

Сучасний атомізм

I

Розвиток хемії в кінці XVIII та на початку XIX століття перетворив давню думку про атомічну будову матерії з необґрунтованої експериментом фантазії в надзвичайно плідну наукову гіпотезу. Вважаємо, що кожен хемічний елемент складається з цілком однакових незмінних часток, атомів; при хемічній сполуці атом (силою „хемічного споріднення“) притягає один, два, три... — цілком певне число атомів другого, третього (або й того самого) елементу; так утворюються найдрібніші можливі часточки складних річовин, молекули (Долтон, 1806). Звідси й випливає натурально так званий закон незмінності складу хемічних річовин: усяка річовина (напр., вода), яким-би способом її не було утворено, завжди має в своєму складі ті самі елементи в цілком певнім сталім відношенні; напр., у складі води незмінно припадає 8 гр. кисня (O) на 1 гр. водня (H), у складі вуглекислоти — 8 гр. кисня (O) на 3 гр. вуглецю (?) і т. и.

Докладніші досліді показали, що атоми кисня (O), водня (H) та багатьох інших елементів — газів, при звичайних умовах не існують ізольовано, а завжди сполучені парами (одже їх молекули можна зазначити через O_2 , H_2 ...); що молекула води складається з двох атомів водня та одного атома кисня (H_2O), молекула вуглекислоти — з одного атома вуглецю та двох атомів кисня (CO_2) і т. и. Точний розбір складу хемічних річовин супроводився визначенням атомної ваги елементів, тоб-то чисел пропорціональних масам їх атомів. Нині беруть умовно атомну вагу кисня (O) за 16; тоді атомна вага водня (H) буде 1,008, вуглецю (C) 12, натрія (Na) 23, сірки (S) 32, заліза (Fe) 55,84, золота (Au) 197,2, радію (Ra) 226, урану (U) 238,2. Як бачимо, ці числа з досить невеликими похибками можна вважати за цілі; тим то тоді, коли вперше переводилося роботу визначувати атомну вагу елементів (Долтон, 1803, 1810, Берцеліус, 1818 та 1826), можна було гадати, що атомна вага всякого елементу є число ціле; натурально виникала прибавна думка (Проут, 1815), що атоми більшости елементів не є первісні складники матерії, а комплекси певного числа ще дрібніших тілець, справжніх атомів єдиної первісної матерії, найпевніше — водня. Дальші докладніші визначення атомної ваги елементів остаточно, здавалося, перекинули цю думку. Геніяльний систематик хемічних елементів, Менделєєв, що виявив періодизм властивостей елементів у залежності від їхньої атомної ваги (періодична система елементів, 1869) і таким чином показав, що всі елементи збудовано наче за одним якимось спільним планом, — проте,

рішуче повставав проти Проутової гіпотези, бо не знаходив для неї експериментальних potwierdжень. Лише блискучий розвиток атомістики в ХХ столітті висунув ізнов думку про генетичну єдність матерії та, завдяки особливо роботам Д. Томсона, Резерфорда та Астона, зробив її в високій мірі ймовірною.

Поруч із думкою про єдність матерії, надто причинилася до розвитку сучасної науки про атом ідея споріднености всіх родів енергії — механічної, теплової, світляної, електричної то-що. В середині ХІХ століття (Маєр, Гельмгольц), по визначенні механічного еквіваленту тепла, вона зформувалася в закон нестратности енергії. Вона-ж породила гіпотезу, що теплова енергія є власне енергія механічна, наслідок руху (дрібного хитання) молекул у тілі. Поміж різними доводами цієї думки — один із найпевніших та найнаочніших є так званий Броунів рух (1827): дуже дрібні тверді матеріальні часточки в воді або в иншій рідині ніколи не сідають усі на дно, а розподіляються з різною, цілком означеною для їхньої питомої ваги щільністю в різних поземних шарах рідини — найщільніше при самім дні посудини (Перен, 1909), але при тім ця рівновага не має характеру цілковитої непорушности — часточки весь час хаотично скачуть („танцюють“), з такими частими й раптовими змінами напрямку, що докладно простежити їх шляхи — неможливо.

Докладні досліди показують, що з підвищенням температури рідини Броунів рух дужчає, з пониженням температури — слабне, дрібніші часточки рухаються інтенсивніше.

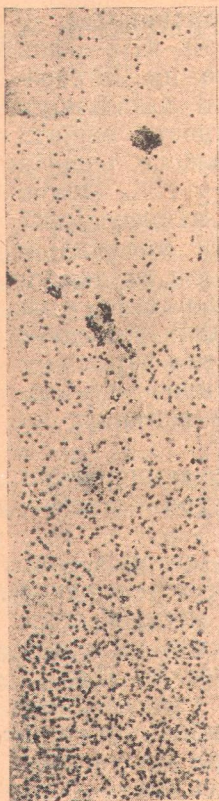
Найнатуральніше пояснення цього явища — те, що молекули рідини — дуже рухливі й що їхня кінетична енергія (енергія руху) зростає од нагрівання: ударяючись об тверді часточки, впущені в рідину, молекули ганяють їх у різних напрямках і не дають остаточно впасти на дно. Точні експерименти й розрахунки (Айнштайн, Смолюховський, Перен) блискучо підтверджують цю гіпотезу і разом з тим дають надзвичайно солідний довід на користь молекулярної, отже й атомічної будови матерії. Закид, чому ми не помічаємо Броунового руху на великих тілах, легко заперечити тим, що молекули — дуже дрібні, отже в кожен момент величезна їх кількість із усіх боків ударяється об тіло й таким чином імпульси зрівноважуються.

Броунів рух є своєрідне *perpetuum mobile*: тимчасом, як термодинаміка твердить, що тепло може перетворюватися на механічну роботу тільки через перехід із теплішого тіла до холоднішого, тут бачимо рухи, викликані теплом у рівно нагрітім середовищі. Отож виявляється, що згаданий принцип термодинаміки не має абсолютного значіння й перестає бути справедливий у таких малих обсягах, де матерію доводиться вважати не за одноманітне сукупільне середовище, а швидче за рій дрібної мошки — молекул, що хаотично товчється в занятім нею обсягу. Дуже цікаво, що це явище дає змогу визначити й абсолютну величину молекул та атомів: напр., показалося, що маса водневого атома є $1,6 \cdot 10^{-24}$ грама, а пересіч водневої молекули є $2,1 \cdot 10^{-8}$ сантиметра (приблизно).

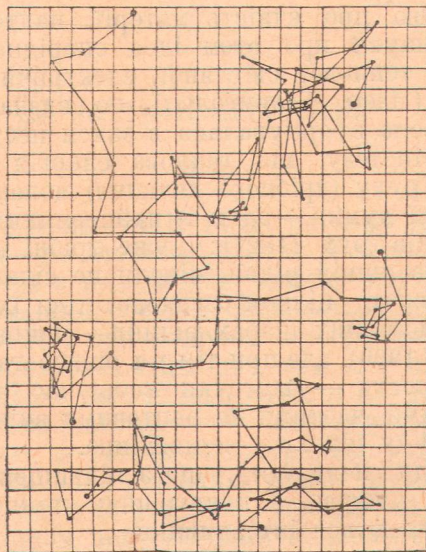
Дуже поширене явище дифузії, тоб-то перемішування різнорідних газів та рідин (та й твердих тіл) без сторонньої допомоги, так що, напр., змішуються два, один на один, налиті шари рідини

різної щільності, — найнатуральніше пояснити теж молекулярними рухами. Те саме треба сказати й про явище випарування.

Особливу рухливість треба визнати молекулам газів, вважаючи на надзвичайну здібність газів до розширення. Кінетична теорія матерії,



Мал. 1. Розподіл дрібних матеріальних частинок у рідині: чим ближче до дна, тим їх більше



Мал. 2. Броунів рух дрібних частинок у рідині: шляхи трьох часточок як вони виглядають, коли відзначати положення кожної часточки що = півхвилини; збільшено в 1100 разів

особливо газів (Клаузіус, Максвел, Больцман) є нині широко й докладно розроблена система, potwierджена силою тонких та різноманітних експериментів. Згідно з цією теорією, вважають, що в просторі, занятім газом, кожна його молекула рухається простолінійно та одноманітно, без будь-якого помітного впливу решти молекул, аж поки не зіткнеться з якоюсь із них. У наслідок цього вдару обидві молекули, загально кажучи, міняють напрям та швидкість свого руху; подібний ефект дає й удар молекули об стінку посудини, де замкнено газ. З цього погляду, тиснення газу на стінки посудини, є вислід величезної кількості дуже частих ударів його молекул. Докладний математичний розбір показує, що при таких припущенні, між пружністю газу P , об'ємом V , масою m та середнім квадратом швидкості його молекул v є залежність:

$$\frac{3}{2} P.V = \frac{mv^2}{2};$$

тут температура газу вважається за незмінну. Визначивши з досвіду величини P , V й m , можемо обчислити v ; показується, що для кисня при 0° швидкість молекул можна вважати за рівну щось пів кілометрові, для водня $1\frac{1}{2}$ — 2 кілометри. Нагадуючи, що добуток $P.V$ є стала величина при незмінній температурі і збільшується пропорційно абсолютній температурі ¹⁾ газу (закони Бойля-Маріота та

¹⁾ Абсолютна температура тіла є $(273 + t)^\circ$, коли t° є його температура за шкалою Цельсія. 273° шкали Цельсія зветься абсолютний нуль.

Ге-Люсака), бачимо, що кінетична енергія поступного руху молекул газу, $\frac{mv^2}{2}$, не залежить од ступня його розріджености, а лиш од кількості молекул та температури. Глибші міркування (Больцман) доводять, що ця енергія у всякого газу при данім числі молекул, данім тисненні та даній температурі — однакова, отже що даний об'єм, напр., у 1 куб. сантиметрі, при незміннім тисненні та температурі, вміщає певне число молекул матерії в газовім стані, незалежно від їх хемічної природи. Цей висновок із кінетичної теорії газів є разом з тим один із великих її доводів, бо він ще на початку XIX століття, в ролі робочої гіпотези, поміг установленню складу молекул багатьох хемічних сполук.

Знаючи, що воднів атом важить $1,6 \cdot 10^{-24}$ гр., маємо число атомів у 1 грамі водня:

$$N = 60 \cdot 10^{22} \quad (\text{приблизно});$$

отже стільки-ж молекул є в 16 грамах кисня, в 12 грамах вуглецю і т. и. Маси 1 гр. водня, 16 гр. кисня, 12 гр. вуглецю і т. и., взяті відповідно атомній вазі тих елементів, звемо їх грам-атомами. Грам 7 молекул їх будуть у-двоє важчі, бо молекула кожного з тих газів має два атоми. Тепер можемо сказати, що грам-молекула всякої річовини містить у собі N молекул тієї річовини.

Ван т'Гоф довів, що розчини тіл у рідинах коряться однаковим законам із газами, отож натурально й розчинам приписати кінетичну природу, а zarazом і атомічну будову.

Того самого вимагають і закони електролізу, тоб-то розкладу складних рідин од електричного току; вони, крім того, наводять на думку про тісний звязок електричних явищ із атомічною структурою матерії: доводиться припустити, що при електролізі молекули складної річовини розпадаються не на звичайні атоми, а на так звані йони-атоми, наелектризовані кожен цілком певною, дуже малою кількістю відповідно додатної та від'ємної електрики. Найменша кількість електрики повинна припадати на водневий йон.

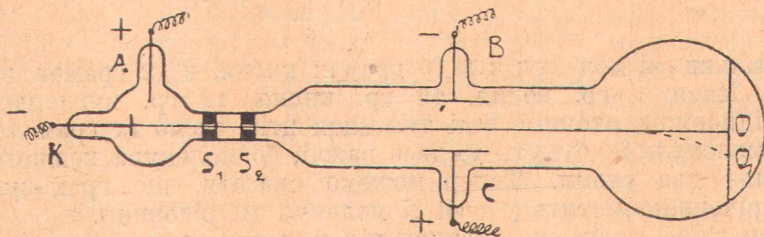
Гельмгольц подав думку про атомічну будову самої електрики, припустивши, що такий атом електрики як раз є заряд водневого йона, і тим щільно підійшов до великого порогу, що наука переступила при кінці XIX століття винаходом катодних промінів (Гіторф, Крукс, 1874), Рентгенових промінів (Рентген 1895) та радіоактивних річовин (Бекерель, 1896).

II

Не вважаючи на силу доводів, що їх XIX століття зібрало на користь атомічної гіпотези, ще на початку XX століття були видатні вчені, напр., Оствальд, що ні в якій мірі не хотіли визнати атоми за матеріяльні реальності та заперечували корисність цієї гіпотези для глибшого зрозуміння природи.

Але катодні й Рентгенові промені та явища радіоактивності дали змогу так глибоко заглянути не тільки в будову матерії з атомів, але й у складну структуру самих атомів, що нині атомізм є загально визнана оснівна форма мислення в обсягу хемії та фізики.

Круксів та Рентгенів винаходи були вислідом вивчення явищ у так званих розрядних трубках — спорожнених, замкнених шкляних посудинах, із злютованими в середину електродами. Коли повітря в такій трубці дуже розріджене (залишено менше від $\frac{1}{40.000}$ атмосфери), то, сполучивши електроди з джерелом електрики, дістанемо в трубці явище електричного розряду з цікавими світляними ефектами. Крукс спостеріг, що, коли катодові надати форму платівки, то при розрідженні газу в трубці за $\frac{1}{1.000.000}$ атмосфери загальне світіння трубки заміняється зеленкуватим світінням одного місця на її поверхні, а саме



Мал. 3. Варіант Круксової трубки — Браунова трубка: А — анод, К — катод, що з нього жмуток променя через вузькі дірки в перегородках S_1, S_2 попадає в електричне поле ВС, тоді відхиляється піднесеним ізокола магнетом і, нарешті, попадає на антикатод 001

того, що лежить як раз проти катоду (антикатод). Як показав Крукс, світіння антикатоде викликають особливі, так звані катодні промені — потік дрібних матеріальних часточок, що вириваються з поверхні катода; вони можуть обертати легеньке коліщатко, поставлене на їх дорозі.

Пізніші досліди, Перена (1895) та особливо Д. Томеона, довели, що матеріальні часточки катодних промінів несуть на собі від'ємну електрику, бо відхиляються під впливом електричного поля. А що, як відомо, електричний заряд, рухаючися, утворює круг себе магнетне поле, то можна було сподіватися, що магнет теж уплине на рух катодних промінів. Цей здогад блискучо справдився, і, таким чином, наука дістала могутній засіб до вивчення катодних промінів: рівночасне відхилювання їх од простолінійного шляху з допомогою електричного та магнетного поля. Розрядні трубки, пристосовані до цієї мети зразу дістали назву Круксових. Форма шляхів катодних промінів у Круксовій трубці залежить од напруження її електричного та магнетного поля, що завше відомі при експерименті, від швидкості в матеріальних часток, що складають катодне промінювання, та од відношення заряду кожної матеріальної катодної часточки до її маси m . Отож спроби з Круксовими трубками дають змогу визначити величини v та $\frac{e}{m}$.

Показується, що в залежності від електричного напруження на електродах, v змінюється від 30.000 до 100.000 $\frac{\text{к.л.м.}}{\text{сек.}}$, а відношення $\frac{e}{m}$ одна-

кове й рівне раз-у-раз $1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{кулон}}{\text{грам}}$. Цю величину можемо назвати щільністю електричного заряду катодної часточки. Коли її порівняти зі щільністю електричного заряду водневого йона при електролізі, то покажеться, що остання є приблизно в 1840 разів менша. Отож можна гадати, що або маса водневого йона в 1840 разів більша від маси катодної часточки, або заряд водневого йона менший од заряду катодної часточки. Є багато підстав прийняти перше. Глибші досліді доводять, що й ця маленька маса катодної часточки має незвичайне „матеріальне“, а електромагнетне походження, яко наслідок опору рухові часточки з боку того електромагнетного поля, що через цей рух утворюється. Отже, катодні часточки є просто атоми від'ємної електрики; їх звичайно звуть електронами.

Зі сказаного видно, оскільки важлива задача — довести справді, що нема електричних зарядів дрібніших од заряду електрона, та точно визначити той мінімальний заряд. Минаючи перші спроби розв'язання цієї задачі, що належить Товизендові, Д. Томсонові та Вільсонові (1898), звернімося до Мілікенногового методу (1909), що його першу ідею дав Вільсон. Мілікен розглядав у мікроскоп дрібні крапельки рідини в інтенсивнім електричнім полі; міняючи поле, можна було дану крапельку поволі підіймати, спускати або й держати непорушно. При йонізації (утворенні йонів) у газі, що наповнював це поле, спостерігалася коли-не-коли раптова зміна швидкості або й напрямку руху крапельки. З великою ймовірністю причину цьому можна вбачати в сполученні крапельки з йоном газу, отже в придбанні нею електричного заряду. Зміряючи швидкості таких крапельок перед сполукою й по сполуці з йоном, можна досить точно визначати відношення їх зарядів; ці відношення завше дорівнюють відношенням дуже невеликих цілих чисел, що серед них раз-у-раз буває й одиниця. Отож натурально припустити, що заряд усякого йона є сума невеликого числа цілком рівних неподільних елементарних електричних зарядів „атомів“ електрики, і що їх від'ємний рід маємо в формі електронів. Складніші міркування дають змогу, з допомогою цього експерименту, просто визначити величину елементарного електричного заряду, що дорівнює $0,159 \cdot 10^{-18}$ кулона $= 4,774 \cdot 10^{-10}$ абс. електростатичних одиниць. Знаючи відношення $\frac{e}{m}$, можемо тепер визначити й масу електрона $m = 9 \cdot 10^{-28}$ гр. (приблизно).

Всі спроби знайти аналогічну електронів вільну від йона елементарну часточку додатної електрики не дали позитивних наслідків: додатні електричні заряди — нерозривно зв'язані з атомами.

Таким чином йонізація атома (молекули) є, очевидно, або відірвання одного, двох... електронів (од чого повстає додатний йон), або долучення певної кількості електронів (чим утворюється йон від'ємний). Присутність у газі вільних електронів є сприятлива умова для його йонізації, що й помічається в Круксових трубках. Шукаючи джерела

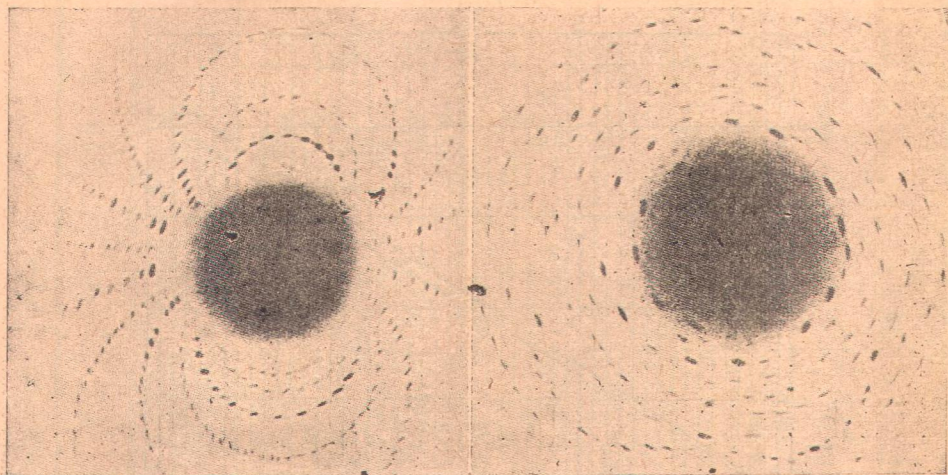
електронів катодного промінювання, ми безперечно повинні припустити, що електропровідні річовини, в данім разі метал катода та провід, що по ньому йде електричний тік, мають слабо зв'язані з собою електрони; вони при утворенні різниці потенціалів починають рухатися, даючи явища току та разряду.

Окрім катодних промінів, у Круксовій трубці спостережено ще (Гольдштайн, 1886) так звані проміні анодні, що йдуть од аноду, — значне тихші. Їх спостерігають, перепускаючи вперед через спеціальні дірки в катоді, поміщенім проти аноду. Аналізуючи їх так само електричним та магнетним полем, виявили, що це є додатні йони різних річовин. В залежності від своїх швидкостей, мас та зарядів, вони різно відхиляються від простолінійного напрямку, що дає змогу дуже точно визначати їх маси (Томсон). Особливо велику роботу в цім напрямі проробив Астон. Удосконаливши Томсонів спосіб, він довів, що багато елементів із дробовою атомною вагою уявляють суміші з двох або й більшого числа ізотопів — річовин із різною атомною вагою, але настільки подібних, що їх не дається розділити ніякими хемічними засобами. В останніх роках для розділу ізотопів використано й деякі інші (фізичні) засоби. Раз-у-раз показується, що атомна вага кожного неодинокого ізотопу є число ціле, що дає змогу відродити Проуртову гіпотезу. На перешкоді їй стає лише водень, що, наскільки досліджено, ізотопів не має (є „чистий“ елемент) а тимчасом його атомна вага є 1,0077.

III

Рентген помітив, що антикатод Круксової трубки під впливом катодних промінів видає з себе особливі проміні, дуже проникливі через різні тіла, навіть через такі, що не перепускають звичайних світляних промінів. Лауе (1912) довів, що вони — одної природи зі світляними, інфрачервоними, ультрафіолетовими — взагалі з проміннями електромагнетними, але хвилі їх — у тисячі разів коротші. Трудність доводу полягала в тім, що, через дуже малу довжину хвиль, не можна було виявити дифракції або заломання Рентгенових промінів звичайними засобами аналізу промінної енергії: дифракційними решітками та шкляними призмами. Найгустіші дифракційні решітки не давали помітної інтерференції Рентгенових промінів. Лауе, виходячи з дуже ймовірного припущення, що кристал є правильна просторова конфігурація молекул, використав кристали різних річовин, яко натуральні, дуже густі дифракційні решітки, і дістав блискучі наслідки: при переході через кристал, вузький жмуток Рентгенових промінів розщиплюється на осередній жмуток та на ряд побічних, слабших жмутків, що творять правильну конфігурацію. Докладні розрахунки дають змогу визначати й довжину хвиль Рентгенових промінів, і конструкцію самої кристалової решітки з молекул та атомів. Напр., у високій мірі ймовірно, що звичайна сіль (HCl) кристалізується в кубічні решітки, де в суміш, цілком симетрично розміщено атоми водня (H) та хлору (Cl), так що молекули HCl , як осібної одиниці, відграниченої від інших молекул кристалу нема, або, краще сказати, цілий кристал є одна величезна молекула.

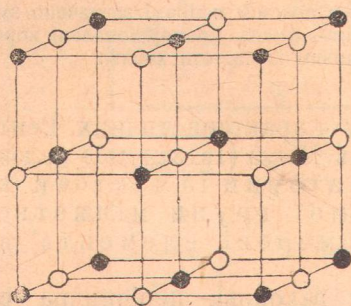
Цими дослідями покладено початок спектральному розборові Рентгенових промінів (Браг, Мозлі, Зігбан). В загальному спектрі промінної



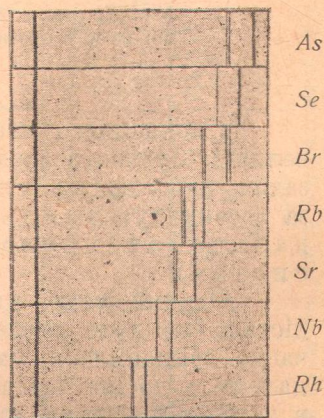
Мал. 4. Ефекти, що їх на фотографічній платівці викликають Рентгенові проміні, перепущені через кристали

енергії їм належить один із кінців — обсяг промінів з найкоротшою хвилею та з найчастішими тремтіннями. Довжина найкоротшої з відомих електромагнетних хвиль є $\frac{1}{14} \cdot 10^{-8}$ центи-

метра, отож вона коротша від хвилі фіолетового світла в 56.000 разів; найдовші Рентгенові хвилі перевищують їх щось у 150 разів. Кожен хімічний елемент має свій харак-



Мал. 5. Будова кристалу соли: білі кружки — атоми Н, чорні — атоми Cl

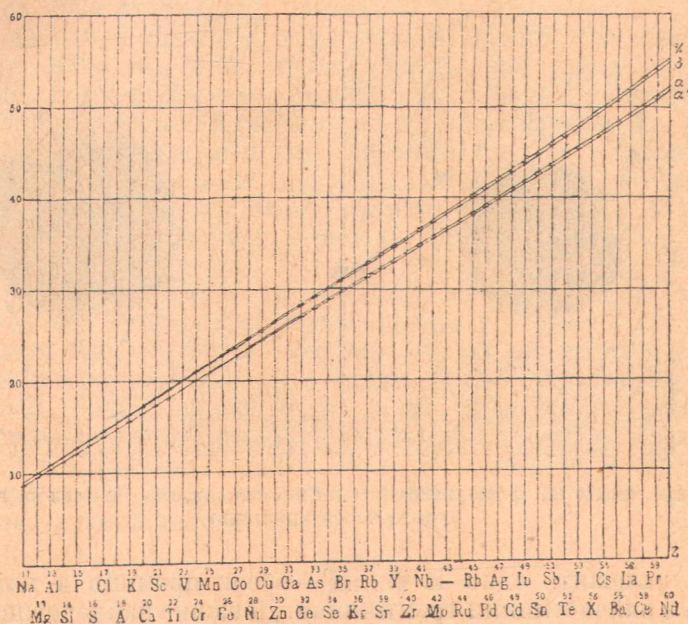


Мал. 6. Характеристичні Рентгенові спектри декількох елементів

теристичний Рентгенів спектр, як і звичайний оптичний. Але в той час, коли звичайні спектри елементів — дуже різноманітні, Рентгенові — навпаки, дуже подібні один до одного.

Насамперед у кожному із цих спектрів виявлено дві групи дуже тісно скупчених спектральних ліній так звану групу К — з коротшими хвилями, і групу L — з довгими хвилями. Коли перебирати елементи в напрямі збільшення атомної ваги, то групи К та L ступнево

пересуватимуться вправо, отже хвилі характеристичних промінів коротшатимуть. Окрім К та L, виявлено ще декілька груп слабших ліній; ми на них не спинятимемося.



Мал. 7. Закон Мозлі: в поземім напрямі зазначено зміну атомної ваги, в прямовиснім — числа, пропорціональні кореням квадратним із частоти хвилі:

Із докладного досліду характеристичних Рентгенових промінів великої кількості елементів Мозлі (1913) вивів надзвичайно важливий закон, що корінь квадратний із частоти (кількості тремтінь за 1 секунду) хвилі даної групи міняється пропорціонально атомному номеру елемента в періодичній системі.

Завдяки саме цьому законові, періодична система елементів дістала собі дуже певне й точне спектроскопічне обґрунтування; одночасно збільшилася ймовірність, що порожні місця системи справді належать до ще не знайдених елементів, бо їм відповідають перерви в суцільній картині зміни Рентгенових спектрів.

Останніми часами Зігбан (1924) виявив також заломання Рентгенових промінів середньої довжини хвилі з допомогою шкляної призми, а Комптон (1923) — повне їх відбиття.

Як не складні часами оптичні, інфрачервоні та ультрафіолетові спектри елементів порівняно зі спектрами Рентгеновими, але й тут уже Бальмерові (1884) вдалося для одної частини, так званої Бальмерової серії спектральних ліній, водня дати емпіричну формулу,

ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ

Групи Періоди	1 Н 1 008	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII																							
1-й	2 He 4.00 4	3 Li 6.94 6,7	4 Be 9.1 9	5 B 10.9 10,11	6 C 12.00 12	7 N 14.01 14	8 O 16.00 16	9 F 19.00 19																								
2-й	10 Ne 20.2 20,22	11 Na 23.00 23	12 Mg 24.32 24, 25, 26,	13 Al 26.96	14 Si 28.3 28,29	15 P 31.04 31	16 S 32.06 32	17 Cl 35.46 35,37																								
3-й	18 A 39.9 36,40	19 K 39.1 39,41 29 Cu 63.57	20 Ca 40.07 30 Zn 65.37	21 Sc 45.1 31 G 70.1	22 Ti 48.1 32 Ge 72.5	23 V 51.0 33 As 74.96 75	24 Cr 52.0 34 Se 79.2	25 Mn 54.93 35 Br 79.92 79,81	26 Fe 55.85 27 Co 58.97 28 Ni 58.68 58,60																							
4-й	36 Kr 82.92 78, 80, 82, 83, 84, 86	37 Rb 85.45 85,87 47 Ag 107.88	38 Sr 87.83 48 Cb 112.40	39 Y 89.33 49 In 114.8	40 Zr 90.6 50 Sn 118.7	41 Nb 93.5 51 Sb 120.2	42 Mo 96.0 52 Te 127.5	43 — 53 J 126.92 127	44 Ru 101.7 45 Rh 102.9 46 Pd 106.7																							
	54 Xe 130.2 129, 131, 132, 134, 136	55 Cs 132.81 133	56 Ba 137.37	57 La 139.0 58 Ce 140.25																												
5-й	59 Pr 140.6 66 Ds 162.5								60 Nd 144.3 67 Ho 163.5		61 — 167.7		62 Sm 150.4 69 Tu 168.5		63 Eu 152.0 70 Yb 173.5		64 Gd 157.3 71 Lu 175		65 Tb 159.2 72 (Kt)		73 Ta 181.5		74 W 184.0		75 —		76 Os 190.9		77 Ir 193.1		78 Rt 195.2	
			79 Au 197.2	80 Hg 200.6 197—204	81 Tl 204.0	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po*	85 —																							
6-й	86 Em * 222.0	87 —	88 Ra * 226.6	89 Ac *	90 Th * 232.15	91 UX II *	92 U * 238.2																									

Ліворуч від назви елемента стоїть його атомний номер, під назвою — атомна вага, ще нижче — атомна вага всіх його ізотопів. Елемент із атомним номером 72 недовго знайдено й названо гафнієм. Радіоактивні елементи позначено зірками.

що цілком точно віддає частоту їх хвиль; а саме частота хвилі, що відповідає K -ій лінії цієї серії, є пропорціональна різниці:

$$\frac{1}{2^2} - \frac{1}{K^2} \quad (3, 4, 5, \dots)$$

Пізніше Лайман та Паппен знайшли у водневій спектрі ще дві подібні серії з частотами, відповідно пропорціональними числами:

$$i \quad \frac{1}{1^2} - \frac{1}{K^2} \quad (2, 3, 4, \dots)$$

$$\frac{1}{3^2} - \frac{1}{K^2} \quad (4, 5, 6, \dots)$$

та тим самим чинником пропорціональності, що й у Бальмеровій серії, а саме $c \cdot R$ де C швидкість світла в $\frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$

109677, 691

є так звана Ридбергова константа.

Так кінець-кінцем установлено, що частота n різних хвиль у спектрі водня визначається одною формулою:

$$\frac{n}{c} = R \left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{K^2} \right) \quad (K = i \times 1 > i \times 2 > \dots);$$

тут i — номер серії, а k — номер лінії в даній серії.

Досліди над звичайним спектром гелія (He) дали подібні ж — серіальні формули, а саме:

$$\frac{n}{c} = 4,00164 R \left(\frac{1}{i^2} - \frac{1}{K^2} \right)$$

Ридберг та Ріц установили того самого характеру, але де-що складніші формули й для інших елементів; у всіх тих формулах фігурує Ридбергова константа.

Серіальні формули та закон Мозлі вимагають собі якогось глибшого та загального пояснення — так само, як у свій час його потрібували (і знайшли в Ньютоновій теорії тяжіння) дивовижні Кеплерові закони планетних рухів. Фактично справа стоїть так, що серіальні формули звичайних спектрів дали головний матеріал для утворення Борової теорії атома (про що мова далі), а закон Мозлі знайдено вже за проводом цієї теорії й тим її в значній мірі potwierджено.

Окрім електронів та новітніх спектроскопічних дослідів — для Борової будови атома нам бракує ще двох складників: атомового серця (осередку), що виявилось в радіоактивних явищах, та доводу атомічної, зернової структури промінної енергії.

IV

Значна кількість найважчих (з найбільшою атомною вагою) елементів — радіоактивні. З часу винаходу радіоактивних речовин та зосібна елемента радія (Ra, Kірі — 1898) — працями Рамсея, Резерфорда, Соді, Фаянса та ин. обсяг відомих радіоактивних елементів значно розширено й докладно досліджено склад та інтенсивність їх радіоактивного промінювання. Виявилось, що всякий радіоактивний елемент випускає з себе якісь проміні, що, подібно до Рентгенових, хемічно впливають на фотографічну платівку, можуть викликати фосфоросценцію різних речовин, йонізують повітря то-що. Доведено, що промінювання радіоактивних речовин є наслідок розпаду їх атомів. Але в той час, коли йонізація атома є наслідок утрати (або придбання) дуже незначної часточки — електрона, — при радіоактивнім розпаді атом може випускати з себе, окрім електронів, так званих β — промінів, також і значніші часточки, або α — проміні; по докладнішій досліді виявлено, що α — часточки є йонізовані атоми гелія (He) з подвійним додатним елементарним зарядом (отже з недостаткою двох електронів), і що їх швидкість у кілька десятків разів більша за швидкість анодних промінів у Круксовій трубці, а саме доходить до 15.000 км. Даний радіоактивний елемент випускає з себе тільки або самі α — часточки, або самі β — часточки. Ті його атоми, що таким чином тратять де-що зі свого складу, перетворюються в атоми нового елемента, теж найчастіше радіоактивного. Всі дотеперішні спроби показували, що ніякими фізичними або хемічними способами не можна вплинути ні на характер ані на інтенсивність розпаду даного елемента. В цій справі не було сумнівів до останнього часу, коли Нодон (1924), на підставі спроб ще не повторених, визнав, що інтенсивність радіації радіоактивного елемента змінюється протягом доби, отже, що вона залежить од сонячного промінювання.

Соді та Фаянс, із дослідів над генетичними зв'язками між радіоактивними елементами, вивели оцей закон: атом радіоактивного елемента, випускаючи α — часточку, пересувається в періодичній системі на два номери назад, а випускаючи β — часточку — пересувається на один номер наперед. Із цього бачимо, що коли даний атом ступнево випустить із себе одну α — часточку та дві β — часточки, то він вернеться на своє первісне місце в періодичній системі, хоча й склад його й атомна вага зміняться: елемент стане своїм ізопомом. Через те, що випад із атома α — часточки (подвійно йонізованого додатного атома He) та двох β — часточок (електронів) є рівноважний випадові повного гелієвого атома (з атомною вагою 4), то можна передбачати, що різниця між атомною вагою всяких двох радіоактивних ізопопів є число кратне чотирьох, що й справджується на досвідах. Вивчення радіоактивних елементів уперше вказало на існування елементів ізобарних, тоб-то таких, що мають неоднакові хемічні властивості при однаковій атомній вазі; серед елементів нерadioактивних досі ізобарів не знайдено. В кожному разі явища ізопопії та ізобарності доводять, що впорядкування періодичної системи елементів за зростанням їх атомної ваги — не раціональне. Правильний принцип для

цього впорядкування дає закон Мозлі — зсування ліній Рентгенових спектрів; він і висунув, яко основну характеристику елемента, не атомну його вагу, а атомний номер, або атомне число, і примусив нпр. переставити в системі елементи нікель (Ni) та кобальт (Co).

Останній елемент у ряді радіоактивних перетворень, оливо (Pb), — наскільки досі відомо, неактивне, — має декілька ізотопів, яко наслідків різних ланцюгів перетворень; це остаточно розв'язує давню загадку непевності й несталості його атомної ваги.

Можливо, що й інші легші елементи — теж у якійсь мірі радіоактивні, (є, напр., підстави визнати активність калієві (K) та рубідієві (Rb), але досі певних доводів цього твердження нема.

Випуск β — часточок із радіоактивних атомів завжди супроводиться ще особливим, так званим Λ — промінюванням. Λ — проміні мають той самий характер, що й Рентгенові, тільки вони ще проникливіші, отже мають хвилі мають ще коротші. Їх джерело — та частина енергії, що тратять β — часточки, вириваючися з атома — так само, як Рентгенові проміні є перетворена форма енергії, що її втрачають катодні часточки при вдарі об антикатод.

Із методів досліду в обсязі радіоактивності особливо слід зазначати Резерфордів метод сцинтиляцій, він ґрунтується на тім, що при вдарі α — частки об екран намащеної деякими річовинами (нпр., сірчаком цинку), на тім місці з'являється іскра — світляна ця точка, що скоро зникає.

Пускаючи на такий екран α — часточки через дуже вузький прохід, можна полічити, скільки атомів даної річовини розпадається за певну проміжку часу. Долучивши сюди деякі електричні виміри, можна виявити, що α — часточка справді має на собі два елементарні додатні електричні заряди. Обчислено, що 1 грам радія випускає за одну секунду 3, 4. 10^{10} α — часточок.

Летючи в якомусь газі (нпр. у повітрі), α — часточки сильно його йонізують (відбивають вік його атомів електрони); відомо, що йони газів легко конденсують круг себе водяну пару, і тому сліди часточок повинні позначуватися водяними смужками. Вільсон перший виявив ці смужки з допомогою моментальної фотографії.

γ — проміні теж йонізують повітря.

Вільсонову методу та змогу простежити шляхи електронів, що відриваються від атомів під впливом цих промінів; ці шляхи з огляду на значно меншу масу електронів порівняно з масою α — часточок, не мають уже таких дужих простолінійних форм.

Радіоактивні елементи дали перший приклад розпаду атомів; причина цього розпаду — питома самим атомам — слаба стійкість їх будови.

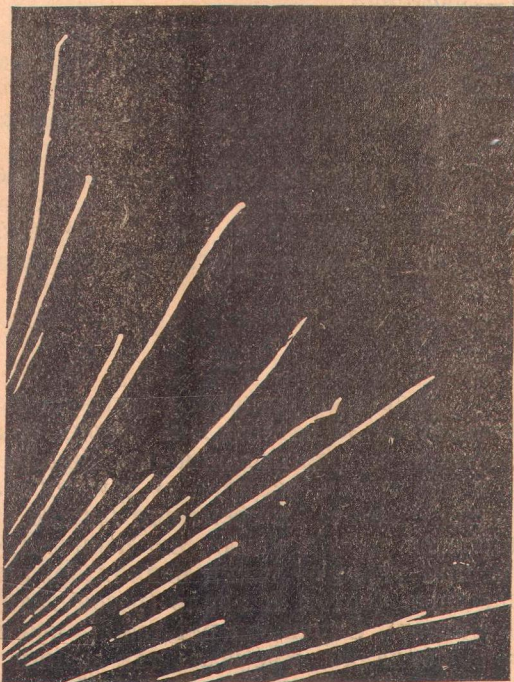
Перед наукою стало питання — розбити штучно атоми стійких елементів, тих, що не виявляють помітної радіоактивності. Задача здавалася так мало приступна, що один із найбільших сучасних дослідників у цім обсягу, Резерфорд, не так давно залишав її для прийдешніх поколінь. Але цей тріумф випав на долю наших часів, на долю самого Резерфорда.

Коли потоки електронів та α — часточок у газах можуть відбивати від атомів тих газів електрони (йонізувати гази — правда, на не довгий час), то натурально мусило повстати питання, чи не можна цим

могутнім засобам дійти такого розбиття атомів, яке ми спостерігаємо при радіоактивних перетвореннях, коли атом, виштовхуючи з себе α — або β — часточку, — переміняється на атом цілком іншого елементу. Резерфорд спостеріг, що α — часточки, летючи через водень і стикаючися з водневими атомами, не тільки їх йонізують, але часом зрушують ті йони з місця, штовхають у напрямі свого руху, даючи їм швидкість, більшу від власної (через їхню меншу масу). Це явище помічено та досліджено з допомогою методу ецинциляцій, бо спостережено ецинциляції при відсуненні екрану на віддалення значно більше, аніж на яке можуть залітати α — часточки. На Вільсонових фотографіях такі „центрально вдарені“ α — часточки об атоми позначаються де-коли раптовими закривленнями траєкторій α — часточок при самих їх кінцях.

Цікаво, що подібні-ж водневі йони з одним додатним елементарним зарядом Резерфорд спостерігав, перепускаючи α — часточки через кисень, повітря й азот (N); зразу він пояснив це явище домішкою водня в тих газах, але показалося, що хемічно чистий азот дає особливо інтенсивний ефект цього роду. До того-ж виявилося, що шляхи, які перебігають водневі йони, або, як ми їх далі зватимемо, додатні Н — часточки, вибиті з атомів азоту, — значно довші, аніж ті, що спостерігалися в самім водні. Відпадає, таким чином, усякий сумнів, що в складі самого атома азоту є додатні Н — часточки, і що при сильнім ударі швидкої α — часточки з нього може вилетіти Н — часточка. При тім азотовий атом звільняє значну кількість енергії, так що все явище нагадує розрив азотового атома вибухом. Остання думка особливо підтверджується тим, що Н — часточки вилітають із атомів азоту в усіх напрямках, навіть у напрямі противнім напрямові руху α — часточок. Чи таке звільнення енергії можна було колись використати практично — тимчасом годі гадати.

Найостанні Резерфордові спроби з розбиттям різних атомів α — часточками було поставлено так, що α — проміні йшли не нормально до поверхні екрана, а рівнобіжно їй, через це всякі легкі домішки в досліджуваних газах зганялися в напрямі руху промінів, і, таким



Мал. 8. Вільсонова фотографія шляхів α — часточок. Шляхи простолінійні, лиш де-які при самім кінці заламуються — через удар об серце атома

чином, певність походження додатних H — часточок із атомів інших річовин ще зростала.

Досі далось таким робом вибити додатні H — часточки з атомів бору (В) азоту (N) фтору (F) натрія (Na) алюмінія (Al) та фосфору (P). Найостанні відомості з цього обсягу такі: додатні H — часточки, ймовірно, вибиваються ще з атомів сірки (S), берилія (Be), магнія (Mg), кремнія (Si) та вуглецю (C). Ї підстави гадати, що розбиваються й атоми кисня, і що з них вириваються не H — часточки, а α — часточки.

Недавні масові досліди розбиття атомів азоту, що перевів Вільсоновим фотографічним способом Блекет, наводять на думку, що азотовий атом, позбувшись одної H — часточки, переходить у ізотоп кисня, але ніяких інших указівок на існування такого ізотопа нема.

З кількісного боку ефект штучного розбиття атомів — дуже незначний. Нпр. із 1.000.000 часточок радію С, що переходять через алюмінієву платівку, лише дві вибивають із алюмінієвих атомів додатні H — часточки, так що найточніша хемічна аналіза не могла б цього виявити.

V.

З часів Лоренцової електронної теорії електромагнетних явищ вважається за встановлене твердження, що джерело всякого електромагнетного промінювання (промінної енергії) є лінійний періодичний рух (тремтіння, осциляція) дрібних складових часточок атома — електронів. Частота їх тремтіння (згідно з цєю, класичною теорією) як раз дорівнює частоті хвиль, що вони випускають; навпаки, промінна енергія при ударі об такий осцилятор, що може тремтіти з частотою відповідною частоті її хвиль (резонувати), поглинається, губиться в цій резонаторі. Влучність цієї теорії можна збагнути, коли нагадати, що вона докладно з'ясувала так званий Зеєманів ефект (1896), тобто розщеплення спектральних ліній під впливом магнетного поля, що передбачав ще Фарадей.

Особливе значіння для розвитку новітньої фізики мало вивчення в цій концепції промінювання, так званих чорних тіл, то-б то таких що цілком поглинають промінну енергію, яка на них падає. За таке „чорне“ тіло можна вважати маленький отвір у стінці великої, з усіх боків замкненої в непрозору річовину порожнини, бо промінь світла, справлений зокола в цей отвір, відбившись багато разів од стін та розпорошившись, практично не поверне в цей отвір від себе нічого. Правда, коли розпекти до високої температури стіни такої камери, то окові цей отвір уявлюватиметься вже не чорним у звичайнім розумінні того слова: порожнина здаватиметься заповнена одноманітним сяйвом, що засліпить зір, але не дасть нічого розглянути в середині — так само, як у абсолютній темряві.

Доведено спробами та й теоретичними міркуваннями, що загальна кількість промінної енергії, яку випускає з себе чорне тіло, є пропорціональна 4-му ступневі його абсолютної температури, — отже надзвичайно швидко росте при нагріванні тіла.

Промінна енергія в такій „чорній“ порожнині, при незмінній температурі є в стані рівноваги, тоб-то не міняється що до величини й розподілу, але її хвилі весь час рухаються з питомою їм швидкістю $\left(300.000 \frac{\text{км.}}{\text{сек.}}\right)$. Визначити величину її для промінів

усякої довжини хвилі осібно можна з допомогою спектрометра та другого чорного тіла (що гратиме ролю калориметра), — випускаючи на них цю енергію в згадуваний маленький отвір. Виявилось, що максимальну інтенсивність мають хвилі середньої довжини, при чім цей максимум пересувається в бік коротких хвиль при збільшенні температури тіла.

З допомогою цих досвідних фактів та деяких термодинамічних міркувань удалося довести (Bin), що щільність W_λ енергії з довжиною хвилі λ при абсолютній температурі T має вигляд:

$$W_\lambda = \lambda^{-5} \cdot f(\lambda.T),$$

звідки не трудно вивести, що при максимум'ї цієї щільности для даної температури довжина хвилі та абсолютна температура зв'язані залежністю:

$$\lambda \cdot T = \text{const.};$$

цю константу легко визначити з досвідів. Звідси висновок, що інтенсивність промінювання з максимум'альною щільністю є пропорціональна 5-ій степені абсолютної температури.

Планкові завдячує наука великий поступ — точне визначення форми функції $f(\lambda.T)$; він довів, що рівність

$$W_\lambda = A \cdot \lambda^{-5} : \left(e^{\frac{B}{\lambda T}} - 1\right) \quad (1)$$

цілком годиться з досвідними даними в границях зміни λ від 0,06 до 0,0005 міліметра, а T від 1000° до 2000°. Тут A й B є сталі числа, що їх можна обчислити, визначивши двома або більшим числом спроб величину W_λ при різних довжинах λ та температурах T .

Таким чином дуже точно встановлюється склад промінної енергії, що наповнює якусь замкнену з усіх боків порожнину при незмінній температурі. Збір усіх промінних осциляторів у тім просторі держить певну рівновагу в статистичнім розумінні слова, тоб-то, загально кажучи, одні з них стільки-ж видають цієї енергії, скільки інші поглинають. Назвавши через U середню енергію тремтіння осцилятора, можна з електродинамічних міркувань класичної фізики обчислити щільність W_λ промінної енергії даної довжини хвилі λ :

$$W_\lambda = \frac{8 \pi U}{\lambda^4} \quad (2)$$

формула, що суперечить рівності (1), якщо тільки зі зменшенням довжини хвилі λ , енергія U не меншає значно швидше від 4-ої степені λ . Тимчасом дуже певні міркування доводять, що коли, як і гадалося завжди, енергія має суцільну будову, величина U не залежить од довжини хвилі, які випускає осцилятор.

Парадоксальну суперечність наведених формул (1) та (2) переміг Планк, зробивши геніяльне припущення, що енергія промінного тремтіння електронів міняється не суцільно, а скоками, на цілком певні рівні частки, кванти. Величина одного кванта енергії даного осцилятора залежить лише від частоти його тремтіння, тоб-то від довжини тих хвилі, що він може видавати; дрібнішим хвилям відповідають більші кванти енергії. Коли n є частота промінного тремтіння даного осцилятора, то відповідні йому кванти енергії мають величину $h \cdot n$, де h є універсальна константа, так званий Планків квант діяння.

Як не дивовижним здається таке припущення, ми все-таки маємо для нього вже деякий ґрунт у несцільній будові матерії та електрики, а головне те, що точний підрахунок як раз при цім припущенні дає остаточно формулу:

$$W_{\lambda} = 8 \pi c h \lambda^{-5} : \left(e^{\frac{Nch}{K\lambda T}} - 1 \right), \quad (3)$$

цілком тотожню з (2). Визначивши з досвідів константи A та B , можемо з рівностей

$$A = 8 \pi c h$$

$$B = \frac{Nch}{R}$$

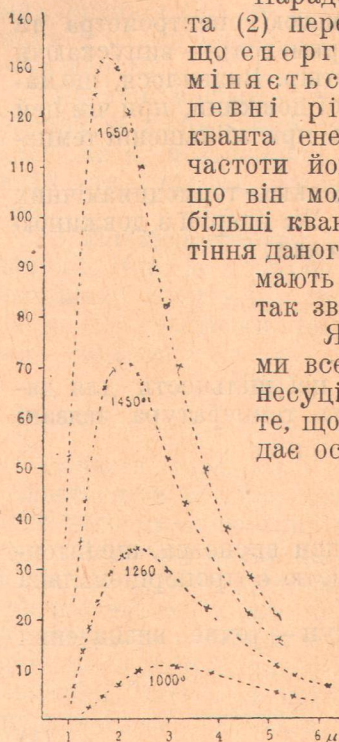
обчислити Планкову константу h та число N молекул у грам-молекулі газу, бо швидкість світла c та Ридбергова константа R відомі; так визначено

$$h = 6,5 \cdot 10^{-27};$$

N при визначенні цим способом дає ту саму вартість, що й іншими способами — щось із $60 \cdot 10^{22}$.

З рівності (3) можна вивести простими обчисленнями й закон промінювання чорного тіла — пропорціональність його 4-ій степені абсолютної температури.

Айнштейн та Нернст поширили Планкову квантову теорію зі світляних тремтінь електронів на теплові хитання атомів, і дістали наслідки, що досить добре годяться з експериментальними фактами в обсягу тепломісткості, пружності, то-що.



Мал. 9. Планків закон промінювання: в поземнім напрямі відзначено довжини хвилі у тисячних частках міліметра, в прямовіснім — температури. Точкові криві — теоретичні, хрестики — висліди спроб

Безпосередні спроби перепускання електронних потоків через гази та металічні пари в інтенсивнім електричному полі теж досить добре potwierджують Планкову гіпотезу. Показується, що енергія різних електронів по переході через шар газу або металічної пари буває різна, але різниці між енергіями поодиноких електронів є ряд цілком певних сталих величин; це явище натурально можна пояснити тим, що при ударі об атом електрон віддає йому частину енергії, а саме такий її квант, який природа атома дозволяє йому поглинути.

Те саме показується з аналізу Рентгенових промінів. Окрім промінів, котрі дають лінійні спектри й характеризують собою матеріал антикатада, є ще особливі розпорошені Рентгенові промені. Вони дають спектр суцільний, різко обмежений з боку коротких хвиль. Частота хвиль цієї границі зростає згідно з рівністю:

$$h \cdot n = W,$$

де W є енергія електрона катодного проміння, що вдаром об антикатод викликає Рентгенове промінювання. Отже при цих ударах не помічається повстання Рентгенових промінів із частотою, більшою

від $\frac{W}{h}$.

Нарешті, квантова теорія єдина точно поясняє так званий фотоелектричний ефект, тоб-то вибивання електронів із металічної поверхні з допомогою коротких світляних хвиль: енергія, з якою вони вилітають, має теж квантовий характер.

VI

Винахід електронів та вивчення явищ радіоактивності, що вперше реально виявили складну структуру атома, викликали й перші теорії цієї структури. Кельвін (1902), а пізніше Д. Томсон запропонували таку модель атома: в сферичній краплі додатної електрики, що має величину атома, плавають дрібнісінькі від'ємно заряджені зернятка — електрони; вони рівноважать під впливом додатного заряду краплі та взаємного відштовхування власних зарядів; з огляду на електричну нейтральність (нейонізованого) атома, додатний заряд краплі повинен дорівнювати сумі від'ємних зарядів усіх електронів атома.

Виходячи з такого уявлення про атом, Д. Томсон визначив для деяких елементів число та конфігурацію електронів у атомі. Він, Баркла й Сандлер спостерігали розпорошення Рентгенових промінів різними елементами. Вони припускали, що причина цього розпорошення є вібрація електронів, викликана переходом проміння через тіло атома — так само, як вібрація молекул атмосфери викликає розпорошення звичайних світляних промінів. Натурально в таких разі покласти, що величина розпорошення в данім одноріднім середовищі є пропорціональна добуткові з кількості атомів середовища та кількості електронів у атомі. Так дізнано, що кількість електронів, а разом з тим і кількість додатних елементарних зарядів атома дорівнює приблизно половині його атомної ваги, а краще — його атомному

числу. Д. Томсон фізично здійснив подоби́ну такого атома зі сталевих кульок, упу́снених у посудину з живим сріблом, помістивши ту посудину в магнетні́м полі. Його ідеї пі́зніше розвивали Льюїс та Лангм'юр.

Неважаючи на велику цінність і до певної міри, як побачимо, правдивість наведеного визначення кількості електронів у атомі,— накреслену гіпотезу нині зовсім залишено, бо багатьох явищ, напр., дуже великих відхилів при вдарі α -часточок об атом, вибивання з атомів додатних H -часточок, вона з'ясувати не може; та й узга́лі, як каже Бор, така статична рівновага конфігурації електронів неможлива, якщо сили взаємодіяння між частинами атома — хоч приблизно ті самі, що й між електричними зарядами.

На зміну цій статичній теорії атома прийшла динамічна. Її піонер був Перен (1901): круг додатно зарядженого електрикою осередку рухаються електрони, як планети круг сонця; електричні сили, що здержують їх на орбітах, діють, як Ньютонові сили всесвітнього тяжіння.

Правда, цей перший сміливий нарис нової теорії не мав зразу успіху: згідно з основами класичної електродинаміки, всякий прискорений рух електричного заряду викликає електромагнетне проміювання, отже супроводиться втратою енергії в простір, а що всякий криволінійний рух є рух прискорений, то електрон, обертаючися круг додатного осередку, весь час мусив би втрачати енергію, рух його стихав би, і нарешті електрон упав би на своє „сонце“; отже атом дуже скоро знищився б або переродився, чого ми, загально кажучи, не бачимо: атоми всіх нерадіоактивних елементів є системи дуже стійкі і при звичайних фізичних умовах можуть існувати неозначено довгий час.

Але одна з рис цієї моделі атома знайшла собі солідну підпору в згадуваних дослідах Резерфорда та Вільсона над ударами α -часточок об атоми різних речовин. Показується з цих спроб, що α -часточка, летючи в якомусь середовищі, рухається звичайно просто-лінійно, отже коли й стикається, то в кожному разі з зовсім незначними проти себе масами — електронами — і лише здерідка круто відхиляється від первісного напрямку — отже натикається на значну, дуже сконцентровану додатну електричну масу — Перенів додатний осередок атома; цей осередок, або серце атома займає, як показали точні підрахунки, зовсім незначну частину об'єму атома, бо навіть має об'єм, менший од об'єму електрона.

Поперечник атомового серця гелія (He), як гадають, має коло $5 \cdot 10^{-13}$ см., а важких атомів коло $4 \cdot 10^{-12}$ см.; тимчасом поперечник електрона є ніяк не більший од 10^{-11} см. Тими самими спробами показано, що майже вся маса атома скупчена в його серці, і що, коли прийняти динамічну схему атома, то атомна вага теж приблизно повинна дорівнювати подвійному числу електронів — планет. У кожному разі дуже ймовірно, що додатні H -часточки при розбитті атомів α -проміннями вилітають із атомових серць.

Після винаходу атомового серця на чергу прикро стало питання про точне визначення числа, конфігурації та рухів електронів — планет і причини стійкості тих рухів. У цій роботі фундаментальну

ролю відіграла періодична система елементів. Сучасний її вигляд такий.

Водень (H) стоїть по-за періодами. Перші два періоди обіймають кожен по 8 елементів („малі періоди“). Далі маємо два „великі періоди“ по 18 елементів, що з них кожен ділиться на два підперіоди ($11 + 7$); відхил од 8-членного періодизму тут помічаємо особливо в тріадах залізо-кобальт-нікель (Fe-Co-Ni) та рубідій-родій-паладій (Ru-Rh-Pd), слід завважити, що тоді, як можна надіятися заповнити колись порожнє місце під номером 43, нижні половини кліток під номерами 18 та 36 так і лишаються порожніми, бо, як показують досліді Мозлі, ніякого скоку між Рентгеновими спектрами нікля (Ni) та міді (Cu) нема. Що до 5-го періоду, то він уже має 32 елементи. Нарешті, 6-й період — неповний, бо досі елемента важчого від урану (U) не знайдено; можливо, що атоми важчих елементів остільки нестійкі, так легко самі собою розпадаються, що в звичайних земних умовах існувати не можуть.

Серце водневого атома вважають за неподільне (його називають протон і кладуть, як побачимо далі, поруч із електроном, в основу будови атерії. Ми повинні утотожнити його з додатною Н-часточкою, що має на собі один елементарний заряд, бо додатно йонізованих атомів водня з більшим числом елементарних додатних зарядів не знайдено. Таким чином, доводиться припустити, що електрично нейтральний атом водня є система з „сонця“ — протона та одної „планети“ — електрона, що, обертаючися, творить „периферію“ атома й діаметром своєї орбіти приблизно визначає поперечник атома.

Звертаючися до елементів першого періоду періодичної системи, мусимо так само приписати серцеві гелієвого атома подвійний елементарний додатний заряд, бо дужче йонізованих додатно атомів гелія не спотерігалось; отже атомове серце гелія є не що инше, як α -часточка, а електрично нейтральний атом гелія повинен мати на своїй периферії два електрони. Так само атом літія (Li) є система з серця, що має три елементарні електричні додатні заряди, та трьох периферичних електронів і т. д. Так виявляється, що положення елемента в періодичній системі всамперед визначається додатним зарядом його серця, або, що виходить на одно, числом його периферичних електронів. З цього вже бачимо, що хемічні властивості елементів як раз повинні залежати від периферичних електронів атома: два атоми з однаковим числом периферичних електронів, тоб-то з однаковим зарядом серця — хемічно цілком тотожні й відрізняються лише масами; це — ізотопи.

Хемічна інертність гелія (він не сполучається ні з якими елементами й самі його молекули є просто поодинокі атоми) вказує, очевидно, на те, що його периферія насичена, не має нахилу ні віддавати, ані притягати електронів сусідніх атомів; його два електрони творять замкнену в собі систему, „кільце“, що в ньому вже нема місця для третього електрона. Отже третій електрон, що з'являється в атомі літія (Li), обертається вже, треба гадати, по більшій орбіті, але сам по собі ще не творить замкненого кільця, бо легко притягається в хемічних реакціях до теж неповних „кільців“ інших атомів. В берилії (Be) це друге кільце збагачується ще одним електроном,

у борі (В) — двома і т. д., аж поки у фторі (F) число електронів другого, неповного „кільця“ периферії не дійде до 7.8 електронів; друге „кільце“ периферії має у неона (Ne), а з огляду на те, що неон, як і гелій, є газ хемічно інертний, треба визнати; що тут уже друге „кільце“ завершується: 8 електронів його „насихують“. Ідучи по періодичній таблиці далі від неона (Ne) до аргона (Ar), будемо третє, ще ширше „кільце“ периферії, знов із 8-х електронів. З цього погляду, хемічно подібними показуються ті елементи, що мають однакове число електронів у своїх незакінчених „кільцях“, напр., кисень (O) та сірка (S) (по 6 електронів у незакінченім „кільці“ периферії), хемічна інертність елементів пояснюється відсутністю таких незавершених „кільць“.

Звичайні світляні проміні, з цього погляду, є наслідок промінювання електронів найширшого „кільця“. Через те, що вони найслабше звязані з серцем атома, то в їх електромагнетних тремтіннях може бути найбільше різноманітності — звідси надзвичайне багатство на лінії у нерентгенових спектрів. Що до промінів Рентгенових, то їх джерела треба шукати в електромагнетнім промінюванні тісніше звязаних із серцем електронів, що належать до вузких периферичних „кільць“. З того, що таке електронне „кільце“, зформувавшись остаточно в якомусь елементі, далі задержується в усіх важчих елементах, ясно, чому будова характеристичних Рентгенових спектрів різних елементів — у загальних рисах однакова. Вкорочення Рентгенових характеристичних хвиль зі збільшенням атомної ваги елемента можна пояснити так, що те саме кільце тим тісніше звязується з серцем, чим заряд серця більший.

У третім 18-членнім періоді системи елементів можемо простежити „наростання“ 4-го периферичного „кільця“ електронів, що в повнім складі, фігурує у криптона (Kr). За ним наростає ще одно „кільце“ з 18 електронів, тоді одно з 32-х електронів і, нарешті, останнє, недоросле, що його будовання уривається в атомі урану (U).

Що до конструкції самих серць атомів, то (водневе серце тимчасом уважають за неподільне) аналітична робота тут лише розпочата й колись обіцяє дати блискучі наслідки. Тимчасом із праць Резерфордських та інших фізиків над штучним розбиттям атомів випливає очевидно, що α -часточки, β -часточки та додатні Н-часточки (протони) й є як раз складники атомових серць.

Отже, можна гадати, що серце атома є міцно збитий комплекс водневих та гелієвих серць із такою домішкою електронів, щоби заряд його відповідав атомному числу. Окрім того, в серці зав'язана величезна енергія, що частинно виявляється в радіоактивних процесах та при вибухах атомів під впливом ударів α -часточок. Можна думати далі, що й само гелієве серце є лише комбінація з чотирьох протонів та двох електронів, але настільки сконсолідована, що ні радіоактивний вибух атома, ані вдар α -часточки не може її розщепити. В складніших серцях, що можуть мати у своєму складі по багато протонів, вони, можна гадати, й комбінуються самі собою по чотирі, з долученням двох електронів, у такі стійкі групи; через те вдарами α -часток трудніше вибивати водневі серця з тих атомів, що їх атомна вага є кратна 4-х. Правда, такій конструкції атомових серць

суперечить атомна вага водня, 1,008, але цьому дають таке пояснення, що, нпр., при утворенні гелієвого серця з протонів та електронів система поглинає величезну енергію (тим вона така стійка), що й викликає зменшення маси, бо, як учить сучасна фізика, маса й енергія — рівноцінні, або маса є особлива форма енергії.

Хоч накреслена схема будови атома якісно добре з'ясовує велику силу експериментальних надбань сучасної фізики та хемії, проте, їй очевидно бракує обґрунтування факту стійкості, деталізації самої моделі атома, а, особливо, механізму промінювання, та нарешті точного кількісного з'ясування тих явищ, що їх наведено в перших чотирьох розділах. Особливу увагу при конструкції детальної моделі атома доведеться віддати тій тонкій, різноманітній та точно вивченій картині, що її дає сучасна спектроскопія.

Цю роботу блискучо почав (1913) Бор, а ведуть і досі він, Зомерфельд та сила інших дослідників.

VII

Насамперед треба зазначити, що через бідність експериментальних даних про будову атомових сердець та можливі рухи в них — Борова теорія обмежується вивченням рухів та конфігурацій самих периферичних електронів.

Завдання щасливо спрощується тим, що при таких обмеженні детального знання конструкції серця й не треба. Досить того, що його поперечник дуже малий проти поперечників орбіт периферичних електронів. Отже можна вважати без помітної похибки, що весь заряд серця купчиться в одній точці. Беручи під увагу незначність маси периферичних електронів, можна сказати, що їх рухи визначає цілком цей зосереджений заряд атомового серця. Отже задача про рух електронів під впливом електричних сил у атомі, як і гадав Перен, повинна бути подібна до задачі про рух планет круг сонця, під впливом сил тяжіння. Докладний опис цього руху дають так звані Кеплерові закони:

1. Коли осередочне тіло планетної системи (серце атома) має масу (заряд), значно більшу від маси планет (периферичних електронів, або коли є лиш одна планета (периферичний електрон), то планети (периферичні електрони) рухаються по еліпсах, при чім осередочне тіло (серце) міститься в вогнищі кожного з тих еліпсів.

2. Поля, описані простим відтинком, що сполучає осередочне тіло (серце) з планетою (периферичним електроном), за рівні проміжки часу, — рівні.

3. Квадрати періодів планетових обігів (периферичних електронів) пропорціональні кубам їх середніх віддалень від осередочного тіла (серця).

Але, проте, нема підстав переводити повну аналогію між атомом та планетною системою. Річ у тім, як каже Бор, що „рухи в планетній системі, підлягаючи законові всесвітнього тяжіння, визначаються не ним самим, бо істотно залежать од попередньої історії системи. Прим., протяг року визначається не тільки масами сонця та землі,

але й обставинами з часів утворення нашої сонячної системи, що про них ми докладних відомостей не маємо. Коли-б колись через нашу сонячну систему перебігло якесь стороннє небесне тіло на невеликім віддаленні від землі, то з того часу протяг доби значно-б змінився. Цілком инше бачимо в атомах. Певні незмінні властивості хемічних елементів вимагають припущення, що сторонні впливи не можуть викликати в атомі тривких змін (за винятком розпаду атомових серць при радіоактивних перетвореннях або вдарах α -часточок М. К.). Як тільки атом звільняється від стороннього впливу, його складові частини прибирають таку конфігурацію та стани руху, що цілком визначаються їх електричними зарядами та масами. Високопевний довід цьому маємо в спектрах, тоб-то в складі промінної енергії, що її матерія може при певних обставинах видавати, і що її з допомогою відповідних приладів можна надзвичайно точно дослідити. Як добре відомо, довжина хвиль спектральних ліній різних речовин, що її не раз буває можна зміряти з помилкою меншою від одиниці на мільйон, в границях помилок вимірів лишається незмінною при однакових околичних обставинах, цілком незалежно від того, які сили впливали на речовину до того моменту.

Оцю стійкість електронних рухів і треба було з'ясувати якимось загальним принципом, щоб утвердити остаточно новітню модель атома: звичайних механічних та електродинамічних законів тут не вистачає. Бор геніяльно заповнив цю галявину, використавши Планкову ідею квантувати енергію. Він поклав у основу науки про атом оці два принципи (1913):

1. Із поміж усіх станів руху електронів у атомі, що можливі на підставі законів класичної механіки, виділяються певні дискретні стани, так звані стійкі: вони відбуваються, загально кажучи, згідно зі звичайними механічними законами, але характеризуються тим, що всяке порушення такого стійкого стану, коли воно задержується на довгий час, зводиться до повного переходу в другий стійкий стан.

2. Противно правилу класичної електродинаміки, що прискорений рух електрики супроводиться випуском енергії, підчас стійкого руху електрон не випромінює й не поглинає енергії; електромагнетне промінювання з'являється в момент переходу електрона з одного стійкого стану руху в другий; так само поглинення промінної енергії може відбутися лише через подібний (тільки обернений) перехід. В той час, як, згідно з уявленням Лоренцевої теорії, промінювання є наслідок періодичного руху (тремтіння або обертання) електрона, а частота n промінювання дорівнює частоті того руху, — тут частота n електромагнетних хвиль, що висилає електрон, визначається з квантової умови:

$$h \cdot n = E_0 - E, \quad (1)$$

де h є Планкова константа, E_0 — енергія атома при первіснім стійкім стані електрона, а E — при остаточнім.

Перший із цих принципів поясняє або, краще сказати, певним способом описує стійкість атомів, другий з'ясовує, чому спектри елементів мають не суцільну, а лінійну структуру — складаються з різко обмежених узісінських смужок.

Звертаючися до найпростішого з атомів, водневого, ми конкретизуємо ці загальні принципи так. Єдиний периферичний електрон того атома оббігає серце по еліптичній (у часнім випадку — по коловій) орбіті. Можна довести, що його середнє віддалення від серця є обернено пропорціональне тій роботі, яка потрібна, щоби зірвати його з орбіти, точніше — безконечно віддалити від серця. Згадуючи, з другого боку, загальну серіальну формулу водня:

$$\frac{n}{c} = R \left(\frac{1}{i^2} - \frac{1}{k^2} \right),$$

що її можна переписати так:

$$hn = \frac{cRh}{i^2} - \frac{cRh}{k^2} \quad (2)$$

і порівнюючи (2) з (1), маємо підстави сказати, що робота віддалювати електрона з його орбіти на безконечність є обернено пропорціональна квадратові цілого числа. Таким чином доходимо, що великі осі еліптичних орбіт стійких рухів електронів пропорціональні квадратам цілих чисел:

$$1^2, 2^2, 3^2, 4^2, \dots$$

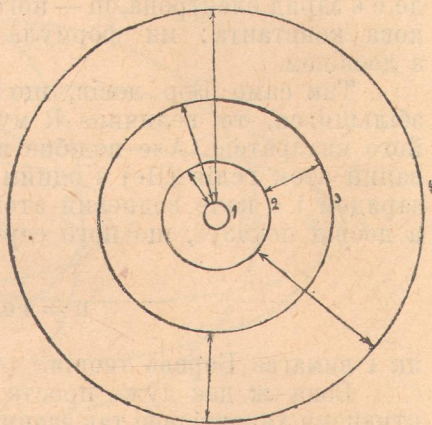
Чим по більшій орбіті обертається електрон, тим енергія атома більша. Коли електрон перескакує з більшої орбіти на меншу, то система тратить частину своєї енергії, випромінює її й атом видає світло. Перескакуючи, нпр., з 4-ої можливої, стійкої орбіти на 2-у, електрон зменшує енергію атома на

$$\frac{cRh}{2^2} - \frac{cRh}{4^2},$$

що, згідно з формулою (2), повинно дати світло частоти

$$n = cR \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right).$$

Коли світиться ціла маса водня, то в різних його атомах такі переходи електронів відбуваються з різних більших орбіт на різні менші; у цьому причина великої кількості спектральних ліній. Нпр., Бальмерова серія повстає від тих атомів, де дальші електрони перескакують на другу орбіту, Лайманова — від тих, де електрони перескакують на першу орбіту і т. д. Величина найменшої стійкої орбіти водневого атома, обчислена на підставі Борових принципів, мало



Мал. 10. Орбіти (колові) стійких рухів електрона з осями (поперечниками), пропорційними числам 1, 4, 9, 16. Стрілками зазначено можливі перескоки електрона з одної орбіти на другу

відрізняється від тії, яку дає для пересічу водневого атома кінетична теорія газів. Але цікавіший і значніший той факт, що Борові вдалося з допомогою своєї теорії обчислити Ридборгову константу через константи вже відомі, а саме:

$$R = \frac{2\pi^2 e^4 m}{c h^3},$$

де e є заряд електрона, m — його маса, c — швидкість світла, h — Планкова константа; ця формула дає вартість числа R у повній згоді з досвідом.

Так само Бор довів, що коли-б заряд серця водневого атома збільшився, то величина R мусила-б збільшитися пропорційно його квадратові. Але подібне явище справді спостерігається: йонізований атом гелія (He) з одним додатним елементарним електричним зарядом і є наче водневий атом із удвоє збільшеним зарядом серця, а досвід показує, що його серіяльні формули справді мають вигляд:

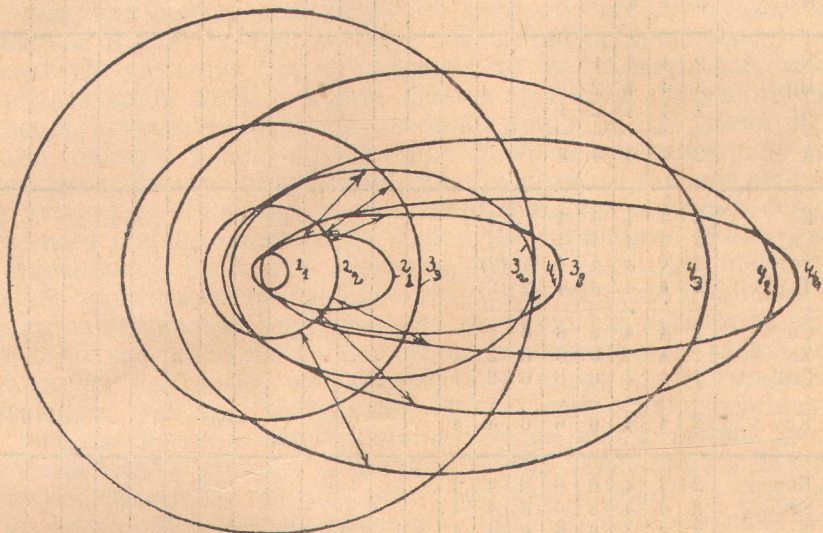
$$n = 4cR \left[\frac{1}{i^2} - \frac{1}{k^2} \right],$$

як і вимагає Борова теорія.

Вона-ж дає дуже просте пояснення давно спостереженому селективному характерові так званих спектрів поглинення у газів, і зосібна у водня. Чому, справді, газ не поглинає в однаковій мірі всі ті промінні, що він їх може випускати, а лише деякі? Через те, що при звичайнім стані його атомів усі електрони (або в кожному разі величезна їх більшість) обертаються по найменших можливих для себе орбітах, отже промінна енергія, збиваючи їх на дальші орбіти, здійснює не всі можливі переходи електронів із менших стійких орбіт на більші.

Подана модель водневого атома є лише перше наближення. Зомерфельдові обчислення, основані на міркуваннях із теорії релятивності, показують, що сама еліптична орбіта електрона в водневім атомі не лишається незмінна, а поволі обертається круг серця — тим швидше, чим еліпс вужчий. Це обертання повинно викликати розщеплення кожної спектральної лінії на тонші лінії — так звану „тонку структуру“ спектральних ліній. Таке явище, в згоді з обчисленнями, справді було спостережено. Тепер припускають, для точного опису спектрів, що електрон на данім середнім віддаленні від серця атома може обертатися по коловій орбіті, а окрім того, коли ця орбіта є n -а в ряді стійких, по одній із еліптичних, що має велику вісь, рівну з діаметром колової, а малу — рівну з $\frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots$ або $\frac{n-1}{n}$ великої. Отже, кожна стійка еліптична орбіта електрона характеризується двома цілими числами: числом n , що його квадрат є пропорційальний довжині великої осі орбіти та числом k , меншим од n , — таким, що дріб $\frac{k}{n}$ дорівнює відношенню малої осі до великої; їх звать першим та другим квантовим числом орбіти. Зазначають, звичайно, електронну орбіту значком n_k де n є перше квантове число, а k — друге.

Отже, n -а електронна орбіта може мати n різних варіантів, але по якому-б із них не обертався електрон, енергія атома лишається незмінна, і міняється лише зі зміною першого квантового числа. Розвиток теорії в цім напрямі, окрім цих двох, впровадив для докладнішої характеристики електронних орбіт ще інші квантові числа.



Мал. 11. Еліптичні та колові електронні орбіти

Невважаючи на велику відміну від Лоренцової теорії промінювання, Борова теорія теж цілком добре поясняє Зеєманів ефект, а окрім того, їй цілком удалося з'ясувати й так званий Штарків ефект (1914) — зміни в спектрі під впливом електричного поля, чого Лоренцова теорія зробити не могла.

VIII

Докладний опис, на зразок водневого атома, атомів інших елементів є задача без порівняння складніша, бо доводиться брати під увагу взаємодіяння більшого від двох числа електричних зарядів. Відповідна задача небесної механіки — рух кількох (більше, як двох) тіл під впливом сил Ньютонового тяжіння уявляє величезні математичні труднощі й лише наближено розв'язується в найпростіших випадках.

У кожному разі той напрям розвитку Борової теорії, що його накреслено в попереднім розділі в застосуванні до водня, примусив зректися уявлення про симетричні круглі кільця периферичних електронів. Електрони складного атома в своїх рухах „збурюють“ один одного, збивають із еліптичних (або колових) шляхів, їх рухи відхиляються від Кеплерових законів; тим менше могло-б ціле таке кільце

	1 ₁	2 ₁	2 ₂	3 ₁	3 ₂	3 ₃	4 ₁	4 ₂	4 ₃	4 ₄	5 ₁	5 ₂	5 ₃	5 ₄	5 ₅	6 ₁	6 ₂	6 ₃	6 ₄	6 ₅	6 ₆	7 ₁	7 ₂
1 H	1																						
2 He	2																						
3 Li	2	1																					
4 Be	2	2																					
5 B	2	2	(1)																				
10 Ne	2	4	4																				
11 Na	2	4	4	1																			
12 Mg	2	4	4	2																			
13 Al	2	4	4	2	1																		
18 A	2	4	4	4	4																		
19 K	2	4	4	4	4		1																
20 Ca	2	4	4	4	4		2																
21 Sc	2	4	4	4	4	1	(2)																
22 Ti	2	4	4	4	4	2	(2)																
29 Cu	2	4	4	6	6	6	1																
30 Zn	2	4	4	6	6	6	2																
31 Cra	1	4	4	6	6	6	2	1															
36 Kr	2	4	4	6	6	6	4	4															
37 Rb	2	4	4	6	6	6	4	4			1												
38 Sr	2	4	4	6	6	6	4	4			2												
39 Y	2	4	4	6	6	6	4	4	1		(2)												
40 Zr	2	4	4	6	6	6	4	4	2		(2)												
47 Ag	2	4	4	6	6	6	6	6			1												
48 Cd	2	4	4	6	6	6	6	6			2												
49 Jn	2	4	4	6	6	6	6	6			2	1											
54 X	2	4	4	6	6	6	6	6			4	4											
55 Cs	2	4	4	6	6	6	6		6		4	4				1							
56 Ba	2	4	4	6	6	6	6		6		4	4				2							
57 La	2	4	4	6	6	6	6	6	6		4	4	1			(2)							
58 Ce	2	4	4	6	6	6	6	6	6	1	4	4	1			(2)							
59 Pr	2	4	4	6	6	6	6	6	6	2	4	4	1			(2)							
71 Cp	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	4	4	1			(2)							
72 —	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	4	4	2			(2)							
79 Au	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			1							
80 Hg	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			2							
81 Ti	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			2	1						
86 Em	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			4	4						
87 —	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			4	4					1	
88 Ra	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			4	4					2	
89 Ac	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			4	4	1				(2)	
90 Th	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6			4	4	2				(2)	
118 ?	2	4	4	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8		6	6	6				4	4

задержати незмінно свою форму та конфігурацію своїх електронів. Так само нема підстав думати, що орбіти всіх електронів атома лежать на одній площі. Отже, замість кільця електронів, що з них кожен зв'язує певну однакову кількість енергії, краще говорити про „шар“ електронів, що рухаються, може, дуже різноманітно й непогджено, але характеризуються однаковим рівнем енергії.

В першій наближенні пробують характеризувати рухи електронів у складних атомах теж як рухи еліптичні, але припускаючи, що обертаються й самі їх орбіти і при тім значно швидше, ніж у водневій атомі. Це уявлення має ту підставу, що орбіта, напр., найдальшого електрона в даній атомі є значно більша від орбіт більшості решти електронів, а через те, без дуже великої помилки, їх вплив на найдавший електрон можна оцінити просто, як зменшення заряду серця. Правда, тут справа ускладнюється тим, що коли електронна орбіта має форму дуже вузького еліпса, то її частина заходить глибоко в середину електронних шарів, ближчих до серця. Це спричинює більшу зв'язаність відповідного електрона з серцем, аніж у випадку орбіти з тим самим або навіть меншим першим квантовим числом і більшим другим квантовим числом. Через це, при переході від легших до важчих атомів, особливо, коли число периферичних електронів значно, електронні „шари“ не зразу заповнюються до кінця, але добудовуються з запізненням, так що, наприклад, третій „шар“ добудовується вже після того, як почалося наростання четвертого шару, то-що. Ця „осередня“ перебудова атомів і є причина різних „аномалій“ у періодичній системі елементів; як раз загадкові три „тріяди“ в VIII групі системи дуже добре можна пояснити цим способом; те саме можна сказати про цілу групу елементів із атомними числами від 58 до 72, так звані рідкі землі.

Наводимо нижче Борову схему ступневого „обростання“ атомного серця периферичними електронами при збільшенні атомної ваги. В верхнім поземнім рядку дано номери орбіт із допомогою двох квантових чисел; тут, напр., 32 є орбіта, що належить до третього „шару“ і має відношення малої осі до великої рівне $\frac{2}{3}$. У крайнім лівім стовпці стоять атомні числа та назви елементів. Числа в клітках таблиці є числа електронів у даного елемента на даного типу орбіті; числа в дужках визначають моменти, з яких починається добудова осередніх „шарів“.

Добре кількосне потвердження ця теорія дістає в спектральній аналізі Рентгенових промінів. Ми обмежимося тут лише короткими увагами.

Припустивши для Рентгенових промінів справедливості серіальних формул та їх Борівську інтерпретацію, можна Рентгенове промінювання пояснити таким збуренням у атомі, коли електрон одного з осередніх, завершених у своїй будові „шарів“ зігнано з його орбіти геть із атома або на одну з орбіт „шарів“ ще недобудованих. Це так само гарно пояснює селективний характер Рентгенових спектрів поглинення, як його пояснено для звичайних спектрів (Зігбан, Костер). Досліди в цім обсягу обіцяють дати докладніші відомості про структуру осередніх електронних „шарів“ у напрямі наведеної Борової

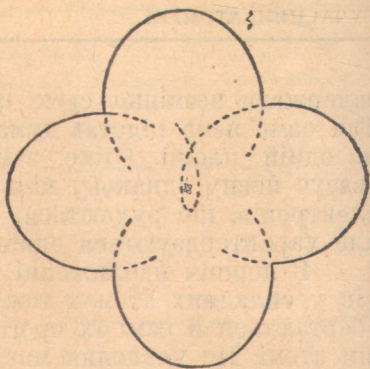
Водень (1).



Літій (3).



Вуглець (6).

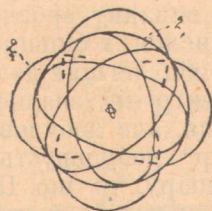


Гелій (2).

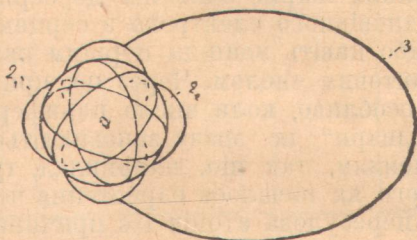


Маштаб
 $\frac{1}{100.000.000}$ см.

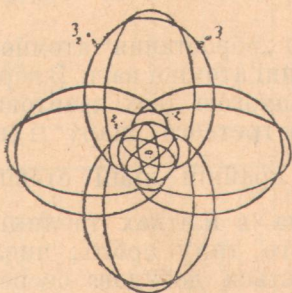
Неон (10).



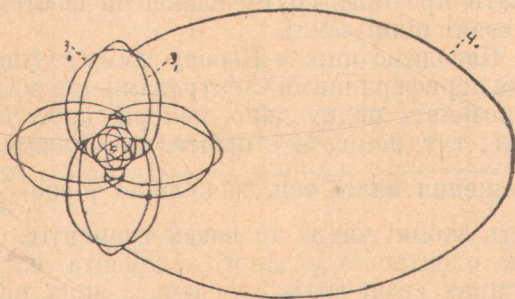
Натрій (11).



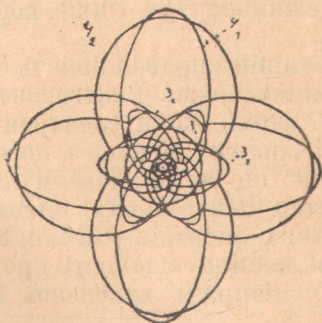
Аргон (18).



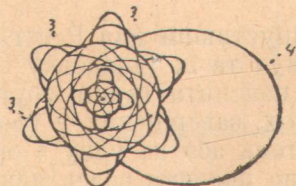
Калій (19).



Криптон (36).



Мідь (29).



Мал. 12. Борові схеми атомів

схеми і виявляють, що Мозлів закон є лише перше неточне наближення дуже складної картини.

На подані тут міркування про конструкцію складніших атомів, як і взагалі на всю Борову теорію, не можна, розуміється, дивитися, як на закінчену та вільну від суперечностей систему. Але коло ідей, що вона дала й раз-у-раз далі зроджує, є головне живе джерело сучасної фізики.

К. ДУБНЯК

Що таке краєзнавство¹⁾

Велика пролетарська революція висунула на життєву арену могутню творчу силу — пролетаріат, що озброєний наукою й технікою будує тепер нове радянське життя.

Пройшли роки громадянської війни, голоду й Радянські республіки повільно, але твердо й упевнено відновлюють своє народне господарство, з кожним днем збільшують свою міць, як економічну, як і державно-політичну.

Будуючи нове життя, всі активні верстви радянського суспільства, майже одночасно й одноставно в усіх республіках обширного Радянського Союзу, прийшли до тих висновків, що шлях до господарчого та культурного відродження країни, до економічно-політичного її зміцнення — це краєзнавство, всебічне й цілковите вивчення й використання природних багатств і продукційних сил країни.

Краєзнавство, краєзнавча ідея все шириться й шириться, охоплюючи де-далі більші й більші кола робітництва, селянства, студентства, учительства та інших верств активного радянського суспільства. Краєзнавство стає за могутній громадсько-політичний рух, воно стає база планового державно-економічного будівництва, стає на чільне місце в системі нашої шкільної освіти. Утворюються й працюють численні місцеві краєзнавчі організації — музеї, гуртки, осередки, комісії й т. и. Скликаються в різних центрах СРСР краєзнавчі з'їзди, конференції, наради всесоюзного, окремо-республіканського, краєвого, округового, районного характеру.

Де-далі частіш попадаються на сторінках газет і журналів статті на краєзнавчі теми, з'являються окремі книжки, що тракують питання краєзнавства.

Не вважаючи, однак, на широкий розвиток краєзнавчої праці, самі завдання останньої, само поняття терміну „краєзнавство“ ще й досі не має сталою й яскраво висловленого визначення. Цим, до певної міри, пояснюється безсистемність, неорганізованість, відсутність певних методів, або краще сказати, різноманітність методів, різні підходи, що ними характеризується сучасне краєзнавство.

Беручи на увагу зазначене становище сучасного краєзнавства, а також потребу правильної цілевої установки в краєзнавчій роботі, для розв'язання цих питань Тимірязівським науково-дослідним Інститутом було скликано 27—30 квітня п. р. в Москві 2-гу нараду краєзнавства.

¹⁾ Друкується в порядку постановки питання. Ред.

„Враховуючи, що розв'язання проблем краєзнавства є пекуча потреба при зміцненні в СРСР засад комуністичного будівництва, та що лише на підставі краєзнавства можливо правильно організувати працю й виробництво, шкільну та позашкільну освіту, охорону здоров'я та новий побут, не забуваючи й про те, що до цього часу не було розумної установки поняття „краєзнавства“, нарада висунула, як правильну установку для краєзнавства — вивчення продукційних сил та виробничих відносин, відкіля само собою повстає гасло — виробниче краєзнавство. (Лазарис, А. Друга нарада краєзнавства. „Культура і Побут“, 1925 р., 14-го травня, № 18, Харків).

Таким чином, після зазначеної наради, можна вже остаточно й безповоротно зафіксувати, що той академізм або, навпаки, аматорство, та відірваність від життя, той археологічно-історично-етнографічний напрямок з ухилом в бік „народних представлений и верований, древностей вообще и древностей церковных“, те „гробкопательство“ й схоластика, що характеризували наше краєзнавство з двадцятих років XIX сторіччя майже до останнього часу — все це вже відкинуто.

Нове краєзнавство, цілком відкинувши схоластику, стає на матеріалістичний ґрунт. Це — виробниче краєзнавство, що провадиться самими трудящими, що з'ясовує стан продукційних сил певного територіального району в сучасному, минулому й майбутньому, статично й динамічно (Дубняк, К. — Краєзнавство на Україні, його завдання, коли будується нове життя. „Культура й Побут“. 1925 р., 5 лютого, № 5, Харків).

Установлено, таким чином, той напрямок, той характер роботи, що його повинні додержуватися всі працівники сучасного краєзнавства.

Але залишається ще відкрите й нез'ясоване друге кардинальне питання, що теж гальмує правильну постановку краєзнавчої праці, розгалужує й розпорошує останню до безмірності, позбавляючи її певної раціональності, номографічності, надаючи їй багато цілком інтуїтивного.

Це питання про те, що є врешті, краєзнавство, чи наука, чи ні, і як наука, то яка саме наука, які її методи?

Вчисленній краєзнавчій літературі, термінові — „краєзнавство“ надається потрійне трактування: 1) краєзнавство — це тільки метода наочно студіювати природничі й економічні науки, 2) краєзнавство — це пропедевтичний курс елементарної шкільної географії („родино-ведение“), 3) краєзнавство — не тільки метода, але й самостійне, цілком визначене коло систематичного знання з своєю власною методою¹⁾.

Послідовники трьох зазначених напрямків сперечаються між собою, доводячи правильність своїх поглядів і безпідставність думок своїх супротивників.

Деякі краєзнавці, заплутавшись в різниці між методою й наукою, або навіть не розуміючи, що є краєзнавство, визначають завдання останнього занадто туманно й загально, в усякому разі, не підкреслюючи його матеріалістично-виробничого характеру. „Предмет краєзнавства“, кажуть вони, „становить вивчення природних багатств та

¹⁾ Городецкий, Б. М. Краеведение и школа — „Изв. О-ва любит. изуч. Кубан. края“, вип. 8, ст. 139, Краснодар, 1924.

взагалі особливостей території; дослідження того, як в економіці місцевої людності використовуються ці особливості і який, на підставі цього, утворюється матеріальний побут, а нарешті — як все зазначене відбивається на світогляді народу та в його народній творчості, в звязку, звичайно, з загальним ходом його розвитку та міжнародними впливами на цей останній“. (А. Лобода. — Краєзнавство на Україні. „Бюлетень Комісії Краєзнавства“, 1924 р., № 2, Київ).

Інші з тих, що заплуталися в тлумаченні терміну „краєзнавство“, кажуть про: „Краеведение в широком смысле, краеведение чисто географическое, краеведение узкое или тесное краеведение заключительное“, загалом не даючи відповіді, що - ж, врешті, є краєзнавство? (В. Кистяковский. — Краеведение и школьная география. „Вопросы краеведения в школе“. Ленинград, 1925).

М. Шарлемань, засвоївши погляд на краєзнавство, як тільки на методу при всякій науково-дослідчій праці, залічує до краєзнавчих установ абсолютно всі наукові й планово-господарські установи України. Виходить, за М. Шарлеманем, що краєзнавство є якийсь зачарований клубок, що не має ні початку ні кінця, ніяких меж, це сума усіх наук („Бюлетень Комісії Краєзнавства“, 1924 р., № 2, Київ).

На наш погляд, такі неоднакові погляди на краєзнавство залежать від того, що одні автори мають на увазі шкільне краєзнавство, а другі дивляться на краєзнавство, як на наукове дослідження краю.

Коли мати на увазі шкільне краєзнавство, то там це буде лише метода, лише принцип, на підставі якого, як каже В. В. Богданов („Задачи краеведения и история краеведения в России“ — „Дневник Всероссийской конференции по изучению местного края“. Москва, 1922), досягнення краєзнавства стають за базу науково зрозуміти природу й життя людини.

Коли, взагалі, вважати краєзнавство, за готовий матеріал, що на ньому базується освітня справа, як шкільна як позашкільна, за готовий матеріал, що допомагає звязати знання про свій край з питаннями практичного життя, то це буде метода, буде пропедевтичне „родиноведение“.

А коли під краєзнавством розуміти науково-обґрунтоване дослідження краю, то, зрозуміла річ, це буде наука.

Незчисленні краєзнавчі місцеві організації, що широко розвинули свою працю на цілому просторі СРСР, якраз і мають своєю метою переважно наукове, систематично-всестороннє дослідження свого краю, через що вони повинні мислити й мислять краєзнавство лише як науку.

Що - ж за наука — краєзнавство? Яке місце вона має в системі інших наук, які її методи?

Як це вже впливає з самої назви, об'єкт краєзнавства є край, певна географічна територія, через що без жадних доказів стає очевидно, аксіомно-очевидно, що краєзнавство є наука географічна. Як наука географічна, краєзнавство вживає й методів географічних і самий його розвиток нерозривно звязаний з розвитком географії і тими перипетіями, які історично пережила ця наука протягом всього свого еволюційного формування.

Коли хто каже, що краєзнавство не наука, то це нас не дивує, бо й про географію, що наукове розроблення її питань почалося ще

з VI сторіччя до Р. Х., з часів Ксенофана Колофонського, Гекатея та Анаксимандра Милетського, ще не - що давно писалося, що географія не наука, а лише сирий матеріял для інших наук (Пачоский, И. Метод классификации и единство наук". Киев, 1891).

Не дивує нас і різноманітність поглядів на завдання й межі краєзнавства, що існує в сучасній літературі, бо те саме було й з географією.

Досить ознайомитися, напр., з такими працями, як „Тутковський, П. А. — Задачи и пределы географии. Житомир, 1914“ та „Берг, Л. С. — Предмет и задачи географии — Известия Русского Географ. О-ва, 1915 г., т. II, вып. 9“, щоб переконатися, які різноманітні погляди існували на завдання й предмет географії, та яку боротьбу винесла за своє існування, за своє певне місце в системі інших наук ця найстаріша наука.

Не вважаючи на багатовічне існування географії, лише в XX сторіччі правильно трактується її завдання; і це забезпечує існування її, як самостійної науки з своїми власними методами.

Після неясних ще натяків (Marte Begriff, Ziel und Methode der Geographie. Zeitschrift Gesell. Irkdunde, Berlin XII, 1877), німецький географ Гетнер в своїй відомій праці. — Das Wesen und die Methoden der Geographische Zeitschrift“, 1905 — яскраво визначив, що географія є хорологічна наука про земну поверхню, що справжня царина праці географа є краєзнавство („Erdkunde“ або краще „Länderkunde“).

„Географія“, як каже Гетнер: „вивчає розміщення річей і явищ. Але географія вивчає вважаючи на поширення не окремих об'єктів, а завжди на певну сукупність річей і явищ, у їхніх взаємовідносинах. Географія не є хорологія окремих річей і явищ, але хорологія товариств, співгромад, цеб-то хорологія взаємних угруповань людей, тварин, рослин, форм рельєфу й т. и. на землі. А що-ж таке закономірні угруповання річей органічного й неорганічного походження на земній поверхні? Це є краєвиди. Таким чином, географія є наука про краєвиди (Л. Берг. — Предмет и задачи географии. — Изв. Русск. Географ. О-ва, 1915, т. II, вып. 9, стр. 469).

Близько до поглядів Гетнера підійшов теж німецький географ Банзе, що в своїй праці — Geographie - Peterm Mitth. 1912, Iar. LVII — каже: „Завдання географії полягають не в вивченні самих об'єктів, а в установленні суб'єктивного зв'язку між цими об'єктами, або річками; географ повинен не спостерігати, а лише конструювати готові вже досліди, скомпонувати їх в один цільний малюнок й подати відповідні висновки; географ повинен скрізь шукати відповіді на питання: де, в якому зв'язку, чому, які з тієї чи іншої причини вибігають висновки, наслідки?“ (Цитуємо з праці П. А. Тутковського — „Задачи и пределы географии. Житомир, 1914, стр. 9).

Погляди німецьких географів — Гетнера й Банзе розвинув російський географ Л. Берг, що такими словами висловлює завдання й межі сучасної географії:

„Під назвою географії, звичайно, змішують дві цілком різні науки: а саме — так звану „фізичну географію“ і краєзнавство („страноведение“). Перша вивчає процеси, що відбуваються в повітрі, воді й земній корі, а також форми земної поверхні, складаючи, таким чином,

одну з частин космічної фізики. Друга, краєзнавство („страноведение“) є хорологічна наука, що за нею й повинно затвердити назву географії. Розгляд географічного поширення річей і явищ є невід'ємна частина всіх систематичних наук: мінералогії, ботаніки, зоології, етнографії і т. п. А на долю географії припадає вивчення закономірних угруповань річей на земній поверхні, або, як звичайно кажуть, вивчення країн (відділя — краєзнавство). Точніше, географія є наука про географічні краєвиди. Під назвою географічного краєвиду слід розуміти країну, де характер рельєфу, підсоння, рослинного й ґрунтового покриву й, нарешті, культура людини поєднується в гармонійну цілість, що типово повторюється на обширі певної географічної земної зони.

Фактичний матеріал, потрібний географові, береться з різних систематичних наук: геоморфології, метеорології, гідрології, ботаніки, зоології, антропології, етнографії демографії й т. п. Географ зовсім не вивчає, як утворено гори, ріки, озера, рослини, тварини, або описує їхні найголовніші ознаки, він бере це все, як готовий матеріал; для географа все це не більше, як елементи певних різноманітностей, пристосованих до певних меж; географа цікавить лише розміщення цих (як взагалі, всяких) речей в просторі і те, які при цьому утворюються угруповання. Завдання географа — схопити закономірність угруповань, через що він і вивчає не всякі різноманітності, а лише ті, де окремі елементи зв'язано один з одним якоюсь залежністю; іншими словами, географ досліджує географічні краєвиди.

Так само, як для історика провідний момент є розподіл речей в часі, для географа — розподіл у просторі. Але вивчення самих речей, не цікавить географа, це завдання наук систематичних.

Отже географія має й свій об'єкт вивчення й свою особливу методу. Тим, хто скаже, що географія, або краєзнавство, не наука, ми скажемо: „по вашому виходить, що географія минулого, або геологія є наука, а вивчення сучасних краєвидів не наука? Або опис поверхні місяця є наука, а опис країн землі не наука?“ (Л. Берг, „Наука, ее содержание, смысл и классификация“ — „Известия Географического Института“, вып. 2-й., ст. 55 — 57. Ленинград, 1921).

Отже праці Гетнера й Берга розв'язують всі питання з методології географії.

„Гетнер і Берг розв'язують так само питання про розмежування із спорідненими науками. Справді: коли географія не є хорологія окремих речей, а наука про країни, або краєвиди, як сукупності, то до неї не належать ні наука про географічне поширення тварин (зоо-географія), ні фітогеографія. Обидві вони належать до зоології й ботаніки. Географія цікавиться лише складом фауни чи флори окремих країн, як складовими частинами краєвиду. Так само до географії, як науки про краєвиди, не можна стосувати й окремих розділів з геології, океанографії, лімнології й т. п. Все це належить до „фізичної географії, або фізіографії, близької до географії, але не географії“. (Бернштейн-Коган. „Очерки экономической географии“, ст. 13. Москва, 1922).

Так само сучасною методологією цілком яскраво визначено й завдання економічної географії.

Проф. А. Гетнер в цитованій вже нами статті — „Das Nesen und Methoden der Geographie“ — каже: „Знання географічного поширення окремих виробництв або продуктів належить до наук про господарське виробництво або до товарознавства і може бути названо географічною наукою про виробництво. Економічна географія, навпаки, має справу з економічними особливостями і взаємовідносинами різних країн і місцевостей. Треба розрізняти економічну географію від географічної науки про господарство (провідником її у нас є проф. В. Е. Ден), бо перша має справу з господарським характером різних країн і місцевостей, а друга — з географічним поширенням різних виробництв і продуктів“.

Наведені думки проф. А. Гетнера розвинув проф. С. Бернштейн-Коган, кажучи: „Економічна географія повинна вивчати економічне життя тієї чи іншої частини земної поверхні в цілому у взаємовідносинах різних елементів економічного життя тієї території між собою й у впливах таких територій (економічних районів) одної на одну. Економічна географія є наука про економічні райони та їхні взаємовідносини“ („Очерки экономической географии“, вып. 1-й, ст. 13 — 14, Москва, 1922).

Тов. М. Ельська в своїй статті — „Мировое хозяйство, Экономическая география и марксистская школа“ („Коммунистическое Просвещение“, 1923, № 2) каже: „Економічна географія — наука про стан засобів виробництва й продукційних сил, що існують на нашій планеті, або в окремому її районі“.

Окремий економічний район, окрема держава, як комплекс економічних районів, держави і державні угруповання, як окремі економічні райони світового господарства, і нарешті, світове господарство, як комплекс окремих економічних районів (економічних об'єднань і угруповань окремих держав) — такий зміст сучасної економічної географії.

„Земну кулю“, — каже проф. А. Григор'єв у своїй статті — „Экономическая география, как географическая дисциплина и вопросы районирования“ („Географический Вестник“, 1922, т. I в. 2 — 3), — „треба розглядати, як єдину економічну організацію, а держави, — їхні економічні райони, географічні краєвиди останніх, як окремі цеглини, з яких вона складається“.

Зауваживши, що краєзнавство є географічна наука, й привівши в загальних рисах сучасний стан методології географічних наук на підставі самих першоджерел, подивімося, як визначають зміст і завдання самого краєзнавства ті сучасні краєзнавці, що вважають краєзнавство за науку, й за науку географічну.

Проф. В. П. Буданов у своїй статті „Краеведение и педагогическая переподготовка учителя“ („Вопросы краеведения в школе“, изд. Брокгауз-Ефрон, Ленинград, 1925) каже: „Перш за все треба точно умовитися, що саме слід розуміти під краєзнавством. Чи це сукупність найрізноманітніших знань про край, чи тільки відомості з поодиноких галузів наук (і яких саме), чи, нарешті, це тільки метода підходу до вивчення загальних законів тих чи інших наук.“

Відомо, що до останнього часу питаннями краєзнавства цікавилися переважно історики, археологи та етнографи. Через те не тільки

широкі маси, а навіть і спеціалісти розуміли під краєзнавством частіш усього вивчення пам'яток старовини й мистецтва, а також побуту мови, місцевих виявлень розумової творчості народу (пісні, прислів'я, перекази). Таке однобічне тлумачення краєзнавства викорінюється з великими труднощами, хоч це питання останніми часами й широко освітлюється на з'їздах, конференціях та в літературі. Але сказати, що коло питань, якими мусить цікавитися краєзнавство, треба поширити, — цього ще не досить. Не досить і висунути на перше місце якесь одно питання, хоч-би й вивчення економіки краю, щоби-то трудової діяльності місцевого населення. Треба якось поєднати всю роботу, звязати всі питання якоюсь загальною ідеєю, загальною, як тепер кажуть, цілевою установкою. Коли не буде такої провідної ідеї при вивченні місцевого краю, то це вивчення розіб'ється на багато окремих, між собою не звязаних, і, зрозуміла річ, нерівномірно розвинутих галузей. Один музей місцевого краю буде музей сільсько-господарський, другий — історичний, третій — етнографічний і т. и., що ми й бачимо в дійсності.

Як-же знайти цей єдиний поєднальний фокус краєзнавства?

Ми відповідаємо з повною упевненістю: для цього треба твердо засвоїти думку, що краєзнавство є галузь „страноведення“, щоби-то географії, як науки про земні простори, про суцільні краєвиди, що утворюються в наслідок взаємочинності явищ природи й культури. Але, щоби таке визначення змісту краєзнавства не було мертва формула, треба усвідомити, що саме є географія в сучасному, здається, вже твердо усталеному розумінні.

Географія, каже проф. С. П. Аржанов („Географія в трудовій школі“, Москва, 1924), є найконкретніша з усіх конкретних наук; вона ні на крок не відступає від дійсності; вона не розчленовує предмети й явища, але поєднує різні групи предметів і явищ, синтезує їх.

Іншими словами, географічний опис місцевості є точне фотографування життя на тій місцевості. Проте географія не обмежується лише констатуванням фактів та явищ, а установлює їхню закономірність і взаємний зв'язок. Отже, географія є, так-би мовити, теорія краєвидів, що складаються в сукупності та взаємочинності всіх типів для даної території явищ, як з царини природи, як із царини людської діяльності. Відціля впливає, що об'єкт вивчення в географії є не поверхня, не підсоння, не господарська діяльність людини, а краєвид, місцевість, частина земної поверхні; до цього краєвиду, як його складники, належать і поверхня, і підсоння, і людина-господар і багато іншого, що надає даній території характерної, тільки їй властивої фізіономії, але об'єкт вивчення проте буде краєвид, конкретний обшир землі, як складний комплекс фактів і явищ, що заповнюють той обшир.

Так стисло з'ясувавши суть сучасного розуміння завдань географії ми встановлюємо й коло питань краєзнавства, як географії місцевого краю.

К. Дубняк у статті „Краєзнавство на Україні, його минуле й сьогочасні завдання, коли будується нове життя“ („Культура і Побут“, 1925 р., 5 лютого, № 5, Харків) каже: „Краєзнавство є наука про

стан засобів виробництва й продукційних сил у певному територіальному районі.

Як наука географічна, краєзнавство є наука синтетична. Насамперед краєзнавство повинно дати синтетично-гармонійний фотографічний малюнок певної території, так-би мовити, з висоти аероплану всебічно охопити все складне життя певного району — і природу, і людину, і той виробничий ефект, що є наслідком впливу людини на природу, — в одному малюнку подати й пояснити сучасний стан засобів виробництва й продукційність сил району.

Як наука синтетична, краєзнавство тут мусить використати дані багатьох систематичних наук, як природничих, як і соціально-економічних, і з усіх тих численних матеріалів, що даються найрізноманітнішими науками, скласти один гармонійний малюнок, що всебічно характеризував-би сучасний стан даної території.

Краєзнавство, подаючи гармонійний малюнок місцевости, увесь час ставить собі питання — чому, через що, для чого, розшукує причини, зв'язок між явищами життя, дає відповіді на ці питання.

Але життя, в найширшому розумінні цього слова, завжди міняється; сьогодні воно не таке, як учора, а завтра не таке, як сьогодні. Іншими словами, краєзнавець не може задовольнитися статикою свого району, він повинен далі показати його динаміку в минулому, оскільки воно приводить до сучасного, в сучасному й перспективно-майбутньому.

Але давши в синтетичних формах статистику й динаміку свого району, краєзнавець на цьому ще не спинається. Синтетична характеристика території не буде повна, коли краєзнавець не з'ясує тієї ролі, що відіграє її певний територіальний район у світовому господарстві, бо не можна-ж мислити свого району якимсь ізольованим островом, не зв'язаним з життям всесвіту“.

„Методист М. Селищенський, що працює тепер над проблемами краєзнавства, визнає останнє за цілком самостійний, вповні визначений круг систематичного знання з власним методом.

Краєзнавство, як його правильно розуміти, є систематизоване вивчення того чи іншого району (район, округа, край, держава і т. и.) за методами і принципами географії.

Правильність такого і лише такого розуміння краєзнавства, на думку Селищенського, доводиться об'єктивним розглядом історії розвитку предмета.

Хід цього розвитку залежить, по-перше, від еволюції географії, як науки й шкільної дисципліни, а по-друге, скеровується державним і громадським рухом і усім комплексом соціально-економічних взаємовідносин культурних народів.

Основоположники наукової географії Ріттер та Гумбольт дали геніальні схеми, з одного боку, розгляду землі в її цілому („Космос“ Гумбольта), з другого боку, таких значних географічних об'єктів, як ціла частина світу („Європа“ Риттера), і вже намітили шлях до дальшої диференціації предмету.

Наступна плеяда вчених всесвіту пішла наміченим шляхом. Від загального землезнавства до краєзнавства з усе вужчим і вужчим його розумінням. Від частин світу до великих держав і державних

угруповань, від них — взагалі до самостійних державних одиниць; від останніх — до великих складних частин кожної держави й спинилася, нарешті, на вивченні за тими-ж методами й принципами на вузькому, районному, але зате повному й систематичному вивченні — на краєзнавстві“ (Б. М. Городецкий. „Краеведение и школа“. — „Извест. О-ва Любит. изуч. Кубанск. края“, вып. VIII, ст. 141. Краснодар, 1924).

Близько до приведених нами поглядів підійшов і т. Г. Боссе, що в своїй доповіді „Очерк истории развития краеведческой работы“. („Первое Совещание по краеведению Тимирязевского Ин-та“, сер. I, отд. VI, вып. 1, ст. 8) — каже: „Поняття краєзнавства надзвичайно гнучке, і часто під ним розуміють або місцеву географію („родино-ведение“), або збірку різних дослідів, що лише територіяльно звязані з даним районом. З моєї точки погляду, краєзнавство треба й слід розуміти лише як комплекс усіх елементів літо-гідро-біо і атмосфери“.

Коли термін „біосфера“ розуміти широко й вкладати в його й людину в цілому, не тільки біологічну, а й соціальну, то ясно, що й т. Боссе, може навіть мимоволі, приходить до приведених нами висновків.

Отже, еволюційний розвиток географічної науки, що існує й розвивається багато вже століть, лише на початку XX століття цілком яскраво визначив, що географія є синтетична наука про географічні краєвиди, що географія є не що інше, як краєзнавство („страноведение“) та що так звана „фізична географія“ зовсім не географія, а частина космічної фізики — геофізика.

Після того, як зазначений погляд на географію, як науку, став загальноновизнаним і ustalеним, коли стало очевидним, що „географія“ й „краєзнавство“ є синонім, після того, як подано було схеми синтетичного вивчення великих просторів поверхні, — починається синтетичне вивчення і дослідження все дрібніших і дрібніших територій. В російській науковій термінології цьому географічному вивченню дрібніших територій присвоєно було термін „краеведение“ (частина „страноведения“, науки про більші території). В українській науковій термінології терміни „страноведение“ і „краеведение“ відразу поєднано в одну назву — „краєзнавство“.

Краєзнавство („страноведение“) зародилося з фізичної географії (геофізика), тому спочатку за елементи його вивчення була лише природа території, лише природний краєвид території. Але ясно було й є, що дати синтетичний малюнок певної території, вивчаючи лише саму природу без економіки, розуміючи під останньою виробничий ефект впливу людини на природу, не можна. Тому краєзнавству („страноведению“) — науці про природні краєвиди — стало надаватися економічного напрямку (уклон), з'явився навіть термін — „економічне краєзнавство“.

Далі з'являється окрема наука — економічна географія, що спочатку стала на неправильний методологічний шлях і була за науку про народне господарство в його географічному поширенні (географічна економія) і лише тепер стала наукою про економічні райони (економічні краєвиди), подаючи синтетичний малюнок економіки певної території рівнобіжно краєзнавству („страноведению“ і „краєведению“), що подає природничий синтез тої-ж території.

Таким чином, в даний момент існують дві географічні науки, що не можуть існувати одна без одної, що міцно зв'язані своїм змістом, що доповнюють одна одну.

Виходячи з рівнобіжного існування двох географічних наук, що неминуче переплітаються своїм змістом і що, врешті, мають одну мету — дати синтетичну природно-економічну характеристику певної території, я прийшов до тих висновків, що немає двох географічних наук — краєзнавства („страноведения“) і економічної географії, а є лише одна географічна наука, яку ми називаємо краєзнавством („страноведением“).

„Страноведение“ і економгеографія повинні злитися в одну науку. Краєзнавство в нашому розумінні це „страноведение“ плюс економгеографія певної території.

Краєзнавство — це синтетична наука про стан засобів виробництва та продукційних сил у певному територіальному районі.

І коли я даю краєзнавству таке саме визначення, що його т. Ельська дає економгеографії, то це не випадковість, не нерозуміння справи, а це ще раз підкреслює, що краєзнавство — це й „страноведение“, — це й економгеографія, а ще краще — те й друге вкупі. Але те, що т. Ельська дала економгеографії те саме визначення, що я дав краєзнавству („Культура і Побут“, 1925 р., 5 лютого, № 5, Харків), свідчить лише про те, що при матеріялістичному підході до краєзнавства (а іншого підходу до його ми не мислимо) в останньому, безумовно, повинні переважити елементи економіки.

Зміст краєзнавства, як єдиної синтетично-географічної науки, накреслюється такою схемою: а) природа території, як той фундамент, що на ньому базується народне господарство території; в) людина, як та сила, що використовує природу території, впливає на неї, планує своє господарство, виходячи з властивостей і особливостей природи території (вивчення людини розуміється широко, включаючи сюди й археологію, й історію культури й класової боротьби, й побут, і ідеологію широких мас і т. и., і т. и.); с) економіка території, іншими словами, виробничий ефект ділання людини на природу¹⁾.

Погляд на краєзнавство, як на географічно-синтетичну науку можна, очевидно, погодити й з резолюцією Всеукраїнської Краєзнавчої конференції, що відбулася 28—31 травня 1925 р. у м. Харкові.

Не вирішаючи остаточно, що є краєзнавство, чи наука, чи ні, Конференція ухвалила: „Краєзнавство є спосіб комплексно використати всі науки (їхні методи й досягнення) для вивчення краю в цілому, як передумови до пізнання головних законів і головних дієвих чинників суспільного розвитку“.

Що до самого розвитку краєзнавства, до його поширення останніми роками, то це, як бачимо, міцно зв'язано з еволюційним розвитком самої географічної науки. Сама-ж еволюція географічної науки й сучасний її зміст, на наш погляд, обумовлюються тим, що лише тепер, коли загальноновизнаним науковим світоглядом у нас стає марксизм, що є поєднальним мостом між науками природничими й

¹⁾ Д. Кашинцев. „Печать и Революция“, 1925, № 3, ст. 200.

громадсько-економічними, лише тепер є можливість широкого розвитку синтетичної географічної науки — краєзнавства.

Розвиток краєзнавства, як науки, цілком збігся далі, а то й виник у нас з того стихійного прагнення до вивчення свого краю, що охопив і охоплює все ширші верстви радянського суспільства.

Війна, як імперіалістична, як і громадянська, стихійні нещастя (посуха, голод), революція, — все це перевернуло наше життя, поставило зовсім нові завдання. Одним із стимулів, що направляє творчість пролетаріату, що став біля керми нового життя, є формула Леніна: комунізм — це радянська влада плюс електрифікація. Коли розвинути цю формулу і термін „електрифікація“ розуміти широко, цеб-то взагалі, як розвиток і піднесення продукційних сил, то стає зрозумілим, що повинна тепер розвинутися та наука, що знайомить маси з продукційними силами свого краю, та наука, що є вихідна тсчка для дальшого розвитку засобів виробництва й продукційних сил країни. А за таку науку й є краєзнавство. Отже слід остаточно засвоїти те основне положення, що краєзнавство є географія, а географія є краєзнавство, що термін „географія“ і „краєзнавство“ є синонім.

За об'єкт вивчення краєзнавства є край, певна географічна територія. „Край треба розуміти лише як територіальну підвалину роботи, тоб-то: на підставі найдокладнішого вивчення всіх особливостей і на матеріалах обмеженого району треба виявляти загальні закони й чинники розвитку природи й суспільства“. (З резолюцій Всеукр. Конференц. Краєзн., 28—31 травня 1925 р.). При вивченні території, ясна річ, береться на увагу природно-економічне районування країни, а не адміністративно-територіальне, бо при нашому незнанні продукційних сил свого краю останнє далеко не завжди базується на науковому й всебічному дослідженні території.

Коли від схематичного краєзнавчого дослідження великих (державних) територій ми переходимо до детально-дрібного й всебічно-великого дослідження все менших і менших обширів, то ясна річ, що й науково-дослідча краєзнавча робота повинна вестися не в великих центрах при центральних наукових установах, а безпосередньо на місцях, в кожному місті, містечку, селі, навіть хуторі.

От чому для переведення науково-дослідчої краєзнавчої роботи слід всю Україну вкрити сіткою краєзнавчих (географічних) наукових товариств, що вели-б всебічне дослідження свого району (своєї місцевості). До зазначених місцевих краєзнавчих наукових товариств увійде весь місцевий актив, усі місцеві культурно-виробничі людські сили — представники незаможного селянства, робітництва, учительство, молодь, робітники політосвіти, агрономії і т. и.

Місцеві краєзнавчі наукові товариства працюють за керівництвом і методологічно-методичними вказівками краєзнавчих (географічних) науково-дослідчих ін-тів, що рівномірно слід закласти їх в різних частинах України за її природно-економічною районізацією.

Загальне керівництво науково-дослідчою краєзнавчою роботою зосереджується у Всеукр. Академії Наук. Для підготовки-ж спеціалістів синтетиків-краєзнавців, що потрібні так державі в її плановому господарсько-технічному будівництві, слід закласти спеціальну вищу школу — Український Географічний (Краєзнавчий) Ін-т.

Краєзнавчі наукові товариства і краєзнавчі науково-дослідчі ін-ти повинні пам'ятати, що вони є географічні наукові заклади, що в коло їхніх завдань увиходить лише та науково-дослідча робота, яка за об'єкт свого вивчення має географічний краєвид або економічний район, як синтези.

Коли ботанік досліджує рослинні формації Київщини, то об'єкт його досліджень є не Київщина, не певна територія, а рослини, рослинні формації на Київщині. Це не буде краєзнавство, це буде ботаніка, правда, ботаніка краєзнавча, але тільки ботаніка, що краєзнавцю-синтетику дасть багатий матеріал для синтетичної характеристики району.

Коли акад. Яворницький розкопує й досліджує могили Запоріжжя, то це не краєзнавство, а археологія, бо об'єктом вивчення тут є могила, навіть і не могила, а певна історична доба; для краєзнавчого синтезу ця археологічна праця дасть багато матеріалу.

Далі, коли економіст досліджує, напр., бюджет селянського господарства на Полтавщині, то це знов не краєзнавство, а лише цікавий і важливий матеріал для краєзнавця.

Треба відрізнати краєзнавство, як синтетично-географічну науку, від краєзнавчої археології, краєзнавчої ботаніки, зоології, економіки і т. и., і т. и.

Всі ці й інші науки за об'єкт свого вивчення мають зовсім не край, не територію, а рослину, тварину, людину, народне господарство і т. и., тільки інколи в їх географічному поширенні. Здобутки-ж цих наук дають величезний матеріал для краєзнавчого синтезу.

Сучасна розбіжність і нез'ясованість краєзнавчої праці до певної міри й пояснюється тим, що до краєзнавства стосуються абсолютно всі наукові дослідження, що оперують лише над певним об'єктом на даній території, а також і всю працю планових державних установ. Наслідок: краєзнавство намагається охопити всі науки, всю планово-господарську діяльність держави й громадських організацій; це якесь безкрає коло, без початку й кінця, це якась сума, якийсь конгломерат усіх науково-господарських досягнень, а врешті через це слова „благіе порывы“, і відсутність і неможливість справжньої реальної праці.

Отже краєзнавчі наукові товариства і науково-дослідчі ін-ти не повинні безпосередньо втручатися в наукову працю й господарчо-планову діяльність спеціальних наукових інституцій (досвідні с.-г. станції, метеорологічні станції, біологічні станції й т. и.) та державно-громадських, планово-господарських установ і організацій (Держплан, Статбюро і т. и.), краєзнавчі організації лише асоціюють працю різних науково-господарських закладів з краєзнавчим напрямком їхніх спеціальних робіт, використовують їхні досягнення для свого синтетично-географічного опрацювання, координують і справляють різну науково-господарську працю в бік провадження праці і досліджень на матеріалі свого краю, входять в міцний зв'язок з науковими, шкільними, державними й іншими закладами, дають їм певні завдання, з свого боку виконують всяку допоміжну роботу при наукових дослідженнях (збирання матеріалів, переведення різних вимірів, переписів, статистичних обліків і т. и.).

Праця краєзнавчих наукових організацій полягає в тому, щоб збираючи абсолютно всі відомості про край і координуючи наукове дослідження краю в окремих наукових царинах, в той же час і на підставі того всього подавати синтетично-монографічну характеристику теорії.

Координування наукового дослідження краю, що провадиться окремими спеціальними установами, і збирання матеріалів про свій край — це перший етап роботи краєзнавчих наукових організацій.

Краєзнавчі наукові т-ва збирають бібліографію свого району, цеб-то складають систематичні бібліографічні каталоги всієї друкованої літератури про свій край, далі збирають і саму літературу шляхом заснування спеціальної місцевої краєзнавчої бібліотеки.

Далі, ці т-ва збирають біографічні відомості про діячів свого краю, беруть під свою охорону всі місцеві пам'ятки природи, старовини, мистецтва, культури, природні заповідники, архіви, музеї й т. и. і все це використовують для своєї науково-дослідчої синтетичної праці.

Розроблення екскурсійних маршрутів для своєї місцевості, виготовлення географічних карт різного масштабу, різного змісту й призначення, виготовлення різних довідників, показників статистичних і інших довідників про свій край, — все це також належить до першочергових завдань краєзнавчих організацій.

Збираючи краєзнавчі матеріали, координуючи наукове дослідження та опрацьовуючи синтетичні монографії свого краю, краєзнавчі наукові організації закладають краєзнавчі музеї, що є їхні лабораторії. Музеї ці, відбиваючи в собі всю працю краєзнавчих наукових організацій, наочно ілюструють і виявляють своїми експонатами в комплексовому їх розташуванні стан продукційних сил району, як у минулому, як і в сучасному, як статично, так і динамічно.

Але головна й оснiвна праця краєзнавчих наукових організацій, — це синтетично-монографічне обслідування території.

Пояснимо конкретним прикладом. Ботанік іде в ліс і там вся його увага зосереджується на окремих рослинах; зоолог в тому-ж лісі, напр., вивчає життя комах чи інших тварин; ґрунтознавець у тому-ж самому лісі вивчає ґрунти. Але ботанік за деревами, зоолог за своїми комахами, а ґрунтознавець за своїми ґрунтами, часто-густо не бачать лісу, як певного краєвиду, характерного для даної території. Отже краєзнавці, на підставі матеріалів, здобутих в лісі ботаніком, зоологом, ґрунтознавцем та іншими дослідниками, повинні зхарактеризувати ліс в цілому, як характерний краєвид, що обумовлює й скеровує увесь розвиток продукційних сил району.

Всебічне вивчення сучасного життя як в місті так і в селі є не лише чергове наукове завдання, а й справа політично-економічного значіння. Тому є пекуча потреба розв'язати питання економічно-державного характеру, синтетично-монографічно простудіювати й широко та всебічно освітити сучасне життя кожного нашого села й міста з усіма його різноманітними особливостями.

Природа місцевості, історія села або міста, статистика населення, його етнографічні й фольклорні особливості, побут старий і новий, ідеологія народніх мас, характер народнього господарства, зокрема

стан сільського господарства, бюджети селянського господарства, землеустрій і землекористування, місцева промисловість, як кустарна, так і фабрично-заводська, зв'язок села з містом, торгівля й кооперація, шляхи комунікації, вплив війни й революції на розвиток народного господарства, взаємовідносини між селом і містом, між окремими класовими групами населення, класова боротьба, ролі КНС, школа й освіта, життя молоді — такий, безумовно, в загальних і дуже стислих рисах зміст монографічно-синтетичного обслідування села й міста.

Не спиняючись на питаннях методології й методики краєзнавчої праці, на питаннях її організації й практичного переведення в життя, ми схематично й коротко накреслили зміст і завдання сучасного краєзнавства, що дає можливість від промов і декларацій, від газетно-журнальних статтів перейти до дійсної реальної праці.

Ми накреслили зміст науково-дослідчого краєзнавства, відмежовуючи його від краєзнавчої праці шкільної й масової.

В школі, на наш погляд, краєзнавство (географія) викладається, як окрема дисципліна, а поза-тим і, що найголовніше, вся шкільна система повинна базуватися на краєзнавстві. В школі краєзнавство є не тільки наука, а й метода як найпродуктивнішого засвоєння знань з різних наук.

Так само окремо треба поставити масову краєзнавчу працю, щоб-то ознайомити широкі маси населення з своїм краєм на підставі того готового матеріялу, що його подають наукові краєзнавчі організації.

Масова краєзнавча праця — це справа хатчиталень, сельбудів, клубів, взагалі політосвітніх установ. Тут уже немає краєзнавства — як науки. Тут краєзнавство є метод виховання народніх мас.

Повторюємо, що та хаотичність, розбіжність, непогодженість методологічна, методична й організаційна, що спостерігається в нашій краєзнавчій праці, пояснюється тим, що кажучи про краєзнавство, один має на увазі краєзнавство масове, другий — шкільне, третій те й друге вкупі. Ми розмежовуємо краєзнавство масове, як метод, краєзнавство шкільне, як науку (почасти) і методу (найголовніше), і краєзнавство наукове, як науку синтетичногеографічну з географічними методами.

Дійсне краєзнавство є географія, а географія, є краєзнавство.