

Marian Smoluchowski - un génie oublié de la physique



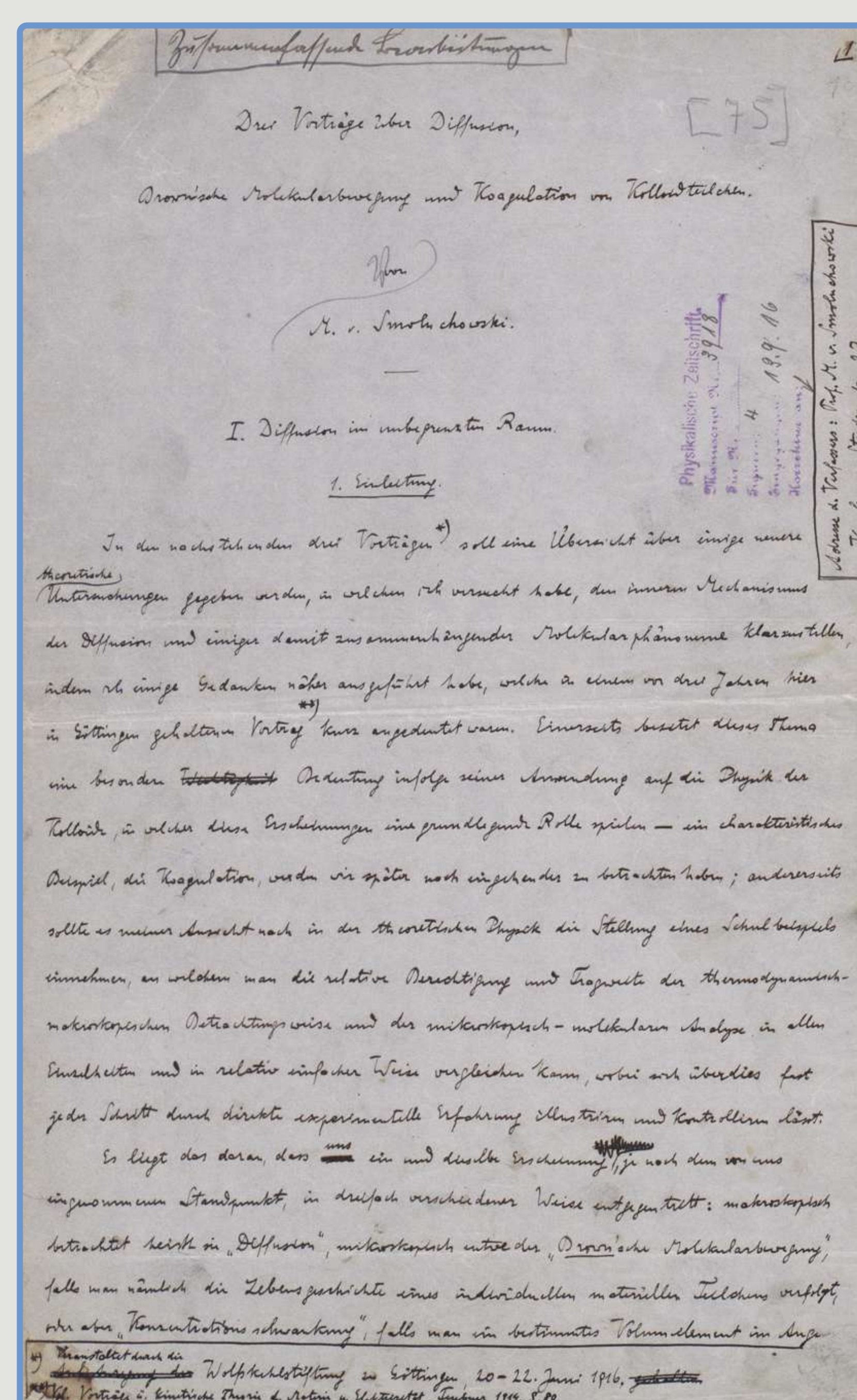
Marian Smoluchowski est né le 28 mai 1872 à Vorderbrühl (alors en Autriche-Hongrie) et est décédé le 5 septembre 1917 à Cracovie, en Pologne, à l'âge de 45 ans. Son œuvre scientifique comprend plus de 110 publications en anglais, français, allemand et polonais.

Smoluchowski est l'un des plus éminents physiciens polonais de la fin du XIXe siècle et du début du XXe siècle, et il est à l'origine des fondements de la physique moderne. En 1904, il a confirmé la possibilité d'observer des fluctuations de grandeurs physiques causées par la structure granulaire de la matière. Sur cette base, il a expliqué le phénomène du **mouvement brownien** (en parallèle avec Albert Einstein), ce qui a contribué à confirmer l'hypothèse de la structure atomistique de la matière.

Smoluchowski est l'un des co-auteurs de la **théorie cinétique de la matière**, il a été l'un des précurseurs de l'application de la théorie probabiliste et des processus aléatoires à la description des phénomènes physiques dans la science. Il a aussi été l'un des précurseurs de l'utilisation du calcul des probabilités dans l'étude des phénomènes physiques. Ses travaux ont jeté les bases de la physique statistique. Albert Einstein, entre autres, a utilisé les résultats des recherches de Smoluchowski pour formuler la théorie du mouvement chaotique des particules.

Mouvement brownien – mouvement impliquant des dichotomies et des secousses, effectué par de minuscules particules, encore visibles sous un fort grossissement, qui sont en suspension dans des liquides.

Source : M. Smoluchowski, Esquisse de la théorie cinétique du mouvement brownien et des solutions turbides. Traité de la Faculté des mathématiques et des sciences naturelles de l'Académie des arts et des sciences de Cracovie, 1906



Première page du manuscrit d'une conférence de M. Smoluchowski à Göttingen, 1916

Équation de Smoluchowski – terme utilisé de manière interchangeable pour plusieurs équations décrivant des phénomènes physiques au moyen de processus stochastiques. Actuellement, elle décrit le mouvement brownien d'une particule unique placée dans un champ de force externe.

Théorie cinétique de la matière – théorie qui explique les propriétés macroscopiques de la matière en les reliant au mouvement et à l'interaction de ses constituants microscopiques.

Source : Encyclopédie PWN

Selon le professeur A. K. Wróblewski, physicien expérimental, historien de la physique, spécialiste de la physique des particules et des hautes énergies et membre à part entière de l'Académie Polonaise des Sciences, Smoluchowski est l'un des quatre Polonais seulement à avoir fait des découvertes dignes du prix Nobel.

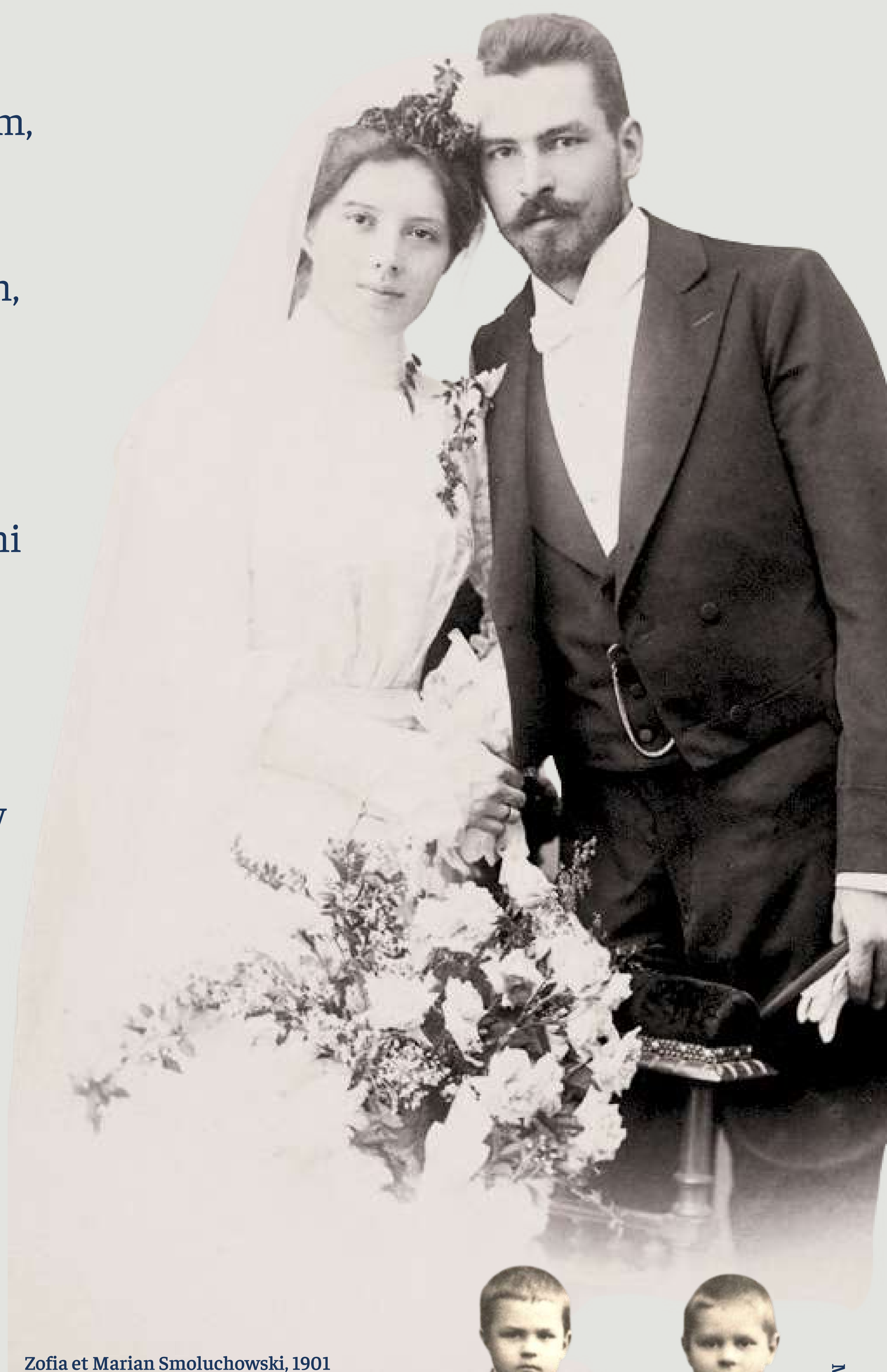


Marian Smoluchowski avec des amis dans les Hautes Tatras

La famille Smoluchowski

Marian Smoluchowski est le fils de Wilhelm, docteur en droit et travaillait comme chef du bureau des affaires polonaises à la chancellerie de l'empereur François-Joseph, et de Teofila Szczepanowska.

Sa mère, Teofila, était la petite-fille d'Antoni Popliński, philologue, pédagogue, bibliothécaire, éditeur, propriétaire d'une imprimerie et ancien directeur de la bibliothèque Raczyński de Poznań. Sa mère avait un frère et sœurs – Stanisław Szczepanowski (économiste, ingénieur, pionnier de l'industrie pétrolière, membre du Parlement autrichien et de la Diète nationale de Galice), Benigna Szczepanowska-Wolska, qui a impacté significativement l'intérêt de Marian Smoluchowski pour l'art et Maria Szczepanowska-Jarecka.



Zofia et Marian Smoluchowski, 1901

Marian avait un frère aîné de quatre ans, *Tadeusz*, qui était docteur en chimie, alpiniste, militant sportif et l'un des pionniers du ski en Pologne. Les deux frères comptaient parmi les principaux alpinistes des Alpes orientales.



Marian et Tadeusz Smoluchowski



Enfants de Zofia et Marian Smoluchowski, Aldona et Roman



Les frères Smoluchowski dans les Tatras

Le 1er juin 1901, Marian Smoluchowski a épousé *Zofia Baraniecka*, fille d'un professeur de mathématiques de l'Université Jagiellonne, avec qui il a eu deux enfants, *Aldona* (née en 1902) et *Roman* (né en 1910).

L'époque de son mariage a été la période la plus heureuse de la vie du scientifique, comme en témoignent ses travaux scientifiques. C'est à cette époque qu'il a formulé et développé ses théories scientifiques les plus importantes.

Marian Smoluchowski a été très soutenu par sa femme dans son travail scientifique. Zofia aidait notamment son mari à relire ses articles.



Avoue qu'au cours de ces sept années, nous avons bu tant de vrai bonheur qu'il est très rare qu'il soit destiné à quelqu'un, même au cours d'une vie plus longue

— Marian Smoluchowski dans une lettre à sa femme, 1908



Études et premières œuvres

En 1880, Marian Smoluchowski a commencé ses études dans la prestigieuse école privée Collegium Theresianum (Vienne, Autriche), où le professeur *Alois Höfler* a éveillé en lui une passion pour la physique. Après avoir terminé ses études en 1890, il a commencé des études de physique à l'Université de Vienne, où, le 15 mai 1895, il a obtenu le titre de docteur en sciences physiques avec la plus haute distinction.

De novembre 1896 à août 1897, Smoluchowski a entrepris un voyage scientifique, durant lequel il a étudié auprès de scientifiques éminents.

À Paris, sous la direction de *Gabriel Lippmann*, Smoluchowski a approfondi les lois de Kirchhoff-Clausius.

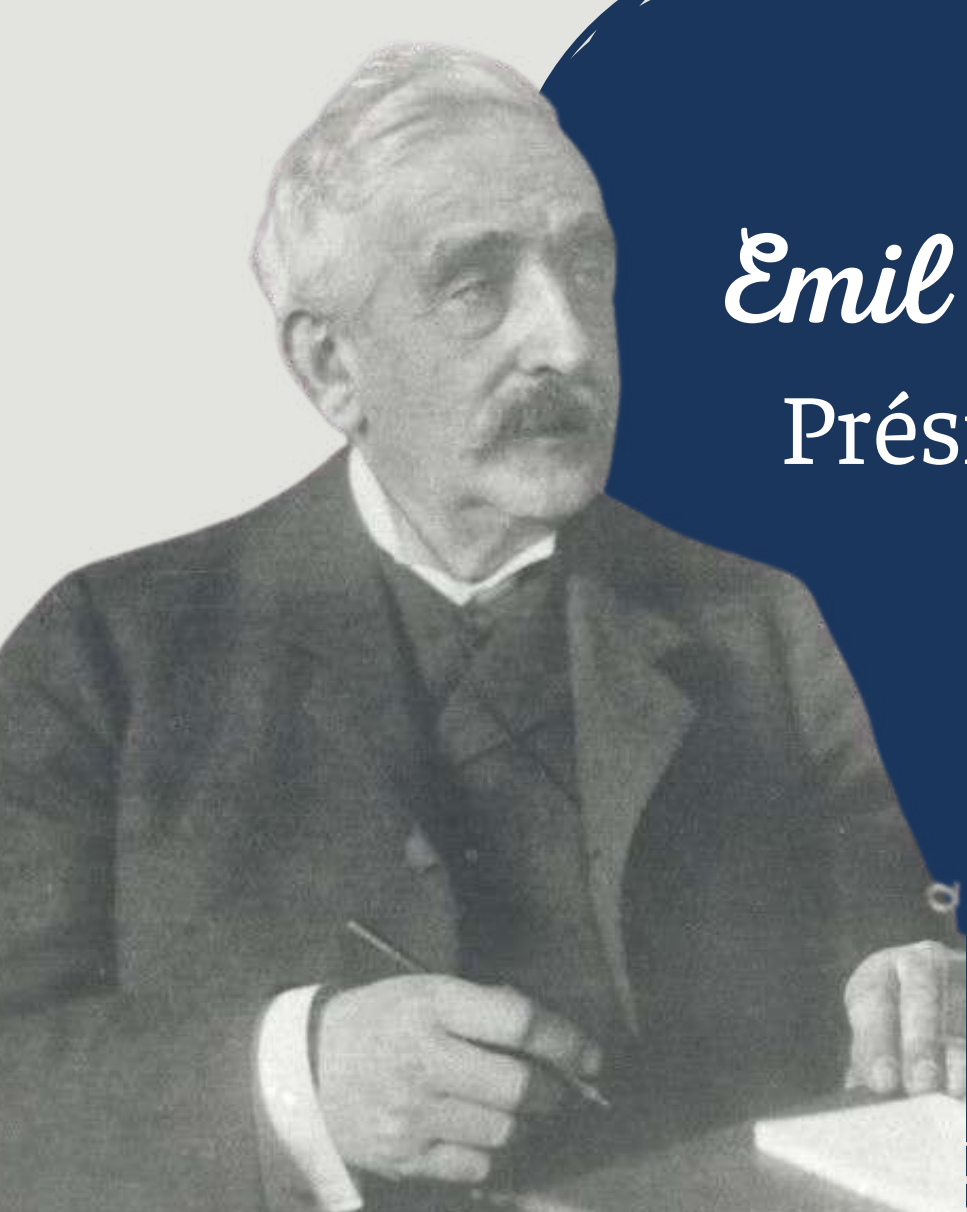
À Glasgow, dans le laboratoire de *Lord Kelvin*, il a participé à des recherches sur la conductivité électrique des gaz ionisés provoquée par les rayons Roentgen.

À Berlin, dans le laboratoire d'*Emil Warburg*, Smoluchowski a mené des recherches, notamment sur l'état de polarisation.

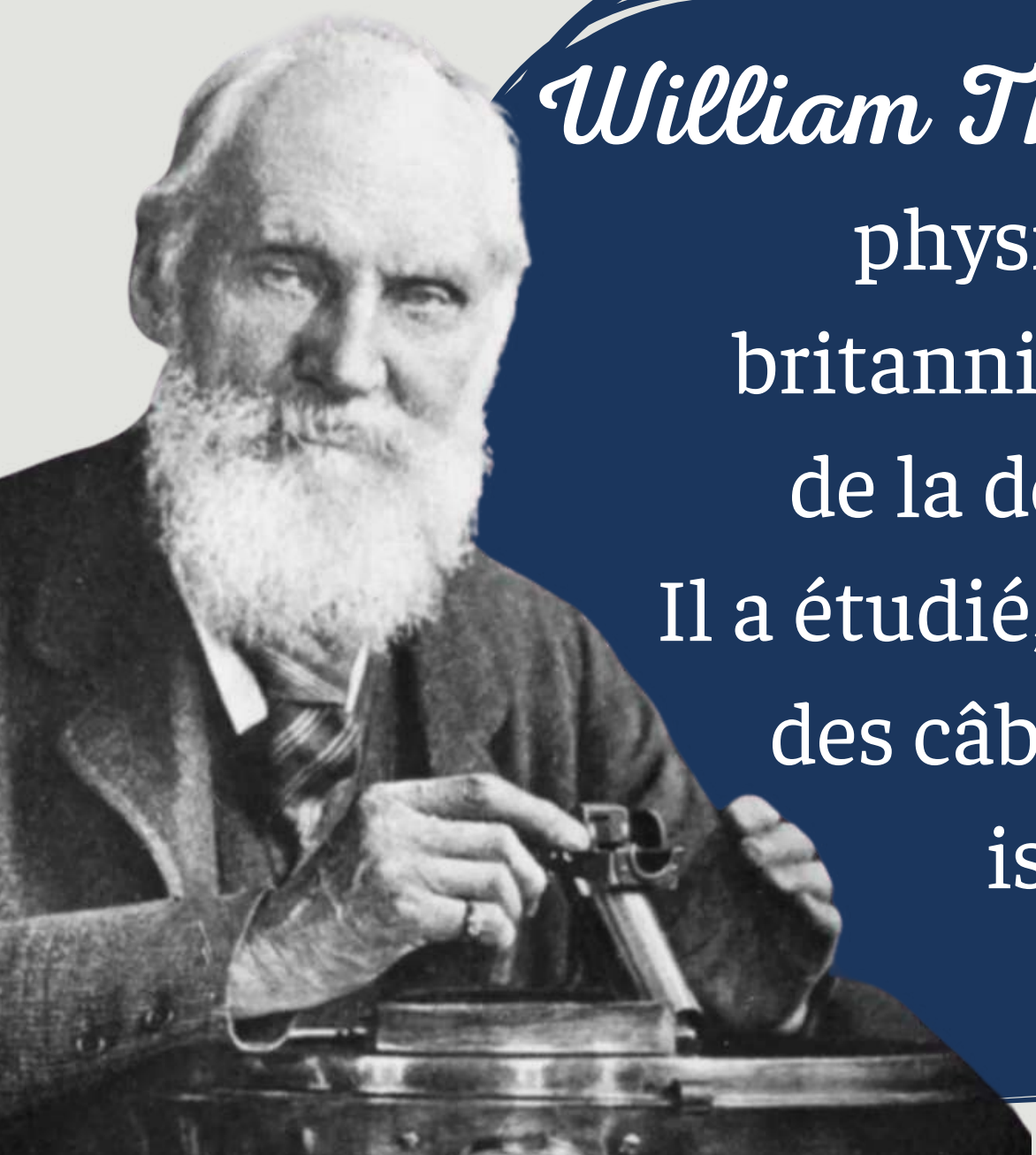
Les travaux dans chaque laboratoire ont été couronnés par la publication d'articles scientifiques.



Gabriel Lippmann – 1845-1921, physicien français, membre de l'Académie française des sciences. Il a été le premier à décrire les phénomènes électrocapillaires (1873). Lauréat du prix Nobel de physique (1908) pour le développement d'une méthode de reproduction des couleurs basée sur le phénomène d'interférence de la lumière.



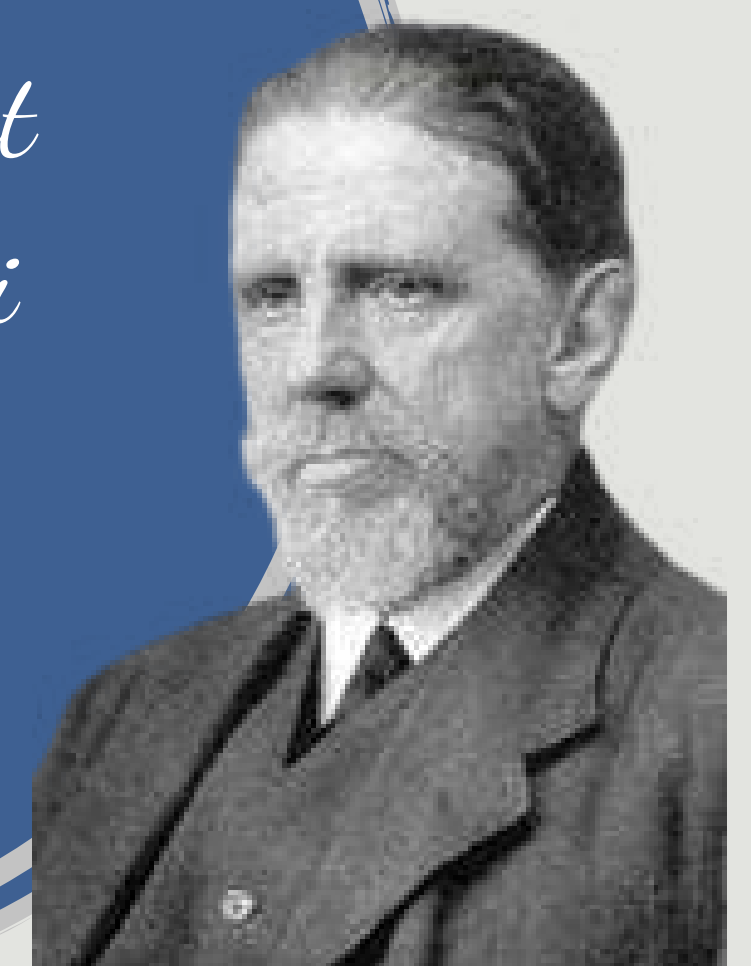
Emil Warburg – 1846-1931, physicien allemand. Président de la Société allemande de physique de 1899 à 1905. Découvreur de l'effet magnétocalorique dans le fer (1881).



William Thomson (Lord Kelvin) – 1824-1907, physicien, mathématicien et naturaliste britannique. Il a formulé sa propre explication de la deuxième loi de la thermodynamique. Il a étudié, entre autres, l'électricité et l'application des câbles sous-marins. Avec J. W. Strutt, il a isolé l'argon (Ar), un gaz inconnu à l'époque.



Hasenöhrl est mon meilleur élève. Smoluchowski est le meilleur parmi les meilleurs.
– Alois Höfler



En août 1897, déjà reconnu comme un savant, Smoluchowski est revenu à Vienne. En 1898, il a obtenu l'habilitation universitaire à l'Université de Vienne. En 1899, à l'invitation des autorités de l'Université de Lviv, Smoluchowski s'est installé à Lviv, où il a occupé le poste de professeur, puis a pris la direction de la chaire de physique théorique, devenant ainsi *le plus jeune professeur de la Monarchie austro-hongroise*.

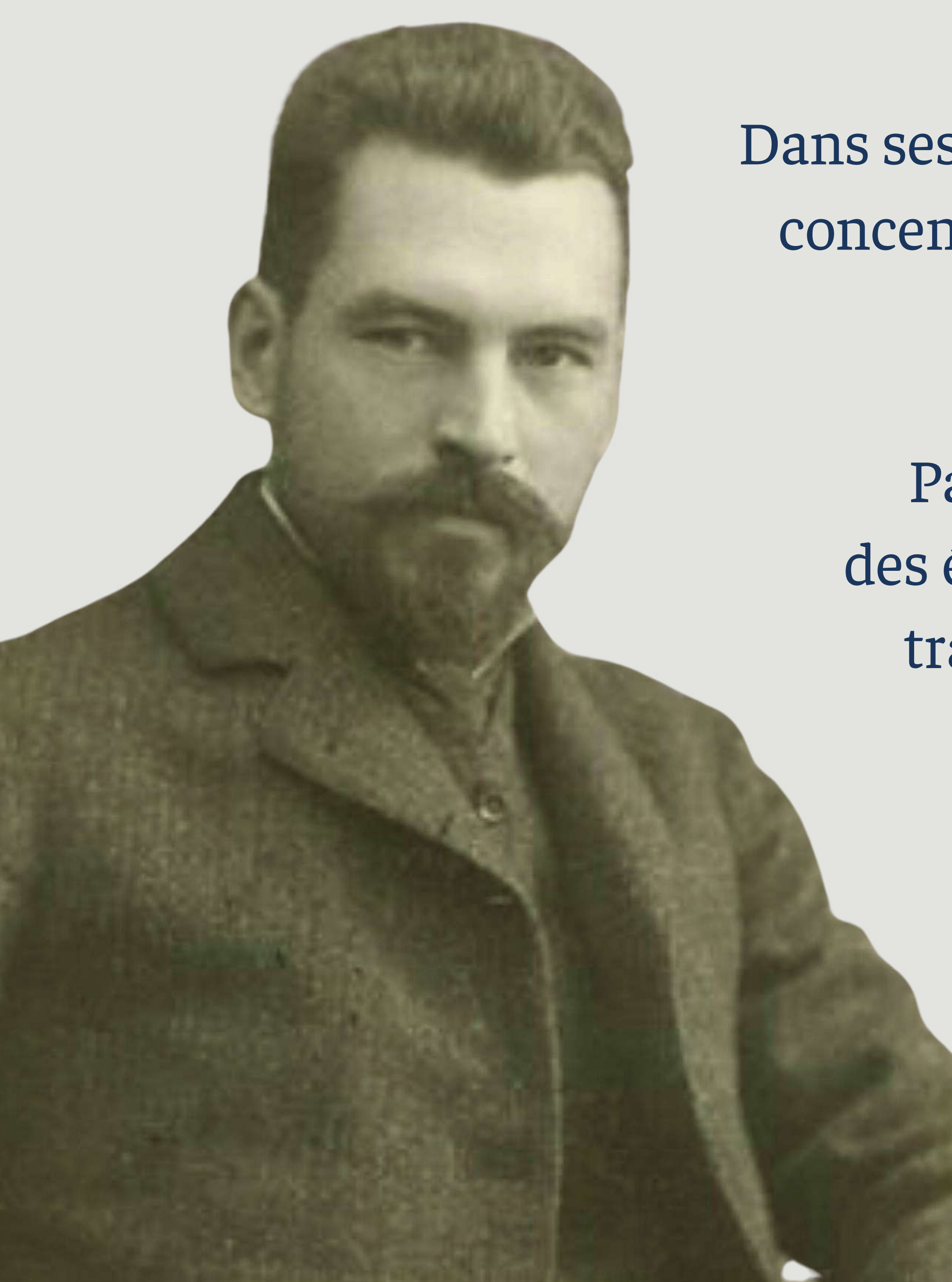


Lois de Kirchhoff-Clausius – concernent la dépendance du rayonnement thermique du milieu dans lequel le corps rayonnant est immergé.

Source : Bibliothèque numérique de l'Université Jagellonne



Recherches parallèles Smoluchowski- Einstein



Dans ses recherches, Marian Smoluchowski s'est principalement concentré sur la théorie cinétique des gaz et sur la conception atomistique de la matière.

Parallèlement à Albert Einstein, Smoluchowski a mené des études sur les mouvements browniens. Dans leurs travaux, publiés respectivement en 1905 et 1906, les scientifiques ont démontré que les mouvements désordonnés des molécules en suspension dans un liquide résultent de leur bombardement par les particules du liquide. La grandeur physique à déterminer expérimentalement est le déplacement quadratique moyen d'une particule dans une direction donnée.



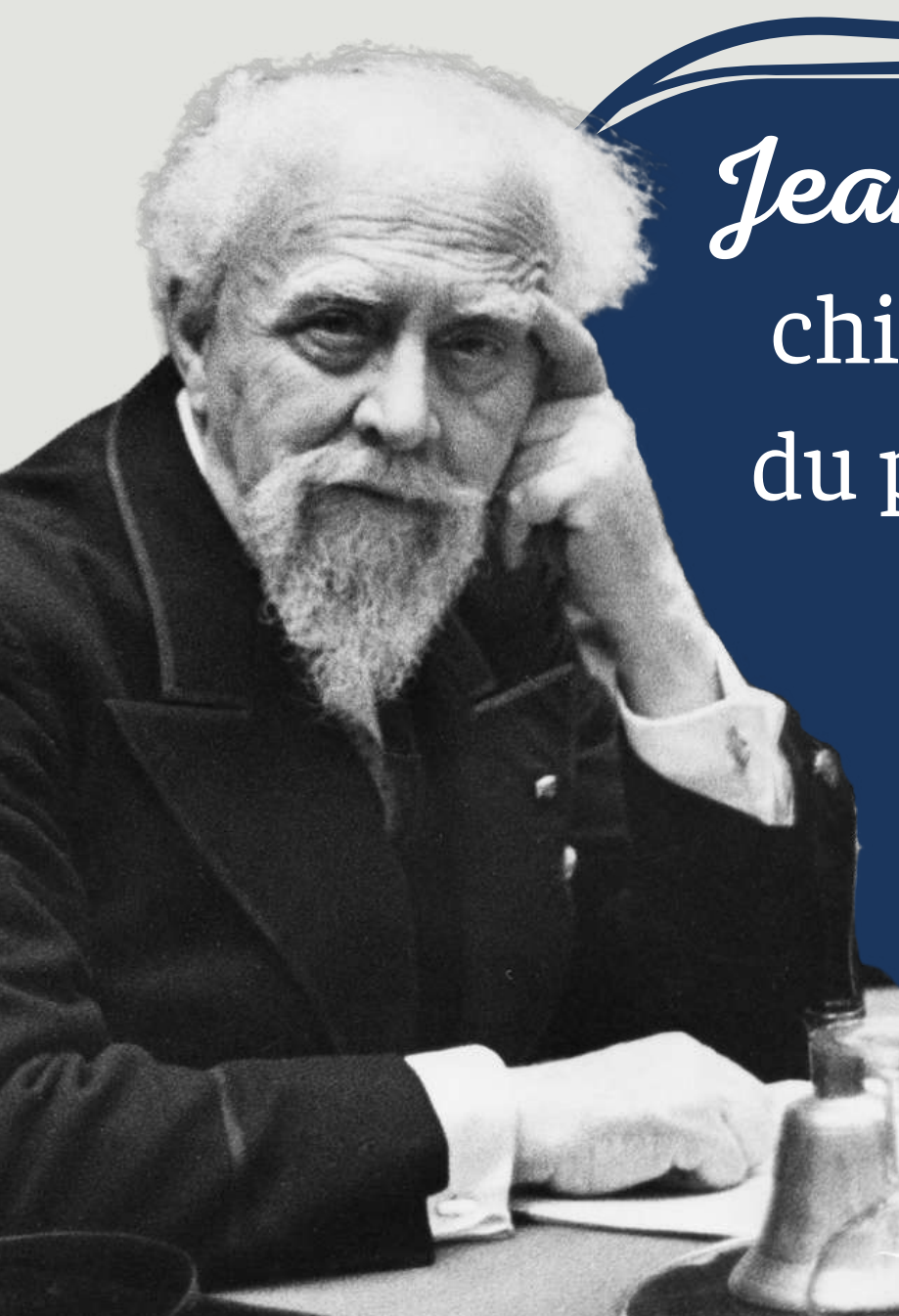
Smoluchowski et Einstein ont prouvé, en utilisant des méthodes différentes, que cette grandeur physique est liée au nombre d'Avogadro et à la température du liquide. Aujourd'hui, la relation décrivant les caractéristiques quantitatives des mouvements browniens est connue sous le nom d'équation d'Einstein-Smoluchowski.

*Le destin a trop tôt interrompu son activité
inspirée en tant que chercheur et enseignant...
tenons haut son exemple et son œuvre.
– Albert Einstein après la mort de Marian Smoluchowski*

Les recherches de Smoluchowski suscitaient l'intérêt des scientifiques du monde entier.

Le physicien français **J. B. Perrin** a poursuivi les recherches sur les mouvements désordonnés des molécules en suspension dans un liquide, en vérifiant quantitativement *l'équation d'Einstein-Smoluchowski*.

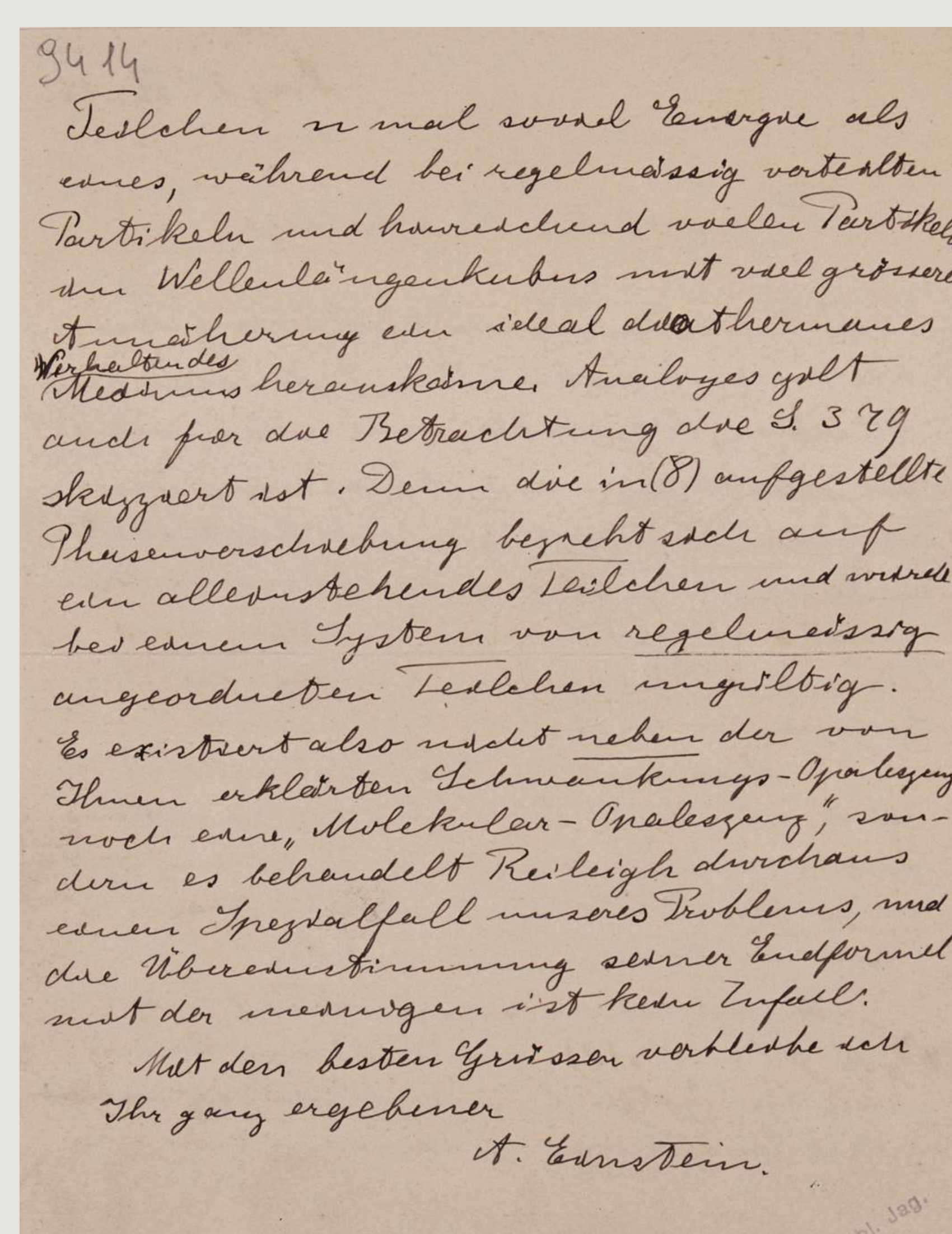
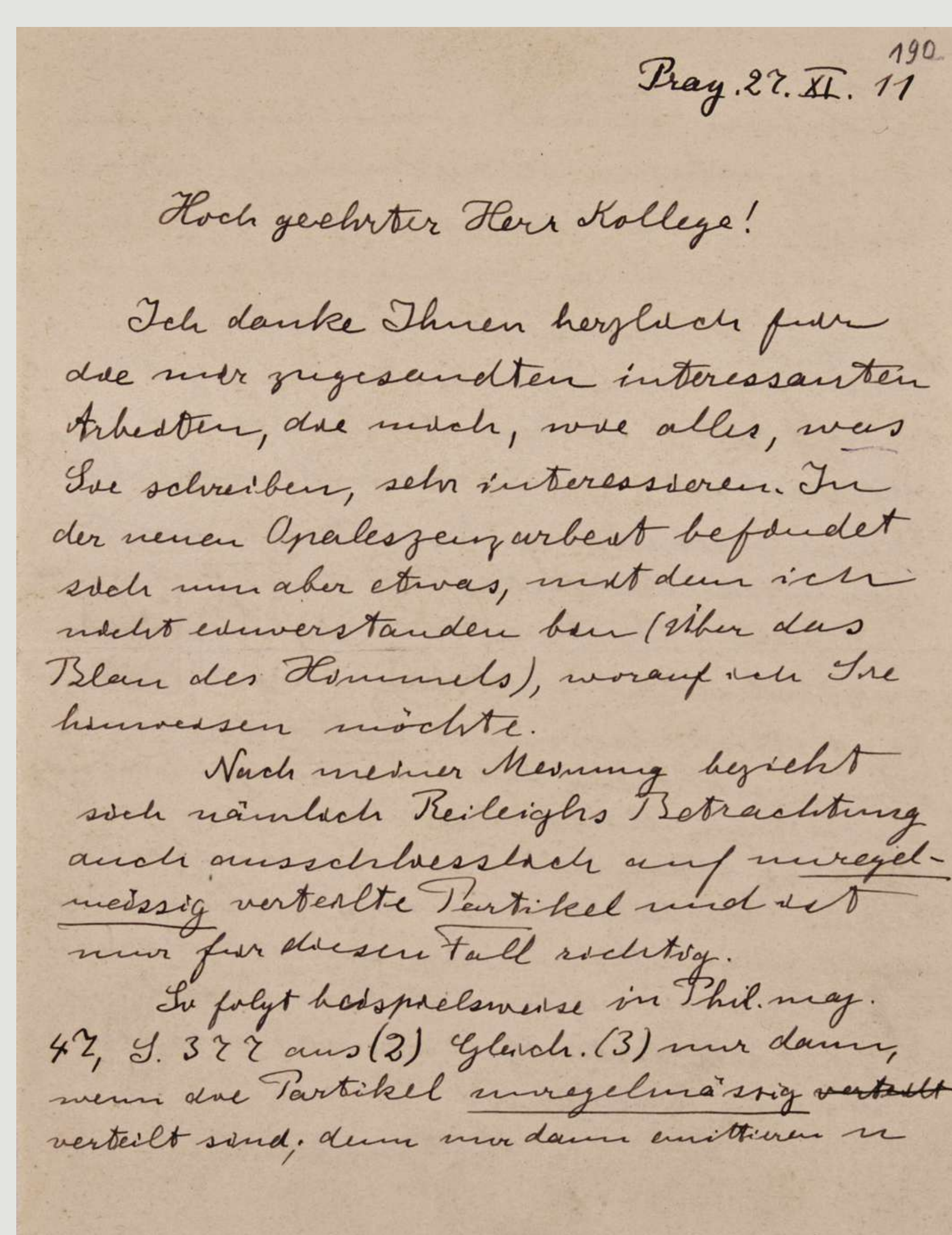
Les expériences sur l'hétérogénéité de la distribution des particules dans les solutions colloïdales ont également été menées par R. Zsigmondy et T. Svedberg, qui ont confirmé les formules introduites par Smoluchowski.



Jean Baptiste Perrin – 1870-1942, physicien, chimiste et homme politique français, lauréat du prix Nobel de physique pour ses travaux sur la structure discontinue de la matière et sa découverte de l'équilibre dans les processus de dépôt.
Président de l'Académie des sciences en 1936.

Équation d'Einstein-Smoluchowski – une relation entre le coefficient de diffusion D et la distance λ qu'une particule peut parcourir en diffusant dans un temps τ . L'équation, qui est
$$D = \lambda^2 / 2\tau$$
,
établit un lien entre les détails microscopiques de la diffusion des particules et les quantités macroscopiques associées à la diffusion, telles que la viscosité.

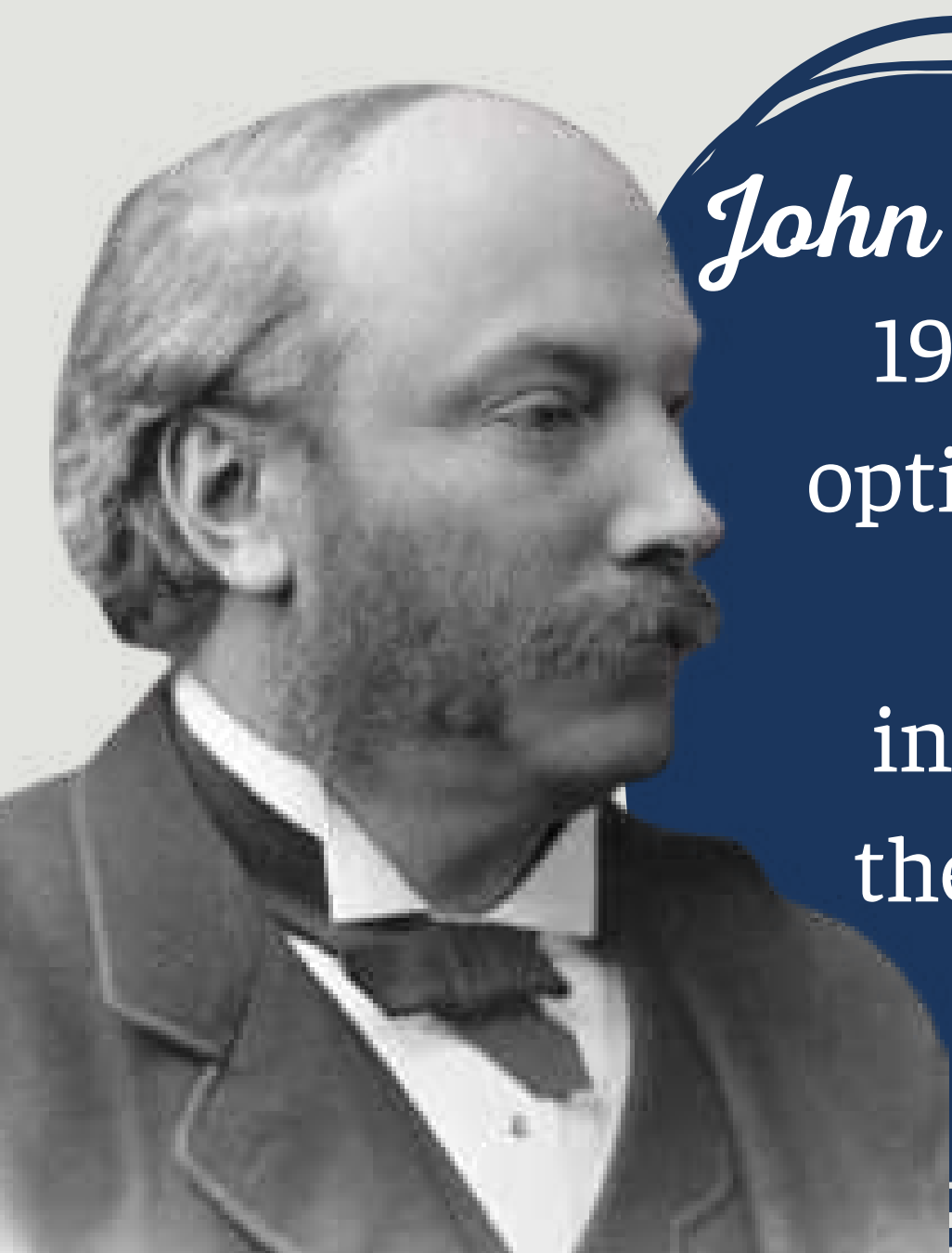
Source : Oxford University Press



Lettre d'Albert Einstein à Marian Smoluchowski, 27 novembre 1911

Pourquoi le ciel est-il bleu ?

En 1871, John William Strutt (Lord Rayleigh) a apporté une réponse à la question « *Pourquoi le ciel est-il bleu ?* ». Et Marian Smoluchowski a également contribué à résoudre cette énigme.



John William Strutt (Lord Rayleigh) – 1842-1919, British physicist, pioneer in acoustics and optics, the basis of the theory of wave propagation in fluids. Winner of the Nobel Prize (1904) in Physics for his research into the densities of the major gases, resulting in the discovery, with W. Thomson, of argon (Ar).

En 1904, Smoluchowski a confirmé la possibilité d'observer des *fluctuations* de grandeurs physiques causées par la structure granulaire de la matière, ce qui a aidé à faire accepter par la communauté scientifique et académique l'existence des atomes.

Lord Rayleigh a expliqué le phénomène de la couleur bleue du ciel comme un effet de la diffusion de la lumière par des particules en suspension dans l'air, proportionnellement inverse à la quatrième puissance de la longueur d'onde de la lumière. Cela signifie que la lumière bleue est diffusée plus intensément que la lumière rouge, ce qui donne au ciel sa couleur bleue.

Fluctuation – variations aléatoires d'une grandeur par rapport à sa valeur moyenne

Source : Plateforme Éducative Intégrée du Ministère de l'Éducation Nationale

Smoluchowski a initialement entrepris des recherches sur le phénomène de l'*opalescence* dans des conditions critiques, aboutissant à une théorie originale. Selon la théorie de Smoluchowski, lorsqu'un rayon de lumière traverse un gaz inhomogène (en raison du mouvement des molécules), il est visible en raison de la diffusion latérale de la lumière. Avec des particules très petites en suspension, la lumière diffusée prend une teinte bleue.

Przyczynę 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 alleinigen 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 binstren 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).

Page de titre d'une publication de Marian Smoluchowski présentant la théorie de l'opalescence critique, 1911

Opalescence – diffusion de la lumière dans des milieux troubles, causée par la réflexion des rayons lumineux sur les particules de la phase dispersée, et dans les liquides sans suspensions, due aux fluctuations de densité.

Source: PWN Encyclopedia

Les passions non scientifiques de Marian Smoluchowski étaient la littérature, l'art, la musique et la peinture. Au cours de ses voyages en montagne et de ses vacances, il a réalisé de nombreuses aquarelles.

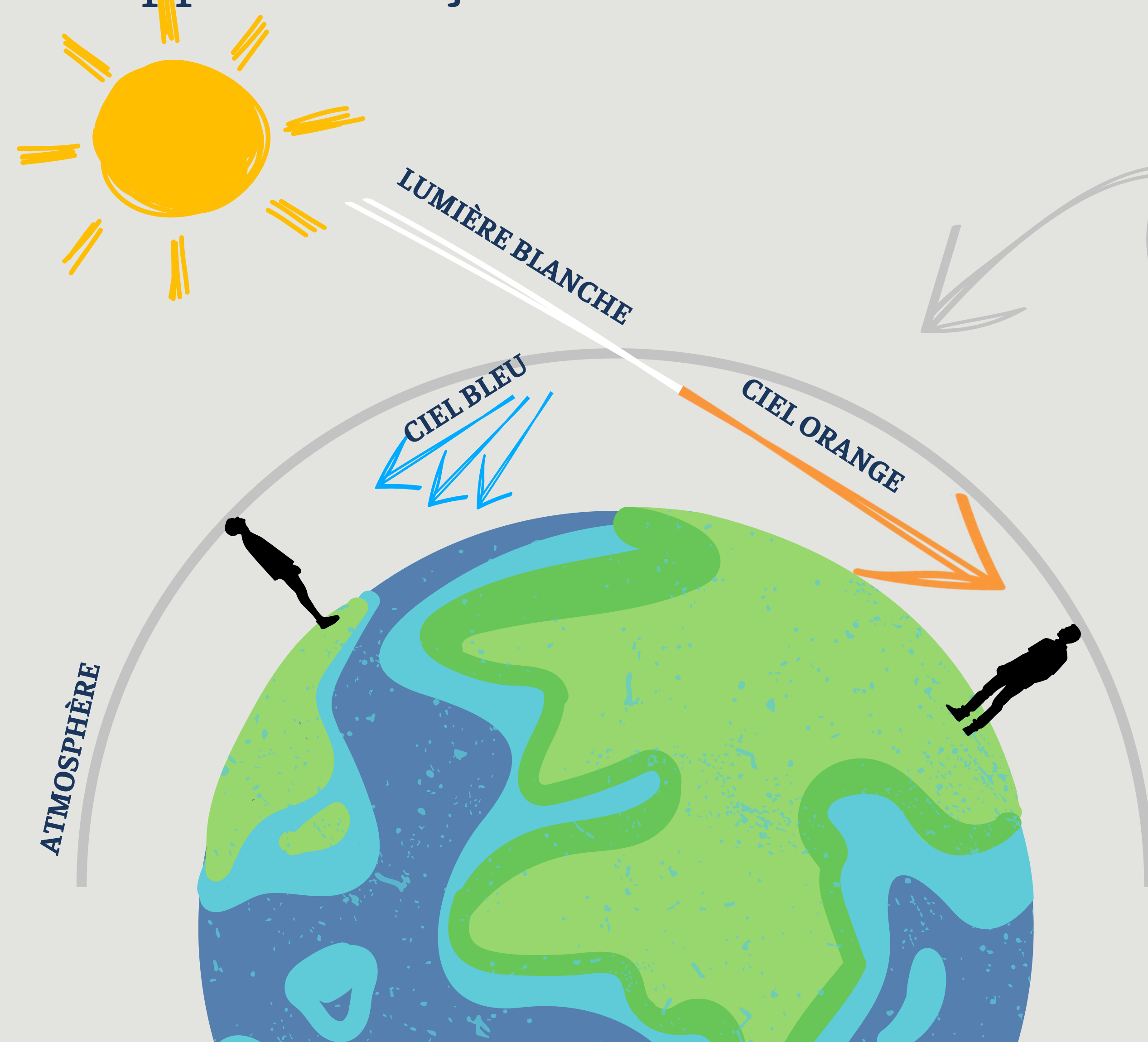
Le tableau contient un fragment d'une des aquarelles peintes par M. Smoluchowski lors de son séjour à Hel (Pologne) en 1924.



Pourquoi le ciel est-il bleu ? - recherches expérimentales

Smoluchowski a ensuite expliqué la *théorie de la couleur bleue du ciel*, indirectement à partir des fluctuations de densité des molécules de gaz et directement à partir de l'opalescence près de l'état critique. Lors de l'analyse de l'opalescence dans des conditions ordinaires, il a démontré que la diffusion de la lumière par les fluctuations de densité conduit à une description mathématique convergente avec celle de Rayleigh.

Smoluchowski a créé un dispositif pour répondre de manière aussi détaillée que possible à la question *Pourquoi le ciel est-il bleu ?*. Ce dispositif consistait en un tube métallique divisé en plusieurs compartiments, recouvert à l'intérieur d'un mélange de suie et de glycérine. Des lentilles et des diaphragmes étaient disposés de manière à concentrer la lumière d'une lampe à arc à l'intérieur du tube. Grâce à une fenêtre percée dans la paroi, Smoluchowski pouvait observer la lumière diffractée à un angle droit par rapport au trajet du faisceau initial.



Diffusion de Rayleigh – processus dans lequel les courtes longueurs d'onde de la lumière solaire (bleue) sont diffusées plus fortement que les autres par l'atmosphère terrestre. Lorsque le soleil se déplace dans le ciel, l'angle d'incidence change, ce qui affecte les couleurs du ciel : des bleus intenses à midi aux nuances chaudes de rouge au lever et au coucher du soleil.

Source: ecovibes

De plus, le scientifique a créé un dispositif de purification du gaz ainsi qu'un condensateur cylindrique pour éliminer les ions. L'air non filtré, en raison de sa diffusion par les particules de poussière en suspension, émettait une lumière latérale relativement intense, tandis que l'air purifié émettait une lumière polarisée avec une faible opalescence bleuâtre.

Ces travaux ont été les dernières recherches expérimentales de Smoluchowski.

Cependant, chacun de nous l'a observé (le phénomène d'opalescence) une infinité de fois, en admirant le bleu du ciel ou la lueur du soleil levant. Si l'air était un milieu totalement transparent et homogène, le ciel devrait aussi être noir en plein jour et c'est seulement parce qu'il est jusqu'à un certain point un milieu trouble que le ciel doit sa luminosité et sa couleur bleue... Le bleu du ciel, pour quiconque sait lire dans le livre de la nature, est une preuve évidente de la validité de l'atomistique, car il prouve que l'air a une structure granulaire.

– Marian Smoluchowski lors d'une séance de l'Académie Polonaise des Sciences, 1911

Passionné par l'alpinisme et l'escalade

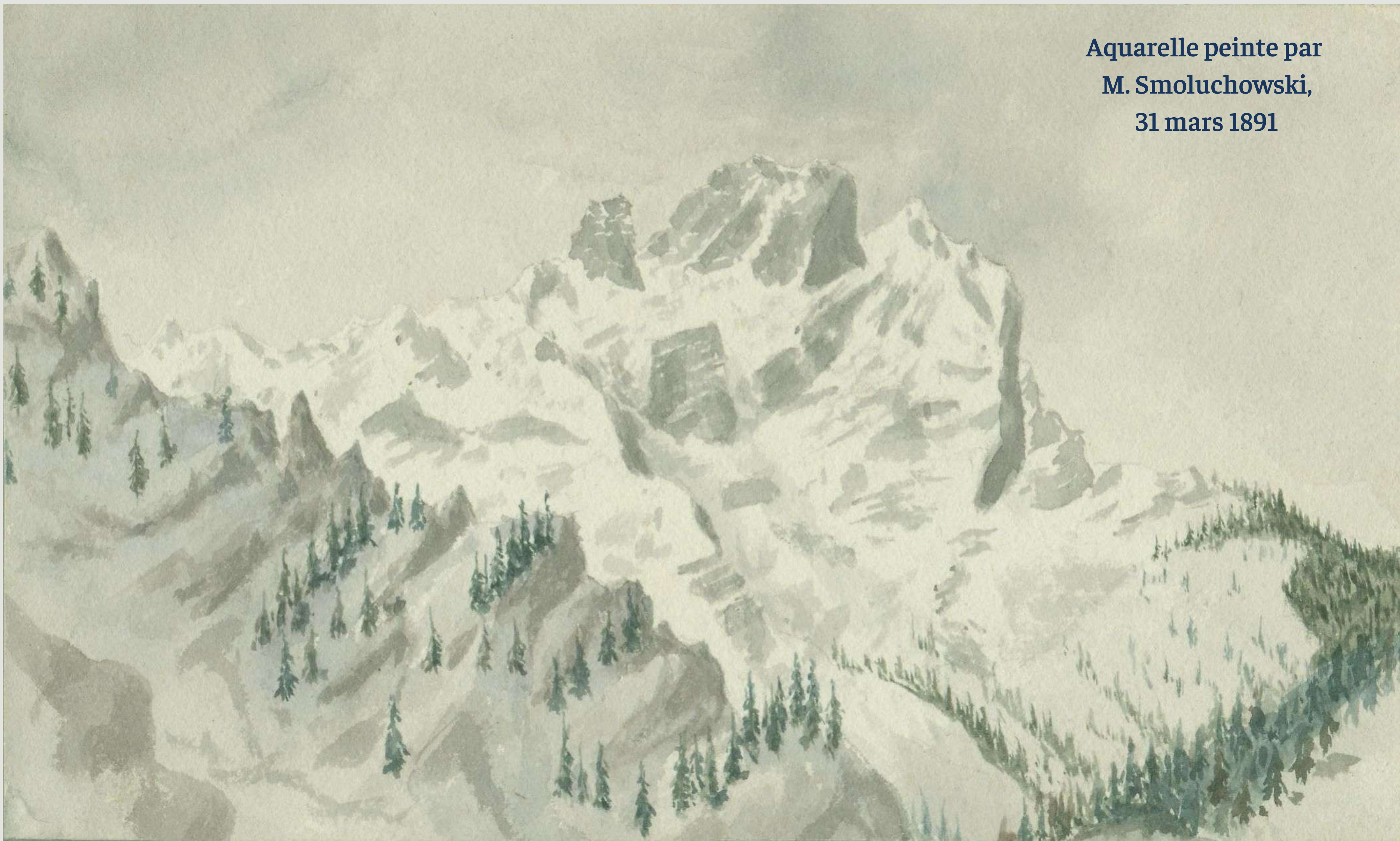
Marian Smoluchowski, avec son frère Tadeusz, était parmi des *meilleurs alpinistes européens*, pour lesquels il a été maintes fois récompensé.

Au cours de leurs nombreuses années d'escalade, principalement en hiver, de novembre à mars, les frères ont emprunté ensemble des itinéraires de différents niveaux de difficulté, indépendamment de la saison. Souvent, leurs ascensions aboutissaient à la *découverte de nouveaux chemins et voies*.

En seulement trois ans (1891-1893) ils ont découvert un total de *24 nouvelles routes d'escalade* et ont effectué *16 premières ascensions sur des sommets alors inconnus*. Déjà entre 1891 et 1894, Marian et Tadeusz Smoluchowski étaient comptés parmi les *meilleurs alpinistes à l'échelle mondiale*. Les frères avaient une prédilection particulière pour les ascensions dans les Dolomites (Alpes italiennes).

À partir de 1909, Marian Smoluchowski se rendait dans les Tatras (Pologne). Il commençait par des excursions de ski, principalement dans les Tatras Occidentales, puis également des escalades.

Marian Smoluchowski a occupé de nombreuses fonctions liées à sa passion pour la montagne, notamment en tant que président et membre du conseil de la Société des naturalistes Copernic ainsi que président de la section touristique de la Société des Tatras.



Exemples de sommets de montagne conquis par Marian Smoluchowski entre 1891 et 1893

Date de l'escalade	Le sommet et la hauteur	Chaîne de montagnes
27 juillet 1892	Laaser Spitze, 3303 m	Alpes rhétiques Italie
27 juillet 1892	Schluderspitze, 3230 m	Alpes rhétiques Italie
18 août 1892	Piz Ciavazes, 2828 m	Dolomites Italie
29 août 1892	Nördliche Gabelspitze, 3076 m	Hohe Tauern Autriche
5 Septembre 1893	Fünffingerspitze, 2996 m	Dolomites Italie

Autorité dans le monde scientifique

Au cours de l'année académique 1916/1917, Smoluchowski a occupé le poste de *doyen de la Faculté de philosophie de l'Université Jagellon* et *membre du comité organisateur de l'Académie des mines* (Cracovie).

Lorsque l'Université de Varsovie, en reconstruction, a lui proposé le poste de professeur de physique théorique avec une perspective de promotion à la tête de l'institut en création, le sénat de l'Université Jagellon, désireux de garder le scientifique en son sein, a lui offerte le poste de recteur pour l'année académique 1917/1918. Smoluchowski a accepté la proposition de l'Université Jagellon.

Smoluchowski *est décédé le 5 septembre 1917* des suites de la dysenterie, un mois avant d'assumer le poste de recteur de l'Université Jagellon.

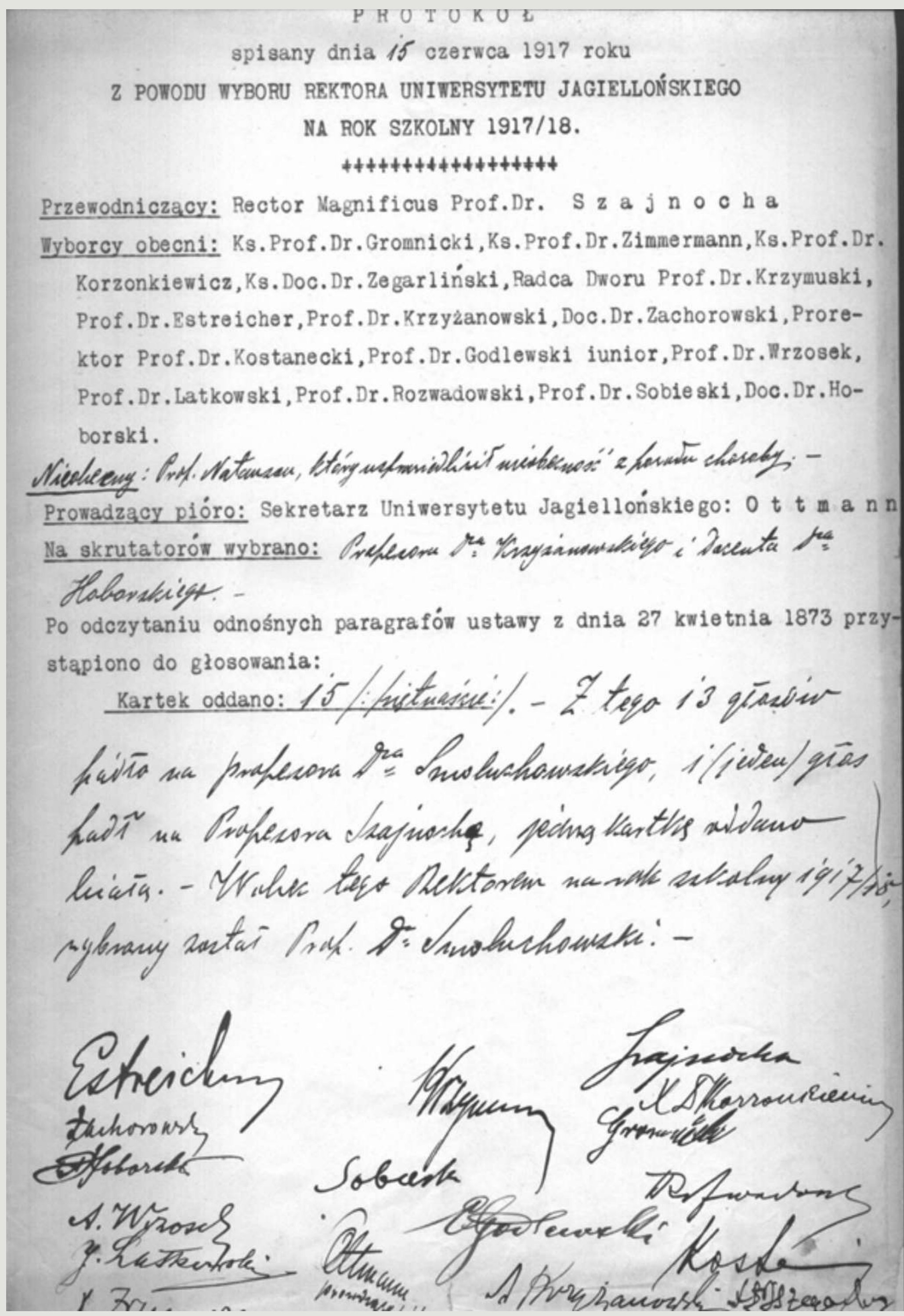
Dans les années 1920, *trois Prix Nobel* ont été attribués directement liés aux recherches de Smoluchowski. Les lauréats étaient :

R. A. Zsigmondy (1926, chimie), *T. Svedberg* (1926, chimie) et *J. B. Perrin* (1927, physique).

Il n'est donc pas exclu que si Smoluchowski n'était pas décédé prématurément, il ait également été nommé ou récompensé pour ses réalisations scientifiques.

Reconnaisances sélectionnées :

- **1901** : titre de docteur *honoris causa* de la Faculté de droit de l'Université de Glasgow
- **1908** : Prix Ludwig Haitinger pour ses travaux sur la théorie des mouvements browniens, les fluctuations de densité et l'opalescence (Académie autrichienne des sciences)
- **1936** : Croix de Commandeur de l'Ordre Polonia Restituta (à titre posthume)
- depuis **1965** : la Société polonaise de physique décerne la Médaille Marian Smoluchowski
- **1970** : par décision de l'Union astronomique internationale, un cratère de la Lune a été nommé « Smoluchowski »
- depuis **1986** : Gesellschaft für Aerosolforschung décerne le Prix Smoluchowski
- depuis **1988** : la Société polonaise de physique et la Deutsche Physikalische Gesellschaft décernent conjointement le Prix Marian Smoluchowski–Emil Warburg



Protocole relatif à l'élection de Marian Smoluchowski en tant que recteur de l'Université Jagellon pour l'année académique 1917/1918



Collegium Witkowski, 13 rue Golebia, Cracovie (Pologne), 1912. Le bâtiment a été construit dans l'intention d'être utilisé comme faculté de physique de l'université Jagiellonian. Aujourd'hui, il accueille l'Institut d'histoire de l'Université Jagellon.

Sources :

- 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/

Photos :

- 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

Compilation de contenu et création graphique :
Karolina Siekierka

Traduction :
Joanna Borkowska

Académie Polonaise des Sciences Centre Scientifique à Paris