

результатами у Віденському університеті (1877-1882), керівництво якого не зуміло належно їх оцінити, видатні досягнення в царині електротехніки під час праці в австрійських промислових фірмах і, нарешті, довголітня (1884-1916) педагогічна, науково-технічна й організаційна діяльність на посаді професора (і ректора впродовж 1888-1889рр.) Німецької високої технічної школи в Празі.

Помер Іван Пулюй 31 січня 1918р., дочекавшись проголошення в Києві четвертим Універсалом Центральної Ради незалежної Української Народної Республіки. Звертаючись до цієї історичної для України події, ректор Празької німецької політехніки професор Бах зазначив у своєму прощальному слові над могилою Пулюя на цвинтарі Мальвазінки: "Ти залишився вірним народові, з якого вийшов... Події цієї війни схвилювали Твоє сильне серце. Бурхливі хвили наших днів пробудили у Тебе надію, що відбудеться зліт Твого народу... Доля дозволила Тобі побачити вранішню зорю свободи Твого народу, який Ти любив до останнього подиху; вона піднялася з темних воєнних хмар, і її перші яскраві сонячні промені забажали озолотити кінець Твого сповненого праці життя".

Хоч ця зоря свободи погасла тоді на довгі десятиліття, ми сьогодні є свідками її нового спалаху, і в цьому чимала заслуга Івана Пулюя. У зверненні до учасників урочистого відкриття в 1930р. пам'ятної таблиці на будинку в Празі, де жив Пулюй, ректор Українського високого педагогічного інституту в чеській столиці професор Василь Сімович пророчо заявив: "Ми думаємо, що сьогоднішнє свято це тільки перший вияв вдяки сучасного покоління великому вченому, що ми діждемося тих часів, коли матимемо змогу ввічнити великого носія української культури ще більшим актом, що, створивши зразок інших, щасливіших народів, свій власний Пантеон - ми цьому великому приятелеві Куліша поставимо в ньому пам'ятник, і що в серцях наших горітиме непогасне світло гордоців, що наш народ видав Івана Пулюя".

Такий час справді настав. І сподіваємося, що в Гримайлові, де вже стоїть чудовий пам'ятник великому Українцеві, незабаром спочинуть у рідній землі згідно з його заповітом тлінні останки видатного вченого.

С. Нагорняк, М. Медюх

ІВАН ПУЛЮЙ - ВИДАТНИЙ ВІНАХІДНИК В ГАЛУЗІ ФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Одним з найвидатніших українських вчених кінця XIX - початку XX століття був Іван Пулюй. Його наукова спадщина в галузі фізики та електротехніки [1], крім фундаментальних експериментальних і теоретичних досліджень, містить також низку винаходів, що мали у свій час велике практичне значення і, в певній мірі, не втратили його дотепер.

Винахідницька думка видатного вченого залишила помітний слід у всіх галузях науки і техніки, яких торкався його проникливий розум. Серед багатьох винаходів Пулюя слід, передусім, виділити оригінальний метод визначення механічного еквівалента теплоти, прилади для демонстрації фізичних явищ, радіометри, фосфоресцентні лампи, що послужили прообразом ікс-променевої (рентгенівської) трубки, телетермометр, освітлювальні лампи, а також винаходи з електротехніки і телефонії.

Бурхливий розвиток техніки у XIX столітті потребував точного знання

механічного еквівалента теплоти - кількості механічної роботи, яка спричиняє таку саму зміну внутрішньої енергії тіла, як і надання йому одиниці кількості теплоти. У 1875 р. Пуллой винайшов прилад для визначення цієї величини [2], який мав суттєві переваги перед відомим тоді приладом Джоуля [3], призначеним для аналогічних цілей. По-перше, в ролі поверхонь, що труться, Пуллой використав тверді тіла (в приладі Джоуля тертя виникало між твердими лопатками і рідиною), що дозволило значно збільшити роботу тертя і, відповідно, кількість теплоти, яка йшла на нагрівання калориметричної рідини (в Пуллой - це ртуть); по-друге, надання калориметрові конусної форми значно покращило щільність прилягання поверхонь конусів, що відповідно збільшило силу тертя між ними при обертанні; по-третє, використання ртуті в ролі калориметричної рідини дозволило збільшити вагу внутрішнього конуса і, тим самим, збільшити силу тертя між конусами; крім того, завдяки у 30 разів меншій теплоємності й у 50 разів більшій теплопровідності ртуть нагрівалася значно швидше, ніж вода. Вказані особливості та переваги апарата Пуллой перед його прототипом - приладом Джоуля, дозволили значно збільшити потужність і коефіцієнт корисної дії установки, скоротити час проведення досліду і зменшити похибки вимірювань, що врешті решт, зумовило високу економічність експерименту і точність визначення механічного еквівалента теплоти. Крім того, Пуллой дав детальне теоретичне обґрунтування запропонованого ним методу з урахуванням всіх суттєвих факторів. Переваги приладу Пуллой для визначення механічного еквівалента теплоти настільки очевидні, що він був відзначений срібною медаллю на всесвітній виставці у Парижі в 1878 р.

Пуллой був блискучим лектором і методистом й приділяв велику увагу лекційним демонстраціям. Тому зрозуміло, що частина його винаходів присвячена саме приладам для демонстрації різних фізичних явищ: механічного резонансу [4], миттєвого вигляду струни, що перебуває у коливному русі [5], інтерференції коливань двох шнурів [6] та вільного падіння тіл [7]. Створені Пуллой прилади відносно прості й дозволяють ефектно продемонструвати різні явища, чим сприяють кращому розумінню їх фізичної суті.

Явище механічного резонансу до Пуллой демонстрували з допомогою камертона, до однієї з ніжок якого доторкалася підвішена на нитці до штатива куля зі слонової кістки. Приводячи ніжки камертона в колильний рух, можна було надати кулі інтенсивних коливань. Проте амплітуда коливань була недостатньо великою. Пуллой вдалося значно підсилити амплітуду резонансних коливань, тобто збільшити ефективність демонстрації механічного резонансу завдяки використанню двох камертонів з однаковими власними частотами коливань і тонкостінної скляної кулі, підвішеної на нитці регульованої довжини. Можливість зміни довжини нитки дозволяла добиватися співпадання власної частоти коливань маятника з частотою звукових коливань ніжки камертона. При настанні резонансу коливання скляної кулі можуть бути настільки сильними, що вона може розбитися. Цьому акустичному дослідів Пуллой знайшов практичне застосування. Помістивши перед ніжкою камертона телефон і замінивши скляну кулю на металевий дзвінок, він спостерігав сильне звучання дзвінка при настанні резонансу.

Для візуального спостереження хвилястої форми струни під час її коливань в режимі стоячих хвиль Пуллой використав освітлювальний пристрій (фосфоресцентна лампа, що живилася від котушки Румкорфа) з регульованою частотою спалахів світла, який при синхронізації з частотою коливань натягнутої струни дозволяв спостерігати на екрані нерухому проекцію хвилеподібної форми струни (стробоскопічний ефект) при її максимальному

відхиленні від положення рівноваги.

Прилад Пуллой для демонстрації інтерференції коливань двох шнурів дозволяв спостерігати інтерференцію поперечних хвиль завдяки зв'язуванню ниткою докупи двох протилежно напрямлених горбів поперечних коливань, що поширювалися по двох близько й паралельно розміщених шнурах і здійснювалися у протилежних фазах.

Для демонстрації вільного падіння тіл Пуллой сконструював прилад, що складався з розміщеної вертикально вакуумованої скляної труби з амортизаційним гумовим корком в нижньому її кінці для пом'якшення удару при падінні демонстраційних тіл, що значно відрізнялися формою, розмірами і вагою, сталеної кулі і пір'їни зі встромленою в неї тонкою залізною голкою, а також електромагніту, який дозволяв утримувати обидва предмети у верхній частині труби й одночасно відпускати при його вимкненні. Прилад дозволяв наочно переконатися в тому, що в пустоті прискорення сили земного тяжіння тіл не залежить від їх форми й розмірів і є величиною сталою.

Займаючись питаннями електричного розряду у вакуумованих трубках, Пуллой сконструював цілу низку електричних радіометрів [8] (радіометр - це скляна вакуумована колба з двома симетрично впаяними електродами і обертовим пристроєм - крильчаткою), зокрема: з ексцентрично впаяними напівциліндричними і дротяними електродами, з подвійними алюмініє-слюдяними крилами і рухомою слюдяною кліткою у вигляді бічної поверхні куба, зі скляним ковпаком, з рухомим двокрилим катодом, з фосфоресцентними крилами, з фосфоресцентним диском. Змінюючи форму і розміщення електродів, форму і кількість крил крильчатки, а також ступінь розрідження в колбі, Пуллой встановив, що всі явища руху в радіометрах можна пояснити трьома причинами: емісією частинок з катода, тепловим рухом, зумовленим електричним струмом в алюмінієвих крилах, і тепловим випромінюванням скляних стінок.

У пошуках нових ефективних джерел світла Пуллой сконструював низку фосфоресцентних ламп [8], які фактично виявилися першими ікс-променевими трубками і дозволили отримати найякісніші на той час ікс-променеві знімки. Найвідоміші Пулюєві фосфоресцентні лампи з чашкоподібним катодом й еліптичною фосфоресціюючою пластинкою давали досить інтенсивне світло, яке дозволяло освітити кімнату і навіть читати на значній віддалі від них. Крім того, ці лампи забезпечували потік ікс-променів великої інтенсивності, однак не давали їх рівномірного просторового розподілу. Щоб ліквідувати цей недолік, Пуллой запропонував нові форми фосфоресцентних ламп, частина внутрішньої поверхні яких була покрита світлою речовиною: з дротяним анодом, з конусоподібною колбою і для пульсуючого змінного струму.

Щоб продемонструвати вплив статичної електрики на електричні розряди, Пуллой винайшов розрядний апарат, який назвав електричним вентилям [8]. Останній представляє собою скляну колбу, виконану у вигляді двох з'єднаних між собою і розміщених на спільній осі сферичної та циліндричної частин з впаяними вздовж осі навпроти відповідно в сферичну і циліндричну частини дротяними електродами. Різна густина статичної електрики в різних частинах вентиля обумовлює його односторонню провідність, що дозволяє використати його для випрямлення змінного струму. При цьому відпадає потреба в розжаренні катода.

Для вимірювання температури на великих відстанях (в морських глибинах, шахтах, бурових свердловинах, високих баштах, горах тощо) Пуллой запропонував телетермометр [9], дія якого ґрунтується на використанні моста

Уйтсона, плечі якого виготовлені з матеріалів (наприклад, вугілля і заліза), що при зміні температури змінюють свій опір у протилежних напрямках. Кори-
стування телетермометром дуже просте, бо дозволяє отримувати значення
температури віддаленого тіла безпосередньо з шкали реохорда, проградуї-
ваного в градусах. Телетермометр Пуллой можна також використати як тер-
моіндикатор для автоматичного вимірювання температури.

Теплову дію випромінюваних катодом частинок можна використати для
освітлювальних цілей. З цією метою, для отримання джерела яскравого світла
з великим терміном роботи Пуллой запропонував надати катодові двоелект-
родної лампи напівсферичної форми, а в ролі розжарюваного елемента, що
випромінює світло, взяти вугілля [8].

Надання катодові напівсферичної форми дозволило сконцентрувати
потік катодних частинок, завдяки чому відбувається виділення великої
кількості енергії в малому об'ємі, нагрівання світного елемента до високої
температури і отримання, таким чином, джерела світла великої яскравості,
що має суцільний спектр. Використання вугілля, як стабільного випро-
мінювача світла, дозволило, крім того, ще й значно продовжити термін роботи
лампи.

Вуглецева нитка в лампі розжарення Едісона в процесі експлуатації
інтенсивно розпилюється і дає порошкоподібний осад на внутрішній поверхні
скляної колби лампи. Пуллой запропонував використати в ролі нитки лампи
розжарення карбонізоване природне волокно текстильного банана, насиченого
вуглем, яке має більшу, ніж в аналога, міцність і густину, а, отже, й більшу
тривалість служби і менше розпилення [10].

Винаходи Пуллой з електротехніки дали можливість спростити методи-
ку визначення коефіцієнта самоіндукції та різниці фаз між двома змінними
струмами, а винаходи з телефонії дозволили безпечно передавати силовий
електричний струм і телефонні сигнали по одних і тих самих струмових про-
водах.

Апарат для визначення коефіцієнта самоіндукції [11] складається з
фіксованого електромагніту з двома осердями і обмотками, маховика з шківом
і пасом. Для індуктування змінного струму у вторинній обмотці електромагніту
в нього введено арматуру з 10-тма залізними якірними осердями, а вторинна
обмотка електромагніту має два паралельних розгалуження.

Пуллой запропонував також метод визначення коефіцієнта самоіндук-
ції [12], який полягає у вимірюванні ефективних значень сил струмів елек-
тродинамометрів. Щоб спростити метод, паралельно до вимірюваного опору
вмикають інший, відомий опір, і за показами електродинамометра обчислю-
ють різницю фаз між струмами в розгалуженнях, що при відомих опорах і
частоті струму дозволяє за відповідними формулами обчислити коефіцієнт
самоіндукції.

Для вимірювання різниці фаз між змінними струмами Пуллой винайшов
апарат (фазовий індикатор) [13], який містить два електромагніти, обмотки
котушок яких живляться досліджуваними змінними струмами і пристрій
Лісажу. Щоб розгорнути коливання двох змінних електричних струмів на ек-
рані і створити можливості вимірювання різниці фаз між ними, апарат уком-
плектований стальними пружинками з дзеркальцями і залізними головками,
які можуть взаємодіяти зі змінними магнітними полями електромагнітів.

Сигнальний апарат Пуллой [14], що містить встановлений на штативі
телефон, для того, щоб повідомити приймальну станцію про початок телефон-
ної кореспонденції, укомплектований звуковим пристроєм, який складається з
камертона, одна з ніжок якого взаємодіє з телефонним електромагнітом,

електрично зв'язаним з приймальною апаратурою, а інша - за допомогою кульки з дзвінком.

Безпечна телефонна станція [15], винайдена Пулюєм, містить електричні кола телефонів та мікрофонів і лінійні дроти, які з'єднують передавальну і приймальну станції. Для того, щоб уберегти станцію від ураження струмом, який тече по підвішених на тих самих стовпах, що й телефонні, електричних дротах, лінійні телефонні дроти разом з відповідними обмотками на передавальній і приймальній телефонних станціях об'єднані в окреме електричне коло, яке лише індукційно зв'язане з колами телефонів і мікрофонів на передавальній та приймальній частинах станції.

Для одночасного передавання телефонних сигналів та силових електричних струмів по одних і тих самих струмових проводах Пулюй запропонував метод [16], який передбачає під'єднання вторинної котушки телефонної станції до силового проводу електричної лінії, а для створення можливості проходження телефонних сигналів по силових проводах і запобігання проникненню силового струму в електричне коло телефонної станції, вторинна котушка з'єднується з силовим проводом через конденсатор і запобіжник, а також обмотка вторинної котушки телефонної станції одним кінцем з'єднується з силовою електричною лінією у точці з нульовим потенціалом. Запропонований спосіб одночасного використання силових електропроводів для передавання великих струмів і телефонних розмов особливо вигідний у випадку великих відстаней між станціями, бо при цьому економляться кошти на телефонні дроти, а також телефонний зв'язок унезалежнюється від екстремальних погодних умов, коли можливі обриви телефонної лінії.

Винаходи Пулюя відзначаються новизною, довершеністю і, водночас, простотою технічних рішень. Їх аналіз показує, що в особі Пулюя тодішня європейська наука і техніка мали одного з найвидатніших своїх представників.

Література

1. Іван Пулюй. Збірник праць. Видавництво "Рада".- Київ, 1996.
2. Puluj I. Über einen Schulapparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes// Wiener Berichte. II Abt.-1975.-71.-S.677-686.
3. Joule J.P. The Scientific Papers. V.1-2.-London, P.1884-1887.
4. Puluj I. Ein Versuch über die Resonanz// Carl Repertorium für Physik. Bd.14,1880. - S.180-181.
5. Puluj I. Objective Darstellung der wahren Gestalt einer schwingenden Saite// Wiener Berichte. II Abt.-1887.-95.-S.355-358.
6. Puluj I. Ein Interferenzversuch mit zwei schwingenden Saiten// Wiener Berichte. II Abt.-1887.-96.- S.947-951.
7. Puluj I. Fallapparat//Wied. Ann.f.Plus.u.Chemie.-Leipzig,-1888.-33.-S.575-576.
8. Puluj I. Stralende Elektrodenmaterie und der sogenannte vierte Aggregatzustand.-Wien: Verlad Carl Garold Sohn,1883.
9. Puluj I. Ein Telethermometer// Wiener Berichte.-1889.-98. -S.1502-1517.
10. Puluj I. Versuche über die absolute Festigkeit und die Dichte der Kohlenfaden// Wiener Berichte.-1884.-S.455-457, S.489-490.
11. Puluj I. Bestimmung des Coefficienten der Selbstinduktion mit Hilfe des Elektrotechnische Zeitschrift.-1891.-H.27.-S.346-350.
12. Puluj I. Eine Methode zur Messung der Phasendifferenz von Harmonischen Wechselströmen und deren Anwendung zur Bestimmung der Selbstinduction// Ibid.-1893.-102.-S.356-374.
13. Puluj I. Über einen Phasenindicator und einige mit demselben ausgeführte Messungen// Ibid.-1893.102.-S.815-843.
14. Puluj I. Ein Telefonsignalapparat// Carls Rep. für Physik.-1878.-14.-S.362-363.
15. Пулюй І. Безпечна станція телефонів// Записки НТШ.-1900.-6.- Сс.1-23.
16. Puluj I. Eine Telefonstation für elektrische Hochspannungsanlagen// Technische Blatter. Prag.-1901.-33.