

## Про досліди др. Ірени Паранкевич

над елементарним квантом електричності і над фотофорезою.

Подав д-р *Р. Цесельський*.

Питання встановлення елементарного кванта електричності ще досі незовсім прояснене. Тому багато дослідників старається різними способами дати остаточну розв'язку його. В тій цілі поминають дослідники останнього десятиліття дотеперішню методу творення пересічних вартостей, а памагаються мірити електричні наряди на найменших частинках матерії. Більшість фізиків, що вели ці досліди, переконана, що повелося їм вповні доказати встановлення вимаганого теорією елементарного кванта електричності о наряді  $4.7 \cdot 10^{-19}$  електростат. одиниць. Сюди належать R. A. Millikan, E. Regener, H. Fletscher, E. Weiss, I. Roux, A. Шидлов, п-а Муржиновська, А. Таргонський і т. д. На противнім становищі стоїть проф. віденського університету Felix Ehrenhaft, що витворив довкруги себе цілу школу дослідників згаданого проблему. Поміж ними стрічаємо також нашу землячку п-у Ірену Паранкевич, що працювала через кілька літ у фізикальнім інституті віденського університету і помістила кілька більших праць на обговорену тему у передових німецьких фізикальніх журналах, як Wiener Berichte der Akademie der Wissenschaften, Physik. Zeitschrift і Annalen der Physik.

Автор цих стрічок має перед собою отці праці п-и др. Паранкевич: 1) „Größen und elektr. Ladungen von kleinen Schwefel-, Selen- und Quecksilberkugeln, bestimmt aus deren Fallgeschwindigkeit und Farbe“ (Phys. Zs. 18, 1917, стр. 567), 2) Antwort auf die Bemerkung von R. Bär zu der Arbeit: Größen u. elektr. Ladungen і т. д. (Phys. Zs. 20, 1919, S. 75), 3) Der kritische Weg

zur Feststellung der Existenz einer Atomistik der Elektrizität. Erörtert an Ölkügelchen.<sup>1)</sup> Sonderabdruck aus Ann. d. Phys. IV. 53, S. 551) i 4) Über die lichtpositive und die lichtnegative Photophorese. Untersucht am Schwefel u. Selen. (Sonderabdruck aus Ann. d. Phys. IV. 57, 1918).

Повисші праці виконувала авторка в навізанню до дослідів проф. Ehrenhaft-a і послуговувалася його методом. Остання полягає на тім, що у поземо вмонтований кондензатор впроваджується газ wraz із завішеними частинками якоїсь субстанції. Коли кондензатор не наряджений, то частинки субстанції починають поволи падати в долину. При відповіднім нарядженню можна зрівноважити силу тяготи або навіть спонукати частинку посуватися у гору. Таким чином можна усунути з поля зріння всі частинки з виїмком одної, котру саме хочемо обсервувати. З часу падання частинки у ненарядженім кондензаторі і руху зглядно рівноваги такої частинки у нарядженім кондензаторі можна обчислити величину і наряд її. Що до першого, то найліпше надається до сего формулка Stokes-Cunningham-a, після якої рухливість частинки  $B = \frac{1}{6\pi\mu a} \cdot \left[1 + \frac{Al}{a}\right]$ , де  $a$  є луч кулістої частинки,  $\mu$  співчинник тертя окружаючого газу,  $l$  середна свобідна довгота дороги газових молекулів,  $A$  стала, що хитається між вартостями 0.815 і 1.630; рухливість частинки є скоростю її під впливом ділання одичиної сили. Наряд  $e$  можна обчислити на основі нерівностей  $ef^s > mg$  і  $ef^t < mg$ , де  $f^s$  означає електричну силу, при якій частинка ще йде в гору, а  $f^t$  означає електричну силу, при якій частинка вже починає падати. Для контролі ужила п-а Паранкевич також оптичних метод означування величини наряду, а саме обсервації резонанційних красок, що їх показують частинки відповідно до своєї величини, як се доказав G. Mie<sup>2)</sup> на основі теорії угинання світла, і означування максімального натиску світла в звязи з величиною частинок.

Всі ті методи дали для частинок сірки, витворених парованнем, згідний вислід навіть для ріжного тиснення окружаючого газу, як довго свобідна середна дорога молекула газу мала той сам ряд величини, що луч частинки  $a$ . При низших тиснен-

<sup>1)</sup> Витяз з більшої праці, опублікованої у „Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften“.

<sup>2)</sup> G. Mie, Ann. d. Phys. 25, 377, 1908.

нях, для яких  $\frac{l}{a}$  є великим числом, треба закон Stokes-Cunningham-a доповнити поправочним членом M. Knudsen-a і S. Webera, а тоді досягається знова згідний вислід.

В тій самій праці досліджувала авторка величину частинок живого срібла, витворених електричним і механічним розпилюванням, а також парованням. Оптична метода і закон Stokes-Cunningham-a дали знов згідні вислиди.

Метода паровання достарчає лише ненаряджених частинок. Їх наряджувала п-а Паранкевич при помочи йонізованя і доказала, що сірчані кульочки мали наряди величини  $10^{-11}$  ел.-ст. один., подібно селенові, а найменша кульочка із живого срібла о'лучі  $a = 2.0 \cdot 10^{-6}$  мала наряд  $2.68 \cdot 10^{-13}$  ел.-ст. один., отже 1800 рази менший, як електрон, вимаганий теорією.

Друга висше паведена стаття є відповідю на замітку R. Bär-a<sup>1)</sup> до першої праці. R. Bär старався доказати, що поміри п-н Паранкевич дають на величину елементарного кванта електричності вартости, що лежать близько теоретичної, коли обчисляти їх при помочи теорії руху Brown-a. Супроти того авторка констатує, що по перше ці вартости є навіть при ужиттю теорії руху Brown-a майже виключно менші, як  $4 - 5 \cdot 10^{-10}$  ел.-ст. один., що впрочім сама авторка справдила вже давніше<sup>2)</sup>, а також і D. Konstatinowsky<sup>3)</sup>, по друге Bär обчислив наряди частинок з 10 до 20 мірених вартостей часу падання і піднимання частинки, а се за мало для статистичних обчислень, по третє метода закону Stokes-Cunningham-a видержала пробу, якої поки що вислиди теорії рухів Brown-a не видержали, тому величини і наряди частинок обчислені після першої методи є найбільше правдоподібні.

У третій праці подає авторка загальну методу, якою можна сконстатувати, чи якась фізикальна царина (Gebiet) має атомістичну будову, і примінює її до електричності.

Конечною, але не вистарчаючою умовою атомістичної будови даної царини є рівнянне  $a = n \cdot \alpha$ , де  $a$  є якоюсь маленькою зміреною величиною її,  $n$  цілим числом,  $\alpha$  елементарним квантом. Коли з цілого ряду помірів одержуємо рівняння

<sup>1)</sup> R. Bär. Phys. Zs. 19, 1918, ст. 373.

<sup>2)</sup> I. Parankiewicz. Wien. Akad. Ber. 126, 1263, 1917; Ann. d. Phys. 53, 564, 1917.

<sup>3)</sup> D. Konstantinowsky. Wien. Akad. Ber. 123, 1736, 1914.

$a_i = n_i \cdot \alpha$ , де  $i = 1, 2, 3 \dots p$ , при чім всі  $\alpha$  однакові, то припускаємо, що  $\alpha$  є елементарним квантом, а царина побудована атомістично. З рівняння  $n_i = \frac{a_i}{\alpha}$  виходить, що одержимо тим докладнійше числа  $n$ , чим докладнійше зміримо  $a_i$ . При міренню стараємося замкнути величини  $a_i$  у двох границях після нерівностей:

$$1) \left. \begin{array}{l} g_1 < a_1 < g_2 \\ h_1 < a_2 < h_2 \\ \dots \dots \dots \\ k_1 < a_p < k_2 \end{array} \right\}$$

Як з нерівностей 1) одержимо біжучу пропорцію цілих чисел  $n$  а саме:  $a_1 : a_2 : \dots : a_n = n_1 : n_2 : \dots : n_p$ , то можемо уважати останні многократями величин  $\alpha$ . Отже цілий проблем зводиться до того, щоб з ряду незвісних величин, з яких кожда замкнена між двома експериментально найденними границями, найти біжучу пропорцію цілих чисел.

Сю методу завели Ehrenhaft і Konstantinowsky для електричних нарядів. Помір їх полягає на означенню електричної напруги, при якій частинка ще підіймається ( $f^s$ ) або вже паде ( $f^r$ ). Так одержимо ряд нерівностей

$$2) \frac{mg}{f_i^s} < e < \frac{mg}{f_i^r},$$

де  $mg$  означає тягар частинки,  $e$  її заряд,  $f^s$  і  $f^r$  напруги електричного поля при підніманню зглядно паданню частинки, а  $i = 1, 2, 3 \dots p$ . Через утворення відношення двох нарядів виходить з двох нерівностей:

$$\frac{f_k^r}{f_i^s} < \frac{e_i}{e_k} = \frac{n_i}{n_k} < \frac{f_k^s}{f_i^r},$$

а відси для  $p$  по собі слідує чих нарядів одної і тої самої частинки одержимо завсігди біжучу пропорцію:

$$e_1 : e_2 : e_3 : \dots : e_p = n_1 : n_2 : n_3 : \dots : n_p$$

$$\text{або} \quad \frac{e_i}{n_i} = \varepsilon = \text{const.}$$

Останнє рівняння можемо побудувати на різні способи. Без огляду на те, чи наряди тої самої частинки зложені з атомів чи ні, одержуємо без числа таких чисел  $\varepsilon'$ , але лише один найбільший й наряд  $\varepsilon$ , що його можемо уважати елементарним квантом всіх  $e_i$ . Се  $\varepsilon$  є найбільшою спільною мірою нарядів тої

самої частинки, а zarazом горішню границею евентуального кванта. За те ествовање меншого наряду не виключене.

На основі сего розумовання приходимо до ось яких висновків:

1. Коли всі наряди, мірені на ріжних частинках, дають таке саме  $\epsilon$ , а для нідного електричного наряду не подибується величини меншої від  $\epsilon$ , то се  $\epsilon$  можемо правдоподібно уважати електричним атомом.

2. Як для ріжних частинок одержимо ріжні  $\epsilon$ , то є певним; що атомістична будова електричності виключена для ряду величин, доступного для сеї методи.

Повиспу методу примінила авторка до дослідів над маленькими кульочками оливи, завішеними у воздуху, з отсим вислідом:

1. Наряди, мірені на краплинах оливи, є або менші від теоретичного елементарного кванта  $4.7 \cdot 10^{-10}$  ел.-ст. один. або значно ріжняються від многократий його; найдено всякі можливі наряди так, що не доказано ествовання якогось визначного наряду.

2. Метода замкнення поміж двома границями дала на найбільшу спільну міру більших нарядів вартости далеко менші від  $e = 4.7 \cdot 10^{-10}$  ел.-ст. один. Відси висновує авторка, що, як атоми електричності ествують, то лежать у далеко низшим ряді величин, як теоретично вимаганий квант.

Праці п-и Паранкевич викликали дальшу полеміку. І так Ernst Radel<sup>1)</sup> стає в обороні елементарного кванта електричності, а Reinhold Fürth<sup>2)</sup> поборює його на основі його експериментального матеріялу. Однак годі входити в подробиці, бо се перейшло би межі зачеркненої мети. В кождім разі бачимо, що проблем не так легкий до вирішення, як зразу здавалося.

В звязи з обговореними працями стоїть праця про фотофорезу себто динамічне діланне світла на матерію. Се діланне викрив проф. Ehrenhaft. Він сконстатував, що частинки деяких субстанцій, падуци або підіймаючися в електричнім полі, підлягають відклоненню під впливом сильно сконцентрованих лучів світла. Частинки сірки улягають притяганню; їх називає Ehrenhaft відемними з огляду на світло (lichtnegativ); частинки селену є або додатні або відемні. Діланне світла залежить від лу-

<sup>1)</sup> E. Radel, Zeitschrift f. Physik, 3, 1920, стр. 63.

<sup>2)</sup> R. Fürth, Zs. f. Physik, 3, 1920, стр. 422.



чистої енергії і від освітленої матерії, а не залежить від роду і тиснення окружаючого газу. Сила, з якою ділає світло на частинки матерії, є  $\mathfrak{F} = \frac{v}{B}$ , де  $v$  є швидкістю частинки, а  $B$  її

рухливістю. Досліди робила п-а Паранкевич на кулистих частинках сірки і селену, яких луч мав величину  $8 - 60 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ . Швидкість частинки мірила після методи Ehrenhaft-a, а рухливість зглядно величину її після закону Stokes-Cunningham-a, якого висліди сконтролювала при помочи оптичних обсервацій і теорії. На основі своїх помірів одержала отсі висліди:

1. Частинки сірки порушаються все до світла; вони відемні з огляду на світло, а частинки селену або відемні або додатні залежно від часу огрівання його.

2. Відемна фотофоретична сила, що ділає на селен, є 6 разів більша, як сила того самого луча на частинки сірки однакової рухливости.

3. Величина фотофоретичної сили залежить від величини частинки. Відемна фотофореза має максимум для частинок сірки о лучі  $27 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ , а для частинок селену о лучі  $15 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ .

4. Фотофоретична сила, що ділає на сірку, і відемна фотофоретична сила, що ділає на селен, не залежать від часу, а додатна фотофореза селену маліє з часом, бо селен переходить мабути у другу відміну.

5. Якість і тиснення окружаючого газу не мають впливу на фотофорезу.

6. Незалежність фотофоретичної сили від тиснення і хемічних прикмет окружаючого газу, маліє додатної фотофорези селену ізза внутрішньої переміни, вкінци факт, що частинки однакової рухливости, але різного матеріалу у різнім степені підлягають впливови лучистої енергії, потверджує висловки Ehrenhaft-a, що тут маємо до діла з прямиим діланнем промінистої енергії на матерію.

