

Marian Smoluchowski - zapomniany geniusz fizyki



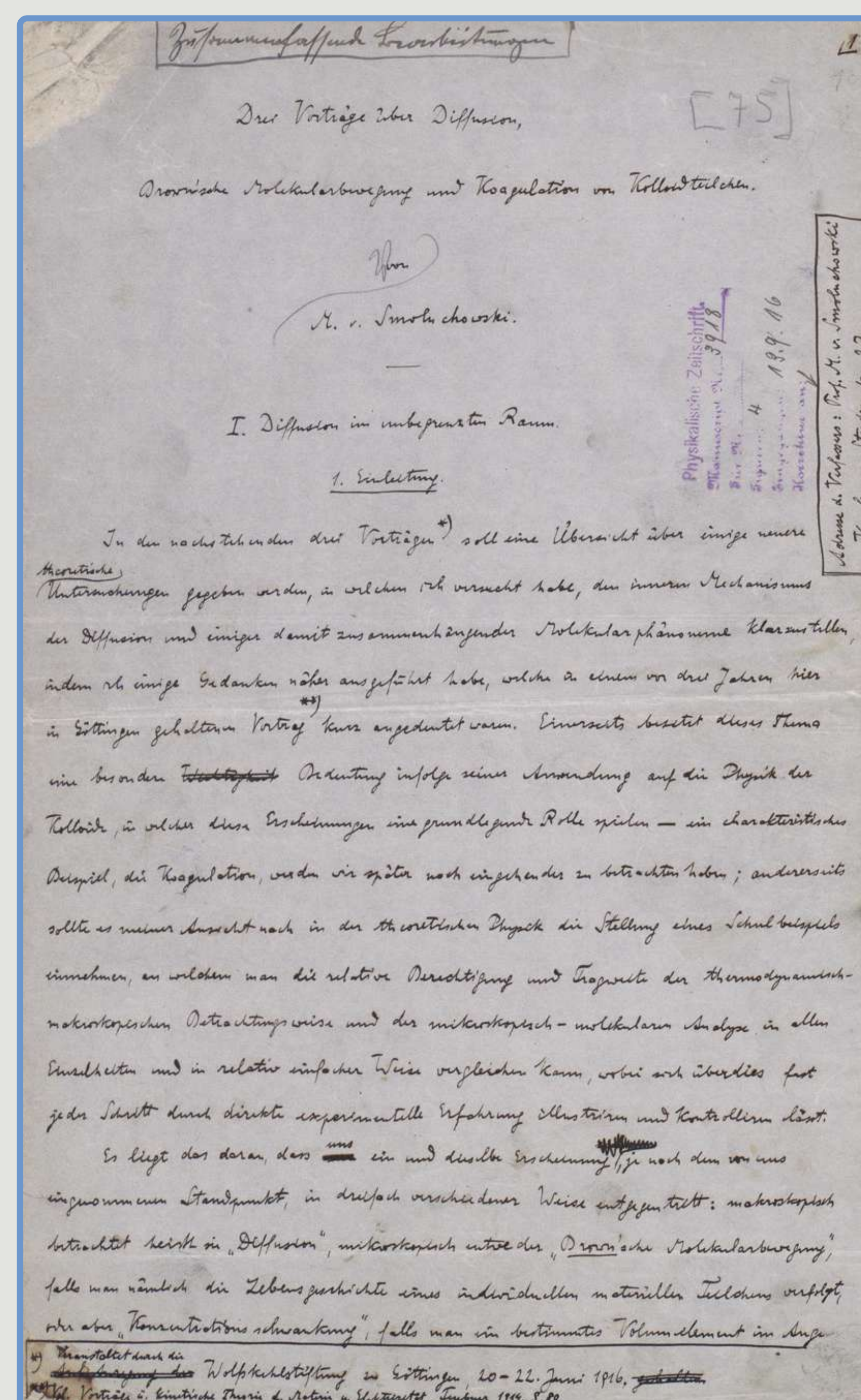
Marian Smoluchowski urodził się 28 maja 1872 roku w Vorderbrühl (ówczesne Austro-Węgry), zmarł 5 września 1917 roku w Krakowie, w wieku 45 lat. Jego dorobek naukowy obejmuje ponad 110 publikacji w językach angielskim, francuskim, niemieckim i polskim.

Ruchy Browna – ruch polegający na dygotaniu i trzęsieniu się, który odbywają drobne, w silnym powiększeniu jeszcze widzialne cząstki, znajdujące się w stanie zawieszenia w cieczach.

Źródło: M. Smoluchowski, Zarys kinetycznej teorii ruchów Browna i rozwoarów mętnych. Rozprawy Wydziału matematyczno-przyrodniczego Akademii Umiejętności w Krakowie, 1906

Smoluchowski był jednym z najwybitniejszych polskich fizyków przełomu XIX i XX wieku, a także twórcą podstaw współczesnej fizyki. W 1904 roku potwierdził możliwość obserwacji fluktuacji wielkości fizycznych spowodowanych ziarnistą strukturą materii. Na tej podstawie wyjaśnił zjawisko *ruchów Browna* (równoległe z Albertem Einsteinem), co przyczyniło się do potwierdzenia hipotezy o atomistycznej strukturze materii.

Smoluchowski jest współtwórcą *kinetycznej teorii materii*, należał do grona prekursorów zastosowania w nauce teorii probabilistycznej i procesów losowych przy opisach zjawisk fizycznych, był prekursorem wykorzystania rachunku prawdopodobieństwa w badaniu zjawisk fizycznych. Jego dokonania legły u podstaw fizyki statystycznej. Z wyników badań Smoluchowskiego korzystał m.in. Albert Einstein, formułując teorię chaotycznego ruchu cząstek.



Pierwsza strona rękopisu wykładu M. Smoluchowskiego w Getyndze, 1916 rok

Równanie Smoluchowskiego

– określenie używane zamiennie dla kilku równań opisujących zjawiska fizyczne za pomocą procesów stochastycznych. Aktualnie rozumiane jako opisujące ruchy Browna pojedynczej cząstki umieszczonej w zewnętrznym polu sił.

Kinetyczna teoria materii

– teoria wyjaśniająca makroskopowe właściwości materii przez powiązanie ich z ruchem i wzajemnym oddziaływaniem jej mikroskopowych składników.

Źródło: Encyklopedia PWN

Zdaniem prof. A. K. Wróblewskiego, fizyka doświadczalnego, historyka fizyki, specjalisty w zakresie fizyki cząstek elementarnych i wysokich energii, członka rzeczywistego Polskiej Akademii Nauk, Smoluchowski jest jednym z czterech Polaków, którzy dokonali odkryć na miarę Nagrody Nobla.



Marian Smoluchowski z przyjaciółmi w Tatrach Wysokich

Rodzina Smoluchowskiego

Marian Smoluchowski był synem Wilhelma, doktora prawa, kierownika referatu ds. polskich w kancelarii cesarza Franciszka Józefa, oraz Teofili Szczepanowskiej.

Matka, Teofila, była wnuczką Antoniego Poplińskiego – filologa, pedagoga, bibliotekarza, redaktora, właściciela drukarni i byłego dyrektora Biblioteki Raczyńskich w Poznaniu. Matka miała rodzeństwo – Stanisława Szczepanowskiego (ekonomista, inżynier, pionier przemysłu naftowego, poseł do parlamentu austriackiego i Sejmu Krajowego Galicyjskiego), Benignę Szczepanowską-Wolską, która miała znaczący wpływ na zainteresowania Mariana Smoluchowskiego sztuką, oraz Marię Szczepanowską-Jarecką.



Zofia i Marian Smoluchowscy, 1901 rok

Marian miał starszego o cztery lata brata, *Tadeusza*, który był doktorem chemii, alpinistą, taternikiem, działaczem sportowym i jednym z pionierów narciarstwa w Polsce. Bracia należeli do grona czołowych alpinistów Alp Wschodnich.



Marian Smoluchowski z bratem



Dzieci Zofii i Mariana Smoluchowskich, Aldona i Roman



Bracia Smoluchowscy w Tatrach

1 czerwca 1901 roku Marian Smoluchowski poślubił *Zofię Baraniecką*, córkę profesora matematyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, z którą miał dwoje dzieci – *Aldonę* (ur. 1902) i *Romana* (ur. 1910).

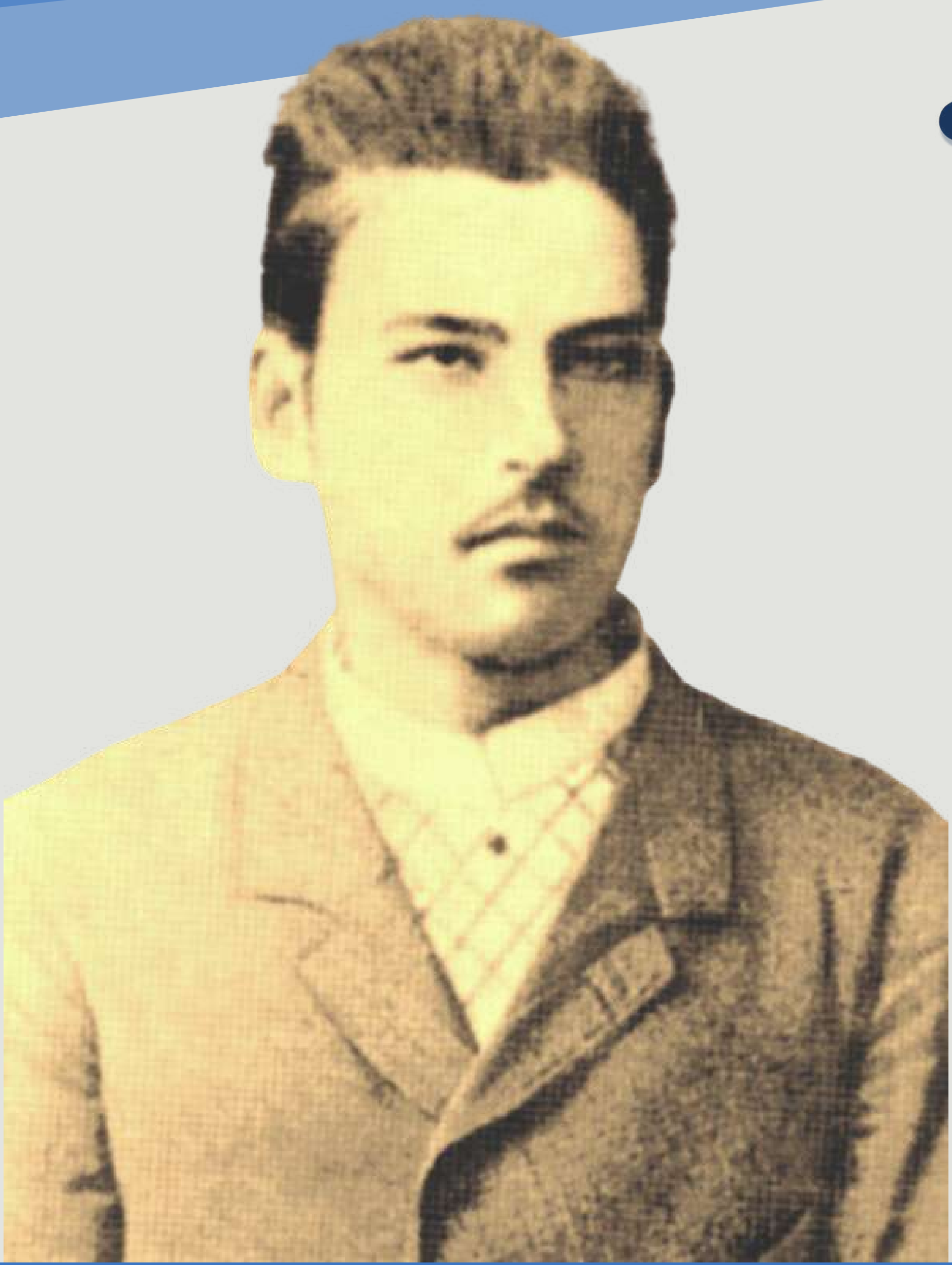
Czas małżeństwa był dla naukowca najszcześniejszym okresem życia, co można dostrzec w jego pracy naukowej. To właśnie w tym czasie sformułował i rozwinął najważniejsze teorie naukowe.

Marian Smoluchowski otrzymywał od żony ogromne wsparcie w pracy naukowej. Zofia wspierała męża m.in. podczas korekty prac.



Przyznaj, że w tych 7 latach napiliśmy się tyle prawdziwego szczęścia, ile bardzo rzadko jest komu przeznaczone, nawet w ciągu życia dłuższego.

– Marian Smoluchowski
w liście do żony, 1908



Nauki i pierwsze prace

W 1880 roku Marian Smoluchowski rozpoczął naukę w renomowanej, prywatnej szkole Collegium Theresianum (Wiedeń, Austria), gdzie nauczyciel *Alois Höfler* rozbudził w nim zamiłowanie do fizyki. Po ukończeniu szkoły w 1890 roku rozpoczął studia fizyczne na Uniwersytecie Wiedeńskim, gdzie już 15 maja 1895 roku uzyskał stopień doktora nauk fizycznych z najwyższym wyróżnieniem.

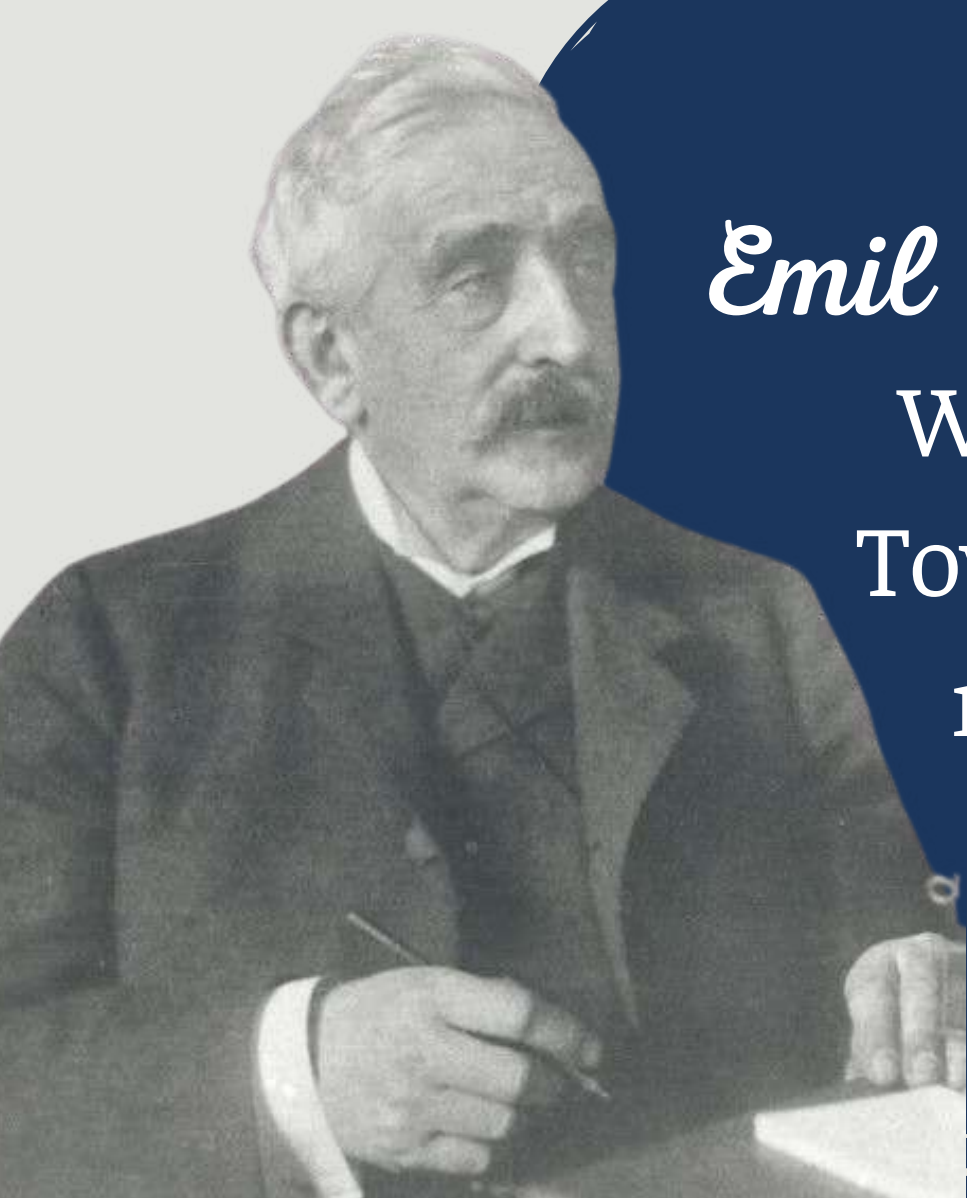
Okres listopad 1896 - sierpień 1897 Smoluchowski spędził w podróży naukowej, podczas której podejmował nauki u wybitnych naukowców. W Paryżu, pod kierunkiem *Gabriela Lippmanna*, Smoluchowski zgłębiał prawa Kirchhoffa-Clausiusa. W Glasgow, w laboratorium *Lorda Kelvina*, uczestniczył w badaniach nad przewodnictwem elektrycznym gazów zjonizowanych, wywołanym przez promienie Roentgena.

W Berlinie, w laboratorium *Emila Warburga*, Smoluchowski przeprowadzał m.in. badania stanu polaryzacji.

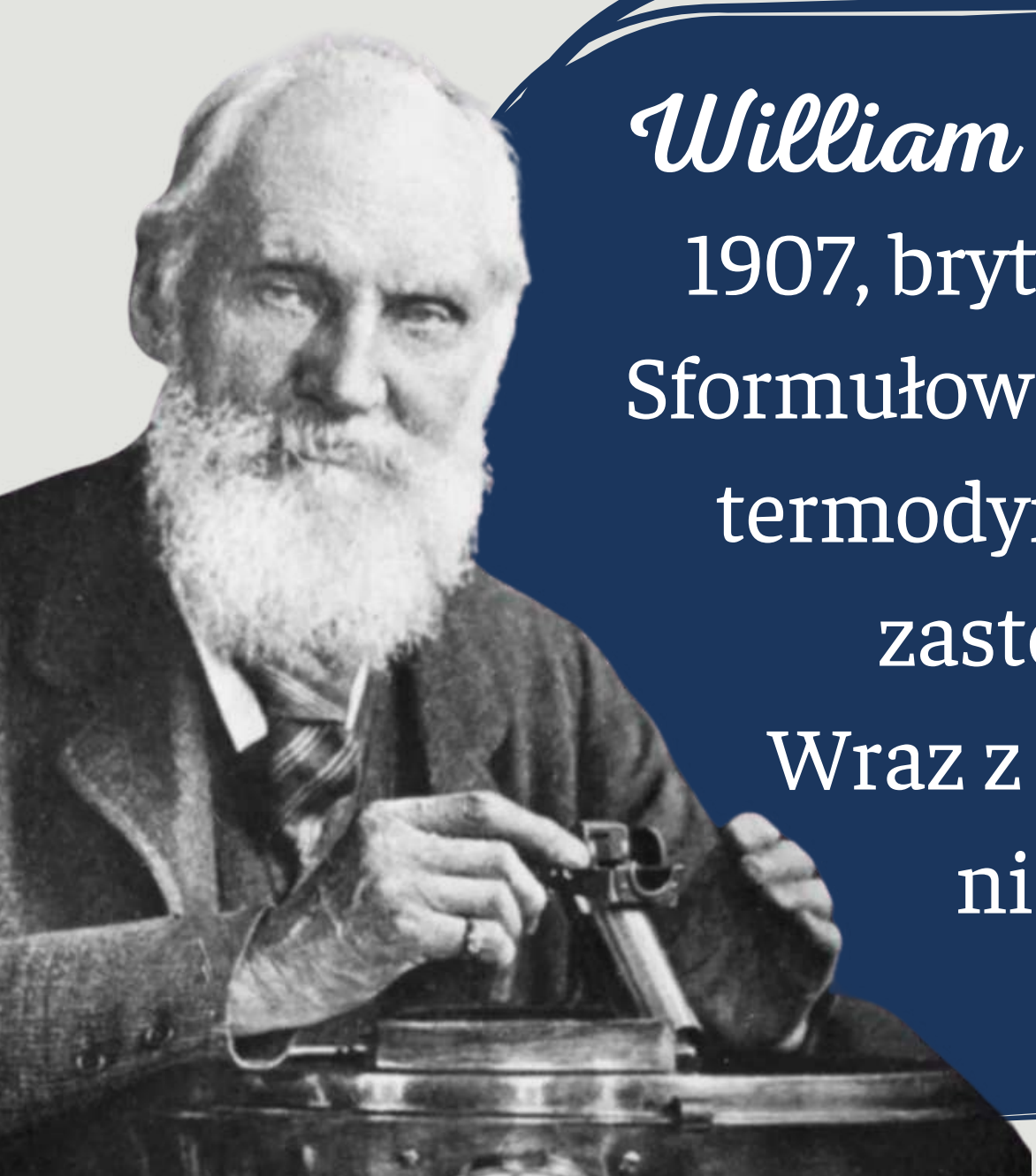
Praca w każdym z laboratoriów były uwieńczone publikacją artykułów naukowych.



Gabriel Lippmann – 1845-1921, francuski fizyk, członek Francuskiej Akademii Nauk. Jako pierwszy opisał zjawiska elektrokapilarne (1873). Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki (1908) za opracowanie metody reprodukcji barw, opartej na zjawisku interferencji światła.



Emil Warburg – 1846-1931, niemiecki fizyk. W latach 1899-1905 prezes Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego. Odkrywcą efektu magnetokalorycznego w żelazie (1881).

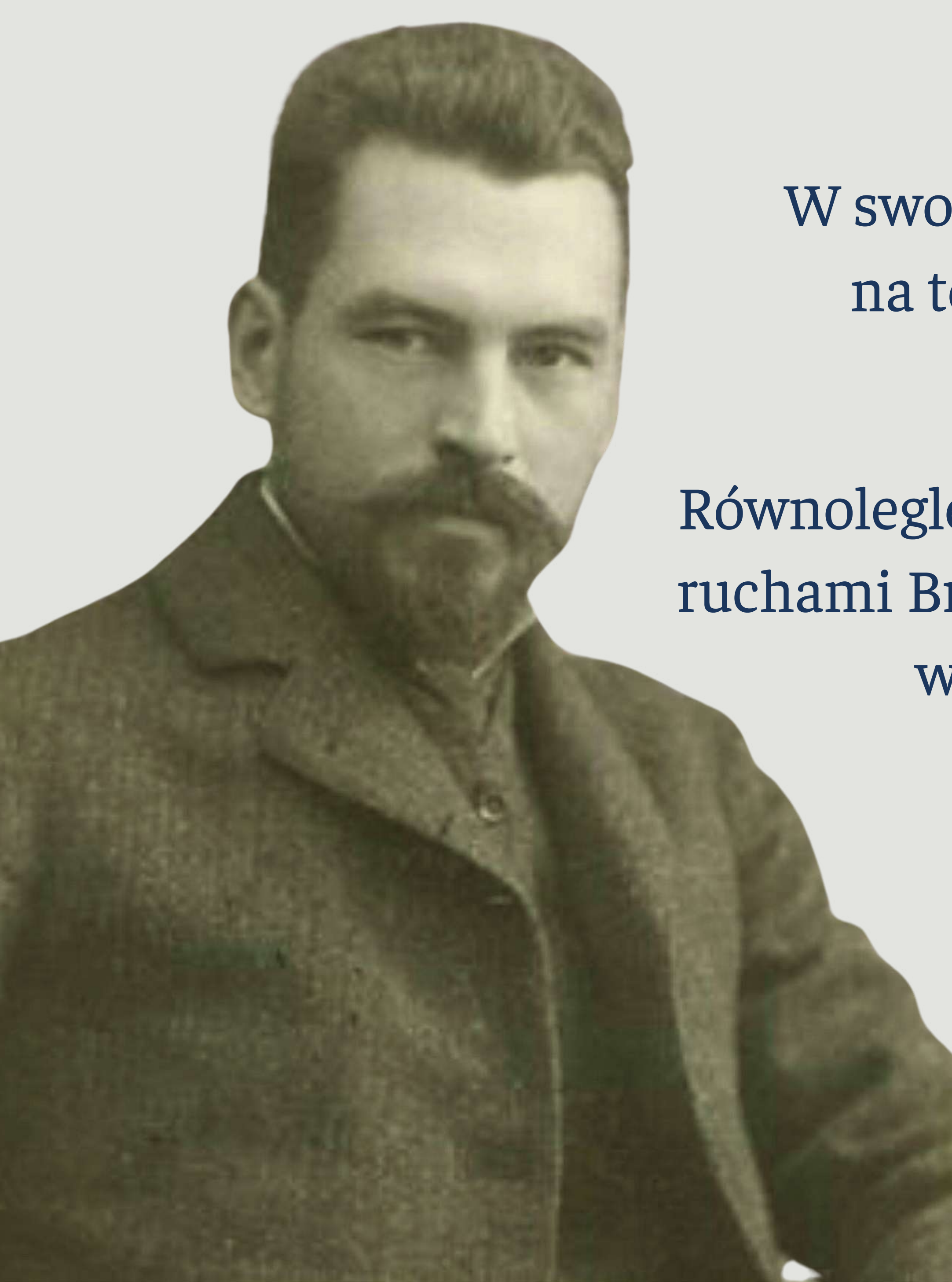


William Thomson (lord Kelvin) – 1824-1907, brytyjski fizyk, matematyk, przyrodnik. Sformułował własne objaśnienie drugiej zasady termodynamiki. Badał m.in. elektryczność, zastosowanie kabli podmorskich. Wraz z J. W. Struttargonem wyodrębnił nieznany wówczas argon (Ar).

W sierpniu 1897 roku, już jako uznany uczony, Smoluchowski powrócił do Wiednia, w którym w 1898 roku uzyskał stopień doktora habilitowanego i prawo do wykładania fizyki na Uniwersytecie Wiedeńskim. W 1899 roku, na zaproszenie władz Uniwersytetu Lwowskiego, Smoluchowski przeniósł się do Lwowa, gdzie objął stanowisko profesora, a następnie kierownictwo nad Katedrą Fizyki Teoretycznej, jako *najmłodszy profesor w monarchii austro-węgierskiej*.

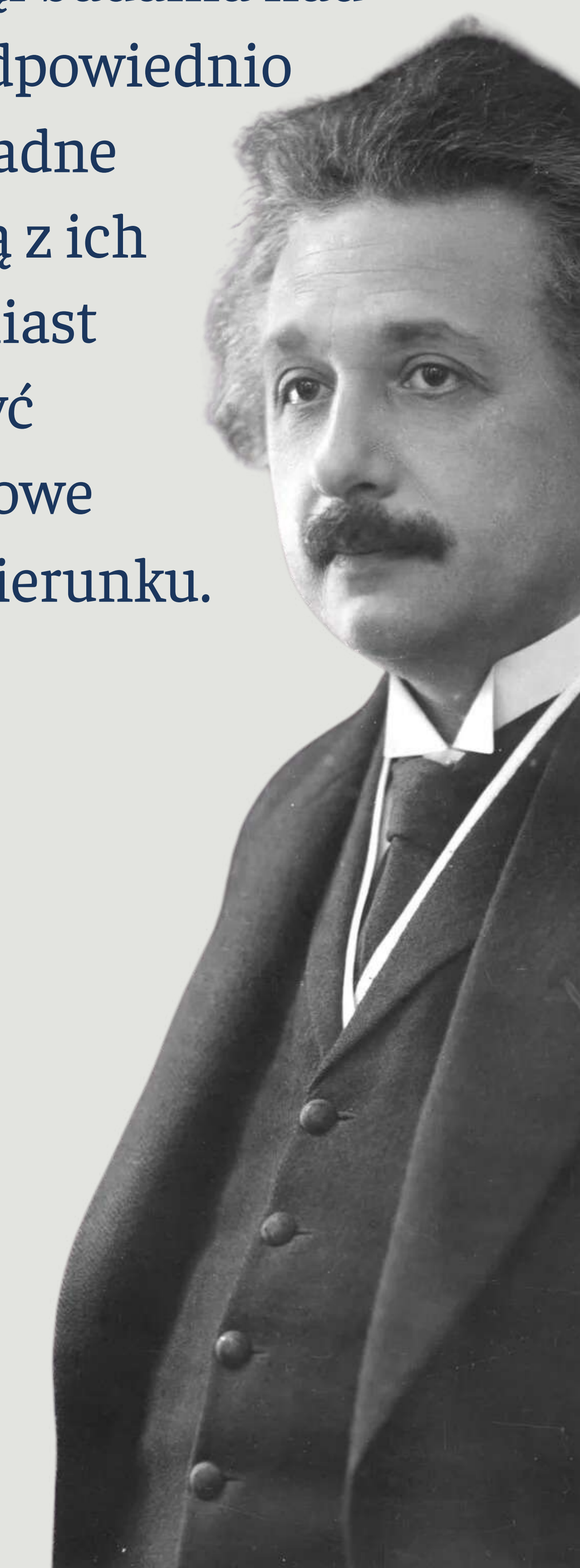


Równoległe badania Smoluchowski-Einstein



W swoich badaniach Marian Smoluchowski skupiał się głównie na teorii kinetycznej gazów i atomistycznym obrazie materii.

Równoległe z Albertem Einsteinem Smoluchowski podjął badania nad ruchami Browna. W swoich pracach, opublikowanych odpowiednio w 1905 i 1906 roku, naukowcy wykazali, że bezładne ruchy cząsteczek zawiesiny w cieczy wynikają z ich bombardowania przez cząstki cieczy, natomiast wielkość fizyczna, którą należy wyznaczyć doświadczalnie, są to średnie kwadratowe przesunięcia danej cząstki w określonym kierunku.



Smoluchowski i Einstein udowodnili, wykorzystując odmienne metody, że wielkość fizyczna jest powiązana z liczbą Avogadra i temperaturą cieczy. Dziś związek opisujący ilościowe cechy ruchów Browna jest określany równaniem Einsteina-Smoluchowskiego.

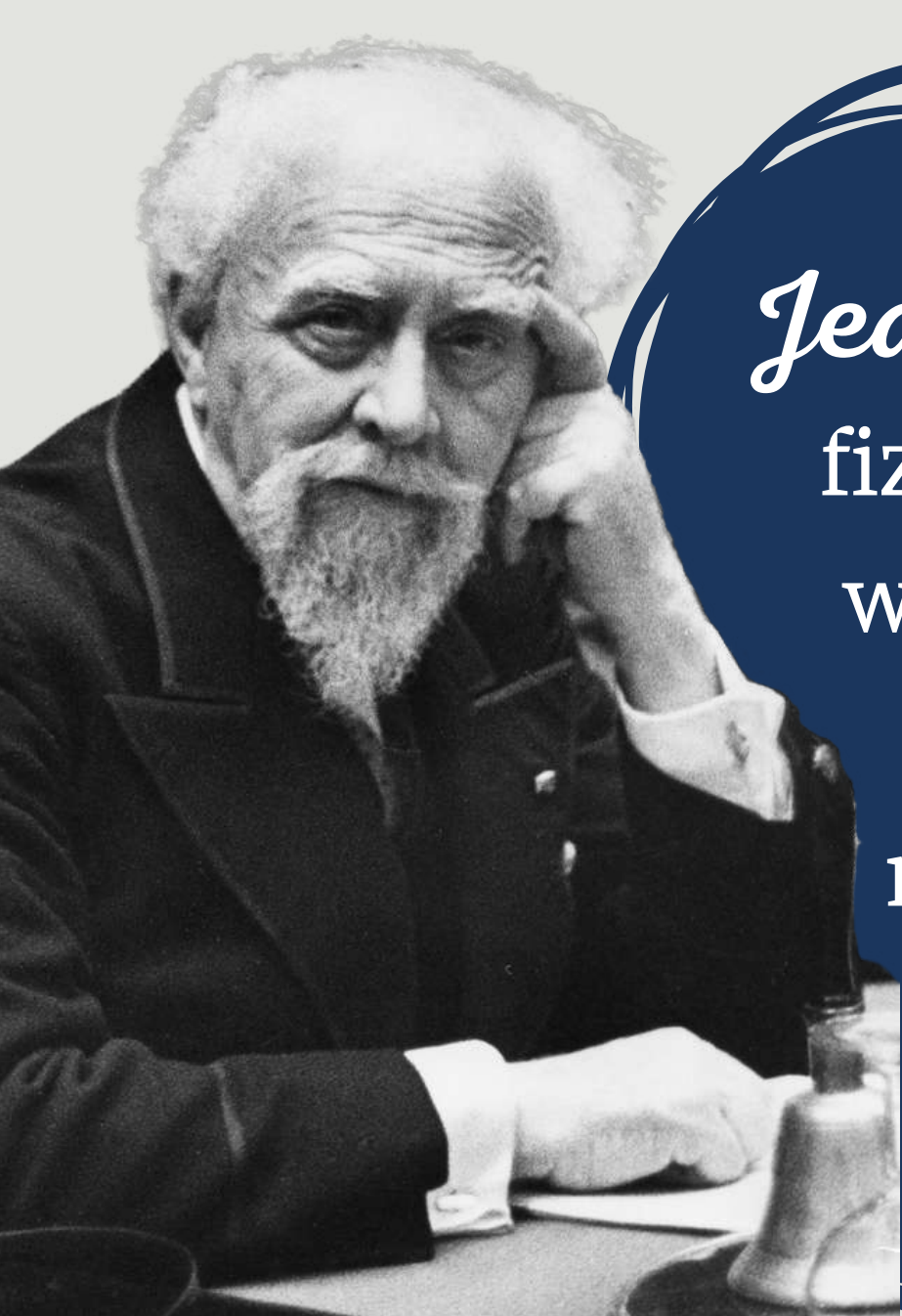
*Zbyt wcześnie przeciał los jego natchnioną
działalność jako badacza i nauczyciela... dzierzmy
wysoko jego wzór i dzieło.*

— Albert Einstein po śmierci Mariana Smoluchowskiego

Badania Smoluchowskiego wzbudzały zainteresowanie naukowców na całym świecie.

Badania nad bezładnym ruchem cząsteczek zawiesiny w cieczy prowadził następnie francuski fizyk **J. B. Perrin**, sprawdzając ilościowo **wzór Einsteina-Smoluchowskiego**.

Badania doświadczalne nad niejednorodnością rozkładu cząstek roztworów koloidalnych prowadzili również R. Zsigmondy i T. Svedberg, którzy potwierdzili wzory wprowadzone przez Smoluchowskiego.

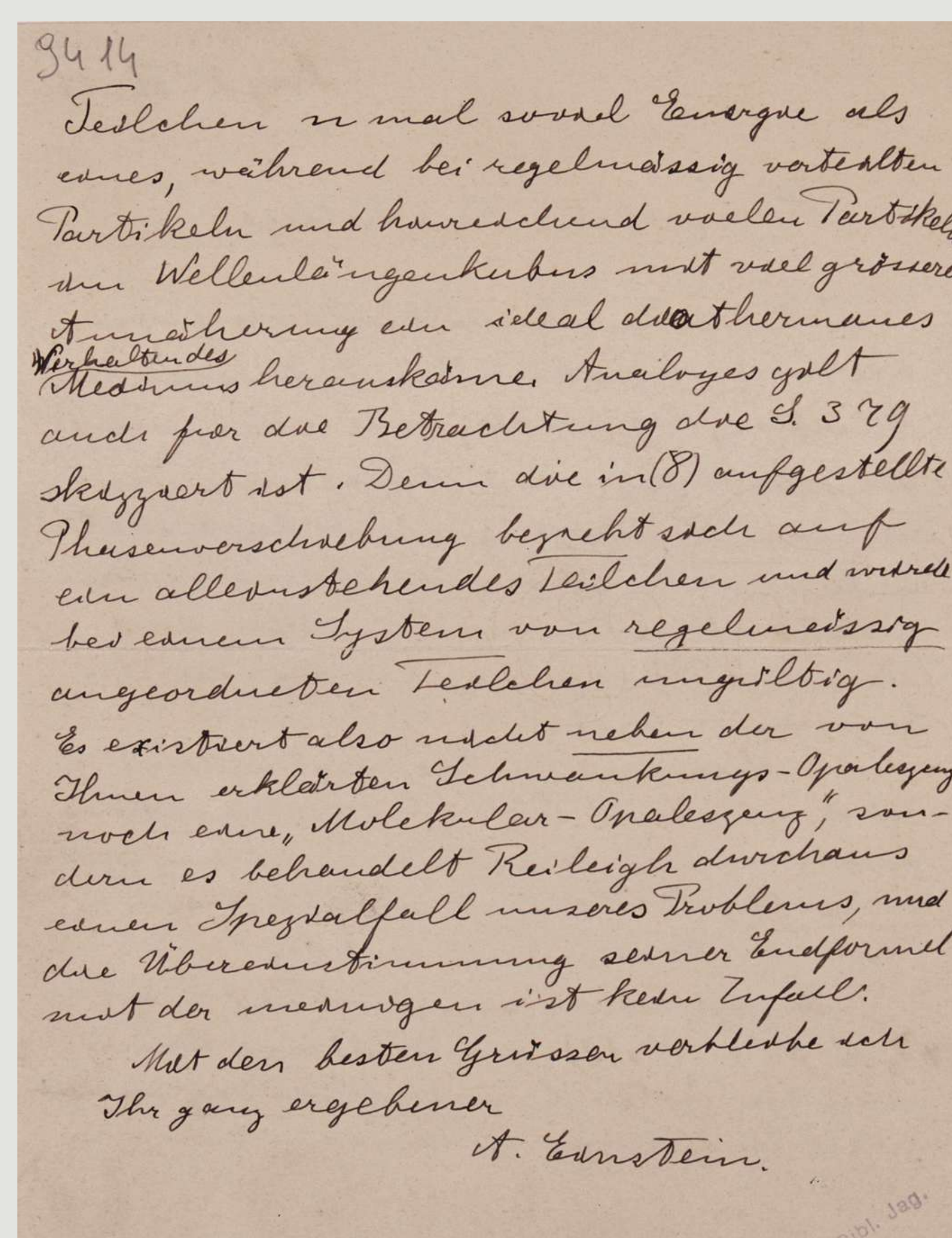
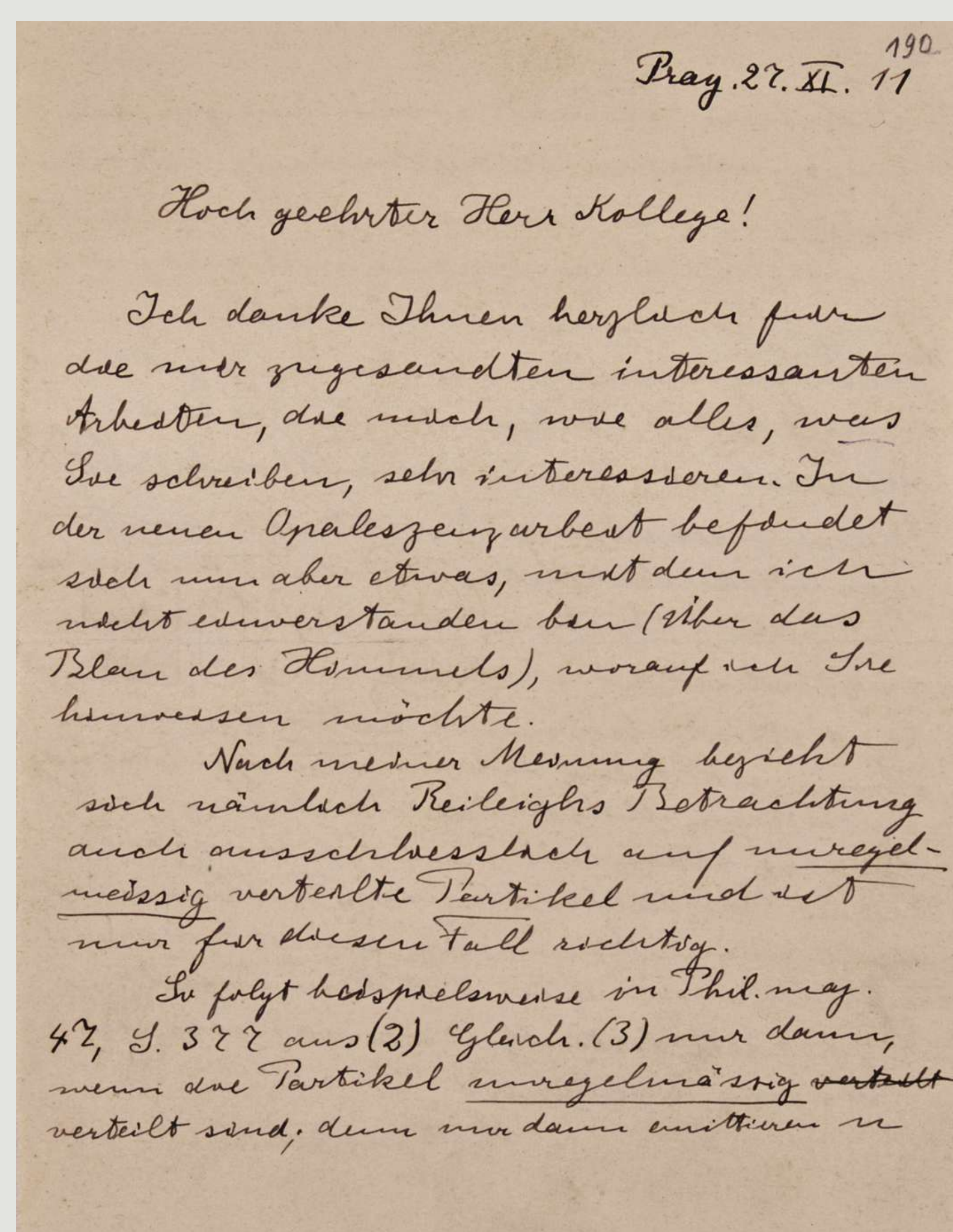


Jean Baptiste Perrin – 1870-1942, francuski fizyk, chemik, polityk, laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki za działalność w zakresie nieciągłej budowy materii oraz odkrycie równowagi w procesach osadzania. Prezes Francuskiej Akademii Nauk w 1936 roku.

Wzór Einsteina-Smoluchowskiego:
 $D = \lambda^2/2\tau$

jest to związek łączący makroskopowy współczynnik samodyfuzji D cząsteczek (dyfuzja), podlegających ruchom Browna, z wielkościami charakteryzującymi mikroskopowy ruch tych cząsteczek.

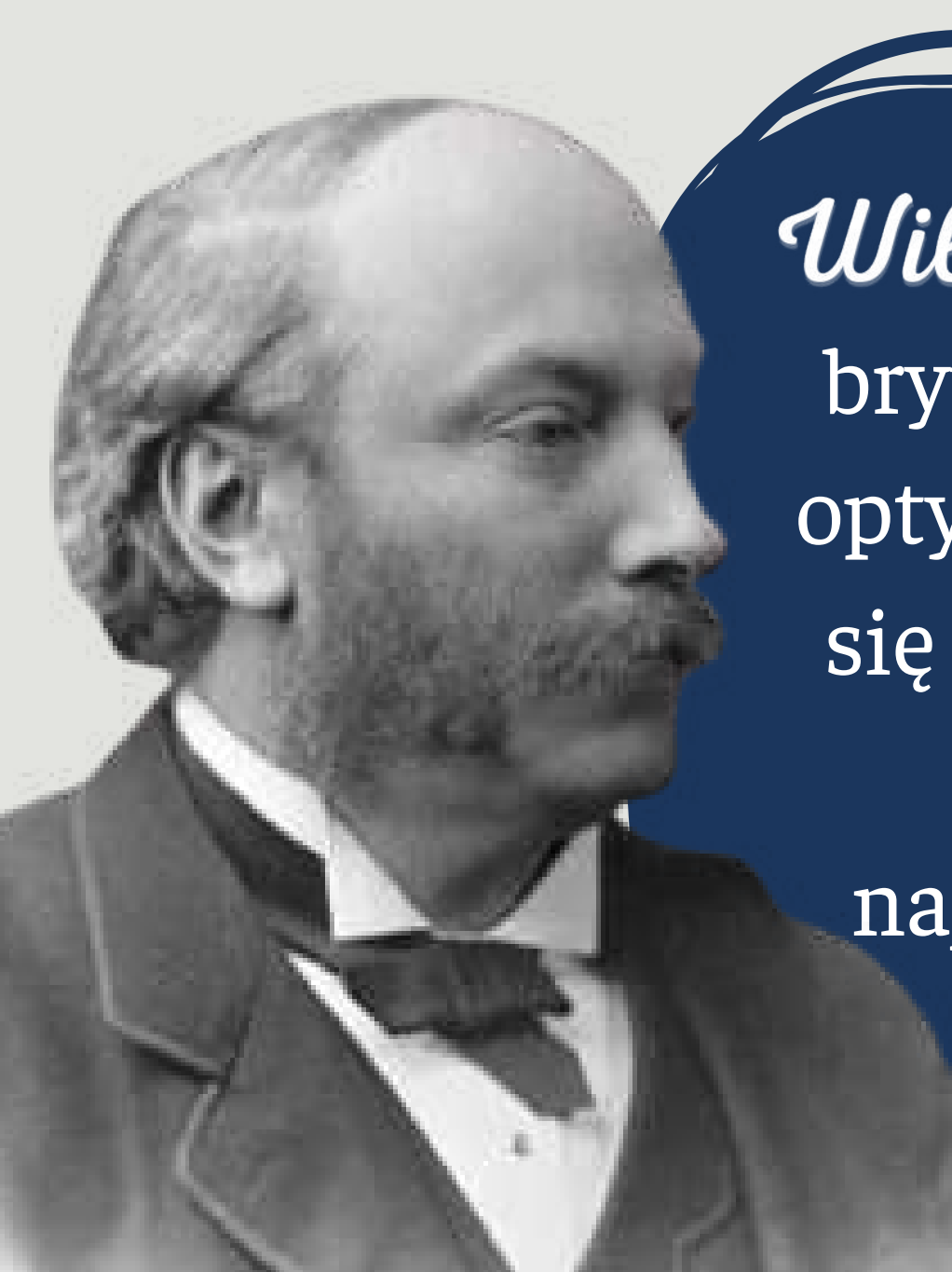
Źródło: Encyklopedia PWN



List Alberta Einsteina skierowany do Mariana Smoluchowskiego z 27 listopada 1911 roku

Dlaczego niebo jest niebieskie?

Choć odpowiedzi na pytanie *Dlaczego niebo jest niebieskie?* udzielił w 1871 roku John William Strutt (Lord Rayleigh), Marian Smoluchowski miał wpływ na rozwiązanie tej kwestii.



William Strutt (Lord Rayleigh) – 1842-1919, brytyjski fizyk, prekursor w dziedzinach akustyki i optyki, stanowiących podstawę teorii rozchodzenia się fal w płynach. Laureat Nagrody Nobla (1904) w dziedzinie fizyki za badania nad gęstością najważniejszych gazów, a w ich wyniku odkrycie wraz z W. Thomsonem argonu (Ar).

W 1904 roku Smoluchowski potwierdził możliwość obserwacji *fluktuacji* wielkości fizycznych spowodowanych ziarnistą strukturą materii, co przyczyniło się do uznania przez społeczność naukową i akademicką istnienia atomów.

Lord Rayleigh tłumaczył zjawisko błękitu nieba jako efekt rozpraszania światła na cząstkach zawieszonych w powietrzu, będących odwrotnie proporcjonalnymi do czwartej potęgi długości fali świetlnej. Wynika z tego, że światło niebieskie jest rozpraszane intensywniej od czerwonego, z czego wynika niebieski kolor nieba.

Fluktuacja – przypadkowe odchylenia pewnej wielkości od jej wartości średniej.

Źródło: Zintegrowana Platforma Edukacyjna Ministerstwa Edukacji Narodowej

Smoluchowski podjął początkowo badania nad zjawiskiem *opalescencji* w warunkach krytycznych, w wyniku których przedstawił oryginalną teorię. Zgodnie z teorią Smoluchowskiego kiedy promień światła przechodzi przez niejednorodny (w wyniku ruchu cząsteczek) gaz, jest on widoczny ze względu na rozpraszanie światła na boki. Przy bardzo małych cząstkach, w środowisku zawiesiny, rozproszone światło przyjmuje natomiast kolor niebieski.

Przyczynek do teorii opalescencji w gazach w stanie krytycznym. — Beitrag zur Theorie der Opaleszenz von Gasen im kritischen Zustande.

Mémoire
de M. **MARIAN SMOLUCHOWSKI** m. c.,
présenté dans la séance du 17 Juillet 1911.

Vor einiger Zeit habe ich an dieser Stelle eine Theorie entwickelt¹⁾, der zufolge die in Gasen und Flüssigkeiten notwendigerweise vorhandenen und durch Anwendung von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen zu berechnenden Ungleichförmigkeiten der Verteilung der Moleküle sich durch das Tyndall'sche Phänomen bemerkbar machen müßten, und insbesondere die Opaleszenz von Gasen im kritischen Punkte hierauf zurückzuführen wäre. Seitdem ist diese Theorie mehrfach Gegenstand theoretischer Diskussion gewesen und es sind bemerkenswerte experimentelle Untersuchungen erschienen, welche die Möglichkeit einer allseitigen Verifizierung derselben durch Messung des Opaleszenzvermögens näher gerückt haben.

Deshalb möchte ich nun zu einigen hiebei aufgeworfenen Fragen Stellung nehmen und insbesondere einige die experimentelle Seite betreffenden Punkte näher ausführen.

Ein abfälliges Urteil über diese Theorie ist von Rothmund²⁾ gefällt worden, anläßlich seiner Experimentaluntersuchungen über kritische Trübung von bintren Flüssigkeitsgemischen, worin sich dieser Forscher folgendermaßen ausspricht: „Ich glaube, daß man von dem weiteren Ausbau der Hypothese von Donnan viel eher eine Klärung und Förderung der Frage erwarten darf, als von dem Hereinziehen des Wahrscheinlichkeitsbegriffes“. Doch findet sich bei Rothmund kein tatsächlich gegen diese Theorie sprechendes

¹⁾ Bull. de l'Acad. d. Sc. Crac. Déc. 1907, s. 1057, Ann. d. Phys. 25, S. 205 (1908).
²⁾ Zeitschr. f. phys. Chem. 63, S. 54 (1908).

Strona tytułowa publikacji autorstwa Mariana Smoluchowskiego przedstawiającej teorię opalescencji krytycznej, 1911 rok

Opalescencja – rozpraszanie światła występujące w ośrodkach mętnych, w których jest spowodowane odbiciem promieni światła od cząstek fazy rozproszonej, oraz w cieczach, w których nie ma zawiesin, lecz występują fluktuacje gęstości.

Źródło: Encyklopedia PWN

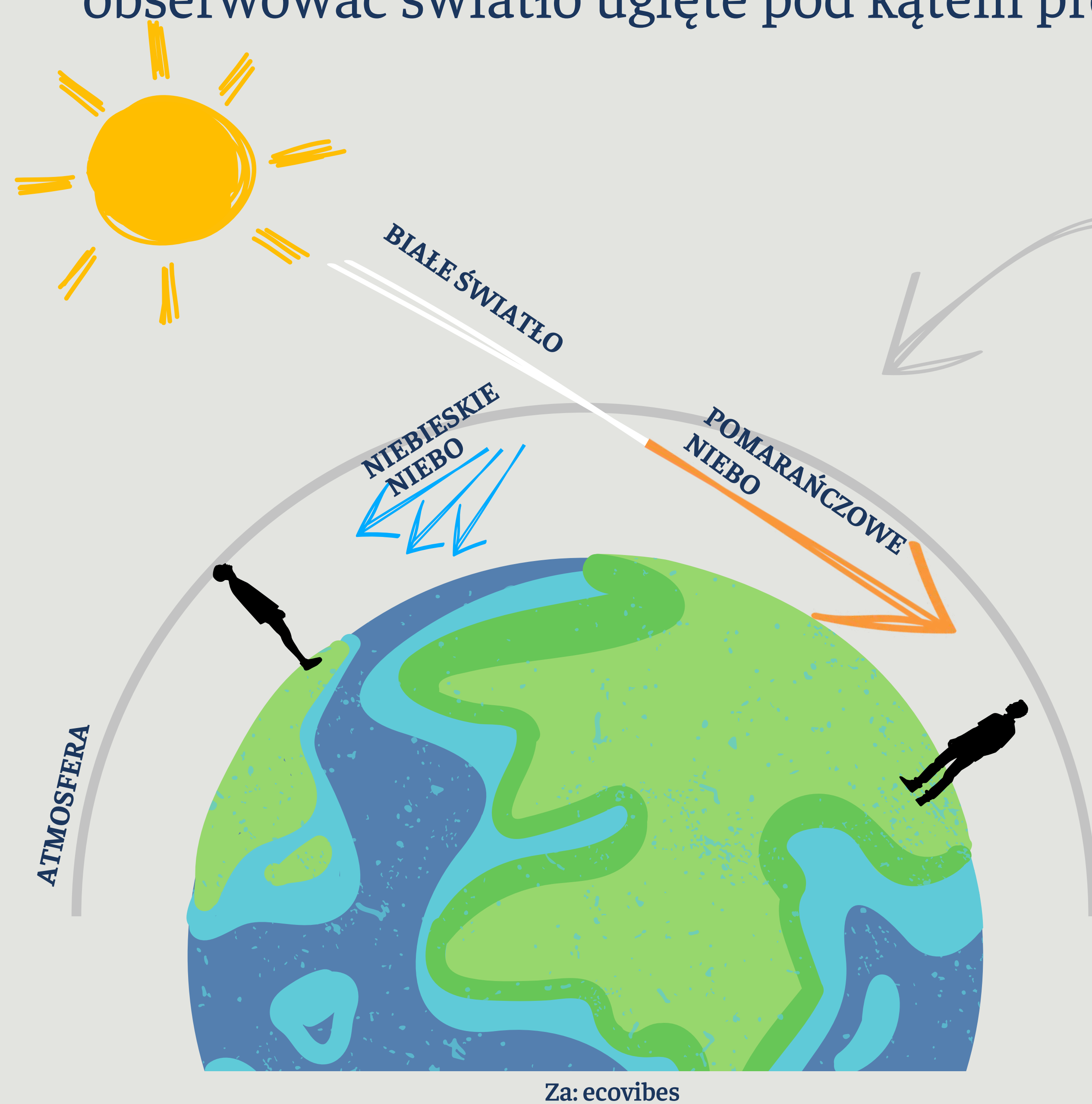
Do pozanaukowych pasji Mariana Smoluchowskiego należały literatura, sztuka, muzyka, ale także malarstwo. Podczas wycieczek górskich i wakacyjnych stworzył liczne akwarele.

Plansza zawiera fragment jednej z akwareli namalowanej przez M. Smoluchowskiego podczas pobytu na Helu (Polska) w 1924 roku.

Dlaczego niebo jest niebieskie? - badania eksperymentalne

Smoluchowski wyjaśnił następnie *teorię błękitnej barwy nieba* pośrednio z fluktuacji gęstości cząsteczek gazu, a bezpośrednio z opalescencji w pobliżu stanu krytycznego. Podczas analizy opalescencji w warunkach zwyczajnych udowodnił, że rozpraszanie światła na fluktuacjach gęstości prowadzi do opisu matematycznego, zbieżnego z opisem Rayleigha.

Smoluchowski stworzył narzędzie, które pomogło mu w udzieleniu możliwie szczegółowej odpowiedzi na pytanie *Dlaczego niebo jest niebieskie?*. Składało się ono z podzielonej na kilka komór metalowej rury, pokrytej wewnątrz mieszaniną sadzy i gliceryny. Soczewki i przesłony zostały ułożone w taki sposób, że skupiały światło lampy łukowej we wnętrzu rury. Dzięki wykonanemu w ścianie okienku Smoluchowski mógł obserwować światło ugięte pod kątem prostym do biegu pierwotnej wiązki.



Rozpraszanie Rayleigha – proces, w którym krótsze fale światła słonecznego (niebieskie) są rozpraszane mocniej niż pozostałe przez atmosferę ziemską. W miarę poruszania się Słońca na niebie kąt padania światła się zmienia, co wpływa na barwy nieba: od intensywnego błękitu w południe do ciepłych odcieni czerwieni podczas wschodu i zachodu Słońca.

Źródło: ecovibes

Dodatkowo Marian Smoluchowski stworzył narzędzie do oczyszczania gazu, a także kondensator cylindryczny w celu usuwania jonów. Niefiltrowane powietrze, wskutek jego rozpraszania przez unoszące i świecące pyłki kurzu, wysyłało względnie intensywne światło boczne, natomiast oczyszczone, wysyłało światło spolaryzowane o słabej niebieskawej opalescencji. Były to ostatnie badania eksperymentalne Smoluchowskiego.

Jednak każdy z nas obserwował je [zjawisko opalescencji] nieskończoną ilość razy, gdy podziwiał błękit nieba lub żar wschodzącego słońca. Gdyby powietrze było środowiskiem zupełnie przezroczystym i jednorodnym, niebo także za dnia musiałoby być czarne i tylko temu, że jest ono do pewnego stopnia ośrodkiem metnym, zawdzięcza niebo swoją jasność i błękitną barwę... Błękit nieba dla każdego, kto umie czytać w księdze przyrody, jest oczywistym dowodem słuszności atomistyki, gdyż dowodzi on, że powietrze posiada strukturę ziarnistą

*– Marian Smoluchowski podczas posiedzenia
Polskiej Akademii Umiejętności, 1911*

Oddany alpinista i taternik

Marian Smoluchowski wraz z bratem Tadeuszem należał do grona *czołowych alpinistów europejskich*, za co był wielokrotnie nagradzany.

Podczas wielu lat uprawiania wspinaczki, głównie w okresie zimowym, tj. w miesiącach listopad-marzec, bracia wspólnie pokonywali szlaki o różnych poziomach trudności, niezależnie od pory roku. Nierzadko skutkiem wspólnych wspinaczek było *odkrycie nowych ścieżek i dróg*.

W zaledwie trzy lata (1891-1893) odkryli łącznie *24 nowe trasy wspinaczkowe*, a także dokonali *16 pierwszych wejść na niezdobyte wówczas szczyty gór*.

Już w latach 1891-1894 Marian i Tadeusz Smoluchowscy należeli do grona *czołowych alpinistów na skalę światową*. Bracia szczególnie upodabali sobie wspinaczki na Dolomity w Alpach Wschodnich.

Od 1909 roku Marian Smoluchowski przyjeżdżał w Tatry. Wpierw wyruszał wyłącznie na wycieczki narciarskie, przeważnie w Tatrach Zachodnich, następnie również na wspinaczki.

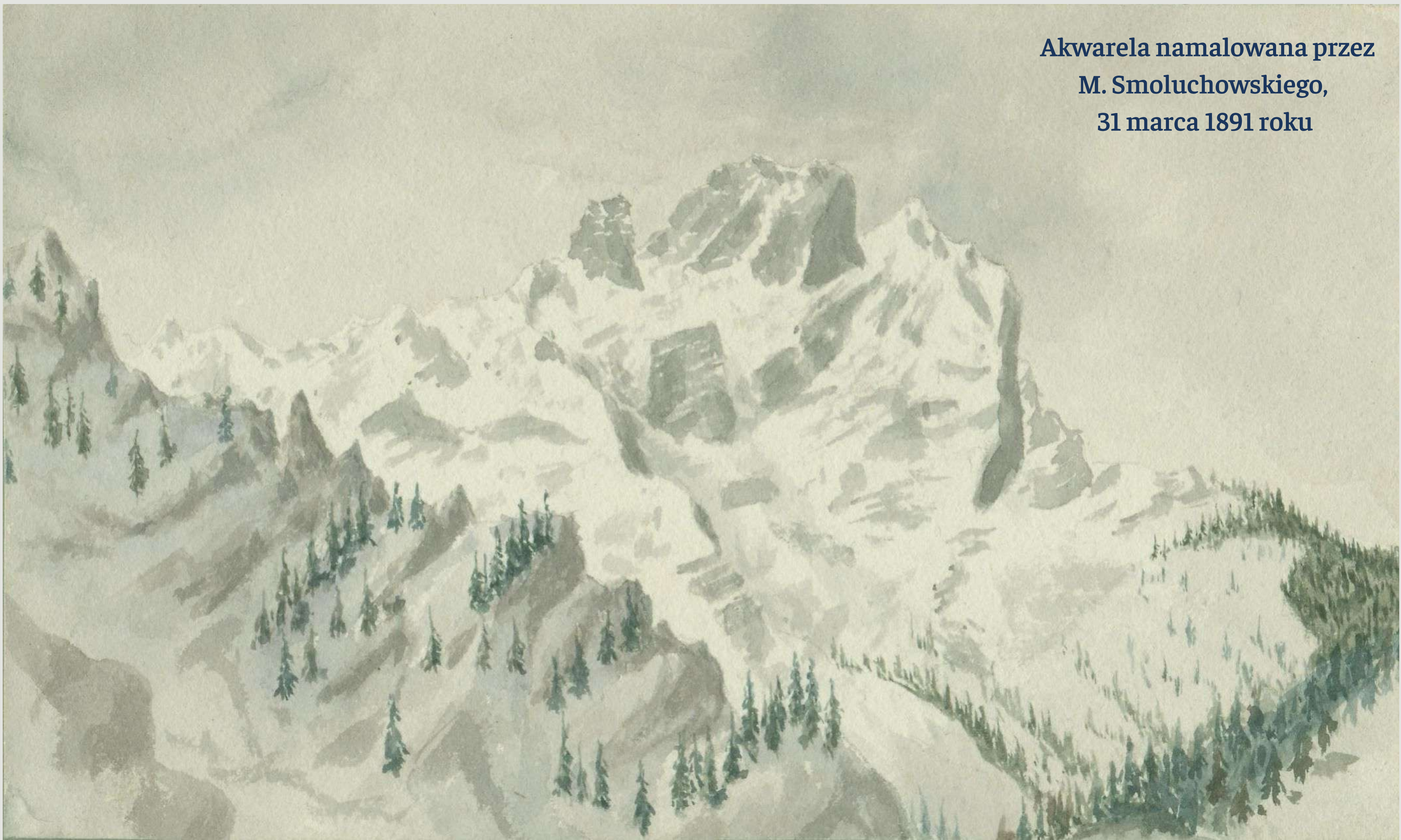
Marian Smoluchowski sprawował liczne funkcje związane z pasją górską, m.in. prezesa i członka zarządu Towarzystwa Przyrodników im. M. Kopernika oraz przewodniczącego Sekcji Turystycznej Towarzystwa Tatrzańskiego.



Z tego co dały mi góry, trzy rzeczy uważam za najcenniejsze:

- 1. przyzwyczajenie do podejmowania trudnych zadań,*
- 2. radość z przezwyciężenia trudności,*
- 3. zdolność do upiększenia codziennego życia przez najwznioślejszą poezję – poezję świata gór*

– Marian Smoluchowski



Akwarela namalowana przez M. Smoluchowskiego, 31 marca 1891 roku

Przykładowe szczyty zdobyte przez Mariana Smoluchowskiego w latach 1891-1893

Data wejścia	Szczyt i wysokość	Pasma górskie
27 lipca 1892	Laaser Spitze, 3303 m n.p.m.	Alpy Retyckie Włochy
27 lipca 1892	Schluderspitz, 3230 m n.p.m.	Alpy Retyckie Włochy
18 sierpnia 1892	Piz Ciavazes, 2828 m n.p.m.	Dolomity Włochy
29 sierpnia 1892	Nördliche Gabelspitze, 3076 m n.p.m.	Wysokie Taury Austria
5 września 1893	Fünffingerspitze, 2996 m n.p.m.	Dolomity Włochy

Autorytet świata nauki

W roku akademickim 1916/1917 Smoluchowski sprawował funkcję *dziekana Wydziału Filozofii Uniwersytetu Jagiellońskiego* i *członka komitetu organizacyjnego Akademii Górniczej* (Kraków).

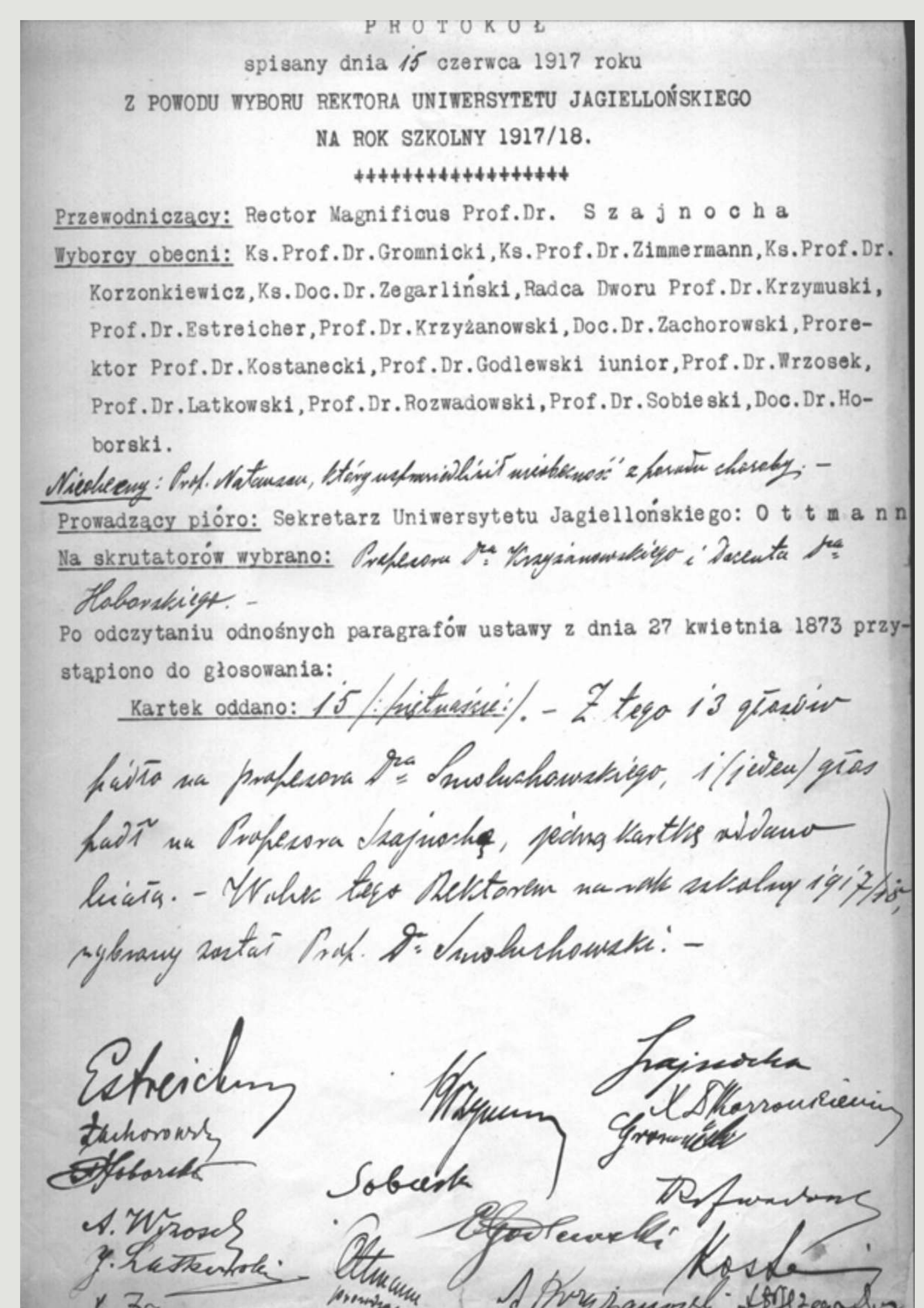
Kiedy zaproponowano mu na odbudowującym się Uniwersytecie Warszawskim funkcję profesora fizyki teoretycznej z perspektywą awansu na stanowisko kierownicze tworzonego instytutu, senat UJ, pragnąc zatrzymać naukowca we własnych murach, złożył mu propozycję objęcia stanowiska rektora na rok akademicki 1917/1918. Smoluchowski przyjął propozycję Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Smoluchowski *zmarł 5 września 1917 roku* wskutek czerwonki, na miesiąc przed objęciem funkcji rektora UJ.

W latach 20. XX wieku przyznano *trzy Nagrody Nobla* bezpośrednio związane z badaniami Smoluchowskiego. Otrzymali je *R. A. Zsigmondy* (1925, chemia), *T. Svedberg* (1926, chemia) i *J. B. Perrin* (1926, fizyka). Niewykluczone więc, że gdyby nie przedwczesna śmierć Smoluchowskiego, i on otrzymałby nominację lub nagrodę za osiągnięcia naukowe.

Wybrane uznania:

- **1901**: tytuł *doctora honoris causa* wydziału prawa Uniwersytetu w Glasgow
- **1908**: Nagroda im. Ludwiga Haitingera za prace w zakresie teorii ruchów Browna, fluktuacji gęstości oraz opalescencji (Akademia Umiejętności w Wiedniu)
- **1936**: Krzyż Komandorski Orderu Odrodzenia Polski (nadany pośmiertnie)
- od **1965**: Polskie Towarzystwo Fizyczne przyznaje Medal Mariana Smoluchowskiego
- **1970**: decyzją Międzynarodowej Unii Astronomicznej jednemu ze znajdujących się na Księżycu kraterów nadano nazwę „Smoluchowski”
- od **1986**: Gesellschaft für Aerosolforschung przyznaje Smoluchowski Award
- od **1988**: Polskie Towarzystwo Fizyczne wraz z Deutsche Physikalische Gesellschaft wspólnie przyznaje Marian Smoluchowski–Emil Warburg Award



Protokół z wyboru Mariana Smoluchowskiego na stanowisko rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego na rok akademicki 1917/1918

O zewnętrznej
rzeczywistości nigdy nie
pewnego orzec nie możemy
– Marian Smoluchowski



Collegium Witkowskiego, ul. Gołębia 13 (Kraków, Polska), 1912.
Budynek wzniesiono z zamiarem przeznaczenia na Zakład Fizyczny Uniwersytetu Jagiellońskiego. Obecnie znajduje się w nim Instytut Historii Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Źródła:

- Morawska-Nowak B., *Marian Smoluchowski – wybitny polskie fizyk przełomu XIX i XX wieku*
- Smoluchowski M., *Zarys kinetycznej teorii ruchów Browna i roztworów mętnych*
- Encyklopedia PWN, www.encyklopedia.pwn.pl/
- Giganci Nauki (Instytut Pamięci Narodowej), www.gigancinauki.pl/
- Jagiellońska Biblioteka Cyfrowa, Uniwersytet Jagielloński, www.jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra
- The Nobel Prize, www.nobelprize.org/
- Zintegrowana Platforma Edukacyjna Ministerstwa Edukacji Narodowej, www.zpe.gov.pl/

Zdjęcia:

- American Institute of Physics, www.aip.org/
- Britannica, www.britannica.com/
- Humboldt-Universität zu Berlin, www.sammlungen.hu-berlin.de/
- Jagiellońska Biblioteka Cyfrowa, Uniwersytet Jagielloński, www.jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra
- Larousse, www.larousse.fr/
- The Nobel Prize, www.nobelprize.org/
- Wikipedia, en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

Opracowanie merytoryczne:

Karolina Siekierka

Opracowanie graficzne:

Karolina Siekierka

Polska Akademia Nauk Stacja Naukowa w Paryżu