

## OPEN ACCESS

DOI: 10.25040/ntsh2021.01.18

### Для листування:

вул. Пекарська, 69, Львів, Україна,  
79010 Україна  
Е-пошта: uljaska.p@gmail.com

Стаття надійшла: 9.04.2021

Прийнята до друку: 29.04.2021

Опублікована онлайн: 29.06.2021



© Уляна Підвальна,  
Роман Пляцко,  
Василь Лончина, 2021

### ORCID IDs

Uliana Pidvalna,  
<https://orcid.org/0000-0001-7360-8111>

Roman Plyatsko,  
<https://orcid.org/0000-0003-3081-2774>

Vassyl Lonchyna,  
<https://orcid.org/0000-0002-9020-7181>

**Конфлікт інтересів:** Автори декларують, що немає конфлікту інтересів.

### Особистий внесок авторів:

*Концепція:* Уляна Підвальна, Роман Пляцко  
*Написання статті:* Уляна Підвальна, Роман Пляцко

*Редагування та затвердження остаточного варіанту статті:* Уляна Підвальна, Роман Пляцко, Василь Лончина

**Фінансування.** Автори декларують відсутність фінансового зацікавлення у підготовці цієї статті

## Іван Пулюй та відкриття X-променів

Уляна Підвальна<sup>1</sup>, Роман Пляцко<sup>2</sup>, Василь Лончина<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Львів, Україна

<sup>2</sup> Інститут прикладних проблем механіки і математики імені Я. С. Підстригача НАН України, Львів, Україна

<sup>3</sup> Медична школа Пріцкер Університету Чикаго, Чикаго, США

<sup>4</sup> Український католицький університет, Львів, Україна

5 січня 1896 р. австрійська газета «Die Presse» опублікувала статтю під заголовком «Сенсаційне відкриття» про винайдення 8 листопада 1895 року X-променів німецького фізика Вільгельма Конрада Рентгена. Передумовою епохального неочікуваного відкриття були напрацювання інших учених, передусім українця Івана Пулюя. Саме Пулюй першим заклав підґрунтя науки про X-промені. Він пояснив їхню природу і відкрив здатність йонізувати атоми та молекули, визначив місце утворення і просторовий розподіл променів. 1881 року І. Пулюй сконструював катодну лампу («трубку Пулюя») як принципово новий тип джерела світла, за яку того ж року одержав нагороду під час Міжнародної виставки в Парижі. Досліджуючи процеси у катодно-променевих трубках, Іван Пулюй заклав підґрунтя одразу для двох переломних відкриттів у фізиці: X-променів та електрона.

І. Пулюй продемонстрував найвищу на той час ефективність використання своєї катодної лампи в медицині як джерела інтенсивних X-променів. Додатково невідома дата перших отриманих ним X-променевих зображень. Задokumentовано високої якості знімки кисті одинадцятирічної дівчинки, зроблені 18 січня 1896 р. На X-променевих зображеннях І. Пулюй чітко візуалізував патологічні зміни досліджених структур: переломи, кісткові мозолі, туберкульозне ураження кісток. Високу якість зображень забезпечив уперше у світовій науці застосований антикатод в конструкції Пулюєвої лампи. Отримане зображення цілого скелету мертворожденної дитини, опубліковане 3 квітня 1896 р. в журналі «The Photogram», вважається зачатком використання X-променів в анатомії.

**Ключові слова:** X-промені, І. Пулюй, В. К. Рентген, лампа Пулюя, катодні промені, рентгенівські промені.

## Ivan Puluj and the discovery of X-rays

Uliana Pidvalna<sup>1</sup>, Roman Plyatsko<sup>2</sup>, Vassyl Lonchyna<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics  
and Mathematics of the National Academy of Sciences of  
Ukraine, Lviv, Ukraine

<sup>3</sup> University of Chicago Pritzker School of Medicine, Chicago,  
United States

<sup>4</sup> Ukrainian Catholic University, Lviv, Ukraine

On January 5, 1896, the Austrian newspaper *Die Presse* published an article entitled «A Sensational Discovery». It was dedicated to the discovery of X-rays made on November 8, 1895 by the German physicist Wilhelm Conrad Röntgen. Having taken into account the contribution of other scientists, the precondition of the given epochal, yet unexpected, discovery was, first and foremost, the work of the Ukrainian scientist Ivan Puluj. It was Puluj who laid the foundation for X-ray science. He explained the nature of X-rays, discovered that they can ionize atoms and molecules, and defined the place of X-ray emergence and their distribution in space. In 1881, Puluj constructed a cathode lamp («Puluj's tube») which was fundamentally a new type of light source. In the same year, in recognition of this discovery, Puluj received an award at the International Exhibition in Paris. Investigating the processes in cathode-ray tubes, Ivan Puluj set the stage for two ground-breaking discoveries in physics, namely X-rays and electrons.

Puluj used his cathode lamp in medicine as a source of intense X-rays which proved to be highly efficient. The exact date of the first X-ray images received by Puluj remains unknown. High-quality photographs of the hand of an eleven-year-old girl, taken on January 18, 1896, are preserved. Multiple X-ray images clearly visualized pathological changes in the examined structures (fractures, calluses, tuberculous bone lesions). High-quality images were obtained by means of the anticathode in the design of Puluj's lamp, which was the first in the world. The image of the whole skeleton of a stillborn child (published on April 3, 1896 in *The Photogram*) is considered to be the starting point of using X-rays in anatomy.

**Keywords:** X-rays, Ivan Puluj, Johann Puluj, Röntgen, Puluj's lamp, cathode rays.

## OPEN ACCESS

DOI: 10.25040/ntsh2021.01.18

### For correspondence:

69 Pekarska Str, Lviv, 79010, Ukraine  
E-пoштa: uljaska.p@gmail.com

**Received:** Apr, 9, 2021

**Accepted:** Apr, 29, 2021

**Published online:** June, 29, 2021



© Uliana Pidvalna,  
Roman Plyatsko,  
Vassyl Lonchyna, 2021

### ORCID IDs

Uliana Pidvalna,  
<https://orcid.org/0000-0001-7360-8111>

Roman Plyatsko,  
<https://orcid.org/0000-0003-3081-2774>

Vassyl Lonchyna,  
<https://orcid.org/0000-0002-9020-7181>

**Disclosures.** The authors declared no conflict of interest

### Authors Contributions:

*Conceptualization:* Uliana Pidvalna, Roman Plyatsko

*Writing original draft:* Uliana Pidvalna, Roman Plyatsko

*Writing review and editing:* Uliana Pidvalna, Roman Plyatsko, Vassyl Lonchyna

### Funding.

The authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

8 листопада 1895 року німецький фізик Вільгельм Конрад Рентген (Wilhelm Conrad Röntgen, 1845–1923) проводив експерименти з катодними променями в одній з лабораторій Інституту фізики Вюрцбурзького університету [1]. Після завершення дослідів, традиційно обгортав газорозрядну лампу непроникним для звичайного світла папером. Та, забувши від'єднати лампу від джерела напруги, помітив флюоресцентне свічення екрану. Із цього спостереження зробив висновок, що крізь непрозорий картон та скляні стінки газорозрядної лампи виходять невідомі раніше промені. В. К. Рентген назвав їх Х-променями.

Незабаром світ облетіла звістка про це відкриття. 5 січня 1896 року австрійська газета «Die Presse» опублікувала статтю під заголовком «Сенсаційне відкриття» [2], а 6 січня Лондонське телеграфічне агентство поширило цю інформацію [3]. На об'єктивному висвітленні історії відкриття Х-променів й отримання перших вагомих результатів щодо їхнього вивчення вкрай негативно позначилися дві обставини. По-перше, В. К. Рентген у своїх публікаціях жодного разу не згадав І. Пулюя і його праць, хоч вони були особисто знайомі ще від часу перебування обох в Страсбурзі (1875–1876) у фізичному інституті професора Августа Кундта (August Kundt, 1839–1894). Принципово важливим є те, що після першої наукової статті В. К. Рентгена, надрукованої у січні 1896 р. [4], Пулюю опублікував дві статті [5; 6], у яких виклав результати своїх пріоритетних досліджень. Звертаємо увагу, що другу і третю статті В. К. Рентгена [7; 8] опубліковано пізніше за статтю І. Пулюя. Тобто, безпосереднє порівняння змісту цих статей обох учених дає змогу об'єктивно визначити внесок кожного з них у становлення нового наукового напрямку — фізики Х-променів. По-друге, своїм дивним, як зазначають біографи В. К. Рентгена, рішенням знищити особистий архів, у тому числі лабораторні записи й особисте листування, вчений позбавив можливості майбутніх дослідників історії науки уточнити важливі деталі. Зокрема стосовно того, з лампою чиєї конструкції він експериментував 8 листопада 1895 р., коли, за його словами, зауважив існування невидимих променів. Тут лише згадаємо

слова сина Івана Пулюя, Олександра, про те, що батько надав у розпорядження Вільгельма Конрада Рентгена одну або й більше своїх ламп [9]. Це свідчення заслуговує на увагу, оскільки Олександрові Пулюю властива скрупульозність і точність в оцінках доробку батька, послідовне відкидання надуманих версій, про що свідчать документи з родинного архіву Пулюїв. Тож не дивно, що у відомій монографії [10] констатовано: шлях В. К. Рентгена до відкриття Х-променів залишився загадковим.

Як би там не було, В. К. Рентген та І. Пулюю кожен по-своєму доклалися до формування науки про Х-промені, чому присвячені, зокрема, відповідні сторінки монографії [1].

Відомий фізик академік Абрам Йоффе (Abram Fedorovich Ioffe, 1880–1960), який певний час працював у лабораторії В. К. Рентгена в Мюнхенському університеті, залишив свідчення щодо особливостей творчого методу свого вчителя. А. Йоффе характеризував цей метод як дотримання послідовного консервативного формалізму, який заперечував вивчення механізму мікроскопічних явищ. Зауважив, що В. К. Рентген надавав значення тільки фактам, а не їхньому поясненню. Причому настільки, що навіть десять років після відкриття електрона саме слово «електрон» не вживали у Фізичному інституті Мюнхенського університету, яким керував учений [11]. На противагу В. К. Рентгену, для І. Пулюя було характерним гармонійне поєднання найвищого рівня експериментальних досліджень і глибини їхнього теоретичного осмислення. Щодо самого факту відкриття Х-променів слушним є зауваження А. Йоффе, що ці промені незабаром відкрив би хтось інший, якби В. К. Рентген не звернув на них увагу.

Який зв'язок між потоком електронів та медициною? Привідкриємо завісу та повернемося в час (не)визнаного генія. Отож Іван Пулюю — український фізик та його внесок у прокладання шляху до відкриття доленосних променів (рис. 1).

Усе розпочалося з досліджень катодних променів. Німецький фізик Йоганн Гайслер (Johann Geißler, 1814–1879) сконструював скляну трубку, у якій перебував газ з тиском у тисячі разів меншим, ніж атмос-

On November 8, 1895, the German physicist Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) conducted experiments with cathode rays in one of the laboratories of the Institute of Physics at the University of Würzburg [1]. Having completed his experiments, he would cover the gas discharge lamp with paper that was opaque to ordinary light. Once, however, he forgot to unplug the lamp from the power source and noticed a fluorescent light on the screen. He concluded that a previously unknown kind of ray emanated from the lamp and could penetrate the glass walls of the discharge lamp and the opaque cardboard covering it. Röntgen called these rays «X-rays.»

News of that discovery spread around the world. On January 5, 1896, the Austrian newspaper *Die Presse* published an article entitled «A Sensational Discovery» [2], and on January 6, 1896, the London Telegraph Agency spread the word [3].

Two circumstances had an adverse impact on the objective coverage of the process of X-ray discovery, as well as obtaining the first significant results of the given study. To begin with, Röntgen never mentioned Ivan Puluj (1845–1918) and his work in his publications, even though they were acquainted. In 1875–1876, they worked in Strasbourg at the August Kundt Institute of Physics (August Kundt, 1839–1894). It is fundamentally important that after the first scientific article published by Röntgen in January 1896 [4], Puluj published two articles [5, 6] where he presented the results of his prior research. It should be noted that Röntgen's second and third articles [7, 8] were published later than Puluj's. A direct comparison of the content in articles written by Röntgen and Puluj makes it possible to objectively determine the contribution of each of them to the formation of the new scientific field of X-ray physics. Unfortunately, according to Röntgen's biographers, he made a strange decision to destroy his personal archives, including laboratory records and personal correspondence. With this unscientific action, Röntgen deprived future researchers of the history of science the opportunity to shed light on important details. One particular question is whose lamp design was he

experimenting with on November 8, 1895, when he discovered the existence of invisible rays. Ivan Puluj's son, Oleksandr, claimed that his father had given Röntgen one or more of his lamps [9]. This testimony deserves attention, as Oleksandr Puluj, characterized by scrupulousness and accuracy in assessing his father's work, consistently rejected far-fetched versions, as evidenced by documents from the Puluj's family archive. In his monograph, Lindner [10] stated that Röntgen's path to the discovery of X-rays remains a mystery.

Röntgen and Puluj both contributed in their own way to the formation of X-ray science, as summarized in L'Annunziata's monograph [1].

The famous physicist and academician Abram Ioffe (1880–1960), who worked for some time in Röntgen's laboratory at the University of Munich, gave evidence of the peculiarities of his supervisor's creative method. Ioffe characterized this method as adherence to a consistent conservative formalism which discarded the study of the mechanism of microscopic phenomena. He noted that Röntgen paid attention only to facts rather than their explanation. Even ten years after the discovery of electrons, the word «electron» could not be uttered at the Institute of Physics at the University of Munich, run by Röntgen [11]. Contrary to Röntgen, Puluj was characterized by a harmonious combination of thorough experimental research and a deep theoretical understanding of the subject. As for the very fact of X-rays discovery, Ioffe's remark that these rays would soon have been discovered by someone else if Röntgen had not paid attention to them is reasonable.

What is the connection between the electron current and medicine? It can be found in the story of Ivan (Johann) Puluj (Fig.1), a Ukrainian physicist, and his contribution in paving the way to the discovery of X-rays.

It started with the study of cathode rays. German physicist Johann Geißler (1814–1879) constructed a glass tube containing a rarified gas with pressure thousands of times lower than atmospheric [12]. Two electrodes were placed inside this tube: a cathode (negative

ферний [12]. Всередині було вміщено два електроди: катод — з негативним полюсом та анод — з позитивним полюсом джерела високої напруги. За умов низького тиску в трубці та проходження електричного струму виникало світлове явище.

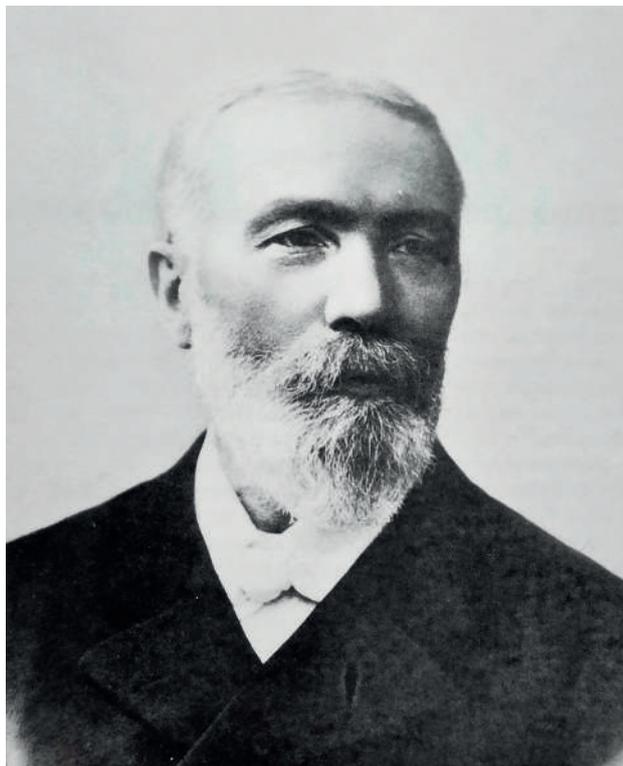


Рис. 1. Іван Пулюй (1845–1918)\*

1881 року І. Пулюй сконструював катодну трубку (лампу), що стала відомою власне як «трубка Пулюя» (рис. 2) [9; 13]. За прикладання високої напруги до двох електродів трубки у просторі між ними з великою швидкістю поширювались мікроскопічні електрично заряджені частинки, які й називали катодними променями. (Термін «електрон» запроваджено у фізику лише у 1890-х роках). І. Пулюй ствердив, що ці частинки, прискорюючись електричним полем між катодом та анодом, стикаються з атомами залишків газу, йонізують та збуджують їх. Під час зворотного переходу, повертаючись у нормальний стан, атоми випромінюють світло (рис. 3).

Результати своїх ґрунтовних досліджень катодних променів вчений виклав у чотирьох

\* Матеріали з архіву Романа Пляцка

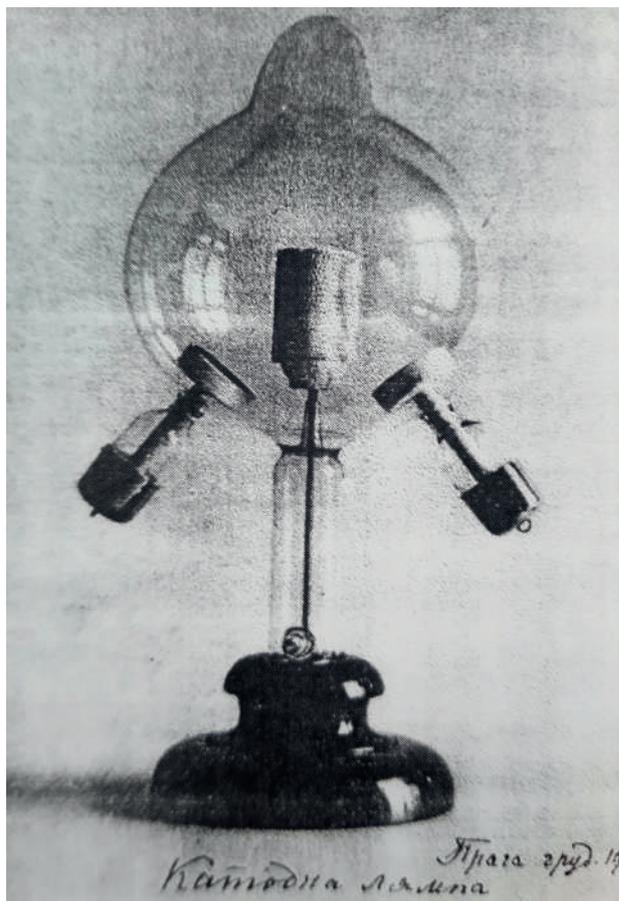


Рис. 2. Одна з «катодних ламп» конструкції Івана Пулюя з його підписом\*

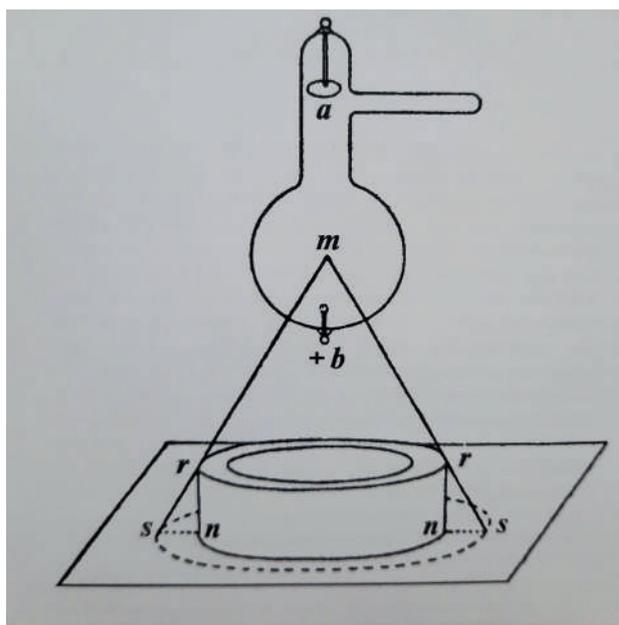


Рис. 3. Схема дослідів Івана Пулюя для визначення просторової картини поширення Х-променів\*

pole) and an anode (positive pole) connected to a high voltage source. Under conditions of low-pressure gas in the tube and the passage of a high electrical current, a light phenomenon occurred.

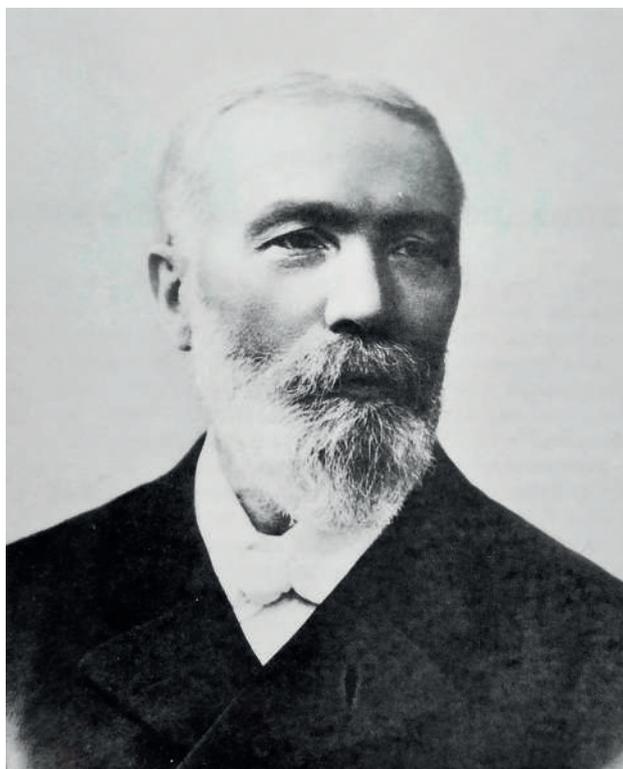


Fig. 1. Ivan Puluj (1845–1918)\*

In 1881, Puluj designed a cathode ray tube (lamp), which became known as «Puluj's tube» (Fig. 2) [9, 13]. For the first time in the world, Puluj used the inclined anticathode inside the tube, from which emitted an almost parallel flow of rays. When high voltage was applied to two electrodes in the tube, microscopic electrically charged particles, called cathode rays, circulated at high speed in the space between the electrode. The term «electron» was introduced into physics only in the 1890s. Puluj claimed that these particles accelerate due to the electric field generated between the cathode and anode poles and collide with atoms of the gaseous residue, ionize and excite them. During the reverse transition, returning to normal, atoms emit light (Fig. 3).

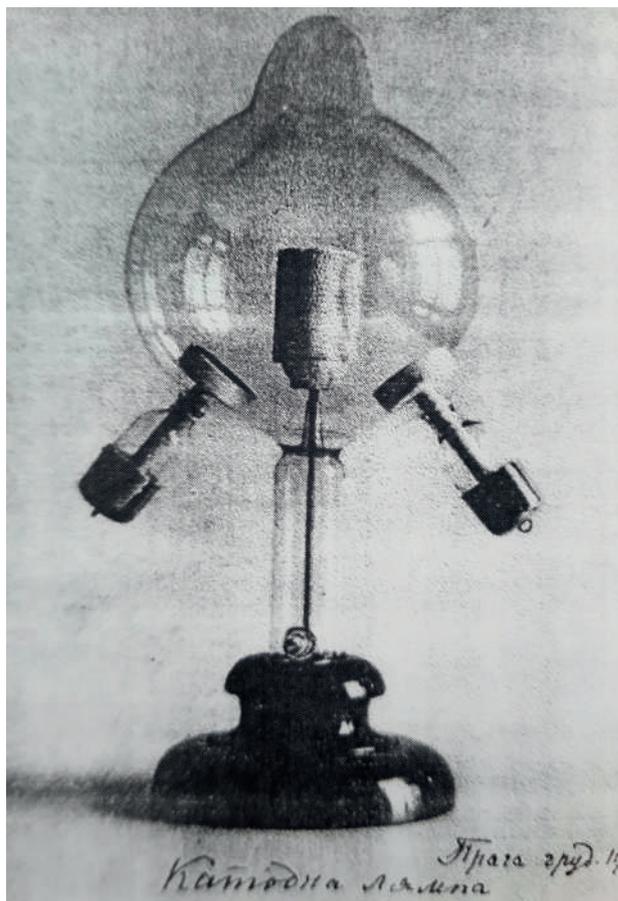


Fig. 2. One of the «cathode lamps» designed by Ivan Puluj with his signature\*

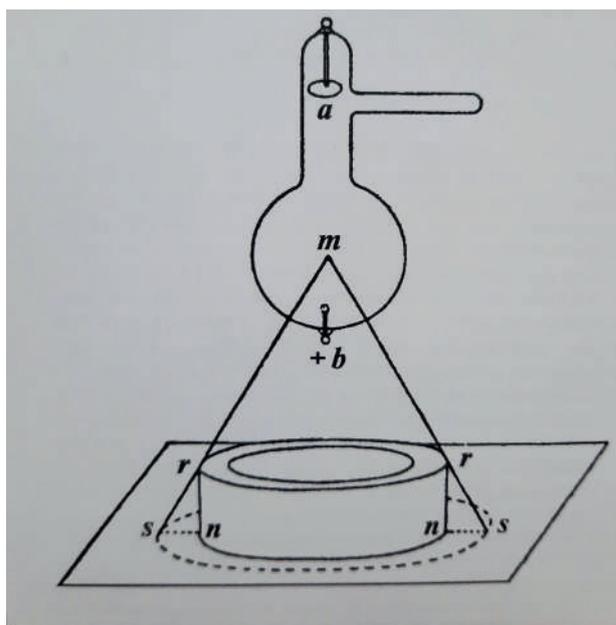


Fig. 3. Ivan Puluj's schematic illustration of the experiment to determine X-rays distribution in space\*

\* Materials from Roman Plyatsko's archive

статтях під загальною назвою «Промениста електродна матерія» у 1880–1882 рр. [14–147], а згодом — у монографії 1883 року [18]. Через 6 років, 1889 року, Лондонське фізичне товариство переклало монографію І. Пулюя з німецької на англійську мову та надрукувало як окремий том серії «Physical Memoirs» [19]. Ця серія була започаткована для висвітлення лише найважливіших досліджень у галузі фізики, виконаних поза межами Великої Британії. Тобто уже на початок 1880-х років І. Пулюй був найбільш авторитетним дослідником катодних променів. Це дуже важливо в контексті опису історії подальшого відкриття Х-променів, оскільки шлях до цього відкриття пролягав безпосередньо через досліді з катодними трубками. (Прикметно, що Рентген, на відміну від Пулюя, до 1895 р. не мав жодної публікації стосовно фізичних процесів у катодних трубках).

1880 року журнал «Science» (США) опублікував статтю під назвою «Четвертий стан матерії. Спростування» [20]. У ній подано переконливу аргументацію-спростування тоді ще молодого дослідника І. Пулюя хибних, надуманих висновків тоді вже авторитетного фізика й хіміка Вільяма Крукса (William Crookes, 1832–1919) про фізичний стан середовища у газорозрядних трубках.

Обставини склались так, що після 1883 року Пулюй не зміг працювати у Віденському університеті (1876–1883), однак дуже швидко проявив себе в промисловій сфері як винахідник нових джерел світла. Отримав широке визнання на престижних електротехнічних виставках, а відтак 1884 року на запрошення міністерства освіти Австро-Угорщини зайняв посаду професора експериментальної і технічної фізики Німецької вищої технічної школи у Празі, де й працював до виходу на пенсію. У празький період наукової діяльності, якщо відштовхуватися від публікацій вченого, нових важливих дослідів з катодними трубками він не здійснював, за винятком перших місяців 1896 року.

Свою фосфоресцентну лампу зразка 1881 року Пулюй початково використовував як джерело світла [9]. Проте, прочитавши у січні 1896 року повідомлення

В. К. Рентгена про відкриття Х-променів, І. Пулюй швидко переконався, що саме його лампа дає Х-променеві зображення найвищої якості. Це забезпечувалося її вдалою конструкційною особливістю — наявністю похилого антикатада, від якого поширювався майже паралельний (нерозбіжний) потік променів. Саме знімки, які отримав І. Пулюй, часто подавались у популярних журналах, як-от у французькому «La Nature» 8 лютого 1896 року [21] та британському «The Photogram» 3 квітня 1896 року [9].

На жаль, не збереглися відомості, коли Пулюй вперше випробував лампу для дослідження структур тіла людини. Задokumentованим є проведення Х-променевого дослідження кисті одинадцятирічної дівчинки 18 січня 1896 року. Якість зображення вражала. Вчений переконався в ефективності використання Х-променів у медицині, зокрема хірургії. Натомість В. К. Рентген під час своєї єдиної лекції про Х-промені, яку прочитав в Вюрцбурзькому фізико-медичному товаристві 23 січня 1896 року, був обережним в оцінці медичних перспектив їхнього використання. На запитання відомого анатома Альберта фон Келлікера (Albert von Kölliker, 1817–1905) про використання Х-променів у клінічній практиці В. К. Рентген засумнівався, базуючись на припущеннях, що м'які тканини мають приблизно однакову густину, тому Х-промені можуть дати тіньове зображення лише кісток [22]. У цей час Пулюй успішно описав Х-променеві зображення, на яких чітко візуалізувалися патологічні зміни досліджених структур. Порівнюючи знімки кисті здорової людини та пацієнта, хворого туберкульозом, І. Пулюй проаналізував структуру кісткової системи. Кисть, уражена туберкульозом, мала коротшу фалангу вказівного пальця та іншу структуру відтінків, ніж рука здорової людини. На іншому зображенні вчений ідентифікував кістковий мозоль ліктьової кистки, що свідчило про перенесену травму. 3 квітня 1896 року британський журнал «The Photogram» опублікував зображення цілого скелета мертворожденної дитини на сьомому місяці гестації (рис. 4) [9; 13]. Це, безсумнівно, було початком використання Х-променів в анатомії.

Ivan Puluj presented the results of his extensive research of cathode rays in four articles under the general title «Radiant Electrode Matter» («Strahlende Electrodenmaterie») in 1880–1882 [14–17], and later in 1883 monograph [18]. Six years later, in 1889, the London Physical Society translated Puluj's monograph from German into English and published it as a separate volume in the Physical Memoirs series [19]. This series was launched to cover only the most important research in physics conducted outside the UK. Puluj was recognized as the most eminent researcher of cathode rays in the early 1880s. This was very important in the history of subsequent discovery of X-rays because the path to this discovery stemmed directly from Puluj's experiments with cathode ray tubes. Unlike Puluj's early publications, Röntgen's publications on physical processes in cathode ray tubes did not appear until 1895.

In 1880, the journal *Science* (USA) published an article entitled «The Fourth State of Matter. A Refutation» [20]. The young researcher Ivan Puluj presented a convincing refutation of erroneous, far-fetched conclusions of the then venerable physicist and chemist William Crookes (1832-1919) concerning the physical state of the environment in gas discharge tubes.

From 1876 to 1883, Ivan Puluj worked at the University of Vienna. Later, less than in one year (from 1883–1884), he embarked on private enterprise. Puluj quickly achieved success in the industrial sphere as an inventor of new sources of light. He received wide recognition at numerous non-prestigious electrical exhibitions. In 1884, he received an invitation from the Ministry of Education of Austria-Hungary to become the Professor of Experimental and Technical Physics at the German Technical College in Prague, where he worked until his retirement. Judging by his publications in the period of his scientific activity in Prague, Puluj did not conduct any new experiments with cathode-ray tubes, except for the first months of 1896.

Puluj initially used his phosphorescent lamp (model designed in 1881) as a source of light [9]. However, after reading Röntgen's

report on the discovery of X-rays in January 1896, Puluj realized that it was his lamp that could give X-ray images of the highest quality because of its design peculiarity: an inclined anticathode which emitted an almost parallel flow of rays. The images obtained by Puluj were often published in popular magazines, such as the French *La Nature* (February 8, 1896) [21], and the British *The Photogram* (April 3, 1896) [9].

Unfortunately, we have no information on when Puluj first tested the lamp to study the structures of the human body. What was documented, though, is an X-ray examination of the hand of an eleven-year-old girl on January 18, 1896. The quality of the image is impressive. The scientist proved the effectiveness of X-rays in medicine, specifically in surgery. At the same time, Röntgen gave his only lecture on X-rays at the Würzburg Physical and Medical Society on January 23, 1896, and was really cautious in the assessment of the prospects of using X-rays for medical purposes. When asked by the famous anatomist Kölliker (Albert von Kölliker, 1817-1905) about the use of X-rays in clinical practice, Röntgen was hesitant — his ideas were based on the assumption that soft tissues have approximately the same density, so X-rays could produce a shadow image only of the bones [22]. Meanwhile, Puluj successfully described X-ray images, which clearly visualized pathologic changes of the studied structures. Comparing the images of the hand of a healthy person and a patient with tuberculosis, Puluj analyzed the structure of the skeletal system. The tuberculous hand had a shorter phalanx of the index finger than the hand of a healthy person and had a different shade structure. In another image, the scientist identified a callus on the ulna, which indicated an injury. On April 3, 1896, the British magazine *The Photogram* published an image of the entire skeleton of a baby stillborn at 7 months' gestation (Fig. 4) [9, 13]. It was the beginning of the use of X-rays in anatomic studies.

Puluj's lamps were quite common, as they were produced industrially at a factory in Leipzig. One of them, number 1147, used by physicists and physicians of Dartmouth College in the United States on February 3, 1896, made it



Рис. 4. Скелет мертвонародженої дитини на сьомому місяці гестації. X-променеве зображення\*

Лампи Пулюя були досить поширеними, оскільки продукувались промислово на фабриці в Ляйпцизі. Одна з них — під номером 1147, яку використали фізики й медики в Дартмутському коледжі США 3 лютого 1896 року, увійшла в історію. Саме завдяки їй, вперше на американському континенті (можливо, й у світі), проведено X-променеве дослідження руки пацієнта та виявлено перелом ліктьової кістки [9; 23; 24].

Безпосередньо в царині фізики І. Пулюй працював більше десяти років (1872–1883) і понад тридцять років присвятив теоретичній і практичній електротехніці (1884–1916). Вражає, що за такий короткий час

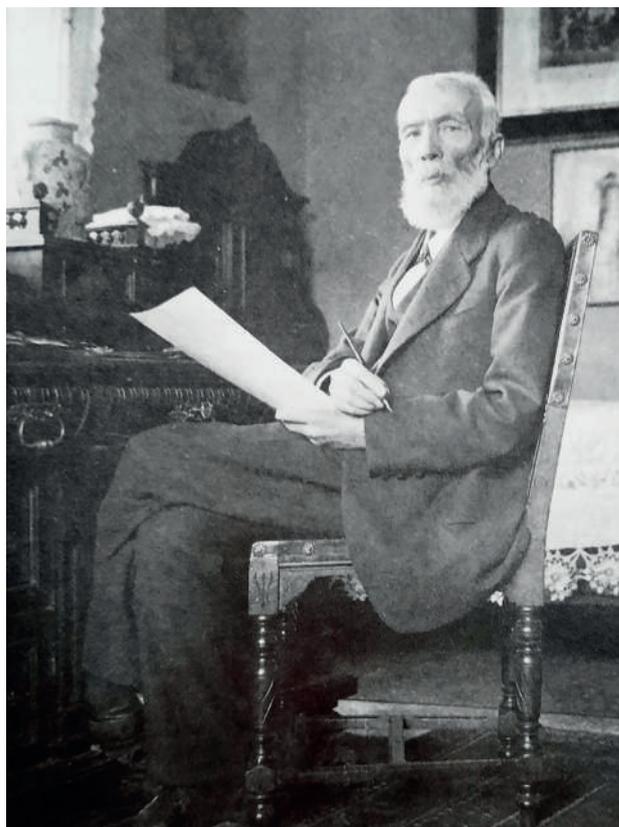


Рис. 5. Іван Пулюй (1845–1918)\*

він встиг прокласти шлях одразу для двох переломних відкриттів у фізиці: X-променів В. К. Рентгена 1895 року та електрона Джозефа Джона Томсона 1897 року (Joseph John Thomson; 1856–1940).

Обсяг статті не дає змоги висвітлити феноменальну діяльність І. Пулюя як фізика, електротехніка, винахідника, педагога, перекладача, політолога, публіциста, державотворця (рис. 5) [9]. Безсумнівно, він є унікальною постаттю в історії світової науки та культури, а його первинний внесок у фізику катодних та X-променів заклав основу для Рентгенового відкриття та одержання першої Нобелівської премії з фізики 1901 року.

\* Матеріали з архіву Романа Пляцка



Fig. 4. Skeleton of a baby stillborn at 7 months' gestation. X-ray image\*

into history. It was the lamp used clinically for the first time on the American continent (possibly in the world) to perform an X-ray examination of a patient's injured arm. As a result of the given examination, a fracture of the ulna was detected [9, 23, 24].

Puluj had worked in the field of physics for over 10 years (1872–1883) and more than 30 years he devoted to theoretical and practical electrical engineering (1884–1916). What is astonishing, though, is that in such a short time, he managed to lay the foundation for two groundbreaking discoveries in physics

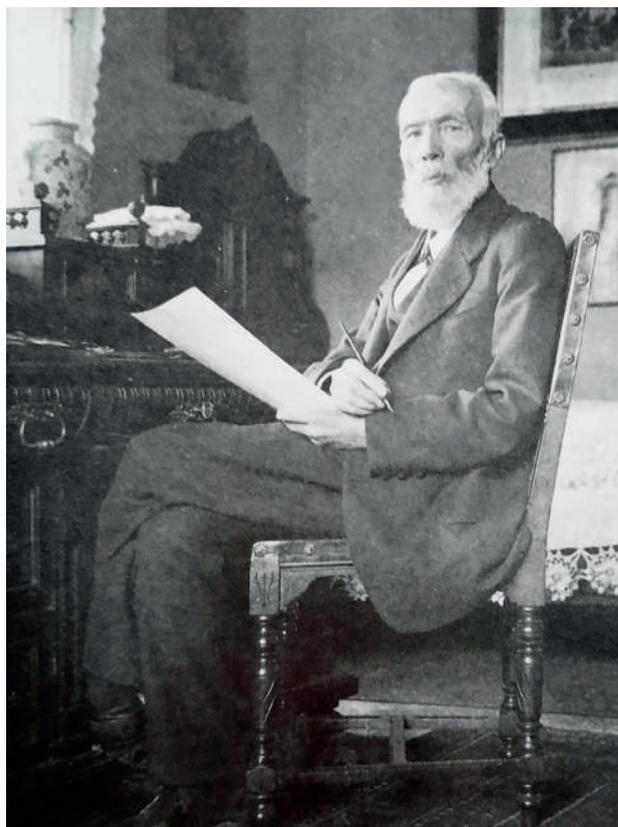


Fig. 5. Ivan Puluj (1845–1918)\*

at once: X-rays in 1895 by Röntgen and the electron in 1897 by Thomson (Joseph John Thomson; 1856–1940).\*

Ivan Puluj is a unique figure in the history of world science and culture. He was a Renaissance man who not only worked as a physicist, electrical engineer and inventor, but was also a pedagogue, translator, political scientist, publicist and public figure (Fig.5) [9]. Puluj's primal contributions in the field of cathodes and X-rays laid the foundation for Roentgen's discovery of X-ray and awarding of the first Nobel Prize in Physics in 1901.

\* Materials from Roman Plyatsko's archive

## References

1. L'Annunziata M F. Radioactivity: Introduction and History, From the Quantum to Quarks. Elsevier; 2016.
2. Eine sensationelle Entdeckung [A Sensational Discovery]. Wien Die Presse. 5 January 1896: 1–2. Available at <https://artsandculture.google.com/asset/first-newspaper-coverage-about-the-discovery-of-the-x-rays-die-presse/HgGmazPEG2h7aA?hl=en>. Accessed on 20 February 2021.
3. Schuster NH. Early days of Roentgen photography in Britain. Br Med J. 1962; 2(5313): 1164–1166. Available at: [www.jstor.org/stable/20375311](http://www.jstor.org/stable/20375311). Accessed 26 February 2021.
4. Röntgen WC. Über eine neue Art von Strahlen. (Vorläufige Mittheilung). Sitzgsber. Physik.-med. Ges. Würzburg. 1896; 132–141.
5. Puluj J. Über die Entstehung der Röntgen'schen Strahlen und ihre photographische Wirkung. Wiener Berichte. 1896;105: 228–238.
6. Puluj J. Nachtrag zur Abhandlung: Über die Entstehung der Röntgen'schen Strahlen und ihre photographische Wirkung. Wiener Berichte. 1896;105: 243–245.
7. Röntgen WC. Über eine neue Art von Strahlen. II. Mittheilung. Sitzgsber. Physik.-med. Ges. Würzburg. 1897;11–19.
8. Röntgen WC. Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen. Sitzgsber. König. Preuss. Akad. Wiss. Physik.-math. Kl. 1897; 23:24–43.
9. Gaida R, Plyatsko R. Ivan Puluj: Zhyttia I tvorchist [Ivan Puluj: Life and creation]. Lviv: Naukove tovarystvo Shevchenka, 2019.
10. Lindner G. Kartiny sovremennoy fiziki [Paintings of modern physics]. Moskva; 1977.
11. Ioffe AF. Vil'gel'm Konrad Rentgen [Wilhelm Conrad Roentgen]. Priroda. 1938; 2: 107–112.
12. Reif-Acherman S. Heinrich Geissler: pioneer of electrical science and vacuum technology. Proceedings IEEE. 2015; 103 (9): 1672–1684. DOI:10.1109/JPROC.2015.2461271
13. Mayba I, Gaida R, Kyle RA., Shampo MA. Ukrainian physicist contributes to the discovery of X-Rays. Mayo Clinic Proceedings. 1997; 72 (7): 658–660. DOI:10.1016/s0025-6196(11)63573-8
14. Puluj J. Strahlende Elektrodenmaterie [Radiant electrode matter]. Wiener Berichte. 1880; 81: 864–923.
15. Puluj J. Strahlende Elektrodenmaterie [Radiant electrode matter]. Wiener Berichte. 1881; 83: 402–420.
16. Puluj J. Strahlende Elektrodenmaterie [Radiant electrode matter]. Wiener Berichte. 1881; 83: 696–708.
17. Puluj J. Strahlende Elektrodenmaterie [Radiant electrode matter]. Wiener Berichte. 1882; 85: 871–881.
18. Puluj J. Strahlende Elektroden-Materie und der sogenannte vierte Aggregatzustand. Wien; 1883.
19. Puluj J. Radiant Electrode Matter and the So-Called Fourth State. In: Physical Societu of London, ed. Physical Memoirs, Selected and Translated from Foreign Sources. Vol.1 Part 2. 1889: 233–331.
20. Puluj J, Glasser G. The Fourth State of Matter. A Refutation. Science. 1880;1:58–59. DOI: 10.1126/science.os-1.6.58
21. Rayons invisibles (rayons X) [Invisible rays (X-rays)]. La Nature. Paris. 1896; 24 (1175): 157–158. Available at: <http://cnum.cnam.fr/CGI/fpage.cgi?4KY28.46/161/100/536/5/420>. Accessed on 20 February 2021.
22. Glasser OWC. Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen. Berlin; 1959.
23. Frost EB. The first X-ray experiment in America. Dartmouth Alumni Magazine. 1930; 22(6): 383–384.
24. Spiegel P. The first clinical X-ray made in America — 100 years. Am J Röntgenol. 1995; 164: 241–243. DOI: 10.2214/ajr.164.1.7998549