Svante Arrhenius) a podnikl řadu cest do zavedených laboratoří v Holandsku, Německu a Anglii.

Seznámení s van 't Hoffovou rovnicí vyjadřující osmotický tlak ve zředěném ideálním roztoku pomocí koncentrace dispergované látky a termodynamické teploty, jež má analogický tvar jako termická stavová rovnice ideálního plynu (kterou kinetická teorie odvo-



Louis George Gouy



Jacobus van 't Hoff a Wilhelm Ostwald

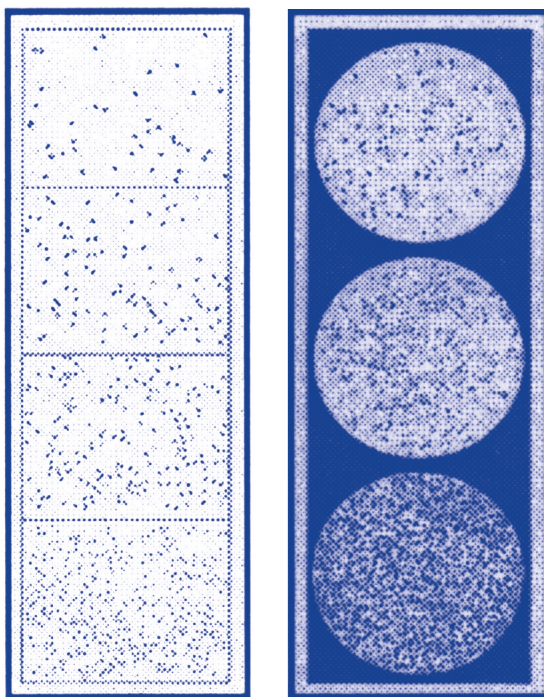
zuje na základě předpokladu, že jde o soubor navzájem neinteragujících částic), Perrinův příklon k částicovému pojetí jen posílilo. Ještě silnější impuls v tomto směru pak pro něj znamenaly starší práce Louise Gouyho<sup>6</sup> o Brownově pohybu, na něž narazil víceméně náhodou při četbě jeho novějších článků o elektrických jevech na rozhraních v elektrolytech. Gouy uzavřel v devadesátých letech devatenáctého století svoje několikaleté studium Brownova pohybu slovy vpravdě prorockými [13]:

„Brownův pohyb tedy určitě není pohybem molekul, ale čímsi, co s tímto pohybem těsně souvisí a poskytuje nám přímý a viditelný důkaz správnosti hypotézy o povaze tepla. Pokud přijmeme tento názor, pak tento jev, jehož studium není ještě ani zdaleka ukončeno, nabude pro molekulovou fyziku prvořadého významu.“

Takto inspirován obrátil Perrin svoji pozornost k Brownovu pohybu, v němž spatřoval nadějnou možnost získání informací o „neviditelných“ molekulách disperzního prostředí (kapaliny) na základě studia chování „viditelného“ disperzního podílu (brownovských částic). Tuto ideu, která se stala vůdčím motivem jeho další práce, písemně formuloval v úvodu své proboltzmannovské učebnice fyzikální chemie [17]. Svůj výklad začíná obecnější úvahou, kterou na různých místech a při různých příležitostech opakuje a rozvíjí i později, v níž porovnává dva způsoby vědecké práce:

6 Louis Georges (Léon?) Gouy (1854–1926) se věnoval opomíjeným – v mnoha případech však pro svou obtížnost spíše obcházeným – problémům zejména optiky, ale i jiných oblastí fyziky. Svoje četné práce publikoval ve významných francouzských vědeckých časopisech své doby. Jeho zásadní příspěvek k porozumění Brownovu pohybu (i jeho významu) autor tohoto sdělení nedávno podrobně popsal v [14].

Důvod naznačené nejistoty v křestním jménu se autoru přes veškerou snahu nepodařilo zjistit. Ve většině velmi bohaté literatury není křestní jméno uváděno vůbec, na mnoha místech je nahrazeno jen iniciálou L. (příp. L. G.) a i jinak velmi spolehlivé prameny – např. [15, 16] – je uvádějí odlišně.



Obr. 2 Výškové rozložení brownovských částic ve vodní suspenzi. Převzato z [23]

induktivní, užívající analogií a generalizací, a intuitivně-deduktivní<sup>7</sup>, jenž vychází z „... apriorní představy o struktuře hmoty, která je sice nepostižitelná našimi smysly, nicméně umožňuje činit předpovědi o vnímatelných vlastnostech universa. A tato metoda dává naději na vysvětlení viditelného prostřednictvím neviditelného...“.

V následujícím komentáři pak tuto ideu rozebírá podrobněji a podepírá ji ilustrativním příkladem, v němž vede paralelu mezi (zatím stále ještě jen hypotetickými) molekulami a (již objevenými) mikroby: „I bez pomoci mikroskopu by jistě bylo možné vyslovit názor, že nakažlivé nemoci jsou způsobeny rozmnožením velmi malých živých tvorů. A na základě této apriorní myšlenky by bylo možné vyvinout celou pasteuovskou metodiku. Postupem deduktivní vědy, tedy cestou odmítanou stoupenci výhradně induktivní metody, by tak bylo možné objevit léčbu infekčních nemocí ještě dříve, než mikroskop prokázal správnost mikrobiální hypotézy... Jde o nepochybný příklad struktury, která mohla uniknout našim smyslům a jejíž znalost umožňuje předvídat určité jevy, které jsou našim smyslům přímo dostupné.“

### Brownův pohyb: od viditelného k neviditelnému

Perrin si podobně jako Gouy uvědomoval, že molekulární hypotéza poskytuje přijatelné vysvětlení Brownova pohybu a že si lze jen stěží představit jakékoli vysvětlení jiné. Avšak na rozdíl od svých předchůdců – včetně Alberta Einsteina, o jehož průkopnické práci [21] se dozvěděl až dodatečně od svého přítele Paula Langevina, který Brownův pohyb rovněž studoval [22] – ve svých úvahách z molekulární hypotézy nevycházel, ale logický sled argumentace obrátil: k existenci molekul a jejich vlastnostem (počet, hmotnost, velikost) dospěl jako k teoretickému důsledku existence Brownova pohybu a jeho experimentálně zjištěných projevů.

Vyčerpávající teoretická a experimentální analýza Brownova pohybu a interpretace jejich závěrů, jež se stala prvním nepochybným důkazem částicové struktury látek, je bezesporu nejvýznamnější kapitolou Perrinovy bohaté vědecké činnosti. Perrin ji – po řadě přípravných prací [12] – publikoval roku 1909 uceleně v souhrnné, více než stostránkové stati *Brownův pohyb a molekulární realita* [23]. Tento impozantní fyzikální příběh je široce znám, na mnoha místech s různou mírou zestručnění převyprávěn a z různých hledisek komentován (např. [24, 25; 15, 16])<sup>8</sup>. Přece je však namístě i zde připomenout alespoň základní linii Perrinova studia rozvrstvení brownovských částic v jejich rovnovážné suspenzi. Sám Perrin svoji – tzv. sedimentační – metodu charakterizuje slovy:

„Rovnovážné rozložení suspenze je důsledkem Brownova pohybu; k jeho ustavení dojde tím rychleji, čím aktivnější tento pohyb je. Avšak stupeň této aktivity, ať už vysoký, nebo nízký, nemá žádný vliv na konečné rozložení, které je vždycky stejné (pro zrna téže velikosti a téže hustoty). Proto jsme se [nejprve] omezili na studium [této] neměnné rovnováhy, aniž bychom se starali o mechanismus, jakým byla dosažena.“

7 Relativně nedávno byla publikována řada textů věnovaných metodologickým a filosofickým aspektům Perrinova způsobu práce, např. [18–20].

8 Podrobněji – včetně zařazení do širších fyzikálních a dobových souvislostí – se mu nedávno věnoval také autor tohoto sdělení [14].

Při tomto postupu vychází

- z van't Hoffova zákona pro osmotický tlak ve zředěných roztocích, z něhož plyne, že soubor brownovských částic ve zředěné homogenní suspenzi se chová stejně jako ideální plyn.

Hustota disperzního podílu (tvořeného brownovskými částicemi) ve výšce  $h$  v mikroskopickém preparátu této suspenze se tak vyjadřuje stejným vztahem jako hustota ideálního plynu v gravitačním poli

$$\rho(h) = \rho(0) e^{-\frac{\mu gh}{RT}},$$

kde symboly  $g$ ,  $R$ ,  $T$  mají obvyklý význam gravitačního zrychlení, molární plynové konstanty a termodynamické teploty a  $\mu$  je molární hmotnost (v případě suspenze redukovaná na vztlak kapaliny).

A dále využívá

- zobecněné Avogadrovy hypotézy, podle níž jednotkové látkové množství libovolné látky obsahuje stejný počet jejich základních stavebních částic  $N_A$ .<sup>9</sup> Jejím využitím (a vyjádřením hustoty disperzního podílu  $\rho(h)$  pomocí koncentrace brownovských částic a jejich hmotnosti) přejde předchozí výraz v závislost koncentrace brownovských částic na výšce

$$n(h) = n(0) e^{-\frac{mgh}{RT} N_A},$$

kde  $m$  je hmotnost brownovské částice (redukována na vztlak).

Vzájemným podělením koncentrací brownovských částic ve dvou různých výškách ( $h$ ,  $h_0$ ) preparátu, uvažováním vztlaku a několika jednoduchými matematickými úpravami lze potom Avogadrovu konstantu vyjádřit pomocí měřitelných veličin

$$N_A = \frac{RT}{v(\rho_b - \rho_k)g(h - h_0)} \ln \frac{n(h_0)}{n(h)},$$

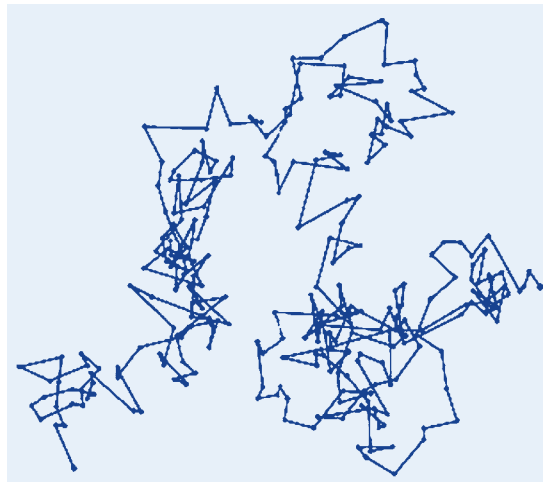
kde  $v$  je objem (stejný) jednotlivých brownovských částic,  $\rho_b$  je hustota (materiálu) brownovských částic a  $\rho_k$  je hustota kapaliny, v níž jsou tyto částice suspendovány.

Pomocí tohoto vztahu Perrin určuje číselnou hodnotu Avogadrovy konstanty. Spolu se svými asistenty a studenty, jejichž zásluhy na různých místech opakovaně připomíná, měří mnohdy několika nezávislými, často originálními metodami všechny v něm vystupující veličiny pro několik desítek vlastnoručně připravených homogenních koloidních<sup>10</sup> suspenzí<sup>11</sup>. Výsledkem téměř tříletého pracovního úsilí (1906–08) je pak nejen první spolehlivě stanovená hodnota Avogadrovy konstanty  $N_A = (7,1 \pm 1,5) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , ale také soubor pomocí ní vypočtených hmotností a velikostí molekul různých plynů a v neposlední řadě i verifikace celého použitého postupu, včetně jeho východisek.

9 Stojí za zmínku, že dnešní název Avogadrova konstanta navrhl pro tuto univerzální konstantu spojující hmotnost (makroskopického) molu  $\mu$  s hmotností jednotlivé částice  $m$  právě Perrin v práci [23].

10 Pozorování Brownova pohybu vyžaduje současné splnění dvou protichůdných podmínek: částice musejí být jednak dostatečně malé, aby se pohyb vůbec realizoval, na druhou stranu však i dostatečně velké, aby byly viditelné mikroskopem. Po výrazném zlepšení pozorovacích možností vynálezem ultramikroskopu (Henry Siedentopf, Richard Zsigmondy – 1903) se nejhodnějšími preparáty pro kvantitativní studium Brownova pohybu staly koloidy.

11 Parametry těchto suspenzí (teplota, velikost a hustota materiálu brownovských částic, hustota a viskozita kapaliny) se v širokých mezích lišily.



**Obr. 3** Časový záznam polohy vybrané brownovské částice ve stejných časových intervalech.

Po tomto podrobném prostudování sedimentační rovnováhy Perrin se svými spolupracovníky<sup>12</sup> experimentálně ověřil rovněž závěry Einsteinova teoretického popisu [21] „mechanismu, jímž bylo dosaženo ... rovnovážného rozložení suspenze“. Užitím Einsteinova vyjádření Avogadrovy konstanty

$$N_A = \frac{RT}{3\pi\eta} \cdot \frac{\tau}{a \langle (\Delta x)^2 \rangle},$$

(kde  $\eta$  je viskozita kapaliny,  $a$  poloměr brownovské částice,  $\tau$  časový interval odečítání její polohy a  $\langle (\Delta x)^2 \rangle$  střední hodnota čtverce průmětu jejího posunutí (za dobu  $\tau$ ) do směru  $x$ ) tak získal – na základě mnohokrát opakovaného detailního vyšetření pohybu jednotlivé brownovské částice (za různých podmínek, v různých suspenzích<sup>13</sup>) – alternativním způsobem její hodnotu shodnou s předchozím výsledkem [14].

Toto úctyhodné množství vlastní experimentální a teoretické práce Perrin ještě doplňuje rozsáhlým komentářem řady jevů (viskozita plynů, pohyblivost iontů v kapalinách, rozptyl světla plynů, záření absolutně černého tělesa, různé aspekty radioaktivity), v němž dospívá k několika odhadům Avogadrovy konstanty shodujících se s dobrou přesností jak navzájem, tak s její hodnotou získanou předešlou analýzou Brownova pohybu. Perrin na tomto místě konstatuje, že „...na rozum oproštěný od předsudků musí tak odlišné jevy vedoucí k téměř výsledku udělat velmi hluboký dojem...“, a svoji principiální stať [23] uzavírá přesvědčením, že „... nadále nebude možné žádnými racionálními argumenty zdůvodňovat nepřátelský postoj vůči molekulární hypotéze...“, neboť se dokázala vypořádat se všemi námitkami, které proti ní byly vzneseny.

Různým aspektům Brownova pohybu a dalším jevům svědčícím ve prospěch částicové struktury látek se Perrin intenzivně věnuje ještě několik dalších let. Jednak modifikuje a zdokonaluje svá měření, čímž zpřesňuje hodnotu Avogadrovy konstanty na  $6,7 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,<sup>13</sup> ale také propracovává svoji teo-

12 Jako zajímavost lze uvést, že v této fázi prací byl jedním z nich i Perrinův tehdejší student Léon Brillouin, jehož otec před lety do značné míry ovlivnil Perrinovu odbornou orientaci.

13 Konkrétní hodnota Avogadrovy konstanty však byla víceméně vedlejším výsledkem Perrinova všestranného vyšetření Brownova pohybu. Podstatná byla shoda jejich hodnot získaných z výrazů svazujících různé vlastnosti disperzních soustav kvantifikované řadou makroskopických (v ši-



Obr. 4 Účastníci 1. Solvayovy konference (1911).

retickou argumentací ve snaze učinit závěr o reálné existenci molekul co nejsrozumitelnějším a nejpřesvědčivějším pro širokou fyzikální i chemickou obec. Výsledky této činnosti shrnuje roku 1913 do knihy *Atomy* [27], jejíž čtivý text – přístupný rovněž zaujatým laikům – je vyčerpávajícím popisem aktuálního stavu poznání v této oblasti, který Perrin stručně charakterizuje jako dosažení redukce „složitosti viditelného na jednoduchost neviditelného“.

#### Ohlasy Perrinovy analýzy Brownova pohybu

Publikace těchto závěrů vzbudila ihned silnou, v drtivé většině pozitivní odezvu a přinesla Perrinovi mezinárodní renomé. Stať [23] byla vzápětí přeložena do angličtiny a němčiny a její rozšířená verze [27] se stala kánonem novodobé atomistiky [28]. V krátké době vyšla v sedmi francouzských vydáních a byla přeložena do šesti jazyků (čeština mezi nimi bohužel není). K částicové koncepci konvertovali pod vlivem Perrinových prací téměř všichni její dosavadní oponenti. Například jeden z dřívějších skeptiků – někdejší Perrinův přímluvce Henri Poincaré – je označil za „mezník v historii fyziky a přírodovědy“, přičemž prohlásil, že „skvělé určení počtu atomů provedené J. Perrinem dovršilo triumf atomismu ... a ... atom chemiků se stal realitou“.

A za podrobnou citaci stojí otevřené uznání částicového pojetí jedním z jeho velmi hlasitých arcikritiků Wilhelmem Ostwaldem, který – už v roce 1909, kdy Perrin zveřejnil svoje výsledky – v úvodu čtvrtého vydání své učebnice *Nárys obecné chemie* [29] napsal:

„Přesvědčil jsem se, že od nedávna máme experimentální důkaz diskrétní či zrnité struktury látky, který atomová hypotéza marně hledala sta a tisíce let. ... Souhlas Brownova pohybu s předpověďmi kinetické hypotézy, jež byl prokázán řadou badatelů a neúplněji J. Perrinem ... opravňuje i toho nejobezřetnějšího vědce mluvit o experimentálním důkazu atomové teorie hmoty. To, co bylo až dosud nazýváno atomovou hypotézou, je tím povýšeno na vědecky dobře podloženou teorii, která má své místo v každé učebnici, jež má být úvodem do obecné chemie.“

rokových mezích měněných) parametrů [14]. Vůbec nejpřesnější určení Avogadrovy konstanty, kterého bylo – ovšem mnohem později – perrinovskou metodikou dosaženo, činí  $(6,03 \pm 0,12) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  [26], což pozoruhodně dobře odpovídá její dnešní – definitoricky stanovené – hodnotě  $6,022 140 76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  (přesně).

Velmi příznivě byla přijata i Perrinova přednáška *Důkazy molekulární reality* na 1. Solvayově konferenci [30], na niž byl Perrin pozván jako jeden z jejích osmnácti vybraných účastníků.<sup>14</sup>

Kromě bezprostředních reakcí vědeckých kolegů se Perrinovi dostalo velkého množství pracovních i oficiálních vědeckých poct. Roku 1910 byl jmenován profesorem a na Sorboně pro něj byla zřízena katedra fyzikální chemie, v jejímž čele setrval až do svého pensionování v roce 1940. V bezprostředně následujících letech se stal v nejlepší slova smyslu advokátem reality molekul a atomů. Většinu času během nich věnoval jednak účasti na konferencích a odborné korespondenci, ale i různým přednáškám – jak specializovaným<sup>15</sup>, tak popularizačním –, na něž byl zván jako oblíbený řečník proslulý jasným, poutavým projevem, který dovedl přizpůsobit úrovni svého publika. Jeho současník Ernest Rutherford to uznale vystihl větou:

14 1. Solvayova (fyzikální) konference, jež se konala roku 1911 v Bruselu na téma *Teorie záření a kvant*, zahájila dlouhou tradici pravidelných – zejména na jejím počátku velmi plodných – diskusních setkání renomovaných vědců pracujících v oblastech blízkých tématu konference. Zvanými účastníky 1. Solvayovy konference byli: H. A. Lorentz (jež jí předsedal), W. Nernst, M. Planck, H. Rubens, A. Sommerfeld, W. Wien, E. Warburg (z Německa), J. H. Jeans, E. Rutherford (z Anglie), M. Brillouin, M<sup>me</sup> Curie, P. Langevin, J. Perrin, H. Poincaré (z Francie), A. Einstein (působící tehdy v Praze), F. Hasenöhrl (z Rakouska), H. Kamerling Onnes (z Holandska) a M. Knudsen (z Dánska); pozváni byli také lord Rayleigh a J.-D. van der Waals, kteří se však konference nezúčastnili. Dále byli přítomni R. Goldschmidt, M. de Broglie a F. A. Lindemann jako sekretáři konference a v neposlední řadě chemik a průmyslník E. Solvay (se svými asistenty G. Herzenem a G. Hosteletem), který konferenci financoval.

Perrin se zúčastnil ještě 3. Solvayovy (fyzikální) konference (1921) na téma *Elektrony a atomy* a byl členem vědeckého výboru 1., 2. a 3. Solvayovy (chemické) konference (1922, 1925 a 1928).

15 Řadu jich například přednesl roku 1913 jako hostující profesor na Kolumbijské univerzitě v New Yorku, kde mu byl při této příležitosti udělen čestný doktorát.



Jean Perrin (1926)

„Chcete-li porozumět Brownovu pohybu, nemusíte dělat nic víc než sledovat Perrina, jak o něm mluví.“

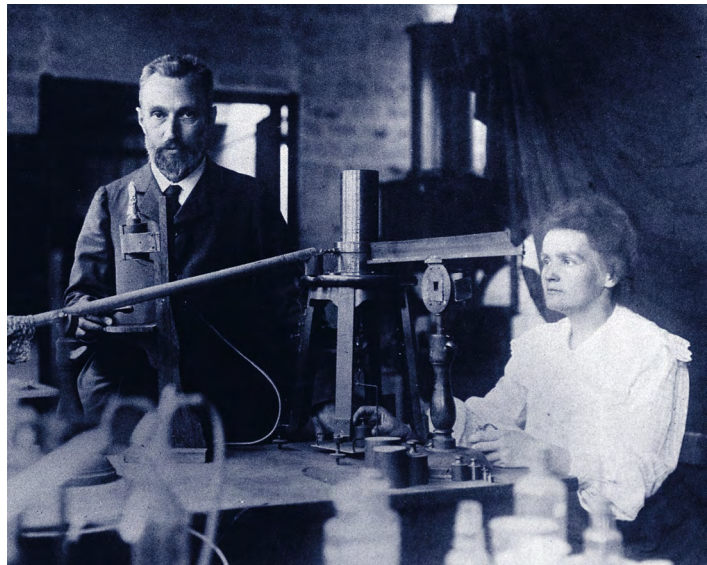
A Perrinův někdejší student Pierre Auger charakterizoval tuto schopnost svého učitele slovy:

„Jean Perrin byl nadmíru charismatickým člověkem. Měl obrovské osobní kouzlo, které působilo na všechny, jak ženy, tak muže. Uměl mluvit s člověkem z ulice, poslanci i ministry.“

V uznání významu jeho průkopnických prací i navazujících osvětových zásluh byl Perrin zvolen členem řady vědeckých společností: anglických Royal Society of London (1918) a Royal Institution of Great Britain (1920), švédské (1922) a francouzské (1923) akademie věd, Akademie věd Sovětského svazu (1925) a vědeckých akademií v Turíně (1922), Praze<sup>16</sup>, Bukurešti a Pekingu. Obdržel čestný doktorát univerzit v New Yorku (Columbia University), Manchesteru, Oxfordu, Berlíně, Princetonu a Gentu. Postupně byl jmenován rytířem (1914), důstojníkem<sup>17</sup> (1920), komandérem (1926) a velkodůstojníkem (1937) Čestné legie. Získal několik anglických, francouzských a italských vědeckých cen a byl opakovaně nominován na Nobelovu cenu za chemii (osmkrát od roku 1915) i fyziku (dvanáctkrát od roku 1913), která mu nakonec byla roku 1926 udělena za „výzkum diskrétní struktury látek a objev sedimentační rovnáhy“.

### Perrin – člověk, občan, organizátor, politik

Vedle intenzivní vědecké, pedagogické a osvětové činnosti, která byla hlavní náplní jeho života, Perrin hluboce vnímal i společenské dění a neváhal se v něm angažovat. Přitom projevoval silné sociální citění a smysl pro spravedlnost i občanskou zodpovědnost. Již během svého doktorského studia na *École Normale Supérieure* se připojil k petici za obnovení Dreyfusova procesu<sup>18</sup>, kolem níž se postupně sdružilo mnoho významných francouzských intelektuálů. Zde se seznámil se stejně založenými Pierrem a Marií Curieovými, Paulem Langevinem a matematikem (a politikem) Émilem Borelem, s nimiž se také angažoval ve prospěch Ligy pro



Pierre a Marie Curieovi

lidská práva<sup>19</sup> a rovněž přispíval k prvním lidovým univerzitám<sup>20</sup>.

Díky společným zájmům, stejným životním postojům i vzájemným sympatiím přerostla počáteční známost v celoživotní pevná přátelství. Zejména Curieovi a Perrinovi, bydlící nedaleko sebe na bulváru Kellermann, se často navzájem navštěvovali a k těmto setkáním se neřídka připojovali také Borelovi a Paul Langevin. Toto rodinné seskupení, které vzhledem ke své soudržnosti získalo poloironické, polopomlouvačné přízvisko Perrinův klan, spolu trávilo dovolené v bretanšském letovisku L'Arcuest a také společně vzdělávalo – především v exaktních a přírodovědných disciplínách – svoje děti.

Na počátku první světové války je Perrinovi čtyřiačtyřicet let a jeho ročník zatím nepodléhá mobilizaci. Proto podobně jako mnozí další francouzští fyzikové alespoň orientuje činnost své laboratoře na vojensky využitelné aplikace. Záhy je však novým ministrem veřejného vyučování pověřen – spolu s Borelem – časově náročným úkolem spočívajícím v předběžném hodnocení výsledků tohoto nekoordinovaného úsilí. Sám se přitom současně snaží najít takový způsob detekce zvuku vydávaného dělostřeleckými bateriemi, ponorkami či letadly, který by umožňoval jejich dostatečně přesnou a rychlou lokalizaci. Po změně vlády, na sklonku

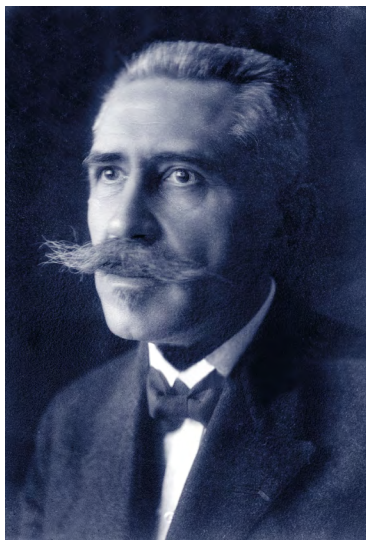
16 Autor přiznává, že tato informace uváděná v zahraničních pramenech jej překvapila a značně zaujala. Až doposud se mu však přes veškerou snahu nepodařilo zjistit nic podrobnějšího.

17 S výjimkou tohoto druhého stupně nejvyššího francouzského státního vyznamenání (Řádu čestné legie) – uděleného za „vymyšlení a vývoj několika zařízení přijatých a uvedených do provozu během války námořnictvem“ – byl ostatními stupni oceněn Perrinův přínos vědě a vzdělávání a jejich organizaci ve Francii.

18 Alfred Dreyfus (1859–1935) byl důstojníkem francouzského generálního štábu (jediným židovského původu), který byl roku 1894 na základě zfalšovaných důkazů, křivého svědectví a dalších manipulací obviněn ze špionáže ve prospěch Velkoněmeckého císařství, degradován a odsouzen za velezradu na doživotí. Následující politický skandál označovaný jako „Dreyfusova aféra“ hluboce rozdělil a destabilizoval francouzskou společnost. Po pěti letech byl Dreyfus v obnoveném procesu znovu odsouzen, tentokrát na deset let, následně prezidentem republiky omilostněn a v roce 1906 plně rehabilitován. (Ukázalo se, že za Dreyfusovým obviněním stál komplot některých vysokých armádních činitelů, konzervativní pravice, nacionalistických stran a klerikálních kruhů, v němž byly jejich dílčí zájmy spojeny společným antisemitismem.) Po návratu do armády byl za první světové války Dreyfus povýšen na plukovníka a vyznamenán Řádem čestné legie.

19 Liga pro lidská práva (*Ligue des droits de l'homme*) vznikla roku 1898 v Paříži z iniciativy Emila Zoly v souvislosti s úsilím o revizi Dreyfusova procesu. Mezi jejími obecnými zásadami pak byla potřeba kontroly veřejné správy a financí, svoboda svědomí, záruka všeobecného vzdělání, právo na práci aj. Po první světové válce vznikají sesterské ligy pro lidská práva v hlavních městech některých evropských zemí, které v roce 1922 zakládají zastřešující organizaci Mezinárodní federaci lig pro lidská práva (*Fédération internationale des ligues des droits de l'homme* – FIDH) se sídlem v Paříži, jež dnes sdružuje téměř dvě stě lidskoprávních organizací z více než stovky zemí.

20 Lidové univerzity (*universités populaires*) vznikající ve Francii koncem devatenáctého století byly edukační iniciativy „poskytující dospělým vzdělání odpovídající jejich potřebám“. Šlo o bezplatné kurzy většinou dotované místními samosprávami probírající popularizační formou vědecká, společenská i politická témata a podnětující diskusi o nich. Mezi lektory bylo mnoho rozhodných zastánců Alfreda Dreyfusa, kteří ve svých přednáškách zdůrazňovali humanitní aspekty se zaměřením působit proti vzedmuté vlně antisemitismu.



Paul Langevin



Émile Borel

roku 1916, je pak sice ze své nevděčné administrativní funkce uvolněn, ale vzápětí je povolán do armády a přidělen do sekce technického zabezpečení zpravodajské služby. Přesto se mu do konce války podaří završit svůj výzkum a zkonstruovat i příslušná zařízení, jež sám nazývá geofony (detektory zvukových vln přenášených zemí), myriafony (detektory zvukových vln ve vzduchu) a hydrofony (k detekci ponorek), která byla úspěšně používána v jejím závěru<sup>17</sup>.

Po válce se Perrin vrací k vědecko-pedagogické činnosti. Zabývá se zejména fluorescencí a vlivem světla na průběh chemických reakcí. Pozorně však sleduje i problémy rozvíjející se jaderné fyziky a stále živou diskusi o charakteru interakce světla s látkou. V roce 1919 přichází s návrhem, že zdrojem energie hvězd by mohla být jaderná syntéza vodíku na helium, což zdůvodňuje skutečností, že součet hmotností čtyř atomů vodíku je větší než hmotnost atomu helia a Einsteinovou ideou ekvivalence hmoty a energie.<sup>21</sup> Pozdějším rozpracováním tohoto nápadu, který se v hrubých rysech shoduje s dnešním názorem<sup>22</sup>, pak dospívá k odhadu stáří Sluneční soustavy (na miliardy let), dobře vyhovujícímu paleontologickým a evolučně-biologickým indiciím i výsledkům metody radioaktivního datování, s nimiž byla naopak v rozporu stávající Helmholtzova–Kelvinova představa o Slunci, podle níž by mělo vyzářit všechnu svoji energii během necelých dvaceti milionů let. Perrinova otevřenost novým myšlenkám se projevila významným způsobem také v roce 1924, kdy předsedal komisi, před níž Louis de Broglie obhajoval svoji dizertační práci *Recherches sur la théorie des quanta*. Přestože de Broglieho převratná idea vlnově-korpuskulárního dualismu, kterou v ní prezentoval a jež se později stala východiskem Schrödingerovy vlnové mechaniky, nebyla pro většinu členů komise stravitelná, Perrin,

za přispění Paula Langevina, jenž byl konzultantem de Broglieovy práce, její přijetí a udělení doktorátu jejím autorovi prosadil.

V následujících letech Perrin věnuje mnoho úsilí i času záležitostem spojeným s (re)organizací francouzského vědeckého výzkumu a vyššího vzdělávání. Válkou způsobený úbytek univerzitních studentů, učitelů i absolventů, zejména mladých, vzbuzující obavy o budoucnost podfinancované francouzské vědy, jej vede ke snaze zlepšit jak podmínky pro jejich práci a vědecký růst, tak možnosti jejich uplatnění. Současně rovněž usiluje o zřizování nových výzkumných pracovišť, co nejméně závislých na zbyrokratizovaných univerzitách, přičemž prosazuje ideu – aktuální snad i dnes a nejen ve Francii –, že je žádoucí podporovat nejen aplikovaný, ale také základní výzkum. V tomto směru podává mnohé návrhy, poskytuje konzultace a v neposlední řadě osobně přesvědčuje politiky – poslance i vládní činitele. Díky jeho iniciativě tak byl již v letech 1922–26 v Paříži postaven ze státních prostředků *Ústav fyzikální chemie*, koncem dvacátých let potom ze soukromých zdrojů (barona Edmonda de Rothschilda) *Ústav fyzikálně-chemické biologie* [32].

Udělení Nobelovy ceny v roce 1926 ještě posílilo Perrinův vliv, založený na jeho vědeckém renomé, popularitě související s jeho široce známou knihou *Atomy*, jeho charismatu i přesvědčovací schopnostech (a ovšem také na blízkých vztazích s řadou významných osobností – někdejších spolužáků z *École Normale Supérieure*). Perrin zastává mnohé funkce nejen ve vedení vědeckých ústavů či Pařížské akademie věd (v roce 1935 se stává jejím viceprezidentem), ale střídavě – v závislosti na rychle se měnících vládách v politicky nepřítliší stabilní Francii té doby – také ve státních institucích (v letech 1936–37 a 1938 je náměstkem státního tajemníka pro vědecký výzkum v první a druhé vládě premiéra Léona Bluma<sup>23</sup>). Během tohoto působení se mu podařilo dosáhnout podstatného zvýšení státních dotací do vědy, vzdělávání i vědecké osvěty a prosadit průhlednější, racionální alokaci těchto finančních prostředků. Mezi nejvýznamnější konkrétní výsledky jeho organizačních aktivit patří například vybudování astronomické observatoře *Haute Provence* a Ústavu astrofyziky v Paříži, založení vědeckého muzea *Palais de la Découverte* (1937), zejména však ustavení Národního centra pro vědecký výzkum (*Centre Nationale de la Recherche Scientifique* (CNRS) – 1939).

V houstnoucí tísnivé atmosféře třicátých let, související se vzestupem nacismu v sousedním Německu, Perrin rozhodně vystupoval proti opatrnickému pacifismu, jemuž se oddávala značná část francouzské společnosti. Již v roce 1934 se stal aktivním stoupencem *Comité de vigilance des intellectuels antifascistes*<sup>24</sup>, později se otevřeně stavěl proti státní politice

21 Se stejnou myšlenkou vystoupil jako první americký chemik William Draper Harkins v roce 1915 a prakticky současně s Perrinem i britský astrofyzik Arthur Eddington. Odlišné přístupy všech tří badatelů k témuž problému a choulostivý příběh (uznání) priority jeho řešení podrobně popisuje [31].

22 Je namístě připomenout, že všechny tyto úvahy byly formulovány ještě před objevem neutronu, kdy bylo atomové jádro považováno za soubor protonů a elektronů. Definitivně stelná jadernou syntézu objasnili až v roce 1939 Hans Bethe a Carl Friedrich von Weizsäcker.

23 Léon Blum (1872–1950) – francouzský levicový politik, trojnásobný premiér (1936–37, 1938, 1946–47). Po pádu jeho druhé vlády v dubnu 1938 jej ve funkci ministerského předsedy nahradil Édouard Daladier, který v září 1938 podepsal za Francii mnichovskou dohodu. Za 2. světové války byl Blum vězněn nejprve vichistickým režimem ve Francii, poté v koncentračních táborech Buchenwald a Dachau; po osvobození se do aktivní politiky vrátil.

24 *Comité de vigilance des intellectuels antifascistes* (Bdělostní výbor antifašistických intelektuálů), jehož spoluzakladatelem byl Paul Langevin, sdružoval antifašistické intelektuály



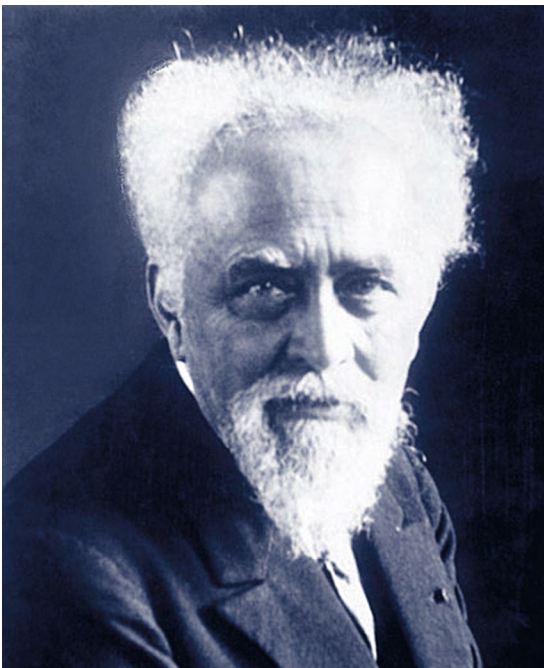
appeasementu a veřejně odsoudil mnichovskou dohodu. Všechny jeho veřejné aktivity, včetně působení na pařížské Sorbonně, však na jaře 1940 ukončila rychlá porážka na válku nepřipravené Francie hitlerovským Německem.

### Závěr života v emigraci a návrat do vlasti

V létě 1940 se pro Perrina, jehož antifašismus a odpor ke kolaboraci s nepřítelem byl dobře znám, stává pobyt v okupované části Francie neúnosným. Spolu s částí vlády, která se před německým postupem uchýlila do Bordeaux, se přeplaví do Casablancy v tehdy francouzském Maroku, kde politici zamýšlejí ustavit vládu exilovou. Místní úřady, loajální maršálu Pétainovi, je však okamžitě izolují a transportují zpět do vichistického Francouzského státu. Zklamán Perrin se rovněž vrací do jižní Francie, kde – převážně v Lyonu – stráví v nejistotě další rok. Během něj dospívá k bolestivému přesvědčení, že prospěšnější pro svoji vlast může být spíše za jejími hranicemi. Koncem roku 1941 tedy odjíždí vlakem z Marseille do Madridu, dále do Portugalska a v Lisabonu se nalodí na americký parník *Ex-cambion*. Z něj pak vystoupí 23. prosince 1941 v New Yorku, kde se ubytuje u svého syna Francise<sup>25</sup>, který

napříč politickým spektrem. I tuto organizaci však oslabovaly trvalé spory mezi pacifisty a jejich odpůrci, až v roce 1936 přivedly k jejímu zániku. Volným pokračovatelem tohoto hnutí se stala (už jen levicová) *Front populaire* (Lidová fronta) vedená Léonem Blumem.

- 25 Francis Perrin (1901–1992) absolvoval *École Normale Supérieure*. V roce 1928 získal pod vedením Émila Borela doktorát matematických věd (matematický popis rotačního Brownova pohybu), o rok později doktorát z fyziky (emise a absorpce světla) pod vedením M<sup>me</sup> Curie. Na počátku třicátých let spolupracuje s otcem na problematice molekulární luminiscence [33], poté se centrem jeho odborného zájmu stává jaderná fyzika. V letech 1941–44 působí na Kolumbijské univerzitě, 1946–72 je profesorem atomové a molekulární fyziky na *Collège de France*, 1951–70 francouzským vysokým komisařem pro atomovou energii a v téže době působí ve vedení CERNu. Zasadil se o mírové využití jaderné energie, nicméně ač založením pacifista, je považován i za otce francouzské atomové bomby (zajištění bezpečnosti jaderným odstrašením).



Jean Perrin



Francis Perrin

opustil Francii o dva měsíce dříve a nyní působí jako hostující profesor fyziky a matematiky na Kolumbijské univerzitě.

Oba Perrinové – otec i syn – se jako rozhodní stoupení exilové Svobodné Francie<sup>26</sup> snaží podle svých možností o její americké uznání a podporu. Jean Perrin současně usiluje i o organizační sjednocení francouzské vědecké emigrace v USA. Spolu s představiteli jiných vědních oborů zakládá v New Yorku francouzskou univerzitu (*École Libre des Hautes Études*) a koncem března 1942 se stává jedním z jejích viceprezidentů. O necelý měsíc později – 17. dubna 1942 – však v newyorské nemocnici Mount Sinai umírá.

Tři roky po válce se Perrinovy ostatky vracejí na palubě křižníku francouzského námořnictva *Jeanne d'Arc* zpět do vlasti. Po přistání v bretaňském Brestu 17. června 1948, přivítání rodinou, některými přáteli a zástupci Francouzské akademie věd je rakev převezena k slavnostnímu obřadu na hlavní nádvoří pařížské Sorbonny. A po národním pohřbu je Perrinův popel 17. listopadu 1948, ve stejný den jako popel jeho celoživotního přítele Paula Langevina, uložen v jeho sousedství v pařížském Panthéonu.

O generaci mladší Louis de Broglie připomenul Perrinův odkaz slovy:

„»Možná před pětadvaceti staletími, na pobřeží božského moře, kde právě dozněla píseň *aoedů*...« Právě těmito slovy na počátku své knihy *Atomy Jean Perrin* evokoval zrod atomistické hypotézy mezi řeckými filozofy. Tato harmonická věta, která nás dvacátníky tehdy okouzila, věrně připomíná postavu velkého muže vědy, který ji napsal. *Aoede*<sup>27</sup> moderní doby byl nadšeným

26 Svobodná Francie (*La France Libre*) – francouzské hnutí odporu založené generálem Charlesem de Gaullem roku 1940 v Londýně, odmítající uznat autoritu kapitulantské vlády ve Vichy, pokračovalo v boji proti nacistickému Německu. Jeho vedení pod původním názvem Národní výbor bojující Francie bylo postupně uznáno Velkou Británií, Sovětským svazem a exilovými vládami Polska, Belgie a Československa za francouzskou vládu v emigraci.

27 *Aoede* nebo *aoide* (ze starořeckého *ᾠοιδός* *aoidós* – zpěvák, básník, čaroděj, *κᾠοιδεῖν* *aoidein*, později *ᾠοειν* *aoein* – zpívat) byl termín pro předhomérické umělecké povolání. *Aoede* byli někdy prostí básníci, ale v ideálním případě to byli vysocí intelektuálové [35].



a vášnivým služebníkem vědy, vtěleným symbolem dlouhého úsilí, které počínaje starověkým myšlením vyústilo v současnou atomovou fyziku. Jeho pohlednou tvář zapáleného, optimistického proroka už mezi sebou neuvidíme, ale navždy si budeme pamatovat jeho ušlechtilé nadšení. »Důvěra v hodnotu díla ducha a v budoucnost vědy« – takové je znamenité poselství víry a naděje, které nám zanechal“ [34].

#### Literatura

- [1] J. B. Perrin: Nouvelles propriétés des rayons cathodiques. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* **121**, 1130 (1895). Anglický překlad: *Nature* **53**, 298 (1896).
- [2] J. J. Thomson: Cathode Rays. *Phil. Mag.* **44**, 293 (1897).
- [3] M. H. Shamos (Ed.): *Great Experiments in Physics*. Dover Publications, New York 1987.
- [4] A. Lacina: Deset kroků do mikrověta. *Čs. čas. fyz.* **57**, 243 (2007).
- [5] J. J. Thomson: *Carriers of negative electricity*. Nobel Lecture 1906. Dostupné na: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/thomson-lecture.pdf>
- [6] J. B. Perrin: *Rayons cathodiques et rayons de Roentgen*. Thèse de Doctorat, Paris 1897; *Annales de Chimie et de Physique* **11**, 496 (1897).
- [7] A. Lacina: Atom – od hypotézy k jistotě. *Čs. čas. fyz.* **48**, 282 (1998).
- [8] A. Lacina: Periodická tabulka prvků. *Čs. čas. fyz.* **69**, 413 (2019).
- [9] A. Lacina: Stavba atomu – od prvních spekulací k Bohrovu modelu. *Čs. čas. fyz.* **64**, 113 (2014).
- [10] J. B. Perrin: Les hypothèses moléculaires. *Revue Scientifique* **15**, 449 (1901).
- [11] J. B. Perrin: *Les Principes. Exposé de thermodynamique*. Gauthier-Villars, Paris 1901.
- [12] Liste des œuvres de Jean Perrin. Dostupné na: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_%C5%93uvres\\_de\\_Jean\\_Perrin](https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_%C5%93uvres_de_Jean_Perrin)
- [13] L. Gouy: Le Mouvement brownien et les mouvements moléculaires. *Rev. Gen. Sci.* **6**, 1 (1895).
- [14] A. Lacina: Brownův pohyb jako důkaz částicové struktury látek. *Čs. čas. fyz.* **65**, 227 (2015).
- [15] A. Genthon: The concept of velocity in the history of Brownian motion. *Eur. Phys. J. H* **45**, 49 (2020).
- [16] G. E. Smith, R. Seth: *Brownian Motion and Molecular Reality: A Study in Theory-mediated Measurement*. Oxford University Press, Oxford 2020.
- [17] J. B. Perrin: *Traité de chimie physique. Les Principes*. Gauthier-Villars, Paris 1903.
- [18] C. Bigg: Evident atoms: visuality in Jean Perrin's Brownian motion research. *Stud. Hist. Phil. Sci.* **39**, 312 (2008).
- [19] S. Psillos: Moving Molecules above the Scientific Horizon: On Perrin's Case for Realism. *J. Gen. Philos. Sci.* **42**, 339 (2011).
- [20] R. Hudson: The Reality of Jean Perrin's Atoms and Molecules. *Brit. J. Phil. Sci.* **71**, 33 (2020).
- [21] A. Einstein: Über die molekularinetischen Theorie der Wärmegeforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierte Teilchen. *Ann. Phys.* **17**, 549 (1905).
- [22] P. Langevin: Sur la théorie du mouvement brownien. *C. R. Acad. Sci. (Paris)* **146**, 530 (1908).
- [23] J. B. Perrin: Mouvement brownien et réalité moléculaire. *Ann. Chim. Phys.* **18**, 5 (1909). Angl. překlad: *Brownian Movement and Molecular Reality*. Taylor and Francis, London 1910.
- [24] H. A. Boorse, L. Motz (Eds.): *The World of the Atom*. Basic Books, New York 1966.
- [25] D. M. Knight (Ed.): *Classical Scientific Papers: Chemistry*. Elsevier, New York 1968.
- [26] P. Becker: History and progress in the accurate determination of the Avogadro constant. *Rep. Prog. Phys.* **64**, 1945 (2001).
- [27] J. B. Perrin: *Les Atomes*. Éditions Félix Altan, Paris 1913. Angl. překlad: *Atoms*. Constable, London 1916.
- [28] G. D. Patterson: Les Atomes: a Landmark Book in Chemistry. *Found. Chem.* **12**, 223 (2010).
- [29] W. Ostwald: *Grundriss der allgemeinen Chemie*. 4. Aufl. Wilhelm Engelmann, Leipzig 1909.
- [30] P. Langevin, M. de Broglie (Eds.): *La théorie di rayonnement et les quanta (rapports et discussions de la réunion tenue à Bruxelles, du 30 octobre au 3 novembre 1911)*. Gauthier-Villars, Paris 1912. Dostupné na: [http://www.solvayinstitutes.be/pdf/Proceedings\\_Physics/1911.pdf](http://www.solvayinstitutes.be/pdf/Proceedings_Physics/1911.pdf)
- [31] F. Wesemael: Harkins, Perrin and the Alternative Paths to the Solution of the Stellar-Energy Problem, 1915–1923. *Journal for the History of Astronomy* **40**, 277 (2009).
- [32] S. Weart: Jean Perrin and the Reorganization of Science. *Physics Today* **32**, 42 (1979).
- [33] M. N. Berberan-Santos: *Pioneering Contributions of Jean and Francis Perrin to Molecular Luminescence*. In: B. Valeur, J. C. Brochon (eds): *New Trends in Fluorescence Spectroscopy*. Springer Series on Fluorescence, vol 1. Springer, Berlin, Heidelberg 2001.
- [34] L. de Broglie: Proslov *Le Réalité des molécules et l'oeuvre de Jean Perrin*. (závěr) Dostupné na: [https://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Perrin/Perrin\\_pdf/Perrin\\_eloque.pdf](https://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Perrin/Perrin_pdf/Perrin_eloque.pdf)
- [35] <https://de.wikipedia.org/wiki/A%C3%B6de>