

ІНСТИТУТ
ФІЗИКИ
КОНДЕНСОВАНИХ
СИСТЕМ

ICMP-97-17U

Р.П.Гайда

ІВАН ПУЛЮЙ ТА СТАНОВЛЕННЯ НАУКИ ПРО Х-ПРОМЕНИ

ЛЬВІВ

УДК: 530.1(09)

РАС: 01.60.+q

Іван Пулюй та становлення науки про Х-промені

Р.П.Гайда

Анотація. Розглянено один із напрямків наукової діяльності визначного українського фізика, електротехніка, перекладача Біблії, публіциста та громадсько-політичного діяча професора Івана Пулюя (1845–1918), а саме його внесок у становлення фізики катодного та Х-проміння. Використано документальну базу, зокрема невідомі раніше архівні матеріали. Показано, що наукові результати, отримані І. Пулюєм у Віденському університеті та в Німецькій празькій політехніці, висунули його в число провідних фізиків світу останньої чверті 19 століття. Відзначено, що наукові досягнення Івана Пулюя хоч і зафіксовано у світовій науково-історичній літературі, проте далеко не в достатній мірі. Критично проаналізовано різні версії щодо Пулюєвого пріоритету в самому відкритті Х-променів.

Ivan Puluj and the development of the science of X-rays

R.P.Gaida

Abstract. Professor Ivan Puluj (1845–1918) was an outstanding Ukrainian physicist, electroengineer, translator of the Bible, publicist, and an active public personality. Here, his scientific activity in the field of cathode- and X-ray physics is considered. The documentary base perused includes some formerly unknown archival materials. Scientific results obtained by I.Puluj at the University of Vienna and at the German Higher Technical School in Prague demonstrate that he belonged to the elite of researchers of the last quarter of the 19th century. Evidence is presented that his extensive contributions to physics and technology are not sufficiently appreciated, even though his name is mentioned in the history-of-science literature. Claims concerning Puluj's priority in the discovery of X-rays are critically analysed.

Подается як розділ до монографії “Іван Пулюй”
Submitted as the section to monograph “Ivan Puluj”

© Інститут фізики конденсованих систем 1997
Institute for Condensed Matter Physics 1997

Зміст

Вступ.	1
1. Коротка біографічна довідка про І. Пулюя.	4
2. X-промені та їх роль у науці ХХ століття.	5
3. Внесок І. Пулюя в катодно-променеву фізику.	7
4. Пулюй повертається до своїх катодних рureк.	18
5. Перші повідомлення у пресі про відкриття X-променів.	22
6. Публікації Рентгена і Пулюя про X-промені.	27
7. Біля джерел медичної радіології.	32
8. У чому помилявся і в чому мав рацію академік Йоффе.	39
9. Іван Пулюй і становлення рентгенології.	44
10. Версії щодо пріоритету у відкритті X-променів.	47
Література.	59
Вступ.	

Історія науки — теж наука

Теза, наведена в епіграфі, далеко не безспірна. Вона викличе, мабуть, заперечення у природознавців, особливо представників так званих точних (стислих) наук, для яких поняття “наука” нерозривно пов’язане з об’єктивним сенсом її результатів і висновків. Хоч навіть у цих галузях знання суб’єктивні чинники відіграють певну роль у процесі побудови картини світу, все-таки основні результати досліджень, підсумовані в певній уже сформованій системі поглядів на ту чи іншу природничу проблему, характеризуються значною

стійкістю щодо спроб піддавати їх суттєвому переглядові*; отже, вони мають об’єктивну цінність. Інша ситуація спостерігається в галузі суспільних наук, зокрема в історії, в тому числі в історії науки. Тут нерідко співіснують несумісні між собою концепції, нові підходи заперечують попередні, дошукатись істини інколи — справа безнадійна. Різні існують цього причини: на противагу до природознавства, в якому принципову роль відіграє відтворюваність експериментів, історія подібних можливостей не створює; об’єкт досліджень не завжди вдається окреслити так однозначно, як у природничих науках; неповнота доступної окремим дослідникам джерельної бази може приводити до хибних висновків. Якщо додати ще такі суб’єктивні фактори, як світогляд історика, його заангажованість у національних чи політичних проблемах і нерідко пов’язане з ними емоційне наставлення, то можна дійти висновку, що важко чекати від історії (в тому числі історії науки) тієї наукової строгості, яка є звичною для представників природознавства.

І все-таки, звужуючи нашу тему до висвітлення в літературі наукової спадщини в галузі фізики великого українського вченого і патріота Івана Пулюя, мусимо ствердити, що велика частина публікацій про нього (а їх кількість зростає впродовж останніх років до тризначного числа) не задовільняє навіть пом’якшених вимог до праць такого профілю. Поряд з об’єктивними, перевіреними відомостями тут можна зустріти і поклики на “Пулюєві” наукові статті, яких він ніколи не друкував, і неправдиві твердження про “факти” його життєпису та наукової творчості, і зображення у вигляді удокументованих даних різноманітних припущень та здогадок, і різко категоричні, але некомпетентні, а навіть несумісні з нормами етики оцінки Рентгена — колеги за фахом Івана Пулюя. Звичайно, авторські гіпотези щодо певних моментів життя і діяльності нашого визначного земляка, про які не вистачає документальних даних, не викликають заперечень, але за умови, що ясно задекларований саме такий їх статус, і вони сумісні з удокументованими даними. Можна також з розумінням поставитися до художньо-документального жанру, в рамках якого має право на існування і художній вимисел, якщо, знову ж таки, він не суперечить відомим фактам. Одначе, коли такий літературний засіб набуває старання-

*Ми абстрагуємося тут від неминучих в науці ревізій теоретичних уявлень, спричинених переходом до дослідження нових, невідомих раніше об’єктів та явищ. Відомими прикладами служать теорія відносності (дослідження рухів з близькосвітловими швидкостями) та квантова механіка (опис процесів у мікросвіті). Такі ревізії не порушують слушності старих теорій в “старій” області об’єктів і явищ, для опису якої їх було створено (принцип відповідності).

ми інших авторів історично-документального характеру, то це вже крок до фальсифікації історії науки. Прикладом можуть служити подібні трактування у деяких статтях придуманого відомим письменником Романом Іваничуком діалогу І. Пулюя з А. Айнштайном у романі “Шрами на скалі”.

Ми не ставимо собі за мету детально аналізувати літературу, дотичну до нашої праці, зокрема дати огляд публікацій, які викликають ті чи інші критичні зауваження. Це було б недоцільно хоча б тому, що автори, які висловлюють хибні погляди, керувалися, треба думати, шляхетними намірами спопуляризувати світле ім'я великого науковця і патріота України Івана Пулюя. (Зазначимо, до речі, що першоджерела подібних неслухних поглядів належать, як з'ясуємо в п. 10, чужоземцям). Слід також врахувати, що до недавнього часу не було в Україні відповідних умов для ґрунтового науково-історичного дослідження його творчих досягнень. З іншого боку, серед тих, хто в діяспорі цікавився спадщиною Пулюя та вивчав її (насамперед Юрій Гривняк в Чехії), не було фахівців, які зуміли би компетентно проаналізувати його праці в галузі фізики в контексті світової науки другої половини ХІХ століття. Тому не дивно, що своєрідний вибух широкого зацікавлення визначними подіями і подіями нашого минулого, замовчуваними або фальсифікованими в часи тоталітарного режиму, супроводжувався часто появою поспішних, позбавлених наукового підґрунтя публікацій про І. Пулюя, особливо у зв'язку з відзначенням 150-ліття від дня його народження. Ми наводитимемо поклики на друковані матеріали про нього лише в тих випадках, коли цього вимагатиме суть питання.

Зміст пропонованого препринту становитиме один з підрозділів монографії автора і Романа Пляцка “Іван Пулюй”, підготованої до видання у Науковому товаристві ім. Шевченка в серії “Визначні діячі НТШ”. У цій книжці зацікавлені читачі знайдуть огляд усього спектру діяльності Івана Пулюя та досить повну бібліографію. Потреба окремої попередньої публікації, присвяченої одній з граней діяльності І. Пулюя, а саме його ролі у відкритті й дослідженні Х-променів та їх застосуванню в медицині, зумовлена двома причинами. Перша — це відносна самостійність цієї теми та особлива зацікавленість нею з боку фізиків — науковців, викладачів, вчителів середніх шкіл і широких кіл української громадськості. Другою причиною є те, що до цього часу продовжується поява в пресі, радіо і телебаченні матеріалів, які дають викривлене зображення процесу виникнення науки про Х-промені і тим самим завдають шкоди об'єктивному та науково обґрунтованому висвітленню ролі Івана Пу-

люя в цій галузі. Автор сподівається, що пропонована публікація, базована на дослідженні джерел, частину яких вперше введено тут в науковий обіг, сприятиме подоланню подібних небажаних тенденцій.

Висловлюю щире вдячність Романові Пляцкові за співпрацю та Володимирові Третяку за цінні зауваження до рукопису.

1. Коротка біографічна довідка про І. Пулюя.

Іван Пулюй народився 2 лютого 1845 р. в містечку Гримаїлові теперішнього Гусятинського району Тернопільської області. Закінчивши в 1865 р. Тернопільську гімназію, навчався на теологічному факультеті Віденського університету (1865–1869), студіював математику, фізику й астрономію на філософському факультеті того ж університету (1869–1872). Працював асистентом у науковій фізичній лабораторії професора Лянґа (1872–1874), викладачем фізики, механіки і математики у військово-морській академії в Фіюме (тепер Рієка в Хорватії) (1874–1875). Підвищував кваліфікацію в фізичному інституті професора Аугуста Кундта* у Страсбурзькому університеті (1875–1876), здобув там ступінь доктора філософії в галузі фізики (1876). Впродовж 1876–83 рр. працював асистентом і приват-доцентом Віденського університету.

Від 1882 р. займався різноманітними проблемами практичної і теоретичної електротехніки. Працював експертом промислових фірм, професором (1888–89 — ректором) Німецької високої технічної школи в Празі (1884–1916). Нагороджений державними відзнаками Австро-Угорської монархії. Помер 31.01.1918 р., похований у Празі.

Фізичні дослідження в допразький період проводив Іван Пулюй в галузі механічної теорії теплоти, молекулярної фізики і катодного проміння. Сконструйовані ним прилади неодноразово здобували відзначення на міжнародних виставках; праці, присвячені явищам у катодних рурках, принесли йому широке визнання. В перших місяцях 1896 р. здійснив фундаментальні дослідження Х-променів і досягнув найвищої на той час якості рентгенограм.

*Кундт (Kundt) Аугуст (18.11.1839 — 21.5.1894) — відомий німецький фізик. Закінчив Берлінський університет, працював професором університетів у Цюриху, Вірцбурзі, Страсбурзі і Берліні. Опрацював методи вимірювання швидкості звука у твердих тілах і газах, емпірично встановив закони аномальної дисперсії світла, вперше визначив показник заломлення світла в металах, досліджував внутрішнє тертя і теплопровідність газів, п'єзо- і піроелектричні властивості кристалів.

Іван Пулюй був видатною постаттю в національному, культурно-мистецькому та суспільно-політичному житті України кінця XIX – початку XX століть. Обраний одним з перших дійсних членів НТШ. Переклав разом з П. Кулішем (а, частково, і з І. Нечуй-Левицьким) Біблію на українську мову, видав перший український молитовник, писав науково-популярні та окремі наукові праці українською мовою, а також звернені переважно до німецького читача публіцистичні твори про необхідність відновлення української державности як передумови миру і стабільности в Європі.

2. X-промені та їх роль у науці XX століття.

На початку січня 1896 р. європейську пресу облетіло повідомлення про сенсаційне відкриття, зроблене професором Вюрцбурзького університету В. К. Рентґеном*. Він випадково зауважив, що коли біля катодно-променевої рурки, обгорнутої чорним картоном, помістити флюоресцентний екран, то під час роботи рурки він починає світитися. В тих самих умовах засвічується фотопластинка. З цих спостережень випливав висновок, що з катодної рурки виходило назовні крізь її скляні стінки і непрозорий картон якесь невідоме до того часу проміння, назване Рентґеном X-промінням (відоме також під назвою рентґенівське), яке мало велику проникну здатність і могло спричинити флюоресценцію та фотографічну дію.

Сьогодні відомо, що X-промені — це, як і видиме світло, електромагнетні хвилі, довжина яких у тисячі разів менша від світлових. З погляду корпускулярних (квантових) уявлень ці промені є потоками фотонів з енергією, в тисячі разів більшою від енергії світлових квантів. Той факт, що X-промені виникали у стінках рурок внаслідок попадання на них катодних променів, як уважав Рентґен, пояснюється тепер взаємодією катодних частинок (електронів) з атомами твердих тіл. Коли дуже швидкий електрон проникає всередину атома, то можуть відбутися два процеси, наслідком яких є утворення рентґенів-

*Рентґен (Röntgen) Вільгельм Конрад (27.3.1845–10.2.1923) — німецький фізик. Закінчив Вищу технічну школу в Дюріху, отримав ступінь доктора в Дюріхському університеті. Асистент А. Кундта у Вюрцбурзькому (від 1870) і Страсбурзькому (від 1872) університетах, професор Страсбурзького (від 1876), Гісенського (від 1879), Вюрцбурзького (від 1888, від 1894 — ректор) і Мюнхенського (1900–1920) університетів. Досліджував п'єзоелектричні і піроелектричні властивості кристалів, установив взаємозв'язок електричних і оптичних явищ у кристалах, досліджував магнетизм. У 1895 р. відкрив проміння, яке назвав X-промінням (відоме тепер також як рентґенівське). Отримав у 1901 р. першу Нобелівську премію в галузі фізики.

ських фотонів: перший — це так зване гальмівне випромінювання, що виникає під час різкого гальмування електронів у полі атомних ядер. Енергії гальмівних квантів утворюють неперервний спектр. Інший процес полягає у вибиванні налітним електроном одного з близьких до ядра атомних електронів з наступним заповненням цієї вакансії далеким від ядра електроном; якщо атоми досить важкі (тобто якщо порядковий номер і заряд ядра хемічного елемента, що входить у склад твердого тіла, досить великий), то такий квантовий перехід супроводжується народженням високоенергетичного фотона, або, відповідно, електромагнетної хвилі малої довжини. Велике число таких елементарних процесів приводить до виникнення X-променів, що утворюють дискретний спектр: енергії фотонів дорівнюють різницям енергій відповідних квантових станів атомів. Оскільки положення відповідних спектральних ліній однозначно пов'язане з енергетичною структурою електронних оболонок атомів кожного хемічного елемента, то такі дискретні спектри називають характеристичними.

Спостереження рентґенівських спектрів та з'ясування механізмів їх виникнення стало можливим завдяки наступному вирішальному крокові у становленні рентґенології. Ним було експериментальне відкриття у 1912 р. дифракції X-проміння на кристалах, зроблене в Мюнхенському університеті М. фон Лауе (M. von Laue), В. Фрідріхом (Friedrich) і П. Кніппінґом (Knipping). Вона виникає внаслідок інтерференції X-проміння, розсіяного електронами просторово впорядкованих атомів, віддалі між якими співмірні з довжиною хвилі рентґенівського проміння. Швидко з'ясувалося, що це явище стало ключем до дослідження як внутрішньої будови атомів, так і атомної структури речовини. Перший напрям пов'язаний із започаткованою англійськими фізиками, батьком і сином, В. Г. та В. Л. Бреґами (Bragg) рентґенівською спектроскопією, тобто вивченням спектрів X-проміння. Ці спектри складаються з декількох (їх число залежить від номера Z хемічного елемента – випромінювача) серій, у кожній з яких є декілька ліній. Взаємне розташування ліній у спектральних серіях різних елементів подібне, але їх положення залежить від Z : із збільшенням Z вони зміщуються в напрямі короткохвильового кінця спектру. Систематичне дослідження характеристичних рентґенівських спектрів різних речовин, виконане Г. Мозлі (Moseley) в 1913 р., встановило кількісний зв'язок довжини хвилі X-проміння для певної лінії заданої серії з порядковим номером хемічного елемента (закон Мозлі) і допомогло створити основи теорії атома і випромінювання.

Друга сфера застосування дифракції X-променів — рентгено-структурний аналіз (дослідження атомної будови речовин), який став початком нової епохи в розвитку усього природознавства — від кристалофізики до молекулярної біології та інженерної генетики.

Ми не торкаємося тут питання про переломне значення відкриття X-променів для медицини, оскільки йому буде присвячено нижче детальний огляд.

3. Внесок І. Пулюя в катодно-променеву фізику.

Відкриття X-проміння відбулося під час дослідів з катодно-променевими рурками; та й сьогодні їхнім джерелом служать апарати цього типу. Тому перед тим, як аналізувати роль Пулюя у становленні рентгенології, слід ознайомитися з його внеском у ту галузь фізики, з якої, наче з материнського лона, народилась наука про нове проміння.

Першим важливим кроком на шляху до пізнання мікроструктури речовини була молекулярно-кінетична теорія, проблемами якої займався І. Пулюй у початковий період своєї науково-педагогічної діяльності (70-ті роки минулого століття). Наступний і вирішальний етап у розв'язанні цієї центральної проблеми нової фізики, пов'язаний зі з'ясуванням внутрішньої будови атомів, розпочався дослідженнями електричних розрядів у розріджених газах. Виняткова важливість цих досліджень зумовлювалась тим, що лише в газах можна було сподіватися одержати електрику “в чистому вигляді”, бо вивчення струмів у твердих і рідких провідниках невіддільне від врахування властивостей речовини. Насамперед треба було пізнати природу найменших носіїв електричного струму, які мусили входити у склад атомів і за певних умов могли відриватися від них та переміщуватися на макроскопічні віддалі. Зрозуміло, що найкращі умови для відділення їх від речовини створювали досліди, у яких електричний струм проходив крізь розріджені гази. Важливим кроком у цьому напрямі було створення німецьким фізиком і винахідником Генріхом Йоганом Гайслером (Geisler, 1815–1879) скляних рурок з дуже низьким (на той час) тиском (порядку 10^{-4} атмосфери). Він досягав його за допомогою винайденої ним ртутної помпи. В ній роль поршня відігравав стовпчик ртуті, у зв'язку з чим відпала потреба у прокладках навколо поршня, через які просочувались гази. Прикладаючи до двох умонтованих у Гайслерову рурку електродів (катода, сполученого з негативним полюсом, і анода — з позитивним) переривчасту високу напругу від так званого навою (котка,

котушки) Румкорфа, можна було спостерігати електричні розряди у вигляді іскор, що проскакують між електродами. Якщо знижувати тиск у рурці до величини порядку 10^{-6} атмосфери, то проходження електричного струму крізь газ супроводжується появою особливих світлових явищ, які було названо катодним промінням. Сьогодні під катодними променями розуміють струмені електронів — негативно заряджених частинок, вирваних з катода силою електричного відштовхування. Прискорюючись електричним полем між катодом і анодом та стикаючися з атомами залишків газу в рурці, вони йонізують та збуджують їх, внаслідок чого під час зворотніх переходів атоми випромінюють кванти світла. З погляду історії розвитку уявлень про природу електрики значення цих явищ зв'язане не зі світловими ефектами, а з самим електричним струмом, який є їх причиною. Але на початковій стадії спостережень катодно-променевих процесів такого розуміння ще не було. Воно виникло в результаті тривалих досліджень катодного проміння, які й привели наприкінці XIX століття до подій, що мали фундаментальне значення не тільки для подальшого розвитку фізики, але й для природознавства загалом та науково-технічного прогресу: відкриття X-променів (1895) та електрона (1897). Компактний виклад історії цих подій з позицій сучасної фізики можна знайти в науково-популярній книзі [1]. Див. також книгу [2].

У цій галузі фізики XIX століття праці Івана Пулюя становлять особливо вагомий внесок. На протязі 1880–1882 рр. він публікує цикл із чотирьох статей [3] під загальним заголовком “Промениста електродна матерія”, присвячених дослідженню катодних променів. Перед Пулюєм процеси, що відбуваються під час проходження висковольтного струму через сильно розріджені гази, вивчали німецькі вчені Юліус Плюкер (Plücker, 1801–1868), Йоган Вільгельм Гітторф (Hittorf, 1824–1914) та англієць Вільям Крукс (Crookes, 1832–1919).

Перший з них вмонтував електроди всередині рурок Гайслера і поліпшив вакуум, досягнувши тиску порядку 10^{-6} атмосфери, що дало змогу спостерігати свічення в апараті. Він виявив, що при досить високому вакуумі свічення зникає у більшій частині об'єму рурки, а її поверхня поблизу катода починає випромінювати зеленувате світло. В апаратах з платиновим катодом ця поверхня покривалася платиновою плівкою. Плюкер з'ясував також, що це проміння відхиляється магнетним полем. З цих спостережень він зробив висновки, що щось невідоме виходить з катода всередину рурки, потрапляючи пізніше на її стінки та на анод, і припустив, що промені складаються з найдрібніших кусочків матеріалу катода. Учень Плюкера

Гітторф у 1869 р. вперше визначив електричну провідність газів, сформулював закони міграції йонів, спостеріг тінь від предметів, поміщених на шляху катодних променів, довівши тим самим, що вони прямолінійно поширюються від катода. Крукс удосконалив у 1879 р. конструкцію електровакуумних приладів і на основі своїх експериментів дійшов висновку, що катодні промені — це потік негативних йонів залишку газу у рурці, які відштовхуються від катода. Одночасно з Пулюєм дослідив з катодним промінням проводив німецький фізик Евґен Гольдштайн (Goldstein, 1850–1930), який запропонував термін “катодні промені”. Публікації зазначених учених стали поштовхом до гострої дискусії про природу катодних променів, що тривала до кінця століття. Один із перших і найвагоміших голосів у цій полеміці належав Пулюєві. Круксові рурки були значним кроком у розвитку вакуумних газорозрядних приладів, і це сприяло популяризації його імені*. Проте був ще інший чинник такої популярності, а саме сенсаційний відтінок, якого намагався надати своїм результатам Крукс, що був переконаним прихильником спиритизму і вбачав у таємничих явищах електричного розряду в розряджених газах ланку, яка поєднує наш світ з потойбічним. Чимало адептів спиритизму та містики вхопилися за такі висловлювання Крукса як за “наукове обґрунтування” своїх уявлень.

Широкий спектр проблем, яких торкнувся Пулюй у названих статтях, новизна експериментальних результатів та глибина фізичних висновків з них про мікроскопічну природу газорозрядних процесів, технічна досконалість сконструйованих і виготовлених ним власноручно десятків вакуумних апаратів, — усе це висунуло його в число провідних фізиків останнього двадцятиріччя XIX століття.

Уже на самому початку цитованої праці Пулюй продемонстрував глибоке розуміння фундаментального значення цих досліджень, стверджуючи поширену серед фізиків думку, що дослідження електричних розрядів у розряджених газах приведе до пізнання природи електрики. Він дає також високу оцінку працям В. Гітторфа, які, на його погляд, не стали настільки відомими, як на це заслуговують.

Аналізуючи статтю В. Крукса “Промениста матерія, або четвертий агрегатний стан”, яка базувалася на його доповіді, виголошеній 22 серпня 1879 р. на річних зборах Бритійського товариства сприяння науці і вийшла також у німецькому перекладі [4], Пулюй зазначає у вступних зауваженнях, що порівняно з Гітторфом Крукс не

*Пізніше в літературі “Круксовими рурками” часто називали не тільки сконструйовані ним електровакуумні апарати, але і виготовлені іншими вченими, тобто розуміли під цим терміном цілий клас фізичних приладів.

отримав істотно нових результатів; вони відрізняються лише більш елегантною формою експерименту. “Новим, однак, — пише Пулюй, — є висновки, яких дійшов пан Крукс на основі цих дослідів, і які викликають сенсацію та велике зацікавлення, особливо серед кіл, які радо займаються питаннями трансцендентального світогляду”.

Найбільш суттєвим моментом статей Крукса було його твердження про те, що у темному просторі (т. зв. Круксовому темному просторі) у вакуумних рурках розряджений газ перебуває в “ультрагазовому” стані, який він назвав четвертим агрегатним станом (тоді були відомі три агрегатні стани). На його думку, в явищах, що відбуваються при гранично низьких (на той час) тисках (порядку 10^{-9} атмосфери), коли довжина вільного пробігу молекул дуже велика і їх зіткнення не відіграють жодної ролі, атоми та молекули самовільно розпадаються на найменші неподільні частинки, що становлять фізичну основу нашого світу. (Зрозуміло, що ці уявлення не мають нічого спільного з виникненням відомого тепер справжнього четвертого агрегатного стану, тобто з процесами йонізації та утворенням плазми, які зумовлені саме зіткненнями швидких частинок). У цих умовах промениста матерія проявляє, згідно з Круксом, то звичайні матеріальні властивості, то чисто енергетичні, тобто маємо тут справу з взаємними “перетвореннями матерії і сили”. Це, за Круксом, “праматерія”, межа, яка його особливо приваблювала, бо за нею, на його думку, починається невідоме, яке асоціювалося у Крукса з таємничим потойбічним світом.

Основна проблема, яка цікавила Пулюя в дослідях з газорозрядними рурками, полягала у з'ясуванні природи процесів, що в них відбуваються, та їх матеріальних носіїв.

У першому розділі “Чи існує четвертий агрегатний стан матерії?” своєї праці Іван Пулюй піддає різкій і аргументованій критиці гіпотезу Крукса про самовільний розпад молекул і атомів у сильно розряджених газах, доводить її повну безпідставність. Саму ідею єдності матерії на основі понять праматерії та праатомів, на яку спирається Крукс, Пулюй не заперечує, а, навпаки, обґрунтовує, уважаючи її “з філософської точки зору зрозумілою”. Він визначає дві групи наукових фактів, що на той час служили підставою такої концепції. Це, передусім, відомі з хемії закономірності щодо співвідношень атомних та молекулярних мас різних речовин, з яких випливає, що всі тіла утворені з простих елементів; вони відрізняються між собою тим, що їхні атоми містять різну кількість “праатомів”. Такі самі висновки, пише Пулюй, отримують учені, що займаються порівняльним спектральним аналізом.

Проте в усіх відомих на той час дослідах, підкреслює Пуллой, немає процесів розпаду молекул чи атомів на праатоми (з пізнішої точки зору — нуклони, тобто протони і нейтрони): високі температури, хемічна спорідненість, енергія найсильніших електричних струмів виявилися заслабкими, щоб розірвати зв'язок праатомів в атомах елементів. “Якщо б ми мали, — пише Пуллой, — ті найменші частинки, які утворюють “фізичну основу світу”, то вони, безперечно, мусили б бути іншої природи, ніж наші елементи, так що назва “агрегатний стан” навіть не підходить”. Тим часом усі спостереження процесів у евакуйованих рурках, зокрема, дані спектрального аналізу доводять, як зазначає Пуллой, що при будь-яких тисках у “променистій матерії” маємо справу з рухом газоподібних матеріальних частинок, які зберігають свої хемічні властивості. Отже, бачимо, що задовго до відкриття радіоактивності та штучного перетворення атомних ядер Пуллой слушно пов'язував можливість розбиття атомів на “праатоми” з відкриттям нових, набагато потужніших, ніж тодішні, джерел енергії, які були б здатні розірвати зв'язки між “праатомами”.

Додатковим аргументом стосовно помилковості твердження Крукса І. Пуллой вважає те, що небесні тіла перебувають у кращому вакуумі, ніж можуть створити фізики в лабораторіях, і тому вони мусили б поступово розчинятися до “основної матерії”. Свої погляди щодо такої праматерії, яка асоціювалася тоді з терміном “ефір”, він формулює так: “Отже, матерія здатна до подальшої подільності, і можливо, що у своєму останньому діленні вона дала б ту так звану невагому матерію, яку ми називаємо ефіром, існування якого проявляється у формах руху випромінювання, і матеріальність та інертність якого підтверджується тим, що він обмінюється з вагомою матерією своїм рухом”. Бачимо, що попри певну (з погляду сучасних уявлень) термінологічну непослідовність (“вагома” і “невагома” матерія) міркування Пуллой про матеріальність та інертність випромінювання цілком узгоджується з подальшим розвитком фундаментальних фізичних теорій, що базуються на поняттях частинок і полів.

Відкинувши твердження Крукса про четвертий агрегатний стан, Пуллой сформулював загальний методологічний принцип, що сьогодні лежить в основі розвитку усіх галузей науки: “Необхідність будь-якого нового припущення може бути виправдана тільки тоді, коли явища не можна пояснити тим, що ми тепер знаємо”.

Аналізуючи результати експериментів своїх попередників і проводячи власні оригінальні досліди (для яких він виготовляв спеці-

яльні вакуумні апарати), Пуллой формулює висновок стосовно природи катодних променів: “Матерія, яка заповнює темний простір, складається з механічно відірваних частинок електродів; вони заряджені негативною статичною електрикою і рухаються прямолінійно з великою швидкістю”. Ця думка подібна до наведеного вище припущення Плюкера, відрізняючися від нього категоричною формою і явним ствердженням, що катодні частинки несуть негативний електричний заряд. Він висловив її вперше 26 лютого 1880 р. у доповіді, виголошеній у Віденському науковому клубі. Отже, Пуллой ще на початку 80-х років притримувався поглядів, близьких до сучасного розуміння катодних променів як потоку електронів, яке стало безперечною науковою істиною з відкриттям електрона у 1897 р. Ця обставина заслуговує на особливу увагу. Адже такі видатні німецькі фізики, як Гітторф, Гольдштайн, Відеман, Герц, Ленард, аж до середини дев'яностих років висловлювали переконання, що катодні промені є своєрідними електромагнетними хвилями і їх поширення не зв'язане з перенесенням електричних зарядів. Крукс, вправді, дотримувався думки про корпускулярну природу катодного проміння, але він, як і його англійські послідовники, вважали помилково, що такими частинками є йони залишків газів у рурках.

Важливу роль у міркуваннях Пуллой, які привели його до висновку, що катодні промені — це потік негативно заряджених частинок, відіграли досліди з відхиленням цих променів магнетним полем. Таке відхилення спостерігали Плюкер, Гітторф і Крукс, але ні вони, ні інші фізики до Пуллой (і навіть тривалий час після його праць) не інтерпретували його як прояв відомих законів взаємодії електричних струмів у провідниках і, тим більше, окремих рухомих заряджених частинок з магнетним полем. Досить поширеною була думка, що магнетне поле може відхилити і світлові промені.

На противагу до таких поглядів Пуллой, як сам зазначає у своїх статтях, уперше довів, що дія магнетного поля на катодні промені має ту саму природу, що й його дія на електричні струми, які проходять у твердих провідниках, тому описується тими самими законами. Як писав Пуллой, це стало можливим завдяки тому, що йому вдалося визначити напрямок руху частинок у рурках і знак їх електричного заряду. Він висловлював переконання, що саме явища у розріджених газах дають підтвердження реальності мікроскопічних уявлень про природу електричного струму: “Кожна електрична частинка, яка пролітає певну віддаль, є в дійсності “елементарним струмом”, який до цього часу ми клали в основу наших електродинамічних розрахунків як деяку математичну величину”. Отже, за

Пулюєм, відхилення катодних променів магнетом — це результат дії магнетного поля на такі елементарні струми, тобто на окремі рухомі заряджені частинки. Фактично це ідея “сили Лоренца” (сформульована, щоправда, тільки якісно), яка стала загальноновизнаною лише в останні роки XIX століття і створила підвалини електронної теорії Лоренца, а разом з нею і всієї сучасної фізики.

У працях Пулюя можна, звичайно, прочитати і висловлювання, які з висоти сучасної фізики видаються наївними і помилковими. Наприклад, стоячи на загальноприйнятих на той час позиціях про природу електрики, він уважав, що в нормальному стані, який відповідає нейтральним тілам (молекулам, атомам), вони містять певну, характерну для цього стану кількість ефіру; якщо в тілі міститься більше маси ефіру, ніж у нормальному стані, то воно позитивно заряджене. якщо менше — то негативно. Якщо абстрагуватися від таких формулювань (панівних у XIX столітті) і трактувати їх як своєрідну термінологію, то Пулюєве пояснення механізму люмінесценції під дією катодних променів слід визнати досить влучним. Він пише: “Коли негативно заряджені електродні частинки налітають на скляну стінку, то, крім збудження молекул, відбувається вирівнювання кількості ефіру між частинкою і враженим місцем стінки; це вирівнювання неможливе без збудження ефірних оболонок молекул. Кожне вражене місце стає центром ефірних хвиль [...]”. У наслідок цих ефірних хвиль, висланих у простір, скляна стінка світиться властивим їй фосфоресцентним світлом, яке в залежності від складу скла мусить бути різним, оскільки хвильовий рух у наслідок різних густин ефіру буде різним”. При цьому Пулюй зазначає, що частина енергії налітних “зарядів” викликає коливний рух молекул тіла, тобто перетворюється в теплову, а частина — в енергію випромінювання.

Пулюй присвятив значну увагу експериментальному дослідженню фосфоресценції в газорозрядних рурках з низьким тиском. Одним із його досягнень у цій праці було виготовлення першої люмінесцентної лампи, що давала яскраве світло, при якому можна було читати на віддалі декількох метрів. У цьому приладі, який став широко відомим під назвою “лампа Пулюя” (Pulujlampe; рис. 1), катодне проміння бомбардувало слюдяну пластинку, покриту сульфатом кальцію і розташовану між анодом і катодом під кутом до останнього, спричинюючи в ній інтенсивну фосфоресценцію. Як з’ясувалося на початку 1896 р., ця лампа була фактично також прообразом “рентгенівської рурки”, сконструйованим на 14 років раніше від відкриття Рентгена; у ній важливу роль відігравав антикатод, упер-

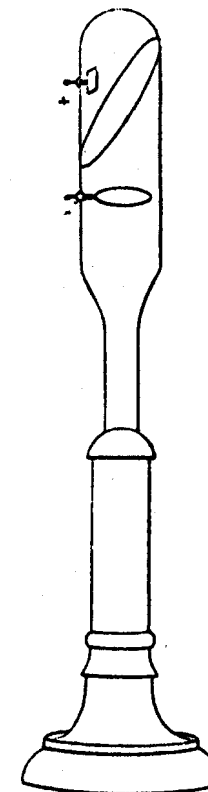


Рис. 1: Схема фосфоресцентної лампи Пулюя.

ше застосований Пулюєм. Пізніше слюдяну пластинку замінили на платинову.

Серед інших питань, висвітлених у “Променистій електродній матерії”, слід згадати про дослідження теплової дії катодних променів та опрацювання лампи, у якій під такою дією поверхня твердих тіл яскраво світиться внаслідок розжарення. У зв’язку з цим Пулюй зазначив, що внаслідок дуже малої теплопровідності розріджених газів розжарені тіла в рурках віддають свою енергію переважно шляхом випромінювання світла. Багато експериментів здійснив Пулюй, щоб сконцентрувати потік катодних променів на маленьку площинку твердого тіла, а також для дослідження впливу тиску в рурці на процеси розряду та створення умов для свічення лампи

цього типу. Він зауважив, що коли газ дуже сильно розріджений, то відбувається розряд уздовж стінок, що супроводжується їх фосфоресценцією. Важливе значення мало спостереження, що тіла, поміщені на шляху “променистої матерії” за умови високого ступеня розрідження, сильно електризуються і прилипають до провідників або стінок рурок. Ця обставина важлива з погляду їх конструювання. Пулюєві належать також оригінальні результати щодо процесу катодного розпилення різних металів, тобто виривання з катода його атомів під час розряду та їх “прилипання” до стінок рурки поблизу катода. Він дослідив залежність розпилення від тиску газу, показав, що воно не має термічного характеру. Важливу роль у дальшому розвитку та технології виготовлення електровакуумної апаратури відіграв установлений вперше Пулюєм факт, що алюміній — це єдиний метал, що практично не розпорошується. Тому саме з алюмінію доцільно було виготовляти електроди та інші металеві деталі в приладах, призначених для дослідження катодного проміння.

Апаратура, якою користувався І. Пулюй у своїх дослідях, була порівняно нескладною: розрядна рурка, навій Румкорфа, помпа). Проте слід зауважити, що, виготовляючи власними руками всі скляні частини апаратури, він зробив великий внесок у розвиток вакуумної техніки [5]: вперше зрозумів роль сорбції газів у розряді, врахування якої використовували і тепер використовують для поліпшення вакууму. Звернувши увагу на збільшення тиску в рурці за рахунок виділення газів з електродів при збільшенні струму в розрядній рурці, він застосовував цей процес для дегазації вакуумних приладів. Запропонований Пулюєм метод полягає у тому, що треба багато разів відпомповувати рурку, пропускаючи одночасно через неї електричний струм. Такого висновку Пулюй дійшов на основі експериментів, які показали, що електричний струм, проходячи крізь рурку з газом при дуже низькому тиску, стимулює вихід з твердотільних елементів приладу (стінки, електроди, провідники тощо) абсорбованих молекул і атомів газу, що призводить до погіршення вакууму. Отже, Пулюй відкрив перші принципи знегажування вакуумної апаратури. Саме шляхом застосування цих принципів Перренові у 1896 р. вдалося знизити тиск у рурці настільки, що стало можливим спостереження відхилення струменя катодних променів в електричному полі. Зауважимо в цьому зв'язку, що в 1892 р. Гайнріх Герц ставив дослід з метою виявити таке відхилення. Результат був негативний, і це зміцнило переконання Герца, що катодне проміння — це ефірні хвилі, а не потоки заряджених частинок. Пізніше з'ясувалося, що причиною негативного результату

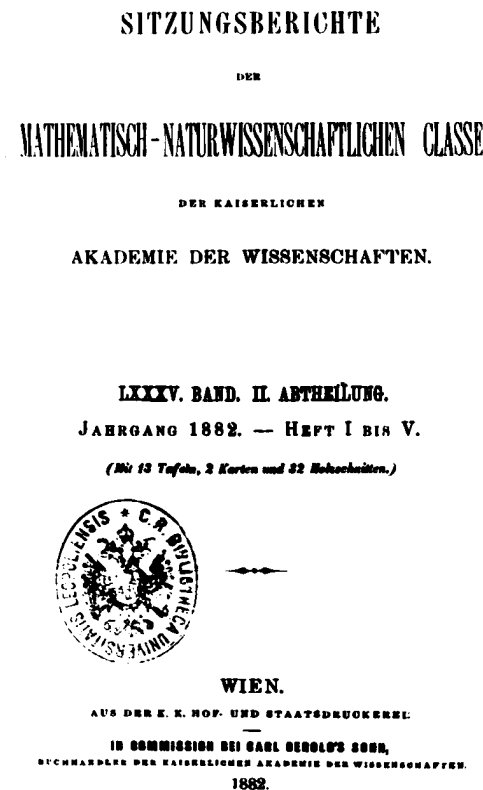


Рис. 2: Титульна сторінка журналу, в якому опублікована схема лампи Пулюя.

був недостатній вакуум у рурці. Дж. Дж. Томсон (J. J. Thomson, 1856–1940) використав метод Перрена для визначення маси катодної корпускули. Так він прийшов до одного з найважливіших відкриттів у новітній фізиці — до відкриття електрона (1897) як універсальної складової частинки атомів усіх хемічних елементів. Як бачимо, на шляху до цієї епохальної події важливий крок зробив і Іван Пулюй.

Обговорюючи досліди в рурках з розрідженими газами, Пулюй часто виходив поза рамки цієї проблематики і торкався питань, пов'язаних з явищами у космічному просторі. На основі даних астрономії він стверджував існування тонкої міжзоряної матерії, що має здатність гальмувати рух небесних тіл, і робив висновок про те, що

вакуум у космосі не є абсолютним. У ньому, як і в газорозрядних приладах, відбуваються різноманітні електричні процеси, що проявляються в полярному сьйві та його зв'язках з інтенсивністю плям на Сонці, в русі метеоритів і комет, у явищах на поверхні Венери. Підсумовуючи такі міркування, Пулюй робить сміливий як на той час, навіть пророчий висновок: “Поряд з гравітацією, випромінюванням світла і тепла, електрика буде тому належати до тих природних сил, які зв'язують між собою віддалені небесні тіла”. Як перегукуються ці думки з сучасними знаннями про роль електромагнетних процесів у міжзоряному просторі! Тут Пулюй виступає як мислитель, який головне завдання науки бачить у пізнанні якнайзагальніших законів природи — “у ріжності прояв знайти єдноту”, так коротко і дуже влучно сформулював він це завдання.

Цикл праць І. Пулюя “Промениста електродна матерія” викликав значне зацікавлення фізиків, а описані в них його численні вакуумні апарати — багатьох представників промислових фірм. Не дивно тому, що в 1883 р. виходить друком у формі монографії нове, дещо змінене і доповнене видання [6] цих статей. Наскільки широкий резонанс у наукових колах знайшли ці дослідження Пулюя говорить той факт, що в 1889 р. Лондонське фізичне товариство (Physical Society of London) публікує англійський переклад [7] його монографії в одному томі з працями Гітторфа про електропровідність газів у серії “Physical Memoirs”, присвяченій найважливішим працям у тогочасній світовій фізиці (рис. 3, 4). При цьому у передмові до книги зазначено, що мотивом для опублікування статей Гітторфа була та обставина, що Пулюй дуже часто посилався у своїй книзі на дослідження цього вченого. Отже, видання перекладу статей Гітторфа Рада Лондонського фізичного товариства розглядала як необхідний вступ до основної публікації — монографії Пулюя. Проте в “Encyclopedia Britanica” про Гітторфа можемо сьогодні прочитати, а про Пулюя згадки немає.

Вакуумні апарати Пулюя експонувалися і відзначалися преміями та дипломами на різних міжнародних виставках, зокрема на Всесвітній електричній виставці в Парижі в 1881 р., де лампу Пулюя нагороджено як принципово новий тип джерела світла. Деякі з цих приладів придбав для своєї колекції Паризький національний музей мистецтв і ремесел (Conservatoire National des Arts et Metiers). Прилади Пулюя, описані в цитованих вище працях, були важливим етапом у житті вченого ще й тому, що стали основою для його подальшої діяльності в галузі електротехніки і дослідження Х-променів. Разом з тим слід наголосити, що з погляду становлення

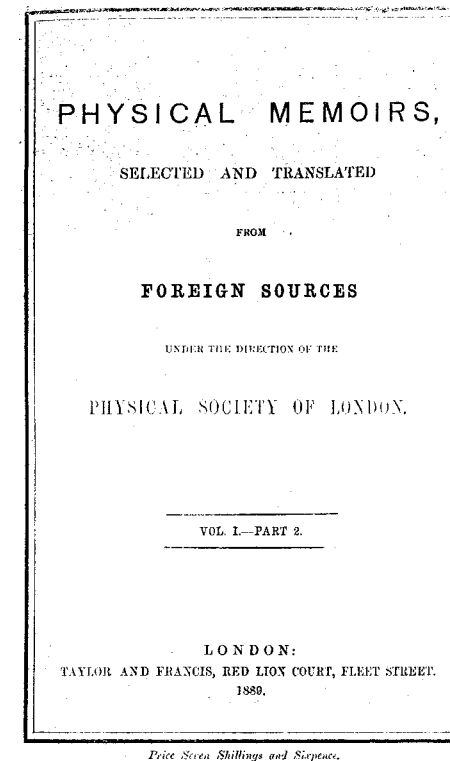


Рис. 3: Титульна сторінка книги, в якій опубліковано англійський переклад монографії І. Пулюя “Промениста електродна матерія”.

новітньої фізики, яке було пов'язане зі з'ясуванням внутрішньої будови атомів, досягнення І. Пулюя в галузі дослідження процесів у катодно-променевих рурках мали особливе значення. Адже вивчення таких процесів стало базою для двох великих відкриттів кінця ХІХ століття, що торували шлях сучасній атомній фізиці: Х-променів (1895) та електрона (1897).

4. Пулюй повертається до своїх катодних рурок.

У січні 1896 р., тобто відразу після перших повідомлень про відкриття Рентгеном Х-променів, Пулюй відновив свої дослідження з електровакуумними приладами з метою вивчення властивостей но-

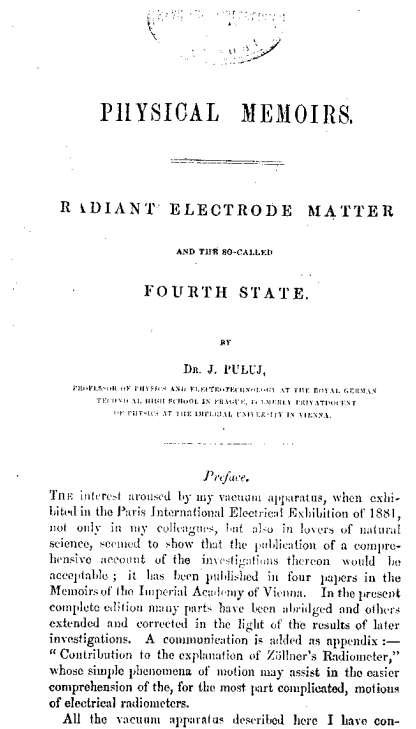


Рис. 4: Перша сторінка англійського видання монографії І. Пулюя.

вих променів та можливостей їх застосування і опублікував у короткому часі дві статті з власними результатами. Це відкриття мало, як з'ясувалося пізніше, епохальне значення для створення підвалин сучасної фізики і природознавства в цілому, а тоді, наприкінці минулого століття, стало сенсацією для широкої громадськості — адже воно вперше дало змогу “бачити” предмети за непрозорими для видимого світла стінками і створило принципово нові можливості в медицині. Тому дуже важливо знати всі деталі, пов'язані з історією рентгенології. Це питання заслуговує на особливу увагу в нас, в Україні, ще з огляду на контроверсійне висвітлення в літературі ролі Пулюя у становленні цієї галузі науки. Тут ми зустрічаємося з дуже широким спектром оцінок — від повного ігнорування його імені до тверджень про його пріоритет у самому відкритті цих не-

видимих променів. З'ясування істини вимагало аналізу відповідних джерел, зокрема архівних, частину яких ми тут викладемо.

Одразу зазначимо, що внесок Пулюя у становлення рентгенології був, поза всяким сумнівом, дуже вагомим, однак не знайшов належного відображення в науково-історичній літературі. Нашим завданням є відтворити об'єктивну картину становлення цієї галузі фізики та її застосування в медицині і, особливо, ролі Пулюя у ньому. Актуальність такого аналізу посилюється тим фактом, що в 1995 р. відзначалися три пов'язані між собою ювілеї: 150-ліття від дня народження Івана Пулюя і Вільгельма Конрада Рентгена та 100-ліття відкриття X-променів. Ці ювілеї справді пов'язані, бо виникнення рентгенології (в широкому розумінні цього терміна — як науки про X-промені та їх різноманітні застосування) невіддільне від імені Пулюя. Адже свою ґрунтовну статтю “Про походження рентгенівських променів та їх фотографічну дію” (рис. 5) Пулюй подав до “Доповідей Віденської академії наук” 13 лютого 1896 р., а попереднє повідомлення про цю працю було оголошене 6 лютого на засіданні математично-природничої секції Академії. Враховуючи, що попереднє повідомлення В. Рентгена “Про новий вид променів” датоване 28 грудня 1895 р. (дата подання цієї праці голові Вюрцбурзького фізично-медичного товариства, а вийшла вона друком тільки в січні 1896 р.), можемо ствердити, що Пулюй зумів за 5–6 тижнів, тобто за нечувано стислий термін провести фундаментальні дослідження нового явища і викласти їх результати у двох наукових статтях. Вони, як докладніше буде сказано нижче, опубліковані раніше, ніж друга та третя статті Рентгена, присвячені X-променям. Зрозуміло, що Пулюй міг досягти такого блискавичного успіху завдяки тому, що мав усе готове для спостереження цих променів ще на початку 80-х років минулого століття, коли він займався катодним промінням. Життєві обставини примусили його покинути ці фізичні дослідження та зайнятися проблемами електротехніки, і тільки звістка про відкриття Рентгена повернула його на короткий час (близько двох місяців) до бездіяльних у його лабораторії уже впродовж кільканадцяти років електровакуумних приладів, зокрема до славнозвісної лампи Пулюя. Вона, як він тепер зрозумів, була фактично першою у світі “рентгенівською руркою”*. Матеріяли, опубліковані недавно світовою пресою у зв'язку зі 100-літтям від часу відкриття X-променів,

*У певному сенсі “рентгенівськими рурками” були й вакуумні апарати інших фізиків, у яких при високій напрузі відбувався електричний розряд (Гітторф, Крукс, Гольдштайн, Герц, Ленард). Але конструктивно прообразом пізніших “рентгенівських” апаратів була саме лампа Пулюя, яка, як покажемо нижче, давала змогу отримувати на початку 1896 р. найкращі рентгенограми.

Über die Entstehung der Röntgen'schen Strahlen und ihre photographische Wirkung

von

Prof. J. Puluj in Prag.

Mit 1 Tafel und 5 Textfiguren.)

In der vorläufigen Mittheilung des Herrn Röntgen¹ über die von ihm entdeckten unsichtbaren Strahlen, welche mit ihrer photographischen Wirkung in weitesten Kreisen das lebhafteste Interesse erregen, wird bemerkt, dass nach seinen Versuchen jene Stelle der Wand der Entladungsröhre, welche von den sichtbaren Kathodenstrahlen getroffen wird und am stärksten fluorescirt, als Hauptausgangspunkt der nach allen Richtungen sich ausbreitenden neuen Strahlen zu betrachten sei. Diese Annahme wird auf die Beobachtung gestützt, dass, wenn die sichtbaren Kathodenstrahlen innerhalb des Entladungsapparates durch einen Magnet abgelenkt werden, auch die neuen unsichtbaren Strahlen ausserhalb des Apparates von einer anderen Stelle, und zwar wieder von dem Endpunkte der sichtbaren Kathodenstrahlen ausgehen. Ausserdem findet die Erzeugung dieser Strahlen, nach Angabe des Herrn Röntgen, nicht nur in Glas statt, sondern, wie von ihm an einem mit 2 mm starkem Aluminiumblech abgeschlossenen Apparat beobachtet werden konnte, auch in diesem Metall.

Um die Richtigkeit der Annahme des Herrn Röntgen über den Ort der Entstehung der neuen Strahlen experimentell zu prüfen, benützte ich die grosse Divergenz, mit der diese

¹ Eine neue Art von Strahlen, von Dr. W. Röntgen. Separatdruck aus den Sitzungsberichten der Würzburger physik.-medic. Gesellschaft, 1895, S. 8.

Рис. 5: Титульна сторінка першої статті І. Пулюя про Х-промені, поданої до журналу “Wiener Berichte” 13 лютого 1896 р.

дали додаткові аргументи на підтвердження останньої тези.

Для належного висвітлення цього яскравого епізоду в житті і творчості нашого великого земляка і, разом з тим, дуже цікавого, важливого епізоду становлення сучасної фізики, варто спочатку звернутися до тогочасної преси. Відкриттю нових променів, які можна використати, щоб “побачити невидиме”, газети та популярні журнали приділяли чималу увагу.

5. Перші повідомлення у пресі про відкриття Х-променів.

Вістка про сенсаційне відкриття Рентгена поширилася з Відня дуже швидко не лише в Австро-Угорщині, але і в інших європейських країнах та в Америці. Копію своєї першої статті разом з деякими Х-променевими фотографіями Рентген послав декільком знайомим фізикам, зокрема професорові Віденського університету Францові Екснеру, з яким він колись студював і працював у Кундта. Екснер показав ці знімки своїм колегам, на яких вони зробили сильне враження, особливо рентгенограма руки з тіньовим зображенням кісток. Один з них, а саме Ернст Лехер, показав їх у той же день своєму батькові — редакторові віденської газети “Die Presse”. Останній, зрозумівши сенсаційність повідомлення, негайно (5 січня 1896 р.) опублікував його під заголовком “Сенсаційне відкриття” разом зі своїми коментарями. У цій статті зазначено, що в разі, коли підтвердиться його достовірність, воно стане епохальною подією у точних науках, яка повинна принести дивовижні наслідки як у галузі фізики, так і в медицині. Не названий автор цитує невеликий текст, отриманий з “віденських наукових кіл”, з описом перших результатів Рентгена (його прізвище надруковано з помилкою: Routgen) і супроводить його своїм коментарем, у якому особливу увагу приділяє “казковим” перспективам, що відкриваються перед медициною. Вже ввечері наступного дня Лондонське телеграфне агенство повідомило пресу всього світу про цю новину, так що в наступних днях про нього стало широко відомо. Крім того, Рентген видав на початку січня свою статтю у вигляді брошури, яка швидко пішла у продаж. Про це повідомила 9 січня одна з вюрцбурзьких газет.

Спочатку до повідомлення Рентгена дехто ставився скептично. Однак уже в січні та лютому його результати підтвердили фізики в багатьох лабораторіях різних країн, так що недовіра зникла*. Ми обмежимося першими публікаціями празьких газет.

7 січня статтю з “Die Presse” передрукувала у Празі німецькомовна газета “Bohemia”, а виклад її змісту — чеські газети “Národní politika” і “Národní listy”. Мабуть, котрась із цих статей викликала бурхливу реакцію Пулюя, про яку є відомості в сімейній хроніці найстаршого із синів ученого — Олександра Пулюя, якому розповідала

*Детальний огляд популярної преси та наукових публікацій про Х-промені, які появились в перших місяцях 1896 р., наводить О. Глясер у монографії [8]. Автор вдячний проф. Олексі Біланюкові за можливість ознайомитися з цією книгою.

про це його мати Катерина. За її словами, одного дня Іван Пулюй, читаючи в ліжку газету, раптом схопився і зі схвильованими вигуками “мої рурки, мої рурки” та з газетою в руці поспішив у свою фізичну лабораторію, щоб за допомогою власних апаратів зразка початку 80-х років перевірити повідомлення Рентгена.

11 січня 1896 р. газета “Bohemia” опублікувала статтю (також анонімного автора) під характерним заголовком “Рентгенове відкриття нових властивостей т. зв. катодних променів”. У ній наголошено, що відкриття Рентгена не можна розглядати без його передісторії, бо воно базується на попередніх дослідженнях катодних променів, що їх проводили інші вчені, серед яких названо і Пулюя. Тому газета спочатку описує найважливіші властивості катодних променів: прямолінійність поширення і поглинання твердими тілами, розміщеними на їх шляху. Зазначено, що, як уперше з’ясував німецький учений Герц, а потім підтвердив його учень Ленард, остання властивість не абсолютна, бо дуже тоненькі листочки (зокрема, алюмінієві) частково прозорі для катодних променів.

Продовженням цих досліджень, пише “Bohemia”, були спостереження Рентгена, який зауважив, що флюоресцентний екран, розташований поблизу катодної рурки, світиться під час її роботи і тоді, коли вона обгорнена чорним непрозорим для видимого світла картоном. У таких самих умовах засвічується і фотопластинка. Отже, Рентген з’ясував, що з катодної рурки виходять назовні якісь промені (він назвав їх Х-променями), здатні проникати через непрозорі тіла і викликати флюоресцентну та фотографічну дію.

Коли між катодною руркою та флюоресцентним екраном або фотопластинкою Рентген поміщав ті чи інші предмети, то залежно від їх матеріалу та товщини вони були для Х-променів більш чи менш прозорими. Завдяки цьому неоднорідні предмети давали тіні різної інтенсивності, що дало змогу робити висновки про їх внутрішню структуру. Наприклад, кістки руки сильніше поглинали Х-промені, ніж м’які тканини, і такі картини можна було фіксувати на фотографічних знімках.

Звернемо увагу, що в заголовку зреферованої статті фігурують слова “нові властивості катодних променів”, а не “нові промені”. Це відображає той факт, що Х-промені виходили з катодної трубки, а також поширену упродовж тривалого часу думку, що Х-промені мають ту саму природу, що й катодні. До цього питання ми повернемося пізніше.

Ім’я Пулюя як дослідника Х-променів з’явилося в Чехії вперше 31 січня 1896 р., коли ілюстрований розважальний журнал “Sveto-

zoh” опублікував фотографію застріленої морської свинки з таким підписом: “При катодному освітленні за допомогою лампи проф. Пулюя в його лабораторії виготовили аматори п. п. Паспа і Шафарик” (рис. 6) [9]. Треба проте зауважити, що високоякісні рентгенограми Пулюй виконував уже раніше. Зокрема, як буде докладніше сказано нижче, 18 січня він отримав дуже добру Х-променевою фотографію руки одинадцятирічної дівчини.

Рівно через місяць після зреферованої вище статті, 11 лютого 1896 р., “Bohemia” повідомила про успіхи професора Пулюя у виготовленні за допомогою Х-променів фотографій окремих частин людського тіла і навіть (2 лютого) усього хребта новонародженої дитини. Ці знімки, зазначила газета, які викликали велике зацікавлення медичних кіл, проф. Пулюй переслав до Академії наук у Відні та Парижі. У цьому номері “Bohemia” повідомила також, що наступну доповідь на тему “Про невидимі катодні промені і фотографії невидимого” Пулюй виголосить у суботу 15 лютого в Німецькій високій технічній школі. Дохід від продажу вхідних квитків призначався на матеріальну підтримку студентів, які вивчають електротехніку.

Додаток до “Bohemia” від 18 лютого вмістив репортаж про цю доповідь, підкреслюючи, що видимі катодні промені Пулюй досліджував ще у 1881 р. При цьому, на противагу англійському вченому Круксу, який пояснював їх як “четвертий агрегатний стан”, що, на його думку, є перехідною ланкою до “потойбічного світу”, Пулюй трактував катодні промені як матеріальне явище у розріджених газах. Ці видимі катодні промені, говорив Пулюй, падають на поміщений у рурці екран і спричиняють появу невидимих Х-променів, подібно як краплини дощу, падаючи на поверхню води, спричиняють появу хвиль, що розходяться від місця падіння. Цікава доповідь, писала газета, тривала понад дві години за напруженої уваги слухачів і мала надзвичайний успіх.

Докладнішу розповідь про цю подію вмістив щоденник “Prager Tageblatt” 18.02.1896 р. Подаємо зміст цієї публікації.

Лекція Пулюя дала численній аудиторії чітке і повчальне уявлення про так звані рентгеновські промені. Вона супроводжувалася великою кількістю демонстрацій. Дослідженням катодних променів Пулюй займався ще в 80-ті роки, аналізуючи результати Крукса та звільняючи їх від містичного одягу. Тепер виявилось, що Пулюєва лампа найкраще служить для отримання і дослідження невидимих катодних променів (тобто Х-променів) та для виготовлення фотографій невидимого. Він демонстрував це, помістивши “лампу” у цілком непрозорий футляр, перед яким розташував екран, покритий



Застрілена морська свинка, сфотографована в лабораторії проф. І. Пулюя його катодною лампою за методом Рентгена (Světlozor 31. 1. 1896 р.).

Рис. 6: Світлину і підпис взято зі статті О. Барвінського [9].

флюоресцентною субстанцією, яка світилася внаслідок проходження рентгенівських променів. Коли між лампою і екраном Пулюй помістив дерев'яну коробку з металевими предметами всередині, ці предмети давали тінь на екрані. Те саме спостерігалось, коли ці предмети були у шкіряній рукавиці. У своїй лекції Пулюй провів аналогію з тим, коли ми чуємо удари піщинок, що несе вітер, — удар викликає звукову хвилю, подібно видимі катодні промені викликають появу невидимих, і це є рентгенівські промені. Газета зазначила, що у статті, надісланій до наукового журналу “Wiener Berichte”, Пулюй зумів геометрично показати, в яких точках виникають невидимі промені. Різними експериментами Пулюй ілюстрував також властивості видимих катодних променів, зокрема, їх відхилення магнетним полем та їх здатність розжарювати до свічення платинову пляшку. (Нагадаємо, що на підставі таких експериментів, проведених упродовж 1880–1882 рр., Пулюй ще тоді висловив своє переконання в тому, що видимі катодні промені — це потік швидких негативно заряджених частинок, вирваних з катода і прискорених електричним полем, які збуджують свічення молекул та атомів залишків газу в рурці. Це був важливий крок до сучасних уявлень про електрони, які відкрив Томсон лише в 1897 р.). У репортажі підкреслено, що Рентген завдячує своїм відкриттям щасливому випадкові: в одному з дослідів вакуумний прилад був обгорнений непрозорим матеріалом, а поруч на столі лежав флюоресцентний екран, який у темноті засвічувався під час розрядів у рурці.

Залишається ще багато нерозв'язаних питань, говорив Пулюй у своїй лекції, зокрема, чи X-промені є, як припускав Рентген, повздовжніми коливаннями ефіру. Але головним, за Пулюєм, завданням є вміти утворювати приблизно паралельні X-промені, бо вони дадуть виразні фотографії, що дуже важливо для хірургії. За його словами, він досяг деяких успіхів у цьому напрямі.

У доповіді Пулюй демонстрував, як отримувати рентгенівські фотографії різних предметів, зазначав, що образ є виразнішим, якщо збільшувати інтенсивність променів або продовжувати експозицію. Показував також велику кількість готових фотографій, зокрема, рентгенограму дитячої руки з виразним зображенням кісток і хрящів, туберкульозної руки, зламаної кістки, хребта новонародженої дитини, тварин (риби, птаха, рака, щура тощо), а також різних предметів у футлярах: олівця, корка з коркотягом (видимий тільки останній). Важливо, що це не просто тіні, а різної інтенсивності затемнення, які залежать і від товщини шарів речовини, пронизуваних X-променями. Для отримання рентгенограми вистачало 2–5 с,

що було на той час рекордно короткою експозицією. Опрацьовував і розмножував Пулюєві знімки фотограф Екерг. Їхні копії було розвішено на стінах аудиторії для огляду.

Надзвичайно цікава доповідь, зазначила газета, мала ще й гуманну ціль — матеріальну допомогу студентам електротехніки.

Несподіване свідчення про цю лекцію можна знайти також у книзі відомого австрійського журналіста зі світовим ім'ям Егона Ервіна Кіша “Ярмарок сенсацій”, яка вийшла німецькою мовою в 1943 р. Він у віці 11 років був разом з батьком на цій доповіді Пулюя про нові промені, а в студентські роки слухав його лекції в Празькій політехніці. Наведемо спогади Кіша за польським перекладом зазначеної книги [10]: “Безпосередньо після одержання звістки про зроблене в Німеччині професором Конрадом Рентґеном відкриття променів X, професор Пулюй, фізик Празької високої технічної школи, зробив на цю тему доповідь з демонстраціями. Власне Пулюй відкрив також ці промені і експериментував з ними протягом двадцяти років, не розголошуючи цього. Тепер показав апарати власної конструкції, просвітлив на сцені сейф, дога, чоловіка і навіть жінку (очевидно, в масці). Вперше побачено вміст закритих предметів, живі, рухомі скелети в живих рухомих людях”. Залишимо поки що цю цитату без коментарів, а повернемося до неї пізніше.

Відкриття X-променів та Пулюєві досягнення в цій галузі не залишилися поза увагою і тогочасної української преси. Часопис “Зоря” в ч. 4 за 15(27) лютого 1896 р. серед текстів художніх творів М. Коцюбинського і П. Мирного помістив фотографію Івана Пулюя і низку його рентґенограм: пташечки в перах, жаби, малої риби, миші сорокатої, корка з “закрючкою”, руки одинадцятилітньої дівчинки і крейди.

6. Публікації Рентґена і Пулюя про X-промені.

Наведений в п. 5 огляд газетних матеріалів із січня-лютого 1896 р. дає змогу виробити певне уявлення про початки науки про X-промені, про роль Рентґена та Пулюя у їх відкритті та у дослідженні їх властивостей. Однак науково точна оцінка внеску цих учених у цю нову галузь фізики та їхня роль у справі практичних застосувань нових променів повинна спиратися насамперед на їхні власні публікації. Оскільки про дослідження Рентґена існує багато літератури*, ми особливу увагу надамо працям Пулюя. Почнемо з порівняльного аналізу статей Рентґена і Пулюя, присвяче-

*З доступних нам книг найповнішою є названа вище монографія Глясера [8].

них дослідженню X-променів. Він дасть змогу, зокрема, з'ясувати неточності й помилки, допущені А. Ф. Йоффе у його публікаціях, зумовлені ігноруванням досліджень Пулюя.

Передусім звернемо увагу на хронологію трьох публікацій [11–13] Рентґена та короткого повідомлення [14] і двох статей [15–16] Пулюя. Першу статтю “Про новий рід променів. Попереднє повідомлення” В. К. Рентґен опублікував у журналі “Доповіді фізико-медичного товариства у Вюрцбургу” у січні 1896 р., але подав її до цього видання 28 грудня 1895 р.; згодом у “Доповідах Віденської Академії наук” з'явилося повідомлення про рентґенограми Пулюя та його коментар до них з датою засідання 6 лютого 1896 р., а потім — дві його праці, відповідно 13 лютого і 5 березня 1896 р. Останні дві статті Рентґена датовані пізнішим часом: 9 березня 1896 р. (це зазначена Рентґеном дата завершення рукопису) та 29 квітня 1897 р. (дата подання статті). Публічну доповідь про своє відкриття Рентґен виголосив у Вюрцбурзькому університеті 23 січня 1896 р. Звертаючись до оцінок, які дав працям Рентґена А. Ф. Йоффе у своїх близьких за змістом публікаціях [17–20], зазначимо, що він аналізує результати Рентґена на основі всієї серії його статей без деталізації того, у якому з трьох повідомлень вони опубліковані. Зрозуміло, що такий підхід не може претендувати на точність з погляду хронології. Ігноруючи праці Пулюя, Йоффе грішить проти істини, приписуючи Рентґенові пріоритет щодо всіх результатів, викладених ним у другій і третій статтях, опублікованих після статей Пулюя. Тому для з'ясування пріоритетності результатів цих двох учених досить розглянути співвідношення між змістом лише першого повідомлення Рентґена і двох статей Пулюя.

У “Попередньому повідомленні” Рентґен описує свої спостереження, які свідчили про утворення у скляних стінках катодних рурок променів нового роду, названих ним X-променями, здатних проходити через непрозорі для світла тіла та викликати флюоресценцію і фотографічну дію. Він наводить результати дослідження поглинальної здатності різних тіл щодо X-променів та деяких інших експериментів: відсутність помітного заломлення і правильного відбивання нових променів, прямолінійність їх поширення, незалежність коефіцієнта поглинання від напрямку їх поширення у кристалі. Як з'ясуємо детальніше в одному з наступних пунктів, безсумнівною є пріоритетність Рентґена щодо цих результатів (сукупність яких визначає вживаний звичайно в літературі термін “відкриття X-променів”).

Іван Пулюй вирішив насамперед перевірити гіпотезу Рентґена

про місце, де виникають нові промені: X-промені виходять з того місця, де катодні промені зустрічають скляну стінку. Наведемо слова Глясера, з яких видно, наскільки важливо було надійно з'ясувати це питання: “У багатьох дослідженнях займалися тим, щоб знайти, чи рентгенівські промені виходять з аноду або катоду; спочатку щодо цього панувала велика плутанина, хоч Рентген висловив слушну вказівку” [8, с. 219]. Як приклад експерименту, спрямованого на розв'язання цього питання, Глясер наводить експеримент і фотографію, виконані російськими фізиками Галіциним і Карноїцьким у Санкт-Петербурзі та опубліковані в Доповідах Царської Академії Наук 6 березня 1896 р. Стаття називалася “Точка виходу рентгенівських променів”, отже, вся вона була присвячена зазначеному питанню. Однак у книзі Глясера нічого не сказано про те, що вже на місяць раніше, 6 лютого, у попередньому повідомленні про свою статтю, присвячену значно ширшому колу питань, Пулюй підтвердив припущення Рентгена на підставі спеціально поставлених експериментів з використанням електровакуумних апаратів власної конструкції. Один із методів полягав у спостереженні отриманої на фотопластинці тіні, яку давало залізне кільце, розташоване між розрядною руркою та фотопластинкою. Рурка мала сферичну форму, і це дало змогу Пулюєві відтворити графічним способом просторову картину поширення X-променів. Детальний опис експериментів опублікований у статті від 13 лютого. З досліду однозначно випливало, що нове проміння не виходить з катода, а утворюється під дією катодних променів у стінках рурки у місцях, які досить точно визначив Пулюй; воно поширюється головню в перпендикулярному до стінок напрямку. Ці результати послужили Пулюєві експериментальною основою для його розуміння механізму виникнення X-променів, яке ми викладемо пізніше.

Найкращі результати у дослідах з X-променями давало застосування як джерела X-променів Пулюєвої фосфоресцентної лампи, премійованої на Міжнародній виставці в Парижі в 1881 р. і описаної у 1882 р., тобто створеної за 14 років до відкриття цих променів. Перевагою лампи Пулюя, описаної в підрозділі 2.2, була наявність у ній антикатада, тобто лищакової (слюдяної) пластинки, розташованої під кутом до плоского дископодібного катода. Пластинка була покрита сульфатом кальцію (сполукою, в якій катодні промені викликали флюоресценцію), бо її первісним призначенням було служити джерелом світла. З'ясувалося, що використання Пулюєм уперше у світовій практиці антикатада як джерела X-променів дуже ефективно саме з точки зору конструювання “рентгенівських

рурок”, оскільки такі апарати давали найбільш інтенсивні і найменше розбіжні X-промені. Причина полягала в тому, що струмів X-проміння, утвореного у плоскому антикатоді зосередженим потоком швидких електронів, був слабше розбіжним, ніж X-проміння, утворене у круглих стінках вакуумних рурок, на які падали в різних напрямках катодні частинки. Очевидно, позитивну роль відіграла також висока якість (зокрема, глибокий вакуум) Пулюєвих приладів. До висновку про ефективність подібної конструкції дійшов пізніше і Рентген, який у другому повідомленні написав про апарат, який він сам виготовив. До того часу він вживав прилади інших авторів. Найчастіше називаючи рурку Гітторфа або Гітторфа-Крукса, в третьому повідомленні Рентген зазначив, що рурки Гітторфа мусив замінити іншими, бо всі вони швидко пробивалися. Проте Рентген не назвав тут, чиї рурки мав тоді на увазі.

Пулюй реєстрував нові промені, спостерігаючи викликану ними флюоресценцію екрана, покритого платино-барієво-ціяністою сполукою, або фотографічним методом. Інтенсивність флюоресценції залежала від орієнтації екрана відносно антикатада, що дало змогу дослідити напрямок поширення невидимих променів. Пулюй з'ясував, що вони виходять з антикатада переважно в перпендикулярному до нього напрямку. Він провів також низку дослідів з іншими рурками; вони дали змогу отримати додаткові результати про просторовий розподіл нового проміння, які мали важливе значення з погляду конструювання рентгенівських апаратів та розвитку техніки медичної рентгенології. Про подібні досліди Рентген писав лише у третьому повідомленні (квітень 1897 р.).

В останній частині першої статті Пулюй висловлює свої дуже важливі погляди про природу X-променів та механізм їх утворення. Виходячи з власного розуміння природи катодних променів як потоку негативно заряджених частинок, він пише, що нові промені виникають, якщо бомбардувати тверді тіла цими частинками. Повторюючи наведену в п. 3 (с. 13) думку щодо механізму виникнення видимого флюоресцентного світла внаслідок взаємодії катодних частинок з молекулами, він додає: “Крім цих видимих променів фосфоресценції виникають ще невидимі промені з іншим періодом коливань, і вони є тими невидимими променями, які відкрив Рентген”. При цьому Пулюй зауважує, що немає даних, з яких можна було б зробити висновок (як це припускав спочатку Рентген), що ці хвилі є повздовжні, а не поперечні як світло фосфоресценції, хоч і таку можливість виключати поки що не можна.

Отже, у Пулюя виразно виступають дві думки, які цілком уз-

годжуються з сучасними уявленнями. Перша — це твердження, що X-промені утворюються в процесі взаємодії дуже швидкого негативного заряджених катодних частинок із молекулами твердого тіла; друга — що за своєю природою X-промені і видиме світло фосфоресценції подібні, відрізняючись тільки періодом коливань. Беручи до уваги, що мікроскопічний підхід до пояснення спостережуваних явищ був узагалі чужий Рентгену, а в своїх наступних публікаціях він схилився до думки, що природа X-променів така сама, як і катодних (у п. 9 третього повідомлення він наводить низку аргументів на користь цієї думки), мусимо ствердити, що Пулюєве розуміння цих явищ було набагато ближчим до істини. Зауважимо, що Г. Ленард (Нобелівський лавреат 1905 р.), виступаючи літом 1896 р. на зборах Німецького товариства природодослідників і лікарів та трохи пізніше на конгресі Англійського товариства сприяння науці, висунув також помилкову теорію, згідно з якою X-проміння є катодним промінням з нескінченно великими швидкостями [8, с. 164].

У кінці першої статті, а також у повідомленні від 6 лютого 1896 р. Пулюй говорить про важливе спостереження щодо дії X-променів на залишки газів у вакуумних рурках без електродів, лампочках розжарення, радіометрах: вони можуть спричинити розрядження та свічення в них і за відсутності високої напруги. Пулюй виявив, що ці явища проявляються тим сильніше, чим ближче розташовано джерело X-променів до евакуйованої рурки. Він показав також експериментально, що причиною таких розрядів не є апарат Румкорфа, який подає напругу на джерело X-променів. Рентген повідомив про здатність відкритих ним променів розряджувати поміщені в повітрі наелектризовані тіла тільки в другому повідомленні. Отже, висновок про виникнення електропровідності газу під дією X-променів, тобто про те, що X-промені можуть йонізувати гази, вперше опублікував Пулюй більше як на місяць перед Рентгеном. Хоч Пулюй не вжив тут слово “йонізація”, можемо твердити, що саме так він розумів цей процес, бо в усіх дослідженнях спирався на молекулярно-атомних уявленнях. Мікроскопічний підхід він застосував, зокрема, говорячи про взаємодію заряджених катодних частинок з молекулами тіл. Рентген, навпаки, послідовно притримувався погляду, що фізики повинні говорити лише про спостережувані у дослідах явища і не намагались їх пояснювати на основі подібних нічим не оправданих, на його думку, понять і гіпотез. Тому з великим застереженням треба поставитись до слів А. Йоффе, згідно з якими Рентген установив, що у розрядженні наелектризованих тіл X-променями головну роль грає йонізація повітря. Насправді Рентген не пішов далі чисто

феноменологічного твердження, що освітлене X-променями повітря набуло властивість розряджувати наелектризовані тіла.

Важливість відкритого Пулюєм явища йонізації молекул чи атомів X-промінням зумовлена, зокрема, тим, що цей ефект лежить в основі третього (після флюоресценції та хемічних змін у фотомульсії) типу процесу реестрування нового проміння — за допомогою опрацьованих пізніше електронних детекторів.

У другій статті, як додатку до першої, Пулюй описує різноманітні досліди і наводить відповідні рентгенограми, які підтверджують і уточнюють висновки першої праці. Зокрема, він зауважує, що в його фосфоресцентній лампі невидимі промені утворюються на поверхні лишакової пластинки (антикатада), зверненій до катода, але практично без поглинання проходять крізь неї і тому поширюються і з того боку пластинки, який звернений до анода.

7. Біля джерел медичної радіології.

Особливого успіху досягнув Пулюй у виготовленні рентгенограм, тобто фотографій, отриманих за допомогою X-променів, які пронизували різні предмети, поміщені перед фотопластинкою. Завдяки великій інтенсивності X-променів якість Пулюєвих рентгенограм була набагато кращою від Рентгенових, а тривалість експозиції різко зменшилася (як ми вже зазначали, до 2–5 секунд). Це дало йому змогу виготовити низку знімків окремих частин тіла і навіть цілого скелета мертворожденної дитини, визначити різноманітні патологічні зміни в тілах пацієнтів і тим самим підняти на радикально новий рівень не тільки хірургію (наприклад, встановити точне положення сторонніх предметів у тілі), але й діагностику різних захворювань. Слід зауважити, що у своїх статтях Рентген лише один раз згадав про отримане ним зображення тіні кісток руки і нічого не писав про перспективи використання цього методу в медицині. Цими питаннями цікавилися слухачі доповіді Рентгена у Вюрцбурзькому фізико-медичному товаристві 23 січня 1896 р. На питання відомого анатома Келлікера щодо можливостей витягнути практичну користь з відкриття X-променів у хірургії й анатомії Рентген відповів, як пише Глясер [8, с. 37], так: мабуть поки що це неможливо, бо м'які частини тіла, судини, нерви і м'язи мають приблизно однакову густину, і тому X-промені можуть дати лише тіньові зображення костей. Таку обережність Рентгена у прогнозуванні медичних застосувань нових променів треба визнати природною, оскільки він як поважний вчений ґрунтував свої висловлювання на реальних фактах, тобто на

досягнутій ним якості рентгенограм.

Водночас І. Пулюй уже починаючи з січня 1896 р. особливо цікавився цим питанням і виконав на прохання лікарів чимало високоякісних рентгенограм та сформулював на їх основі важливі для медицини висновки. Зокрема, він зазначив, що зроблений 18 січня знімок руки одинадцятирічної дівчинки дає змогу відрізнити набагато більше деталей кісток, ніж фотографії, зроблені Рентгеном. Пулюй ствердив, що такий прогрес дуже важливий для застосування у хірургії. Він описує низку X-променевих фотографій, на яких виразно видно різноманітні патологічні зміни в тілах пацієнтів. Порівнюючи рентгенограму здорової і туберкульозної руки, Пулюй писав: “Вражена туберкульозом рука виявила скорочення фаланги вказівного пальця, в результаті він був коротший, ніж малий палець, а кістки за відтінком відрізнялися від здорових. На руці зі зломаною кісткою передпліччя можна було виразно побачити, що на ліктевій кістці вже утворився кістковий мозоль, тоді як на частині променевої кістки його немає, він вийшов разом з гноем рани і був видалений. В руці з пістолетовою кулею куля сидить точно посередині верхнього кінця п’ястної кости, видно, що вона в неї вже вп’ялася і заросла кістяним мозолем” [15]. Звідси очевидно, наскільки важливою для медицини була технічна досконалість, досягнута Пулюєм завдяки використанню його катодних рureк, і, крім того — як добре розумів він значення своїх результатів не тільки для хірургії, але й для діагностики та терапії.

На жаль, Пулюй не подав дат виготовлення усіх цих унікальних рентгенограм, за винятком 18 січня, внаслідок чого питання пріоритетності однозначно розв’язати важко. Враховуючи, проте, що про них є повідомлення на засіданні Віденської Академії Наук 6 лютого, а в європейській пресі, як побачимо нижче, вони опубліковані 8 лютого, маємо підстави припустити, що вони виконані також приблизно 18–20 січня. У своїй книзі Глясер [8, с. 176] зазначив труднощі хронологічного зіставлення перших робіт з X-променями, проведених у різних лабораторіях Європи і Америки. Але з його огляду та наведених у книзі дев’яти фотографій людської руки різних авторів видно, що, по-перше, вони виконані в другій половині січня і в лютому, та, по-друге, їхня якість несуттєво відрізняється від Рентгенового знімку руки його дружини, у зв’язку з чим жодних висновків, цікавих з погляду медицини, їх автори не висловлювали. Єдиним відомим нам винятком можна вважати подану 23 січня 1896 р. до журналу “Wiener Berichte” невелику статтю [21] Л. Пфаундлера з Грацу, до якої долучено рентгенограму руки дівчини з куском зломаної голки,

зроблену, за словами автора, 19 січня. Цей знімок допоміг хірургові витягнути голку з тіла. Пфаундлер повідомляє також, що він вслід за Рентгеном вивчав також проникну здатність рентгєнівських променів у деяких твердих тілах.

Новим кроком у медичній рентгєнології були X-променеві фотографії, які давали змогу встановлювати патологічні зміни в окремих частинах тіла, отримувати зображення переломів кінцівок (це важливо у хірургії) та розрізняти анатомічні деталі “м’яких” органів (серце, печінка тощо). Щодо першого (діагностичного) напрямку, то Глясер називає дві дати: 17 лютого 1896 р. [8, с. 178] та 27 січня [8, с. 181]. Перша стосується демонстрування у Віденському медичному товаристві рентгєнограм, у яких зафіксовано хворобливі зміни в суглобах, спричинені ревматизмом і хронічним артритом. З наведеної вище цитати з праці Пулюя видно, що він отримав фотографію цього типу (пов’язану з туберкульозом костей) на 2–3 тижні раніше. Вправді, Глясер пише про це [8, с. 181], але покликається при цьому не на оригінальні публікації Пулюя (яких він, видно, не читав), а на французький журнал “La Nature” від 8 лютого 1896 р., який надрукував цю рентгєнограму разом з короткою інформацією про її автора (про це скажемо нижче). Щодо дати 27 січня, то, за Глясером, в цей день у Віденському фізичному інституті демонструвалися деякі високої якості рентгєнограми, на одній з яких, виконаній професором Г. Гертнером (Gärtner), можна було бачити зміни, пов’язані з подагрою, артритом і деформаціями. Тут же Глясер пише: “В той самий час у Празі відомий фізик Пулюй отримав за допомогою своєї відомої Пулюєвої рурки рентгєнограму руки з туберкульозними руйнуваннями костей, особливо сильно вираженими у вказівному пальці.” Отже, не підлягає сумніву, що І. Пулюй був одним з перших фізиків (а, можливо, і першим), що показали можливість застосування X-променів у медичній діагностиці.

Зазначивши, що вже після перших повідомлень про фотографічну дію X-променів висловлювалися здогадки про можливість застосування такого методу для техніки хірургічних операцій, Пулюй вирішив докладніше окреслити межі, в яких це можна зробити. Він описує різні рентгєнограми з зображенням чужих металевих предметів у живому тілі, зокрема тонкої голки, а також (див. цитату вище) наслідки перелому передпліччя руки. Про демонстрацію подібної рентгєнограми в Гамбурзькому лікарському товаристві 28 січня доктором Міхаелем пише Глясер [8, с. 178] як про одну з перших, що показали перспективність нового методу в хірургії. Бачимо, що і з цього погляду Пулюй був піонером. Додамо, що, згідно з Глясе-

ром [8, с. 176] сам Рентген такими питаннями практично не займався. Єдиним винятком була його фотографія зламаного передпліччя, яку він послав тільки 15 лютого 1896 р. до “Британського медичного журналу”.

Наведемо ще одну цитату з цієї ж статті І. Пулюя: “Мертву дитину я сфотографував старим газорозрядним апаратом, а проте зображення витягнутого по кінцівках окостеніння є, за словами п. проф. Хіарі, просто чудове. Досить виразно видно весь хребет аж до голови, яка лише частково зображена на пластинці, ребра грудної клітки, в якій серце і печінка зазначені лише більш насиченим відтінком”. Це була перша рентгенограма цілого людського кістяка, як це засвідчив у квітні 1896 р. англійський журнал “The Photogram” (див. нижче). Отже, Пулюй вперше продемонстрував можливості застосування нових променів в анатомічних дослідженнях.

Подаючи опис таких досягнень, Пулюй зазначає, що можливості нового методу поки що обмежені, і для його розвитку слід добиватися інтенсивніших та слабше розбіжних X-променів. Наприклад, він не зміг отримати рентгенограму голови живої людини, у якій застрягла куля, оскільки інтенсивність променів була недостатня, щоб “просвітити” голову дорослої людини. Але крізь голову дитини вони проходили зі значною інтенсивністю.

Факт, що Пулюєві рентгенограми відзначалися найвищою якістю, підтверджується тим, що їх дуже часто використовувала європейська преса для ілюстрації принципово нових можливостей у медицині, пов’язаних з X-променями. Ось декілька прикладів, взятих зі статті [9] львівського лікаря Олександра Барвінського (сина Олександра Барвінського старшого — відомого громадського та культурного діяча). Цей автор був братом українського композитора Василя Барвінського, одруженого з найстаршою донькою І. Пулюя Наталкою. Отже, він мав змогу користуватися архівними матеріалами Пулюя, що зберігалися у цій родині*.

Французький часопис “Cosmos” від 8 лютого 1896 р. подає на 300-й сторінці фотографії, зроблені Пулюєм за допомогою X-променів, і про їх автора пише: “Проф. Пулюй у Празі, добре відомий фізик, який зробив так багато для теорії та практики електросвітляних апаратів, про які була мова вище, і який через це більше, ніж багато інших, в стані поглиблювати ці нові і тонкі питання, вже одержав результати великої наукової вартості”. В іншому французькому жур-

*Про подальшу долю цього архіву нічого не відомо. Оскільки сім’ю Наталки і Василя Барвінських репресували, і вони впродовж десяти років перебували в Сибірі, малоймовірно, щоб такі матеріали вдалося відшукати.

налі “La Nature” також від 8 лютого 1896 р. на 157-й сторінці вміщено статтю під заголовком “Rayons invisibles (rayons X) de M. Wilhelm Conrad Rontgen. Experiences de M. Puluje de Prague” (“Невидимі промені (промені X) п. В. К. Рентгена. Досліди п. Пулюя з Праги”). До статті додано дві Пулюєві рентгенограми (про які написано вище) з підписами: “Зображення нормальної руки молодої дівчини” і “Зображення туберкульозної руки”. Про професора Пулюя, як писав О. Барвінський, заговорили й англійські часописи. Лондонський “The Photogram” (1896. Vol. 3. No 28) подає на 106-й сторінці опис і малюнки лампи Пулюя, а також (с. 108) його згадану вище рентгенограму семимісячного мертвонародженого плода дитини, зазначаючи, що це перше зроблене за допомогою X-променів зображення цілого людського скелета. У світлі таких фактів надзвичайно дивно читати повну захоплення і разом з тим не згідну з правдою характеристику, яку дає знімкам Рентгена Л. В. Бобров [22], називаючи їх чудовими (“великолепными”) і заявляючи, що вони довгі роки залишалися неперевершеними (“непревзойденными”).

Варто навести ще два приклади популярності Пулюєвих ламп як джерела X-променів. Перший запозичено з книги Володимира Плачинди [23]. Відомий український фізик Микола Пильчиков (син Дмитра Пильчикова — одного з організаторів і засновників Товариства імені Шевченка) повідомив у “Доповідях Французької Академії наук” про отримані в Одесі в січні 1896 р. рентгенограми, зазначаючи, що використання з цією метою трубки Пулюя скоротило тривалість експозиції від початкових 40 хвилин до 30 секунд. У цитованій книзі Глясер наводить у списку літератури ці статті Пильчикова [24,25].

Особливо щасливою виявилася доля Пулюєвої лампи, яка опинилась у колекції електровакуумних рureк фізичної лабораторії Дартмутського коледжу (Dartmouth College) у США: вона назавжди увійшла в історію виникнення медичної рентгенології завдяки тому, що за її допомогою було зроблено першу на американському континенті X-променеву фотографію зламані кости. Цей факт став широко відомим у зв’язку з відзначенням 100-літнього ювілею відкриття X-променів. В американських журналах появилася низка публікацій, присвячених ювілеєві, у яких автори розповідали про перші кроки рентгенології в Америці. Зокрема, цьому питанню присвятив свою розвідку “Перша клінічна X-променева фотографія, зроблена в Америці – 100 років” П. Спігель [26], а про дальший розвиток цих досліджень аж до найновіших досягнень медичної радіології, таких як використання магнетного ядерного резонансу, йдеться у стат-

ті Р. Люнардіні “Х промені відзначають болючі місця” [27]*. Першоджерелом цих та інших аналогічних публікацій служила стаття [28] професора Едвіна Фроста, надрукована в 1930 р. у квітневому числі журналу, який видавав Дартмутський коледж для своїх випускників. Саме рурка Пулюя, зазначають автори цих статей, була приладом, використання якого служило початком становлення у США цього потужного методу, без якого не можна уявити собі сучасної медицини.

Р. Люнардіні зазначив на вступі, що кінець XIX століття характерний широким захопленням електричними та світловими явищами, що виникають в електровакуумних скляних рурках. Американські професори фізики колекціонували такі прилади, які присилали їм колеги з Європи, і використовували їх у навчальному процесі та в популярних лекціях для дослідів і демонстрацій. Багату колекцію таких апаратів мав Дартмутський коледж. Коли в американській пресі з'явилися отримані телеграфом з Європи повідомлення про відкриття Х-променів та перші рентгенограми, працівники Дартмутської фізичної лабораторії взялися за проведення власних дослідів. Асистент Франк Аустін та професор Едвін Фрост перевірили наявні в лабораторії вакуумні рурки і з'ясували, що Х-промені генеруються тільки в лампі Пулюя. Ось що писав про це набагато пізніше Е. Фрост, який став визначним американським астрономом: “На початку 80-х років професор Йоган Пулюй з Віденського університету сконструював рурку типу Круксової, чудово пристосовану для генерування Х-променів, хоч цілком не усвідомлював цього. Він вмонтував нахилено пластинку лишаку в перерізі рурки і покрит її фосфоресцентною сіллю. Це давало гарну фосфоресценцію, а катодні промені, падаючи на цю сіль, утворювали інтенсивні промені Х” [28]. У статті зазначено, що лютневий випуск (1896 р.) американського журналу “Science” передрукував з січневого числа лондонського часопису “Nature” англійський переклад першої статті Рентгена, а також його (Е. Фроста) коротку замітку про виконані ним досліди з Х-променями. Згадуючи про ці події у 1930 р., Фрост пише, що перші вдалі експерименти, в яких на шляху Х-променів до фотопластинки ставили різні предмети, і які він виконав за участю фотографа Говарда Лянтіла, зробили надзвичайне враження: “Ніхто ніколи не забуде хвилювань в очікуванні проявлення перших фотопластинок, отриманих в суботу 24 січня або першого лютого.

*Автор вдячний за повідомлення про ці статті та їх копії віце-президентів Українського лікарського товариства Північної Америки д-рові Адріанові Баранецькому.

Відрзу виявилось, що рурка Пулюя була найефективнішою [...]. Я думаю, що вона була одною з найкращих в Америці і в наступні тижні. Вона була старанно зроблена і не згоряла, як це було з багатьма іншими рурками в інших лабораторіях” [28].

Третього лютого в лабораторію Едвіна Фроста його брат, Гільман Фрост, професор медицини в Дартмуті, привів 14-річного хлопця Едді Мак-Карті, який під час їзди на ковзанах зламав руку. За допомогою Пулюєвої лампи з 20-хвилинною експозицією було зроблено Х-променеву фотографію, на якій дуже виразно видно перелом кості руки. Цю світлину, яка дотепер зберігається як сталий експонат в музеї Дартмутського коледжу, опублікували різні (в тому числі процитовані вище) американські часописи в 1995 р. і на початку 1996 р. Вони помістили і фотографію самого історичного експерименту з отримання першої клінічної рентгенограми, а також знімку рурки Пулюя як джерела Х-променів. Цей апарат Пулюя також є сталим експонатом фізичного факультету Дартмутського коледжу. Раніше, а саме в 1978 р., цій знаменитій події було присвячено статтю Г. С. Крова і Г. В. Сміта у згаданому вище журналі Дартмутського коледжу [29]. На титульній сторінці статті автори помістили і фотографію експерименту братів Форстів. Ця фотографія має ще ту додаткову історичну цінність, що її вважають першою світлиною, яка зафіксувала для потомків сам процес проведення фізичного експерименту.

Треба зазначити, що описаний дартмутський дослід, унікальний з погляду становлення медичної рентгенології на американському континенті, став відомим і у світовому масштабі. Ми вже зазначали, що в сучасних книгах з історії фізики ім'я Пулюя, як правило, несправедливо замовчується. Це стосується, зокрема, книги Д. Л. Андерсона “Відкриття електрона”. Обговорюючи застосування Х-променів, автор наголошує на рідкісному в історії фізики факті, який полягає в надзвичайно короткому інтервалі часу від відкриття нового явища до його практичного використання. Наведемо відповідну цитату: “8 листопада 1895 року Рентген вперше спостерігав свічення екрану. Перше повідомлення про це було опубліковано в грудні того ж року. А 20 січня 1896 року в Дартмуті (Нью-Гемпшир) за допомогою рентгенівських променів було встановлено перелом руки у якогось Едді Мак-Карті” [2, с. 72]. Абстрагуючись від помилки в даті експерименту, знаємо, що йдеться тут про дослід, виконаний за допомогою лампи Пулюя. Але про цей важливий момент у книзі згадки, на жаль, немає. Тим не менше наведена цитата дає ще одне свідчення виняткової ролі Пулюєвих катодних рурок у

перших кроках світової рентгенології. Додамо, що у книзі Глясера [8, с. 191] теж написано про дослід Фроста, але і тут не зазначено, що в ньому використано лампу Пулюя. X-променеві апарати власного виробництва появились в Америці лише в 1903 р. Згадаємо ще в цьому контексті, що в Празькому технічному музеї і сьогодні можна побачити в роботі відреставровану завдяки професорові Чеського технічного університету Іво Краусові Пулюєву лампу. Доля цих апаратів у нас, на батьківщині вченого, на жаль, невідома. Про використання Фростом лампи Пулюя для виготовлення перших в Америці рентгенограм писав В. Форман в статті “Теолог, патріот, фізик. Австрійський вчений. Життя д-ра Івана Пулюя” [30]; про це згадав і Ю. Гривняк у книзі [31], але без покликів на джерела.

Застосування X-променів у медицині зазнало з часом різноманітних удосконалень і дало поштовх новим методам клінічної діагностики, які бурхливо розвиваються і в наш час. Сюди належить, зокрема, так звана комп’ютерна томографія, яка дає змогу розгорнути за допомогою X-променів об’ємну картину внутрішніх органів людини, а також використання інших фізичних ефектів, таких як магнетний ядерний резонанс тощо. Усі ці методи об’єднуються сьогодні терміном “медична радіологія”. Наведений вище огляд досягнень як самого Пулюя, так і інших вчених, що працювали з його приладами, свідчить, що наш земляк був одним із перших, хто перебував біля самих джерел цього потужного напрямку в лікарській практиці, і тому заслужив собі гідне місце в історії світової медицини.

8. У чому помилявся і в чому мав рацію академік Йоффе.

Виклавши основний зміст праць Пулюя про рентгєнівські промені та їх застосування в медицині, повернемося до питання про роль цих досліджень та їх результатів у становленні фізики X-променів і їх практичного значення. Це питання з різних причин не знайшло в літературі об’єктивного і науково обґрунтованого висвітлення, хоч заслуговує на особливу увагу, оскільки стосується одного з найважливіших етапів розвитку не тільки фізики, але й науки загалом і, навіть, сучасної цивілізації. Наш аналіз почнемо з розгляду оцінок, які дав Рентгєнові та його відкриттю його учень і співробітник — відомий і авторитетний фізик академік А. Ф. Йоффе, один з іноземних дійсних членів НТШ. Підсумком цих оцінок слід уважати таке твердження: “У трьох невеличких статтях, опублікованих впродовж одного року, дано настільки вичерпний опис властивостей цих

променів, що сотні праць, які появились пізніше впродовж 12 років, не могли ні додати, ні змінити нічого суттєвого” [20].

Передусім звернемо увагу на певні формальні неточності. Проміжок часу, що відділяє третю статтю Рентгєна (29 квітня 1897 р.) від першої (28 грудня 1895 р.), значно більший, ніж рік. А в цьому проміжку і навіть перед другим повідомленням Рентгєна, як уже зазначено вище, Пулюй опублікував коротке повідомлення і дві статті, проігноровані Йоффе. Отже, коли він говорить про сотні праць, які з’явилися пізніше від третьої статті Рентгєна (в ориґіналі: “последовавших затем на протяжении 12 лет [. . .]”), то подібне твердження могло б мати сенс, якщо б тут поряд з іменем Рентгєна було згадано й ім’я Пулюя, а також низки інших фізиків, які впродовж 1896 р. отримали певні нові, хоч і не такі широкомасштабні, як Пулюй, результати.

Якщо ж наведену тезу Йоффе віднести до результатів Рентгєна, відображених у його першій статті, то легко переконатися, що вона не відповідає дійсності.

Іван Пулюй назвав свою статтю [15] “Про походження (утворення, виникнення — die Entstehung) рентгєнівських променів і їх фотографічну дію”, отже, ці два аспекти своїх досліджень він уважав головними. Щодо походження X-променів, то тут слід виділити два питання. Перше — це визначення місця, де вони утворюються. Як ми вже знаємо, своїми експериментами Пулюй строго довів, що нові промені утворюються в тих місцях твердих тіл, куди потрапляють катодні промені. Не претендуючи на якісну новизну результату, Пулюй трактує ці дослідження як підтвердження і уточнення висновку Рентгєна. Ми вже писали, що вони мали важливе значення для опрацювання конструкції апаратів, спеціально призначених для ґенерування потужних X-променів. Однак ще важливішим моментом є друге питання — дуже близьке до сучасного Пулюєве розуміння механізму виникнення променів як мікроскопічного процесу, що відбувається внаслідок взаємодії швидких неґативно заряджених вирваних з катода частинок з молекулами чи атомами речовини. Як уже зазначено вище, у працях Рентгєна на цю тему нічого не сказано, і це не випадково. Бо той же Йоффе дає йому таку цілком слушну характеристику: “Вихований у школі Кундта, Рентгєн на все життя залишився переконаним прихильником класичної фізики другої половини ХІХ ст. До цієї групи належали Кольрауш, Пашен, Рубенс, Варбург, Браун. Усі вони були чудовими експериментаторами, але не могли перейти від вивчення макроскопічних явищ до фізики елементарних явищ, яке характеризує ХХ ст.” “Методом його праці, — пише

Йоффе, — був послідовний формалізм, що заперечував вивчення механізму явищ” [20, с. 17] ... “Рентген надавав значення тільки фактам, а не їх поясненню” [20, с. 19]. Навіть “до 1906–1907 року слово “електрон” не повинно було вимовлятися у Фізичному інституті Мюнхенського університету” [20, с. 18], керівником якого був Рентген. Додамо, що один-єдиний раз Рентген відступив від своєї засади не висувати гіпотез (а тільки описувати спостережувані явища), коли він висловив припущення, що Х-промені — це поздовжні коливання ефіру. Ця гіпотеза, як відомо, виявилася помилковою, бо хвилі рентгенівського проміння, як і світлові — поперечні.

Аналогічну характеристику можна знайти в книзі П. С. Кудрявцева: “Невдала гіпотеза Рентгена була разом з тим свідченням недоліку його теоретичного мислення, схильного до однобічного емпіризму. Тонкий і майстерний експериментатор, Рентген не був схильний до пошуків нового, як не парадоксально це звучить стосовно автора одного з найбільших в житті фізики відкриттів” [32, с. 373]. Л. В. Бобров подібну думку про Рентгена формулює так: “Його відкриття належало майбутньому, а наукові погляди — минулому” [22, с. 2]. Незважаючи на те, що Пулюя теж можна вважати учнем Кундта, його намагання проникнути в мікроскопічну природу спостережуваних макроскопічних процесів, пов’язаних з катодними та Х-променями, дозволяє зарахувати його до тих небагатьох учених, які ще в минулому столітті бачили контури майбутньої фізики ХХ століття. Отже, на противагу Рентгенові, для Пулюя характерне гармонійне поєднання дуже високого рівня експериментальних досліджень і глибини їх теоретичного усвідомлення. Вже один цей аспект праць Пулюя свідчить про те, що саме він, усупереч твердженню Йоффе, зробив суттєвий крок уперед порівняно з Рентгеном.

Візьмемо другий аспект, тобто фотографічну дію рентгенівських променів. Тут Пулюй з повною підставою відзначав якісну перевагу своїх результатів, які відкривали нову сторінку в розвитку лікарської рентгенології: стало зрозумілим, що піднятися на принципово новий рівень може не лише хірургія, але й нормальна та патологічна анатомія і пов’язані з нею проблеми медичної діагностики.

Високої якості рентгенограм Пулюй зумів досягнути завдяки великому досвідові у дослідженні катодних променів. Як ми вже переконалися, значення досліджень попередників для відкриття Рентгена розуміли усі, хто писав про це відкриття. А. Ф. Йоффе, зокрема, зауважує з цього приводу: “Одне є безсумнівним: відкриття рентгенівських променів було вже підготоване попередніми до-

слідженнями, вони були б незабаром відкриті ким-небудь іншим, якщо б Рентген пройшов мимо них”. Можемо додати, що найближче до цього відкриття підійшов саме Іван Пулюй ще на початку 80-х років. Маючи у своєму розпорядженні велику кількість різноманітних власноруч виготовлених або запроєктованих електровакуумних апаратів, він одразу з’ясував у січні 1896 р., які з них найліпше надаються на джерела Х-променів. З цього погляду, тобто з точки зору конструкції “рентгенівської” рурки, заслуги Пулюя, безперечно, набагато більші від Рентгенових. І знову доводиться тут ствердити, що Йоффе і в цьому питанні далекий від істини.

Справді, на самому початку “Попереднього повідомлення” Рентген писав, що він використовував “рурку Гітторфа, Крукса, Ленарда або інший подібний прилад”. Чи були серед “інших” апарати Пулюя, з публікацій Рентгена, а також з наведеного нижче його інтерв’ю ми не довідуємося. Але вже сам факт, що саме вони давали найвищої якості рентгенограми, доводить видатну роль Пулюя у цьому питанні. Не враховувати її — значить спотворювати історію становлення і розвитку рентгенології. Проте можна вважати безсумнівним, що Рентген мав у своєму розпорядженні і прилади Пулюя. Обидва вчені — ровесники, були знайомі ще з часів їх перебування у Страсбурзькому університеті і, природно, могли мати і пізніше наукові контакти. Підтвердження того, що такі зв’язки справді існували, знаходимо в родинному архіві Пулюїв. Зокрема, 28. 06. 1982 р. Олександр Пулюй у своїх зауваженнях про статтю проф. Вільгельма Формана [33] написав: “Щодо формулювання, що Рентген експериментував з Пулюєвими рурками, то я хотів би обмежитися до такого: я твердо знаю, що батько надав у розпорядження Рентгена одну або більше своїх ламп”*. Це стверджує також Рафаель Гуалла у статті [34]: “З Рентгеном, пріоритет якого як відкривача Х-променів Пулюй завжди визнавав, його пов’язувало жваве листування, з якого випливало, що Рентген експериментував з надісланими йому “Пулюєвими лампами”, і Пулюй із задоволенням ділився з ним досягнутими результатами. На жаль, це листування, яке зберігала донька проф. Пулюя, було знищене”. Отже, документального підтвердження листування та його змісту отримати, очевидно, не вдасться. Але слова Олександра Пулюя заслуговують на довіру, бо, як буде видно з подальшого тексту, його відданість істині щодо заслуг батька не підлягає сумніву.

Природно виникає питання: чому в такому разі Рентген не зга-

*Архів родини Пулюїв; зберігається в онука Івана Пулюя — Петра Пулюя (Леондінг, Австрія). В подальших покликах: Архів П. Пулюя.

дав поряд з іменами трьох названих учених (а також в інших місцях Гольдштайна і Герца) ім'я Пулюя? Удокументованої відповіді на це та інші питання ми дати не можемо, бо архів самого Рентгена був спалений відповідно до його досить дивного заповіту. Тому залишається також невідомим (хоч для історії фізики знати це було б дуже цікаво!), за допомогою якої конкретно катодної рурки Рентген зробив своє перше спостереження нових променів. Чим викликане таке дивне рішення Рентгена про знищення його лабораторних записів — теж загадка. На тему подібних питань можна робити лише різні припущення. В усякому разі той факт, що у “Першому повідомленні” немає згадки про Пулюя, не можна розглядати як підставу для заперечення наведених вище відомостей про те, що Рентген мав його прилади. Адже третя стаття Рентгена про X-промені датована 29 квітня 1897 р., тобто вона опублікована більше ніж на рік пізніше від праць Пулюя, а жодного посилання на ці праці Пулюя у Рентгена також немає. (Нагадаємо, що Пулюй покликавався на перше повідомлення Рентгена у публікації, відділеній від нього проміжком часу лише 6 тижнів).

Абстрагуючись від питання про те, чи використовував Рентген Пулюєві рурки, можемо, проте, проаналізувати роль цих двох учених в опрацюванні конструкції апаратів, що служили джерелами X-променів, на основі їхніх публікацій. Не підлягає сумніву, що експерименти, описані Рентгеном у “Попередньому повідомленні”, він виконував за допомогою приладів, виготовлених іншими вченими. Вперше він говорить про “свої саморобні” рурки у п. 19 другого повідомлення (березень 1896). У пункті 20 Рентген пише, що добрі результати дає рурка, в якій катодом служить угнуто алюмінієве дзеркало, у центрі кривини якого під кутом 45° до осі дзеркала розташована платинова пластинка, що служить анодом. Далі, у пункті 21 він додає, що для інтенсивності X-променів не має значення, чи місце збудження променів є анодом чи ні. З цього тексту важко зрозуміти, чи конструював такі прилади сам Рентген, чи використовував готові. Але зрозуміло, що Йоффе, не знаючи праць Пулюя, надмірно високо оцінює заслуги свого вчителя Рентгена. Він пише: “Рентген уже в цій праці виробив основні риси конструкції сучасних рурок. І матеріал, і форма катода й антикатода були вже тут вказані Рентгеном, так само, як можливість відділити антикатод від анода”. Але ж, як ми вже знаємо, така конструкція була закладена у Пулюєвій лампі зразка 1881 р. (крім, можливо, платини як матеріалу антикатода, про яку Пулюй уперше згадав 15 лютого 1896 р. у своїй доповіді, зреферованій газетою “Prager Tageblatt-

т”, яку ми цитували вище), хоч як джерело X-променів він свідомо використовував її тільки в січні та лютому 1896 р., а описав ці досліди в публікаціях першої половини лютого. Нагадаємо, що на цій особливості Пулюєвої лампи, як на важливому чиннику її виняткової ефективності, наголошували автори статей, присвячених експериментові братів Фростів. Зрозуміло, отже, що Пулюєві заслуги в цьому плані більші, ніж Рентгенові з погляду як оригінальності, так і часової пріоритетності. Тому похвали Йоффе, адресовані Рентгенові як першовідкривачеві основних принципів конструкції X-променевих рурок, слід переадресувати українському вченому.

Те саме стосується і відкриття йонізаційної здатності X-променів, яке А. Йоффе відзначає як одне з найважливіших досягнень Рентгена. Важливість цього відкриття сумніву не підлягає, але пріоритет щодо опублікування результатів тут належить, як вже знаємо, Пулюєві.

9. Іван Пулюй і становлення рентгенології.

Підведемо підсумок викладеного вище фактичного матеріалу, щоб об'єктивно оцінити роль Пулюя як одного з фундаторів рентгенології, розуміючи під цим терміном не лише медичну рентгенологію, а науку про X-промені в широкому сенсі — від дослідження їх властивостей, механізму утворення та фізичної природи до застосування в науці, медицині, техніці та народному господарстві.

Насамперед ствердимо таке. Не підлягає сумніву, що X-промені утворювалися в Пулюєвих експериментах з катодним промінням початку 80-х років, як і те, що Пулюй зрозумів це лише на початку січня 1896 р. — після перших повідомлень про відкриття Рентгена*. Зазначимо також, що й слово “відкриття” можна інтерпретувати по-різному. Відкриття X-променів у вузькому загальноживаному сенсі — це перші спостереження Рентгена, які встановили, що з катодних рурок виходить назовні під час їх роботи якийсь фізичний агент, який може проходити через непрозорі тіла, викликає флюоресценцію у певних речовинах та засвічує, як і видиме світло, фотопластини. Для різних речовин проникна здатність цих “променів” виявилась різною, завдяки чому можна “бачити невидиме” та виявляти внутрішню неоднорідність непрозорих тіл. Ці основні результати, опубліковані Рентгеном у його “Попередньому повідомленні”

*Різні версії, за якими Пулюй спостерігав нові промені раніше, ніж Рентген, ми розглянемо в останньому пункті цієї праці.

та описані світовою пресою на початку січня 1896 р., і становлять зміст загальнопринятого поняття “відкриття Х-променів”.

Якщо ж розуміти “відкриття Х-променів” у широкому сенсі, беручи до уваги його безпосередню передісторію, пов’язану з дослідженнями катодних променів, з одного боку, та встановлення інших (крім описаних Рентґеном у “Попередньому повідомленні”) властивостей Х-променів — з другого, то тут неможливо абстрагуватися від внеску Пулюя.

Яких висновків можна дійти на основі проведеного аналізу щодо місця Пулюя в історії становлення рентґенології, тобто науки про Х-промені? Безперечно, факт присудження у 1901 р. Нобелівської премії (першої в галузі фізики), а також поширення у світі багатьох наукових, технічних і медичних термінів, що мають корінь “рентґен”, підняли престиж і популярність німецького вченого на виняткову висоту. Але з погляду суто наукового названі чинники далеко не завжди треба вважати визначальними. Скажімо, кожна освічена людина знає, що Айнштайн — це великий учений, і цілком слушно пов’язує таке уявлення про нього з поняттям теорії відносності (зрозумілої, звичайно, тільки фахівцям). Але далеко не всім відомо, що Нобелівську премію Айнштайн отримав не за створення цієї великої, складної і глибокої теорії, над якою він працював практично все своє життя і яка до цього часу є предметом досліджень багатьох визначних учених, а за невелику працю про квантову природу світла, цілком доступну для розуміння учням середньої школи. Якщо б цю фотонну теорію світла не запропонував Айнштайн, її створив би незабаром хтось інший, і це міг би бути рядовий фізик-теоретик (хоч, можливо, він і не став би Нобелівським лавреатом). Така вже специфіка цих премій у галузі науки, що вони присуджуються за конкретні відкриття чи результати, котрі відкривають нові перспективи в науково-технічному прогресі і не обов’язково пов’язані з тривалими і глибокими дослідженнями. Саме до цього типу належить відкриття Рентґена. Відомо, що до 1895 р. він катодними променями не займався, а його шлях до відкриття Х-променів залишається загадковим, як про це висловився Гельмут Лінднер у книзі “Картини сучасної фізики” [35].

У книзі Глясера [8, с. 5–10] наведено щодо цього питання широкую цитату з інтерв’ю (чи не єдиного в житті вченого), яке Рентґен дав невдовзі після того, як про Х-промені стало відомо у світі, кореспондентові американо-англійського часопису “McClure’s Magazine” Г. Й. В. Дамові. Глясер слушно відзначає як прикрий факт, що висловлювання Рентґена подає не фахівець, а журналіст, на яко-

го пізніше покликувалися (за відсутністю надійнішого джерела) і відомі вчені. У викладі Дама Рентґенова розповідь про історію його відкриття звучить так: “Я цікавився вже від довшого часу катодними променями, які вивчали Герц і особливо Ленард у безповітряних рурках. За дослідженнями цих та інших фізиків я слідкував з великим зацікавленням і мав намір, як тільки матиму час, поставити в цьому напрямі власні досліди; такий час я знайшов наприкінці жовтня 1895 р. Недовго довелося мені працювати, коли я спостеріг щось нове [. . .]. Це було 8 листопада [. . .]. Я працював з руркою Гітторфа-Крукса, цілком обгорнутою чорним папером. Поруч на столі лежав кусок барій-платино-цианового паперу.” А подальший хід дослідів (флюоресценцію під час розрядів рурки та засвічування фотопластинок, вивчення проникної здатності Х-променів щодо різних речовин та фотографування невидимого) вже нам відомий. Як бачимо, і тут названі прізвища Гітторфа, Крукса, Герца і Ленарда, а Пулюй — треба здогадуватися — є серед “інших”. Отже, в питанні про те, яку роль відіграли в історії відкриття Рентґена його наукові контакти з Пулюєм, нічого певного сказати не можна.

Повертаючись до порівняльної оцінки Пулюя і Рентґена як дослідників Х-променів, зазначимо, (хоч це може видатися на перший погляд парадоксальним), що доброю основою для неї можуть служити саме праці Йоффе, про які тут йшлося. У них автор кваліфіковано охарактеризував значення різних аспектів, пов’язаних із відкриттям та дослідженнями Х-променів. Йоффе цілком закономірно розглядає саме відкриття Рентґена як елемент набагато ширшого комплексу, як окремий епізод у тривалому процесі розвитку фізики в ХІХ столітті. Тут дуже суттєвими є Пулюєві результати, хоч деякі з них Йоффе помилково приписував Рентґенові. Нагадаємо, що це стосується таких питань: підготовка ґрунту для відкриття нових променів, тобто дослідження катодного проміння, опрацювання різних електровакуумних апаратів, зокрема оригінальна конструкція Пулюєвої лампи; фізична інтерпретація катодного проміння як потоку швидких негатиивно заряджених частинок; дослідження просторового розподілу Х-променів та строге визначення місця, де вони утворюються; відкриття йонізаційної здатності Х-променів; досягнення особливо високої якості рентґенограм та демонстрування принципово нових можливостей, що відкриваються завдяки цьому в медицині; дуже влучне фізичне трактування мікроскопічного механізму утворення та природи нових променів.

Треба сказати, що в книзі Глясера внесок Пулюя у становлення рентґенології відображений теж неадекватно. Пояснити це можна

тим, що цей автор не читав оригінальних публікацій Пулюя. Такий висновок випливає з того, що процитовану на с. 34 фразу про Пулюєву рентгенограму туберкульозної руки Глясер супроводить покликом на французький журнал “La Nature” від 8 лютого 1896 р. (про що ми вже писали), а не на оригінальні публікації Пулюя. Останні є в кінцевому списку літератури, але з позначкою “Ref.”, яка свідчить, що процитовані вони на основі якогось реферативного видання. Не дивно тому, що Пулюєві досягнення в дослідженні X-променів залишилися практично поза увагою Глясера. Подібне можна сказати і про інші книжки з історії фізики XIX століття, як уже віднотовано раніше в цьому розділі.

Підсумовуючи, можемо з повною підставою стверджувати: якщо говорити про становлення рентгенології як науки про X-промені в широкому розумінні, то поряд з Рентгеном ми повинні поставити Пулюя, як ученого, що заклав під неї міцний фундамент. Уже тільки ці заслуги дають змогу вважати його науковцем найвищого європейського рівня.

10. Версії щодо пріоритету у відкритті X-променів.

Торкнемося тепер висловлювань різних (не лише українських) авторів, які твердили, що X-промені ще перед Рентгеном виявив Пулюй. Можна, звичайно, зрозуміти шляхетні й патріотичні мотиви тих українців, які стосовно відкриття X-променів дотримуються тези “Пулюй був першим”. Адже немало заслуг українських учених перед світовою наукою ще чекає належного висвітлення та популяризації. Стосовно Пулюя обставини склалися так, що нечисленні та дещо поверховні спроби дати об’єктивні оцінки його досягнень в галузі фізики (див., наприклад, [9, 36–40]) залишились у тіні, а більшого поширення набули публікації, першоджерелами яких служили сенсаційні та неперевірені висловлювання нефахівців. Ми переконані в тому, що необґрунтовані документально твердження, стимульовані більшою мірою емоційними чинниками, ніж об’єктивним науково-історичним аналізом, користі не принесуть. Навіть більше: всупереч добрим намірам прихильників зазначеної тези її тривале розповсюдження об’єктивно призводить як до фактичного приниження ролі Пулюя в історії фізики, так і до дискредитації української історико-наукової думки. Ця проблема має і моральний аспект: розглядаючи питання пріоритетності стосовно Пулюя, що був винятково чесною і принциповою людиною і на цих етичних засадах

виховував своїх дітей, уважаємо нашим обов’язком особливо уважно поставитися до його власних висловлювань у наукових публікаціях, а також до думок його синів, які знайшли відображення в архівних матеріалах.

Як бачимо з процитованих уже фрагментів праць Пулюя, він не тільки називав їх “рентгенівськими”, але й вживав недвозначне формулювання “промені, які відкрив Рентген”. Додамо, що в 1897 р. австрійський журнал “Jugendheimat” надрукував статтю під назвою “Відкриття рентгенівських променів” [41], ілюстровану рисунками деяких Пулюєвих катодних рureк та виконаних ним рентгенограм. Ці ілюстративні матеріали, публіковані неодноразово в різних виданнях 1996 р., І. Пулюй надав у розпорядження автора статті, якого він консультував і щодо змісту статті. За припущенням Олександра Пулюя, поміщений у статті портрет Рентгена як відкривача X-променів передав журналові також Пулюй.

Зазначених фактів повинно, в принципі, бути досить, щоб не ставити питання, хто перший спостерігав X-промені: Рентген чи Пулюй. Проте приписування Пулюєві самого відкриття X-променів набуло значного розповсюдження і продовжується до наших днів. Воно відображене, зокрема, в таких поважних виданнях, як “Енциклопедія українознавства” (т. 7, с. 2416), “Вісник НАН України” (1995, № 1-2, с. 56–60), “Літературна Україна” (18.05.1995; 8.05.1997), “Українська газета” (5 і 19.12.1996), “Голос України” (2.04.1993), “Вечірній Київ” (9.02.1994), “Свобода” (26.04.1995, 23.03.1997), а також у цікаво задуманому та зі значними зусиллями зреалізованому телефільмі “Іван Пулюй. Повернення”. Недавно (24.02.1996) появилася і в німецькій газеті “Süddeutsche Zeitung” стаття [42] “Від забуття до безсмертя — один крок” (вільний переклад) з характерним підзаголовком “Іван Пулюй — також відкривач Рентгенових променів”. Найновішим прикладом може служити видана в 1996 р. брошура Ф. Заставного (присвячена в основному праці І. Пулюя “Україна та її міжнародне політичне значення”), у якій після обширної цитати з книги Ю. Гривняка та інших неудокументованих тверджень автор пише: “На нашу думку, доцільно повернутися до проблеми авторства винаходу (треба було б сказати “відкриття” — Р. Г.) x-променів. З цією метою варто б створити комісію з загальноновизнаних спеціалістів-фізиків світового рівня” [43, с. 12]. Ми ж переконані, що дискусію на цю тему треба закрити, а спроба винести її на міжнародний науковий рівень могла б лише зашкодити авторитетові української науки.

Існує ще інший аспект цієї проблеми. Якщо не покласти край

заявам про те, що пріоритет у відкритті Х-променів належить не Рентґенові, а Пулюєві, то ті, хто скептично (або й іронічно) ставляться до таких тверджень, сприйматимуть з недовірою і високі цілком об'єктивні оцінки наукових досягнень світового рівня, які належать українському вченому. Ілюстрацією цієї тези може служити певною мірою недавня стаття Л. Фіалкова [44]. У ній, з одного боку, автор слушно критикує деякі публікації за спроби спростувати пріоритет Рентґена щодо відкриття Х-променів, а, з другого боку, ігнорує реальний внесок І. Пулюя в їх дослідження, зроблений після першої публікації Рентґена про нові промені. При цьому він беззастережно цитує висловлювання А. Йоффе, які, як було нами показано вище, суперечать фактичному процесові становлення науки про Х-промені.

Додамо, що у згаданих вище публікаціях можна зустріти також назви “Пулюєвих” праць, яких він насправді ніколи не друкував: “Про нерухомі зірки і планети”, “Про тертя повітря і електричне сіяння матерії”, “Проникнення променів “Х” із трубок назовні”. Ці міфічні праці назвав Ю. Гривняк у своїй книжці [31, с. 20, 39, 40], а деякі сучасні автори безтурботно переписали їх у своїх публікаціях. Такі прикрі факти повинні стати пересторогою, як не слід підходити до історії науки, якщо з належною шановністю ставитися до її творців.

З огляду на наведені міркування вважаємо за потрібне критично і на документальній основі проаналізувати твердження, згідно з якими Пулюй, всупереч його власним висловлюванням, спостерігав Х-промені раніше, ніж Рентґен. Щоб остаточно розв'язати це питання, доведеться детально розглянути всі версії такого погляду, що вимагатиме значного обсягу цього пункту.

Насамперед виникає питання, чому Пулюй так легко мав би відмовитися від свого пріоритету. Щодо цього існує така версія. Оборона своїх прав на відкриття вимагала б важкої боротьби проти Рентґена — представника великої європейської нації, боротьби, на успіх якої вихідцеві з бездержавного, невідомого у світі народу сподіватися важко. Тому, мовляв, з болем у серці погодився Пулюй зі своєю долею і не став заперечувати Рентґенові. Однак таке пояснення не узгоджується з характером та ментальністю Пулюя, який упродовж усього свого свідомого життя не вагався рішуче виступати проти всього, що суперечило його переконанням, його уявленням про добро і зло, про істину і неправду. Чимало підтверджень цього можна знайти в його життєписі, в багатьох архівних матеріалах, у численних листах (починаючи, скажімо, від відомого “Листа без коверти” Малиновському і завершуючи різкими звинуваченнями на адресу

свого колишнього друга Олександра Барвінського та гнівним осудженням папської інквізиції, що знущалась над Бруно і Галілеєм)*. Проти згаданої версії категорично заперечував найстарший син ученого Олександр Пулюй. У своїх зауваженнях від 28.06.1982 р. до статті Володимира Скибіцького (племінника вченого) з 1972 р. він наголосив, що безпідставно приписувати його батькові почуття меншешевартости чи брак відваги, щоб процесуватися проти Рентґена. “Мій батько, — пише О. Пулюй, — був винятково впертим і розумів як боронити свої погляди”. (Mein Vater hatte einen äußerst harten Kopf und verstand seine Ansichten durchzusetzen).*) Подібні висловлювання знаходимо в його листах до Юрія Гривняка, які зберігаються в архіві Чеського технічного університету в Празі. Наприклад, у листі від 7.11.1978 р. він зазначав, що батько “був дуже енергійним борцем за свої технічні ідеї і погляди”. Отже, зазначену версію треба відкинути як надуману і принизливу для світлої пам'яті вченого.

У публікаціях про Пулюя можна натрапити на твердження, що він, знаючи перед Рентґеном про існування нових променів, не оцінив належно їх значення і не поспішав з публікаціями, щоб спочатку повніше дослідити їх властивості, а, як наслідок, втратив пріоритет. Однак думати так про науковця такого рівня як Пулюй, безперечно, немає підстав. З попереднього матеріалу видно, що Пулюй відразу зрозумів як практичне значення Х-променів, так і їх фізичну природу, а тим самим і їх виняткову роль у подальшому розвитку фізики. Немає сумніву, що коли б йому пощастило виявити нові промені, то він, подібно як і Рентґен, дуже швидко (а можливо, і за коротший проміжок часу — адже мав власну апаратуру і багатий досвід праці з нею!) дослідив би їх найважливіші властивості і оголосив би про це світові. Лише бездарний та низькоерудований фізик потребував би для цього довгих років.

Варто в цьому місці зробити невеликий відступ, щоб порівняти стиль наукових досліджень Рентґена і Пулюя. За класифікацією видатного фізика та фізіолога XIX століття Г. Л. Ф. Гельмгольца (Helmholtz, 1821–1894), вчені бувають двох типів: романтики і класики. Романтики швидко досягають результату у з'ясуванні поставленого питання, після чого переходять до нових проблем, залишаючи іншим дальші дослідження для повнішого вивчення усіх деталей явища. Головною турботою класика є, навпаки, добитися якомога

*Про це можна буде прочитати у згаданій на с. 3 монографії Р. Гайди і Р. Пляцка, яка незабаром вийде з друку.

*Архів П. Пулюя.

вичерпного вивчення об'єкту дослідження, так що іншим його сучасникам залишається хіба що трохи поліпшити результати. Глясер вважає Рентгена типовим представником класиків. І справді, у його “Попередньому повідомленні” наведено низку важливих результатів про властивості нових променів, які викликали сенсацію у світі, а також відображено безрезультатні спроби виявити такі явища, як відбивання, заломлення та дифракцію X-променів, залежність їх проникної здатності від напрямку поширення в кристалі, відхилення магнетом. Але, як уже знаємо, вичерпними вважати ці Рентгенові дослідження немає підстав. Тут залишився простір для інших, серед яких Пулюй добився швидко нових суттєвих результатів, випереджаючи в низці проблем самого Рентгена, який продовжував вивчати нові промені. Враховуючи ґрунтовність Пулюєвих досліджень в галузі катодних та X-променів, його теж можна зарахувати до “класиків”, хоч було в його характері щось з “романтизму”; адже він завжди перебував у пошуках нових проблем та їх розв'язків. З іншого боку, ці два видатні науковці принципово відрізнялися з погляду глибини проникнення у фізичну суть досліджуваних явищ. Щодо цього, як ми вже зазначали, стиль мислення Пулюя виявився набагато прогресивнішим порівняно з Рентгеном.

Олександр Пулюй неодноразово заперечував будь-які спроби приписати його батькові пріоритет у виявленні X-променів. Щоб внести повну ясність у це питання і разом з тим віддати належне принципості сина вченого, наведемо ще декілька його висловлювань. У листі до Медичного товариства у Львові від 18 січня 1976 р. він писав: “В нашій розпорядженні, в розпорядженні родини, є перші фотографії, що їх батько робив лучами Рентгена зараз по тім, як винахід Рентгена був виголошений, [...] при помочі тої лампи, котру мій батько мав в розпорядимости, котра була і на виставі в Парижі і навіть нагороду одержала, і звана лампою чи навіть руркою Пулюя”*. А в листі від 26 січня 1980 р. до американського фізика українського походження Романа Миколаєвича, який писала зі слів хворого Олександра Пулюя його дружина Альфедо Пулюй-Гогенталь, читаємо ще більш категоричні заяви: “Рентгенівські або X-промені проф. Іван Пулюй не відкрив [...] дію цих променів на фотографічну пластинку вперше встановив професор В. Рентген”*.

Таку ж чесну позицію у цій дискусії зайняв і другий син Івана Пулюя, Юрій (Георгі, Шорш), що мешкав у Мюнхені. Після виходу в 1971 р. книжки Ю. Гривняка “Проф. д-р Іван Пулюй. Винахідник

*Там само.

*Там само.

проміння ‘X’” її автор, а також Володимир Скибіцький та інші зробили спробу організувати видання її перекладу англійською мовою і звернулися до синів Пулюя, просячи їх фінансової підтримки. В архіві Чеського технічного університету (CVUT) в Празі зберігається листування з цього приводу, з якого випливає, що від фінансування такої публікації вони відмовилися, мотивуючи своє рішення тим, що вважають неправильною основну концепцію книжки, відображену вже в самій назві. У листі до Гривняка від 22.04.1973 р. Олександр Пулюй наводить цитату з листа до нього брата Шорша: “Книжка, яку хочуть перекласти англійською мовою, є в моїх очах неправдивою книжкою” (“ein unwahres Buch”)*. У листі до В. Скибіцького від 21.07.1973 р. Ю. Гривняк жаліється на таку позицію Юрія Пулюя і наводить його слова з листа у цій справі: “Батько ставився до Рентгена з пошаною, а з променями ‘X’ почав працювати аж після Рентгенового оголошення про своє відкриття [...]. Коли б Ви провели нову редакцію, де змінили б, що це є винахід Рентгена, а не Пулюя, [...] то у таким разі я б фінансував англійське видання [...]”. Підсумком цієї дискусії можна вважати звернені до Гривняка слова Олександра Пулюя у згаданому листі від 22.04.1973 р.: “Я також не міг би собі дозволити, щоби хто-небудь в Англії або навіть у світі міг сказати: книга про мого батька є “неправдива”! Ви мали б самі це зрозуміти і того не хотіти”.

Зупинимось на тих даних, які наводять прихильники Пулюєвого пріоритету у виявленні X-променів для обґрунтування своїх поглядів. Вони особливо поширилися у пресі та в громадській думці останнім часом у зв'язку з відзначенням 150-літнього ювілею Пулюя. Щоб уникнути легковажних заперечень подібних висловлювань, слід звернутися до історії цієї версії та з'ясувати відповідні першоджерела.

Насамперед зауважимо, що в науково бездоганних статтях О. Барвінського [9] та Р. Цегельського [36], в яких належно оцінено внесок Пулюя у підготування ґрунту для відкриття X-променів, в їх дослідження та практичне використання, пріоритет Рентгена щодо самого факту відкриття сумнівові не піддавався. Так, у праці [9] О. Барвінський пише про важливе наукове значення досліджень Пулюя променистої матерії, після чого зазначає: “Та проф. Пулюй, як і всі його тогочасні співробітники на цім полі, не знав нічого про діяння променів своєї лампи на фотографічну плиту. У цім випередив його проф. Wilhelm Conrad Röntgen з Вюрцбурґу в грудні 1895 р.” А Р. Цегельський, говорячи про Пулюєву фосфоресцентну лампу, за-

*Архів CVUT. Фонд “Johann Puluj”.

уважає: “Ся лампа о стільки заслуговує на увагу, що фактично вона є передтечею рурки Рентгена; остання має звичайно замість фосфоризуючої пластинки т. зв. антикатоде з платини. Отже Пуллой був вже 1882 р. на шляху відкриття, зробленого Рентгеном 1895 р.”

Наскільки можна судити з відомих нам архівних матеріалів, твердження про те, що Пуллой був справжнім відкривачем Х-променів, уперше висловив Е. Е. Кіш у наведеній вже цитаті з книги “Ярмарок сенсацій”, виданій німецькою мовою у 1943 р. Подібну думку знаходимо в книзі німецького математика Гергарда Ковалевського “Сталість і зміни. Мої життєві спогади”, виданій у 1950 р. [45]. (Відбитки окремих сторінок є в архіві Петера Пуллойа). Певний час він працював у Празі, знав деяких учених з Німецької політехніки, зокрема Івана Пуллойа, про якого висловлювався з явним захопленням. Стосовно обговорюваного питання Ковалевський писав, що Пуллой “раніше від Рентгена експериментально відкрив і дослідив Х-промені. Одного дня появився один австрійський ерцгерцог у його лабораторії, щоб подивитися на ці досліді, і вони так сильно вразили його, що він у листі до міністра культури просив негайно назначити йому професуру, щоб він міг спокійно продовжувати свої дослідження. Оскільки не було вільної професорської посади з фізики, а тільки кафедра електротехніки в Німецькій політехніці в Празі, Пуллойа призначено швидко на цю посаду. Але Рентген випередив його своєю публікацією про нові промені. Пуллой, який добре до мене ставився, дуже часто говорив зі мною про це розчарування і думав, що рятівний ангел в особі ерцгерцога мав би прийти хоч на один рік раніше” [45].

Цю версію про історію відкриття Х-променів двічі повторив Вальтер Люфтль (Walter Lüftl): у газеті “Neues Österreich” від 3 травня 1959 р. (с. 17), а в 1991 р. — у журналі “Konstruktiv”, No 166 (с. 26)*. Рафаель Гуалля (Rafael Hualla) опублікував у газеті “Wochenbeilage der Österreichischen Nachrichten” від 3.02.1962 р. статтю “‘Pulujisieren’ statt ‘Röntgenisieren’” (“Пуллоюзувати” замість “рентгенізувати”) [34], де з неістотними змінами та додатковими (не завжди точними) відомостями про Пуллойа сформулював подібну концепцію. Пізніше цю статтю зреферували Володимир Скибіцький (“Гомін України”, 27.03.1971) та Юліан Мовчан (“Свобода”, 23.03.1977), її використав Юрій Гривняк, а також численні інші автори у газетних статтях, що з’являються до наших днів в українській, німецькомовній та англійській пресі.

*Український переклад: Українська газета. — 5.12.1996 та І. Пуллой. Збірник праць. — К.: Рада, 1996. — С. 703–704.

У публікаціях українських авторів (зокрема, у книзі Ю. Гривняка) трапляється ще одна версія, за якою Пуллой відновив свої досліді з Х-променями на початку 1895 р., досягнув добрих результатів, але з їх опублікуванням не поспішав, оскільки вважав їх ще недостатньо обґрунтованими. Таке зволікання, згідно з цією версією, використав Рентген, закріпивши за собою звання першовідкривача нових невидимих променів.

Дослідження архівних матеріалів дало змогу встановити два першоджерела таких поглядів. Першим є вже згадана вище стаття Рафаеля Гуалля в газеті “Wochenbeilage der österreichischen Nachrichten” від 3.02.1962 р., у якій вміщено зроблену Іваном Пуллойом рентгенограму руки його доньки і зазначено, що вона виконана у 1895 р. Другим джерелом, на яке покликаються без посилання на документальну основу прихильники цієї версії, мали б бути висловлювання знаменитого українського біохіміка професора Івана Горбачевського, що працював у Празі в Чеському (пізніше Карловому) університеті і був близьким другом Пуллойа. Проте таких висловлювань у матеріялах, пов’язаних із життям і діяльністю І. Горбачевського, не виявлено. Про це нам стало відомо зі слів професора Львівської академії ветеринарної медицини Івана Головацького, який доклав багато зусиль для вивчення життя і наукової спадщини цього вченого світової слави і видав недавно у серії “Визначні діячі НТШ” книгу [46]. Натомість у розпорядженні автора є три оригінальні рентгенограми Пуллойа, які він подарував Іванові Горбачевському; їх копії неодноразово публікувалися в 1896–1897 роках. Ці фотографії ласкаво передала нам п. Олена Мовчан — донька Володимира Скибіцького (племінника Івана Пуллойа). На одній із них є напис, зроблений у 1966 р. донькою І. Горбачевського покійною Марією Горбачевською. У ньому сказано, що Марія Горбачевська передає їх на зберігання інженерові Володимиру Хилецькому, а подарував їх Пуллой професорові Іванові Горбачевському в 1895 р. (тобто перед відкриттям Рентгена).

Перш ніж прокоментувати наведені висловлювання, варто з’ясувати питання: на якій підставі могли виникнути сумніви чи, навіть, заперечення щодо пріоритету Рентгена у відкритті Х-променів? Зауважимо, що заперечував цей пріоритет уже згадуваний дослідник катодних променів Ленард (лауреат Нобелівської премії 1905 р.), покликаючись на своє опубліковане раніше від Рентгена повідомлення про фотографічну дію катодних променів і намагаючись безуспішно приписати його собі. Вже з цього бачимо, що питання не просте, що були поважні причини, які створили ґрунт для полеміки.

Цьому питанню О. Глясер присвятив окремий розділ своєї книги, назвавши його “Претензії на пріоритет в питанні відкриття рентгенових променів” (Prioritätsausprüche in der Frage der Entdeckung der Röntgenstrahlen) [8, с. 162]. Хоч більшість подібних претензій, пише Глясер, позбавлені будь-яких підстав, є і такі, які заслуговують на те, щоб їх обговорити. Вони стосуються деяких випадків загадкових явищ, що спостерігалися до відкриття Рентгена і стали зрозумілими лише після нього. Ми вже писали, що Х-промені, безсумнівно, утворювалися в різних лабораторіях, де займалися явищами, що виникають під час високовольтних розрядів у евакуйованих рурках, але про це дослідники не знали. Згідно з Глясером, в лабораторії Пенсильванського університету (Філадельфія) професор Гудспід (Goodspeed) разом з фотографом-аматором, який любив фотографувати світлові ефекти, які супроводжували розряди в таких приладах, виявили в лютому 1890 р. фотопластинку, на якій виникли тіньові зображення двох круглих дисків. З’ясувати їх походження не вдалося, і Гудспід потрактував їх як наслідок браку у виготовленні пластинки. Швидко про цей загадковий випадок він забув. І лише на початку 1896 р., довідавшись про відкриття Рентгена, він віднайшов цю пластинку, і, повторивши детально досліди з-перед шести років, отримав буквально такий самий результат. Стало зрозуміло, що таємничі круги були рентгенівськими зображеннями двох металевих дисків, що лежали на лабораторному столі. Про цю подію у своєму житті професор Гудспід розповів у доповіді в Пенсильванському університеті 22 лютого 1896 р. і підсумував її такими словами: “Ми не можемо домагатися визнання пріоритету щодо цього відкриття, бо ми відкриття не зробили. Ми хочемо лише Вам нагадати, що перша в світі катоднопromенева картина була зроблена шість років тому в фізичній лабораторії Пенсильванського університету.” Така інтерпретація є цілком слушною з наукового погляду (і шляхетною з погляду етики), бо про відкриття можна говорити тільки тоді, коли дослідник усвідомлює новизну явища, встановлює його характерні властивості і робить відповідні висновки, повідомляючи інших про свої результати. Саме це вдалося зробити Рентгенові, і не зумів цього досягнути Ленард чи Гудспід.

Глясер наводить також деякі інші подібні випадки, коли біля Круксових рурок виявлялися засвічені пластинки. Сам Крукс повернув колись такі пластинки їхньому виробникові зі скаргою на погану якість. Відомий і випадок незрозумілого до відкриття Х-променів свічення флюоресцентного екрану, розташованого на певній віддалі від електровакуумної рурки. Не з’ясувавши причини цьо-

го явища, спостерігач не міг, зрозуміло, претендувати на визнання його відкривачем нових променів.

Основним джерелом непорозуміння у питанні про пріоритет у відкритті Х-променів слід уважати певну термінологічну непослідовність, характерну для початкових наукових публікацій про Х-промені. Термін “катодні промені”, який тепер вживається для означення потоку електронів, вирваних з катода і прискорених електричним полем, у часи Пулюя використовувався для різних фізичних об’єктів: для “променистої електродної матерії”, як називав Пулюй газорозрядні та світлові явища в рурках з низьким тиском (у яких, крім рухомих електронів, були й атоми та йони залишків газу), для чистого потоку електронів (ще тоді не відкритих, але відокремлених Ленардом за допомогою тонких алюмінієвих листочків, крізь які, як крізь віконця, він випускав катодні промені з газорозрядних трубок у повітря), а також для Х-променів. В останньому випадку часто (але не завжди!) додавалось слово “невидимі” (катодні промені). Наприклад, у поясненні Івана Пулюя до перших отриманих ним рентгенограм, яке він разом з цими знімками переслав до Віденської академії наук, і яке було оголошене 6 лютого 1896 р. на засіданні її математично-природничої секції, зустрічаємо такі формулювання: “невидимі катодні промені, відкриті проф. Рентгеном”; “репродукції катодних знімків” і “голова дозрілого мужчини для катодних променів, які дають теперішні катодні лампи, є цілком непроникна”. В цих трьох цитатах йшлося насправді про Х-промені, а не про катодні, як можна подумати, коли не вникати у зміст текстів Пулюєвих публікацій.

Плутанину в цьому питанні посилював той факт, що тривалий час не було загальноприйнятої думки про природу як катодних, так і Х-променів, висловлювалися з цього приводу різні, в тому числі помилкові твердження. Як ми вже зазначали, такі відомі німецькі фізики, як Гольдштайн, Відеман, Герц, Ленард, аж до середини дев’яностих років дотримувались погляду, що катодні промені є своєрідними електромагнетними (“ефірними”) хвилями і їх поширення не пов’язане з перенесенням електричних зарядів. Рентген, зі свого боку, невдало пояснював природу Х-променів, вважаючи їх спочатку повздовжніми електромагнетними хвилями (перше повідомлення), а пізніше (третья стаття) схилився до ще дальшої від істини думки, що Х-промені є різновидом катодних променів. Подиву гідною тому є влучність Пулюєвого розуміння природи одних і інших променів (про що вже було сказано вище), хоч у вживаній ним термінології воно не знайшло адекватного відображення. Коли

Пулюй та інші дослідники використовували термін “катодні” стосовно Х-променів і зроблених за їх допомогою фотографій, то це відображало лише той факт, що джерелом цих променів були катодні рурки. Нічого дивного, що в такій ситуації деякі автори, не будучи фахівцями в галузі фізики, дійшли помилкового висновку, що Рентгеніві Х-промені — це катодні промені, про які Пулюй писав у своїх працях 1880–1882 років. Такий висновок виглядав тим більше доречним, що Х-промені генерувалися найінтенсивніше старою Пулюєвою лампою.

Проаналізуємо достовірність наведених “першоджерел”.

Насамперед візьмемо до уваги слова Е. Кіша: “Пулюй відкрив також ці промені й експериментував з ними упродовж двадцяти років, не розголошуючи цього”. Якщо навіть абстрагуватися від того, що Кіш, поза всяким сумнівом, не відрізняв Х-променів від катодних, то, за його словами, Пулюй досліджував Х-промені від 1875 року, тобто ще тоді, коли він взагалі не займався електровакуумними процесами. Звідси можна зробити висновок про певну безтурботність цього журналіста у трактуванні подій історії науки. І вже цілком абсурдно думати, щоб Пулюй так довго не розголошував результатів своїх багаторічних досліджень. Враховуючи, що Кіш писав про свої юнацькі враження від лекції Пулюя майже півстоліття пізніше, можемо ствердити, що його думки щодо обговорюваного тут питання не мають жодної раціональної основи і брати їх до уваги не слід.

Звернемося тепер до спогадів Г. Ковалевського. Зауважимо (про це пише й Олександр Пулюй у своїх коментарях про книгу Г. Ковалевського), що у процитованому (як і в не процитованому тут) тексті є певні неточності, зумовлені, очевидно, тим, що автор писав свої спомини майже через 40 років після цих зустрічей. Так, Пулюй був призначений професором експериментальної і технічної фізики у 1884 р., а тільки в наступні роки почав викладати з електротехніки і заснував у 1902 р. відповідну катедру. Далі, незрозуміло, чому Рентгеніві не вдалось би випередити Пулюя, якщо б останній на рік раніше (тобто в 1883 р.) почав працювати в Празі. Адже до часу відкриття Х-променів Пулюй перебував там уже одинадцять років і мав досить часу для продовження своїх дослідів з катодними променями. Проте він не займався ними, бо в нього з’явилося нове захоплення — електротехніка. І, як ми вже знаємо, тільки звістка про відкриття Рентгена пробудила в Пулюя короточасне (але винятково плідне на результати) зацікавлення дослідями зі старими електровакуумними апаратами. Можливо, що Пулюй, коли говорив Ковалевському про розчарування і “один рік раніше”, мав на увазі свої

шанси відкрити Х-промені у тому випадку, якщо б життєві обставини (скрутне матеріальне становище, спричинене тим, що йому як приват-доцентіві Віденського університету не оплачували лекцій) не змусили його зайнятися у 1882 р. електротехнічною діяльністю. У цьому зв’язку можна висловити одне припущення про згадуване Ковалевським (а пізніше деякими іншими авторами) відвідання Пулюєвої лабораторії австрійським ерцгерцогом: коли б матеріальне становище Пулюя поліпшилось на рік раніше (тобто в 1881 р.), то не було б йому причини покинути працю у Віденському університеті і тим самим перервати свої дослідження катодних променів. У будь-якому випадку немає підстав твердити, що у свої віденські роки Пулюй знав, що в його дослідах виникають Х-промені; якщо б так справді було, то він, безумовно, і в Празі міг би продовжити ці дослідження протягом 11 наступних років і опублікувати матеріали про це відкриття. Не підлягає сумнівові, що й Ковалевський не бачив різниці між катодними та Х-променями.

З’ясуємо, нарешті, походження думки про те, що Пулюй виконував свої рентгенограми від початку 1895 р., тобто раніше, ніж Рентген. Нагадаємо, що таке датування вперше подав Гуалля у 1962 р. щодо знімка руки Пулюєвої доньки. Розгадку цього питання можна знайти у двох листах Олександра Пулюя. Перший, писаний 9.08.1973 р. до Ю. Гривняка*, містить такий абзац: “Сьогодні я переглядав старі рентгенівські знімки батька і встановив на основі напису на звороті одної фотографії, яку я і Вам післав, що пан редактор Гуалля — який уже помер — зробив тоді помилку. Гуалля написав під фотографією: “Один з перших (1895) “рентгенівських” або Пулюєвих знімків. Рука донечки Наталії...” Фотографія зроблена не в 1895, а в 1896 р., і рука моєї сестри Ольги помилково названа рукою Наталії. Дуже прикро, що ці дві помилки появились також у Вашій книзі”. Цитату з іншого листа Олександра Пулюя, адресованого В. Скибіцькому, містить лист останнього до Ю. Гривняка від 11 серпня 1973 р.* (самого листа О. Пулюя нам не вдалося знайти). Скибіцький відзначає, що О. Пулюй написав: “Зазначений в “О. Ö. Nachrichten” (йдеться про статтю Гуаллі) рік 1895 є неправильним, і, як я вже Тобі писав, має бути рік 1896. Архів “О. Ö” (“Oberösterreichischen Nachrichten” — автор) має фотографії тільки від мене”.

Якщо ж говорити про напис Марії Горбачевської на оригінальному знімку І. Пулюя, то треба взяти до уваги, що він зроблений

*Архів CVUT, фонд “Johann Puluj”.

*Там само.

70 років після виготовлення фотографій, і що про них писали та друкували їхні копії, базуючись на інформації від самого Пулюя, празькі видання, подаючи як час виконання січень-лютий 1896 р. Тому зазначений М. Горбачевською 1895 рік треба визнати помилковим. Цілком імовірно, що ця помилка спричинена статтею Гуалли, про яку йшлося вище.

Ми не будемо торкатися пізніших публікацій, автори яких стоять на позиції “Пулюй був першим”, оскільки порівняно з розглянутими вище вони не містять жодних принципово нових моментів, а некритично переповідають (з різними варіаціями) матеріяли згаданих у цьому пункті публікацій, головню книги та газетних статей Юрія Гривняка.

Підсумовуючи, слід ствердити, що автори, які велич Пулюя вбачають насамперед у приписуваному йому відкритті X-променів, залишають в тіні його реальні досягнення світового рівня в галузі фізики, описані в нашій праці, і тим самим фактично применшують його видатний внесок у науку XIX століття.

Література

- [1] Weinberg S. The Discovery of Subatomic Particles. — New York – San Francisco, 1983. Рос. переклад: Вайнберг С. Открытие субатомных частиц. — Москва: Мир, 1986.
- [2] Anderson D. L. The Discovery of the Electron. — Van Nostrand, 1964. Рос. переклад: Андерсон Д. Л. Открытие электрона. — Москва: Атомиздат, 1967.
- [3] Puluj J. Strahlende Elektrodenmaterie // Wiener Berichte. — 1880. — Bd. 81. — S. 864–923; 1881. — Bd. 83. — S. 402–420; 1881. — Bd. 83. — S. 693–708; 1882. — Bd. 85. — S. 871–881.
- [4] Crookes W. Strahlende Elektrodenmaterie oder der vierte Aggregatzustand. — Leipzig, 1879.
- [5] Палюх Б. М. Технологічний аспект вакуумної електроніки в творчості І. Пулюя / Тези доповідей Міжнародної наукової конференції, присвяченої 150-річчю Івана Пулюя. Львів, 23–26 травня 1995 р. — С. 38.
- [6] Puluj J. Strahlende Elektrodenmaterie und der sogenannte vierte Aggregatzustand // Wien: Karl Gerolds Sohn, 1883. — 86 S. Укр. переклад: Пулюй І. Збірник праць. — К.: Рада, 1996. — С. 180–247.
- [7] Puluj J. Radiant Elektrode Matter and the So-Called Fourth State // Physical Memoirs. — 1889. — Vol. 1, Part 2. — P. 233–331.

- [8] Glasser O. W. C. Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen. — Berlin, 1959. — 338 S.
- [9] Барвінський О. Причинок до історії розвитку рентгенології // Український медичний вісник. Прага. — 1924. — Ч. 3–4. — С. 184–188.
- [10] Kisch E. E. Jarmark sensacji. Warszawa: Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, 1957. — 385 s.
- [11] Röntgen W. C. Ueber eine neue Art von Strahlen. (Vorläufige Mittheilung) // Sitzgsber. Physik.-med. Ges. Würzburg. — Jahrgang 1895. — Würzburg, 1896. — S. 132–141.
- [12] Röntgen W. C. Ueber eine neue Art von Strahlen. II. Mittheilung // Ibid. — Jahrgang 1896. — Würzburg, 1897. — S. 11–19.
- [13] Röntgen W. C. Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen // Sitzgsber. König. Preuss. Akad. Wiss. Physik.-math. Kl. — 1897. — Bd. 23. — S. 24–43. Російський переклад трьох статей Рентгена опубліковано у книзі: В. К. Рентген. О новом роде лучей. — М.;Л.: ГТТ Издат, 1933. — 115 С.
- [14] Sitzung der math.-naturwiss. Classe vom 6. Februar 1896 // Wiener Berichte. — 1896. — No 4. — S. 5–6, 33–34. Укр. переклад: Пулюй І. Збірник праць. — К.: Рада, 1996. — С. 258.
- [15] Puluj J. Über die Entstehung der Röntgen'schen Strahlen und ihre photographische Wirkung // Ibid. — 1896. — Bd. 105. — S. 228–238. Укр. переклад: Пулюй І. Збірник праць. — К.: Рада, 1996. — С. 248–254.
- [16] Puluj J. Nachtrag zur Abhandlung “Über die Entstehung der Röntgen'schen Strahlen und ihre photographische Wirkung” // Ibid. — 1896. — Bd. 105. — S. 243–245. Укр. переклад: Пулюй І. Збірник праць. — К.: Рада, 1996. — С. 255–257.
- [17] Йоффе А. Ф. Вильгельм Конрад Рентген // Природа. — 1938. No 2. — С. 107–112.
- [18] Йоффе А. Ф. Историческое значение открытия Рентгена // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1946. — Т 10. — No 4. — С. 343–349.
- [19] Йоффе А. Ф. Воспоминания о Вильгельме Конраде Рентгене / Очерки развития медицинской рентгенологии. М.: Медгиз, 1948. — С. 29–35.
- [20] Йоффе А. Ф. Вильгельм Конрад Рентген / В. К. Рентген. О новом роде лучей. — М.;Л.: ГТТ Изд., 1933. — С. 7–24.
- [21] Pfaundler L. Beitrag zur Kenntnis und Anwendung der Röntgen'schen Strahlen // Wiener Berichte. — 1896. — Bd. 105, Abt. 2a. — S 112–116.
- [22] Бобров Л. В. Тени невидимого света. — М.: Атомиздат, 1964. —

- 114 с.
- [23] Плачинда В. П. Микола Дмитрович Пильчиков. — К.: Наукова думка, 1983. — 200 с.
- [24] Piltchikoff N. Über die Emission von Röntgenstrahlen durch eine Röhre, welche eine fluoreszierende Substanz euthält // C. r. Acad. Sci. Paris. — Т. 122. — P. 461 (24 Febr. 1896).
- [25] Piltchikoff N. Über die Röntgenstrahlen // C. r. Acad. Sci. Paris. — Т. 122. — P. 723 (23 März 1896); P. 839 (13 April 1896).
- [26] Spiegel P. The first clinical X-ray made in America — 100 years // American Journal of Roentgenology. — 1995. — Vol. 164. — P. 241–243.
- [27] Lunardini R. X marks the spot // Dartmouth Medicine. — Winter 1995. — P. 38–43; Seeing Thru 100 Years // Dartmouth Life. — February 1996. — P. 5.
- [28] Frost E. B. The first X-ray experiment in America? // Dartmouth Alumni Magazine. — April 1930. — P. 383–384.
- [29] Crow H. C., Smith G. V. From Crook's Tubes to CT Scanners // Dartmouth Alumni Magazine. — 1978. — P. 16–38.
- [30] Formann W. Theologe, Patriot, Physiker. Das österreichische Gelehrten — Leben des Dr. Ivan Puluj // Linzer Volksblatt. — Februar 1968. — No 26. — S. 7.
- [31] Гривняк Ю. Проф. д-р Іван Пулюй. Винахідник проміння “Х”. — Лондон: Видання Союзу Українців у Великій Британії, 1971.
- [32] Кудрявцев П. С. История физики: В 2 т. — М.: Учпедгиз, 1956. — Т. 2.
- [33] Formann W. Die Göttin mit der Glühlampe über dem Haupte // Wochenbeilage der Oberösterreichischen Nachrichten. — 25 Jänner 1958. — S. 11–12. Укр. переклад: Пулюй І. Збірник праць. — К.: Рада, 1996. — С. 680–685.
- [34] Hualla R. “Pulujisieren” statt “röntgenisieren” // Wochenbeilage der Oberösterreichischen Nachrichten. — 3. 02. 1962. Укр. переклад: Пулюй І. Збірник праць. — К.: Рада, 1996. — С. 699–703.
- [35] Линднер Г. Картины современной физики. — М.: Мир, 1977. — 272 с.
- [36] Цегельський Р. Др. Іван Пулюй як науковий дослідник (В десятиліття його смерті) // Збірник Математично-природописно-лікарської секції НТШ. — Львів, 1928. — Т. 27. — С. 1–25.
- [37] Гайда Р. П. Видатний український фізик Іван Пулюй // Вісник Львівського ун-ту. Сер. фізична. — 1969. — Вип. 5(13). — С. 82–88.
- [38] Влох О., Гайда Р., Пляцко Р. Рентген чи Пулюй? // Наука і

- суспільство. — 1989. — No 4. — С. 18–25.
- [39] Гайда Р. Внесок Івана Пулюя у розвиток європейської фізики // Збірник наукових праць і матеріалів першої наукової сесії НТШ (березень, 1990). — Львів, 1992. — С. 97–104.
- [40] Влох О. Г., Гайда Р. П., Пляцко Р. М. Іван Пулюй та становлення рентгенології // Нариси з історії природознавства і техніки. — 1994. — No 41. — С. 63–75.
- [41] Lanner A. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen // Jugendheimat. — 1897. — Bd. 11. — S 129–149.
- [42] May S. Knapp die Unsterblichkeit verfehlt. Johannes Puluj — auch ein Entdecker von Röntgens Strahlen // Süddeutsche Zeitung. — 1996. — 24/25.02.
- [43] Заставний Ф. Іван Пулюй — великий патріот України. Мало-знані сторінки творчості. — Львів, 1996.
- [44] Фіалков Л. Іван Пулюй ніколи не спростовував відкриття Рентгена // Вісник НАН України. — 1996. — No 9–10. — С. 93–95.
- [45] Kowalewski G. Bestand und Wandel. Meine Lebenserrinerungen. — München: Verlag von R. Oldenbourg, 1950.
- [46] Головацький І. Іван Горбачевський. 1852–1942. Життєписно-бібліографічний нарис. — Львів, 1995.

Препринти Інституту фізики конденсованих систем НАН України розповсюджуються серед наукових та інформаційних установ. Вони також доступні по електронній комп'ютерній мережі на WWW-сервері інституту за адресою <http://www.icmp.lviv.ua/>

The preprints of the Institute for Condensed Matter Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine are distributed to scientific and informational institutions. They also are available by computer network from Institute's WWW server (<http://www.icmp.lviv.ua/>)

Роман Пайтелемонович Гайда

ІВАН ПУЛЮЙ ТА СТАНОВЛЕННЯ НАУКИ ПРО X-ПРОМЕНІ

Роботу отримано 18 жовтня 1997 р.

Затверджено до друку Вченою радою ІФКС НАН України

Рекомендовано до друку семінаром відділу теорії металів і сплавів

Виготовлено при ІФКС НАН України

© Усі права застережені