

Валентин Річ

ВИТОК
СПІРАЛІ



НАРИСИ

ДЛЯ СЕРЕДНЬОГО
ТА СТАРШОГО
ШКІЛЬНОГО ВІКУ

Видавництво дитячої літератури
«Веселка» Київ 1977

На сторінках цієї книжки ви стрінетесь із великими мислителями давнини, славетними мудрецями середньовіччя, допитливими природознавцями XVII та XVIII століть, засновниками сучасної науки. Демокріт і Арістотель, Роджер Бекон і Джабір ібн-Хайян, Бойль і Ломоносов, Лавуазьє і Дальтон, Менделєєв і Рамзай, Марія Кюрі й Резерфорд, Бор і Фермі, Петржак, Флеров, Сегре і багато інших учених на ваших очах розгадуватимуть найскладніші загадки природи. І ви зможете прилучитися до найвищого виду пригод — пригод людської думки, яка пізнає світ.

Переклад з російської НОННИ ТИХОНОВОЇ

Художнє оформлення ІВАНА ГАВРИЛЮКА

Перекладено за виданням:

Рич В. И., Виток спирали.
«Детская литература», Москва, 1974





РОЗДІЛ ПЕРШИЙ,
з якого читач дізнається
про два рецепти виготовлення
золота

ТАЄМНИЦЯ
ДЖЕЙМСА ПРАЙСА

Це сталося майже двісті років тому, навесні 1782 року. Почалося все з того, що молодий, але вже відомий англійський вчений, член Лондонського Королівського товариства Джеймс Прайс надумав одружитися.

І от якось разом зі своєю нареченою він поїхав у щойно придбаний будинок, де вони мали оселитися після весілля. Будинок цей раніше належав доктору Айрішу, про смерть якого ходили темні чутки. Старий жив одинаком, займався якимись таємничими дослідями, майже весь будинок перетворив на лабораторію, і, зрештою, його знайшли мертвим поміж своїх реторт і перегінних кубів.

От чому з таким інтересом розглядав Прайс майно доктора Айріша, що дісталось йому. От чому найбільше його зацікавило те, що було в письмовому столі. Прайс почав ритися у шухлядах і невдовзі вже тримав у руках пожовклий від часу рукопис.

Великою мідною шпилькою до останньої сторінки рукопису було приколото конверт, запечатаний сургучною печаткою.

Прайс зламав сургуч і витрусив з конверта його вміст — яскраво-червоний порошок.

Згодом він зазирнув у рукопис і прочитав його назву: «Як я винайшов таємницю всемогутності».

«6 вересня 1753 року, ввечері, — писав доктор Айріш, — прийшов до мене незнайомий чоловік. Він справив на мене гарне враження. Після приємної бесіди він спитав, чи бачив я коли-небудь філософський камінь і чи знаю речовину, з якої він складається. Коли я відповів, що ні разу не бачив, незнайомець дістав скриньку з червоного дерева і відкрив її. В скриньці лежали чотири великих шматки речовини, схожої на червоне, мов рубін, скло. Я умовив незнайомця дати мені трохи цієї коштовної речовини. Після цього він полишив мій будинок, і більше я ніколи не зустрічався з ним...»

Далі йшов опис дослідів з філософським каменем.

Забувши про наречену, Джеймс Прайс похашцем ковтав рядок за рядком, сторінку за сторінкою.

«Вилив настійку у віск... шість драхм ртуті... шиплячий звук... гази... через п'ятнадцять хвилин ртуть перетворилася на чисте золото. Я став багатий... настійка скінчилася... побудував лабораторію... спроби... ще спроби... Пощастило, настійку одержано!

Але надто дорогою ціною... життя моє в небезпеці... дуже старий, щоб продовжувати...»

На цьому рукопис обривався.

— Пробач, любя,— сказав Джеймс Прайс,— ще п'ятнадцять хвилин. Треба перевірити!

Він насипав у тигель трохи порошку і побіг у сусідню кімнату, до печі.

Минуло п'ятнадцять хвилин і ще п'ятнадцять.

Наречена образилась і поїхала. Ніхто не знає, коли Прайс закінчив дослід. Але коли це сталося, в тиглі, що димівся і який він тримав щипцями, виблискувала золота крапелька коштовного металу.

...Джеймс Прайс так і не помирився зі своєю нареченою. Цілий рік він жив сам у будинку доктора Айріша і робив золото.

Потім почав демонструвати своє мистецтво сусідам.

Згодом до нього почали приїжджати вчені колеги з Лондона, і він робив свої досліді при них і навіть давав їм свій порошок, а ті теж одержували золото.

Врешті чутки про це дійшли до самого англійського короля, і Прайс став перед його величністю Георгом Третім.

Король схвалив чудове мистецтво свого підданого. І після того, як найдосвідченіші хіміки королівства підтвердили, що саморобне золото Прайса зовсім нічим не відрізняється від того, що зберігається в підвалах Британського казначейства, алхіміку було наказано викласти вченим колегам суть великого відкриття і передати Королівському товариству запас червоного порошку.

Проте минали місяці, а Джеймс Прайс не поспішав виконати ці вимоги.

У серпні 1783 року до нього було послано двох вчених мужів—сера Філіппа Кларка і доктора Спенса з ультиматумом: порошок або суд.

— Порошок! — сказав Прайс. І пішов у лабораторію.

Через три години його знайшли мертвим. Він лежав на підлозі, поруч з ним валялася пляшечка з-під синильної кислоти.

ДВА РЕЦЕПТИ

Рукопис старого доктора Айріша, знайдений Джеймсом Прайсом, до нас не дійшов. Можливо, він згорів під час однієї з численних тоді пожеж. А може, його заховали так, що не могли знайти, і він давним-давно зотлів у якійсь схованці.

Однак деякі рецепти алхіміків збереглися. Їх можна відшукати у старовинних рукописах, що й досі зберігаються в бібліотеках. Приміром, ось такий:

«СМАРАГДОВА ТАБЛИЦЯ
ГЕРМІО ТРИЧІ
НАЙВЕЛИЧНІШОГО

Це правильно, без обману, істинно і справедливо! Те, що внизу, як і те, що вгорі, і те, що вгорі, як і те, що внизу, для того, щоб здійснювати дива одного і того ж самого. І подібно до того, як усі речі виникли із одного по думці одного, так усі вони виникли із цієї речовини шляхом її застосування. Її батько Сонце, її мати Місяць, вітер носив її, земля її годувала. Вона батько усього досконалого у Всесвіті. Її могутність безмежна на Землі. Відокрем землю від вогню, тонке від грубого, обережно, з великим мистецтвом. Ця речовина піднімається від землі до неба і в ту ж мить повертається на землю. Вона набирає силу верхніх і нижніх речей. І ти дістанеш славу світу, і будь-яка темрява покине тебе... Я сказав усе про справу сонця».

Сонцем у давнину називали золото. «Сол» та «зол» — корені одного походження. Стародавні римляни називали золото «аурум» від «Аврора» — «зоря». Отже, «справа сонця» — це, безумовно, «виготовлення золота».

Однак щодо іншого цей рецепт зовсім не переконливий.

Втім, були і зрозуміліші рецепти. Один з них нібито належить якомусь Іванну Ісааку Голланду, що немовби жив у XV сторіччі.

СЕЙ РЕЦЕПТ

Знайдено у скрині, замуруваній у стіні, і продано за великі гроші, перевірено справді на досліді і досвідченими в алхімії схвалено, що і по ділу виявляється. Задля того уникайте відкривати такої великої ваги таємницю зажерливим і пихатим людям, так само і тим, котрі не є дітьми філософії. Отже, почнемо. Візьми в ім'я господа Ісуса Христа стільки золота, скільки тобі заманеться. Зроби амальгаму з однієї частини ртуті, туди ж поклади і золото і дай ртуті викуритися на малому жару. Потім нагрівай його двадцять днів. Розітри дрібно, після чого налий доброго оцту на чотири пальці поверх матерії, замаж шийку і постав у теплий попіл на дві доби, протягом яких оцет дістане від золота червоний колір. Потім нагрівай так само дев'ять днів,

зменшуючи кількість днів нагрівання і зливаючи завжди забарвлений оцет разом. І се роби доти, доки все тебє золото розчиниться і залишиться на дні тільки сірий порошок, який ні для чого не придатний. Розчинене дистильованою водою, то й знайдеш твою сіль на дні. Нагривай потім дванадцять годин, як се в рецепті писано, потім розчиняй золото в спирті, дай відстоятися і те, що лишилося на дні після розчину, нагривай три доби, роби це так само, як писано про оцет. Коли все золото в спирті розчинилося, то на дні знайдеш чудову сіль, яка тої ж миті розчиниться, як нашатир. Візьми цієї солі одну частину і чотири частини ртуті, обклади їх гарячим вугіллям, тоді за півгодини знайдеш твою ртуть, що кальціювалася в порошок. Тепер візьми сей порошок ртуті і нагривай три доби, потім розітри і розчини в оцті. Нагривай повторно, розчини в спирті і бери знову на одну його частину чотири, роблячи усе, як і раніше. Нарешті, розчинивши одну частину сього порошку, кинь на чотири частини ртуті, то перетвориться на добре золото і срібло. І так по сьому і робить. Амінь.

«Зібрання різних вірогідних хімічних книжок, а саме Іоанна Ісаака Голланда Рука Філософів про Сатурна, рослини, мінерали, кабалу і про Камінь Філософський» побачило світ у перекладі на російську мову всього через чотири роки після смерті Джеймса Прайса — в 1787 році. Віра в такі рецепти на той час зникла майже зовсім. Джеймс Прайс, мабуть, був один з останніх учених, які сприймали їх всерйоз і не розуміли, що золото, яке вони одержували з різних порошоків, вже було в цих порошках.

Однак часи, коли можливість перетворення одних металів на інші ні в кого не викликала сумніву, ще не були забуті...

РОЗДІЛ ДРУГИЙ,
який присвячено науковим
поглядам стародавніх
європейців

**НЕДОПЕЧЕНЕ ОЛОВО,
НЕДОВАРЕНИЙ СВИНЕЦЬ**

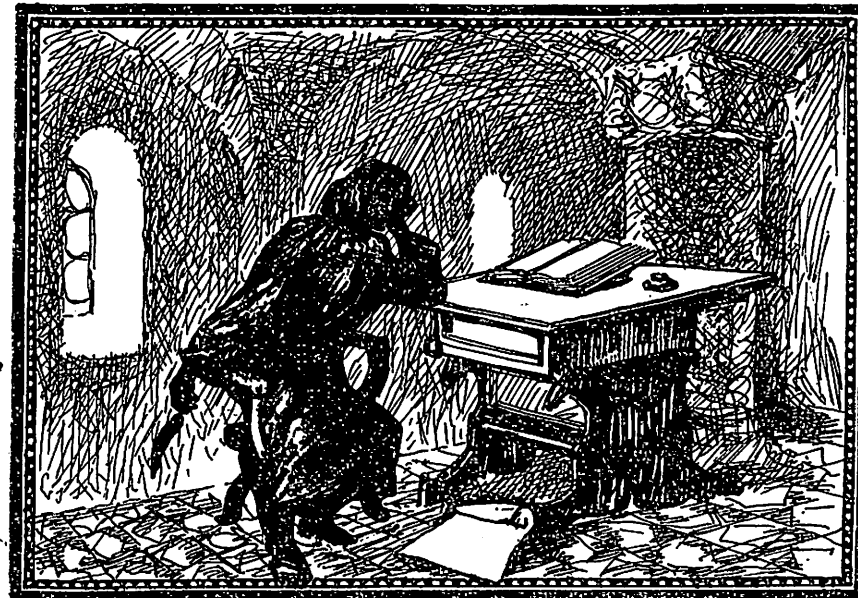
Однієї глумої ночі 1263 року до загубленого в лісах північної Франції монастиря, котрий, як і всі тодішні монастирі, був скоріше схожий на фортецю, аніж на святую обитель, під'їхав закритий візок у супроводі чотирьох вершників.

Зарипіли блоки, загримів ланцюг, опускаючи важкий дубовий міст, розчахнулася окута залізом брама. Візок і вершники промчали через міст і зникли за цегляною зубчастою стіною.

Залізна брама зачинилася. Знову зарипіли блоки і загримів ланцюг. Міст піднявся. Глибокий, наповнений гнилою водою рів

і висока глуха стіна надійно відрізали візок і вершників від усього світу.

Через кілька хвилин, присунувши до свічки пергаментний сувій, отець-настоятель, ворущачи губами, читав послання його превелебності Ієроніма — генерала ордену святого Франціска Асизького.



«Сей брат Роджер, — зазначалося в посланні, — має жити в цілковитій самоті від світу і в розлуці з друзями. В нього є учні, які звертаються за порадою до нього. Хай він стане нічим для них. Його треба посадити у в'язницю на хліб і воду і конфіскувати всілякий рукопис, який він захоче будь-куди відіслати...»

Вранці ситі коні вивезли з монастиря вершників і візок. Але той, хто вночі був у візку і про кого йшлося в посланні глави ордену, залишився в кам'яному мішку.

Повне ім'я в'язня було Роджер Бекон. Проте сучасникам він був більш відомий як Доктор Мірабіліс — тобто Той, що вселяє Подив.

Та й хіба міг не дивувати тих, хто його оточував, чудний чернець, який перший у Європі винайшов порох! А ще — пояснив причину райдуги. А ще — винайшов окуляри і телескоп. А ще — запевняв, що між Європою та Індією пролягає океан — це за 250 років до Колумба! А ще — стверджував, що людина нічого не

повинна брати на віру, а до всього має доходити своїм розумом і прагнути усе на світі перевіряти дослідом. Про людський розум Доктор Мірабіліс був такої високої думки, що запевняв: «Можна зробити кораблі, які ходитимуть без веслярів. І швидкі колісниці без коней. І літальні апарати. І такі пристрої, щоб можна було пересуватися безпечно по дну моря і річок...»

Простий народ дивувався. А святих отців дедалі сильніше охоплював великий гнів. Брат Роджер підривав віру! Цьому треба покласти край.

І поклали.

Багато років провів Роджер Бекон у монастирській темниці, відрізаний од своєї, перетвореної на лабораторію, келії, від учнів, од книжок, позбавлений можливості спостерігати природу і ставити досліди.

Тільки гусячі пера, наповнена до країв свинцева чорнильниця та жовті аркуші пергаменту були його друзями. Але вони ж були і його зрадниками. Адже недаремно отець настоятель витрачався на це приладдя. Недаремно його превелебність суворо наказав не випускати з рук ордену списані в'язнем сторінки. Вони сподівались, що на цих сторінках будуть розкриті таємниці алхімії, і золото, виготовлене за рецептами Доктора Мірабіліса, наповнить сховища Ватикану.

З величезними пересторогами, під надійною охороною усе, написане братом Роджером, доставляли самому папі римському. І римський папа Климент Четвертий читав:

«Я говоритиму тут про походження металів і про їхні природні основи. Зауважимо передусім, що основи металів суть ртуть і сульфур. Ці дві основи народили усі метали. Природа завжди має на меті досягти досконалості — тобто золота. Проте внаслідок різних випадковостей, які перешкоджають їй, утворюються й інші метали, як це ясно доведено багатьма філософами. Золото є тіло досконале, складене із чистої, блискучої, постійної, забарвленої в червоний колір ртуті і з чистого, постійного, забарвленого в червоний колір сульфурі. Срібло — тіло майже досконале, йому бракує тільки трохи ваги, сталості й кольору. А от олово — тіло недосконале, воно трохи недопечене і недосмажене. Свинець теж недосить проварений...»

Не слід думати, що Доктор Мірабіліс свідомо заплутував своїх тюремників. Ні, він чесно викладав те, що думав і знав. Позбавлений можливості відкривати нові знання, він у своїх творах підбивав підсумок тих знань, які накопичили його попередники. Недарма посилався він на «багатьох філософів». І дивні для нас слова Роджера Бекона про недопечене олово і недоварений свинець спиралися на досвід попередніх поколінь.

Років за двісті до того, як в родині зубожілого рицаря Бекона з англійського графства Соммерсет народився хлопчик Роджер, в іншому кінці Європи, в Києві, народився князь Святослав Ярославич.

Оскільки він не був першим сином великого князя Ярослава Володимировича, батько віддав йому не Київ, а всього-на-всього Чернігів. І довелося Святославу спочатку разом із першим братом Ізяславом Київським і другим братом Всеволодом Переяславським відбивати Тмутаракань у дядька Ростислава Володимировича і Полоцьк в іншого дядька — Всеслава. Згодом воювати з половцями. А ще пізніше призначати в Новгород князем свого сина Гліба. І тільки тоді йому вдалося — з допомогою свого другого брата Всеволода — вигнати з Києва свого першого брата Ізяслава і посісти його місце:

Дивно, як, незважаючи на все це, Святослав Ярославич встигав читати книжки, які спеціально для нього переписували із стародавніх грецьких і болгарських зразків.

Дві книжки з бібліотеки Святослава збереглися до наших днів. Вони називаються «Ізборники». В одному ізборнику є малюнок, на ньому зображено Святослава і його родину. Це один з небагатьох портретів давньоруських князів, які написано з натури і дійшли до нас.

Увесь зміст цього ізборника був слово в слово переписаний з ізборника, складеного для болгарського царя Сімеона, а той ізборник у свою чергу майже дослівно повторював візантійський оригінал.

Отже, відомості, що їх міг узяти з цієї книжки Святослав, були загальновідомі в тодішньому культурному світі.

Ні про золото, ні про олово і свинець в ізборнику Святослава не йдеться. Проте дещо стосовно нашого предмета є. А саме: роздуми про те, з чого складається людське тіло.

Виявляється, наші предки вважали так: «Тіло людське від чотирь склад створене, має бо від вогню теплоту, від повітря ж холод, від землі ж сухість, від води ж вологість». Тобто людське тіло складається з чотирьох первісних основ — з вогню, повітря, землі та води. А видно це з того, що воно має властивості теплоти, холоду, сухості, вологості. Теплота ж, зрозуміло будь-кому, може бути лише від вогню, холод — від повітря, сухість — від землі, вологість — від води.

Усе логічно! Чим ще можна зігрітися, як не вогнем? Де охолоджуються розгарячені лоб та щоки — на вітрі, на повітрі. Як

висушити непролазний путівець — треба насипати піску. А зв'язок вологості з водою так само очевидний, як теплоти — з вогнем.

Проте чому саме «від чотирь склад», а не від п'яти, шести, семи чи, приміром, дванадцяти?

Наприкінці VII — на початку VI сторіччя до нової ери жив у місті Мілеті стародавній грек, на ім'я Фалес. Чи тому, що місто Мілет розташоване на березі Середземного моря, отже, головне заняття його жителів — рибальство і мореплавство, чи з інших причин, але Фалес Мілетський запевняв, що весь світ, усі речі та істоти, усе чисто складається з води. Трохи згодом інший грек — Анаксимен, який жив у Афінах, заявив, що в основі всього лежить повітря. Ще пізніше, в V сторіччі до нової ери, Геракліт із Ефес запевняв, що усе існує — з вогню. А його учень Емпедокл погодився з усіма ними і додав до їхніх трьох першооснов ще й четверту — землю. Так, судячи з творів європейських істориків науки, нібито виникло вчення про чотири начала, чотири елементи, з яких складені всі тіла.

Проте ось що цікаво: цілком самостійно і, мабуть, ще раніше від європейців до тієї ж думки про ті самі чотири елементи дійшли стародавні індійці й китайці.

Певне, нічого іншого і не могло статись: усі тіла можуть бути або твердими, або рідкими, або газоподібними. І з усіма цими трьома станами людина зіткнулася одразу, як тільки почала пізнавати навколишній світ. Цілком зрозуміло, що поняття про тверду речовину в неї асоціювалося з землею — недарма в найдавніших сказаннях вона називалася тверддю. І так само поняття про рідку речовину пов'язувалося з водою, а про газоподібну — з повітрям. При цьому людина не раз спостерігала, як тверде перетворюється на рідке, — сіль розчиняється у воді, віск тоне. І як рідке перетворюється на тверде — вода стає льодом. І як газоподібна пара випадає росою і дощем. І як випаровується вода. І як багато перетворень відбувається з допомогою вогню.

От і вийшло, не могло не вийти, чотири первісних елементи: тверда земля, рідка вода, газоподібне повітря і ще вогонь, за допомогою якого одне може перетворюватись на інше.

Однак далеко не все, що бачили навколо себе стародавні греки чи індійці, можна було пояснити чотирма первісними елементами. У допитливих людей виникало чимало запитань, на які треба було дати якусь відповідь.

Приміром: чому плаває риба, коли вода суцільна і в ній немає дірки завбільшки з цю рибу? Не може ж одна рибина розсунути цілий океан!

Або ще: беремо півсклянки солі і наливаємо туди води. Куди поділася сіль, якщо води лишилося стільки ж, скільки й було?

Або: як літають птахи, від чого відштовхуються їхні крила?

І так без кінця... Коли світ насправді такий, яким ми його бачимо, то риби не можуть плавати, сіль розчинятися, птахи літати.

Виходить, світ не такий, яким ми його бачимо?

ТРИ ЛЕГЕНДИ ПРО ЯБЛУКО

Важко сказати — чому, незважаючи на те, що є апельсини, банани, ананаси, груші, персики, манго та інші найрізноманітніші фрукти, найбільше історій пов'язано з яблуками.

Одна з них придумана шумерами — найдавнішими жителями Іраку: про першу жінку в світі, котра з'їла яблуко і одразу все на світі стала знати. (Згодом ця історія попала до Біблії). Другу історію про яблуко теж чули майже всі: як великий англійський вчений Ісаак Ньютон сидів одного разу в саду і дивився на яблука, що падали, і раптом відкрив закон всесвітнього тяжіння.

Третя історія відома чомусь менше, ніж перші дві. В ній ідеться про Демокріта, який жив дві з половиною тисячі років тому в Стародавній Греції, був ушавленим ученим, багато подорожував по заходу і сходу, осягнув мудрість єгиптян і вавілонян і майже столітнім помер у своєму рідному місті Абдери.

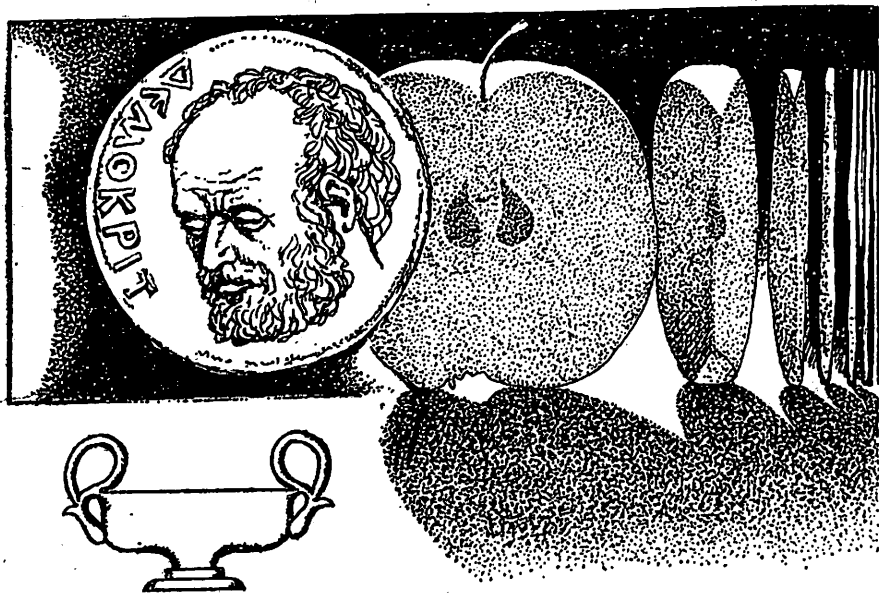
Сидів якось Демокріт на морському березі і розмірковував так: якщо я розріжу яблуко навпіл, то матиму дві половинки, коли ж розріжу навпіл половинку, то вийде дві чвертки. Коли ж розріжу навпіл чвертку, то буде дві восьмушки. Але коли ж і далі різатиму часточки, доки ж я зможу це робити?

Демокріт не мав такого інструмента, з допомогою якого міг би провести потрібний експеримент. Йому довелося добряче поморочити голову, поки він дійшов дивовижного висновку, хоч здавалося б, не було жодної фактичної підстави. Він вирішив, що безкінечно не можна ділити яблуко, бо настане мить, коли в його руках лишиться такий шматочок, який не можна буде розрізати. Демокріт назвав його словом «неподільний» — по-грецькому це слово вимовлялося так: «атомос».

Демокріт не сумнівався, що те ж саме, що із яблуком, відбувається під час ділення на частини й з усіма іншими тілами. Він казав: «Початок всесвіту — атоми і порожнеча, все інше існує тільки в уяві... Атоми незчисленні за розміром і за безліччю, вони кружляють вихором у Всесвіті, і відтак народжується

все складне: вогонь, вода, повітря, земля. Річ-у тім, що останні—суть сполуки деяких атомів. Атоми ж не зазнають ніякого впливу і незмінні через свою твердість».

І мов якимись чарами, все раптом стало на свої місця. Риби спокійно розсовували носом атоми моря. Сіль займала порожні проміжки між атомами води. Крила птахів спиралися на непомітні для ока атоми повітря. І далі: атоми землі з ґрунту пере-



ходили в траву і дерева, атоми води покидали річку і ставали туманом, атоми вогню проникали в темне каміння і перетворювали його на блискучий метал.

Геніальний здогад Демокріта схвилював не тільки холодний розум мудреців, а й палку уяву поетів. Римлянин Тіт Лукрецій Кар, який жив у I сторіччі до нової ери, написав велику поему «De rerum natura» — «Про природу речей».

Він писав:

З нічого навіть з волі богів
нічого не твориться.
Не пропадає безслідно нічого, але
розкладаючись,
Речі усі повертаються на лоно
матерії знову...

...Запах ми відчуваєм од різних предметів,
Не помічаючи того, аби до піздрів щось підступало.
Одяг, потім, на морському березі,
що розбиває хвилі,
Вологу вбирає, на сонці ж знову висихає.
Але чином яким волога води у нього проникла, а також Як випарувала ту вологу спека, неможливо побачити.
Так на найдрібніші частини свої розкладеться волога. Їх ми нізачо оком помітити не зможемо.
Так же обручка, що протягом довгих минаючих років Носиш на пальці ти, тоншає Мало-помалу.
Кранель падіння продовбує скелю, а леміш покривлений Плуга залізного тупить рілля для очей непомітно.
Ми помічаємо, як вулиці, камінням бруковані, часто Стерті ногами натовпу...

Дивовижно, до чого просто пояснюються загадкові явища, на яких часто сплякло людське око.
Проте Лукрецій подумки намагався проникнути ще далі:

Через ріг ліхтаря протікає вільно
Світло, але не дощ. Чому? Бо світла тіла основні
Дрібніші, ніж ті, з яких складається благодатна волога.

Наш сучасник, лауреат Нобелівської премії з фізики 1969 року Річард Фейнман сказав у одній із своїх лекцій: «Якби через якусь світову катастрофу всі накопичені наукові знання були знищені і до майбутніх поколінь живих істот дійшло б тільки одне речення, то яке твердження, складене з найменшої кількості слів, містило б в собі найбільшу інформацію? Я вважаю, що це атомна гіпотеза: усі тіла складаються з атомів — малих тілець, які перебувають у безперервному русі, притягуються на невеличкі відстані, але відштовхуються, коли одне з них щільніше притиснуто до іншого. В одному цьому реченні закладена неймовірна кількість інформацій про світ, варто тільки докласти до неї небагато уяви і трохи тямі».

РОЗДІЛ ТРЕТІЙ,

в якому Арістотель відкривав п'яту сутність; Гебер перетворює її на філософський камінь, а Бранд закриває її з допомогою холодного вогню

МАГІЧНИЙ КВАДРАТ

Навряд чи стародавні люди, незалежно від того, були вони китайці, індійці, греки чи слов'яни, не розуміли, що одна з чотирьох відомих їм сутностей — вогонь — це не те саме, що інші три — земля, вода, повітря. Звичайно, вони ще не знали, що вогонь — це просто розпечені частинки будь-якої речовини, яка сполучається з киснем, про котрий вони, певно, ще теж нічого не знали. Однак все ж ті люди, наші давні предки, не могли не відчувати відмінні вогню від усіх інших речей. Вони розуміли, що коли вогонь і є речовина, то зовсім особлива. Бо, маючи дуже очевидну властивість — жар, він не має більше нічого, крім цієї властивості.

Мабуть, в усьому стародавньому світі важко було знайти людину, котра б мала більше уяви і сили розуму, аніж грецький філософ Арістотель, який жив приблизно в ті ж часи, що й Демокрит.

Він і спробував пояснити основну властивість вогню.

Якщо основна властивість вогню — теплота, — міркував Арістотель, — то чи не можна визначити деякі основні властивості інших елементів — води, землі, повітря?

Коли доторкнутися до полум'я світильника, то враз відчуєш теплоту і сухість. Коли простягнути руку до землі — земля теж виявиться сухою, але холодною. Якщо до води — пальці відчують той самий холод, а ще й вологість. Піднімеш руку в повітря і легко пересвідчишся, що воно має вологість і теплоту — в усякому разі в Середземномор'ї, де жив Арістотель.

Отже: якщо основні властивості вогню — це теплота і сухість, то основні властивості землі — сухість і холод, води — вологість і холод, повітря — вологість і тепло.

Хіба не так відповідала природа на запитання, яке задавав Арістотель?

У цій відповіді неважко було помітити дивовижну особливість — одні й ті самі властивості є в найбільш несхожих елементів: сухість — у вогню і землі, вологість — у воді і повітря, холод — у землі і воді, теплота — у повітря і вогню.

Що ж крилося за цим?

Якщо сухість є у вогню і землі, отже, — вирішив Арістотель, — вона входить до їхнього складу так само, як вологість до складу води і повітря, холод — до складу землі і води, тепло — до скла-

ду повітря і вогню. Тобто земля, вода, вогонь і повітря зовсім не прості, первісні основи всіх речей, а складні, вторинні. Вони самі утворені з тепла, холоду, сухості і вологості, котрі і є чотирма первісними елементами. З них і складається увесь світ.

Виходило дуже просто і красиво. У цьому Арістотель пересвідчився остаточно, коли спробував намалювати елементи у вигляді креслення. Він намалював квадрат, на одній вершині якого написав «вогонь», на другій — «вода», на третій — «повітря», на четвертій — «земля». А всередині його вписав ще один квадрат, вершини якого торкалися середніх сторін великого квадрата. І над вершинами малого квадрата написав інші чотири слова: «тепло», «холод», «сухість», «вологість». І тоді одразу стало видно: дві внутрішні вершини попарно обумовлюють одну зовнішню.

Малюнок був такий виразний, що не побачити в ньому креслення, за яким небожителі конструювали природу речей, було дуже важко!

Згадайте: «тіло людське від чотирь склад створене, має бо від вогню теплоту, від повітря холод...»

Не було жодного рукопису алхіміка, де б не давалося це креслення великого грека.

Намальовану ним картину світу визнавали правильною не тільки в давні часи, а й в середні віки, майже до XV і XVI сторіччя уже нашої, нової ери усі європейські народи.

Запаленими від безсоння і їдких випаровувань очима вдивлялися алхіміки у магічний квадрат, намагаючись вгадати, в якій пропорції слід змішувати елементи, щоб дістати той, який був їм потрібний. Проте щодо цього магічний квадрат мовчав.

Правда, у творах Арістотеля можна було знайти згадку, що, крім чотирьох першоелементів, до складу кожної речі входить ще якась квінтесенція — п'ята сутність. Мабуть, без додавання цієї сутності самі по собі чотири елементи ще не могли скласти ніякого тіла. І тому саме її і слід було знайти в першу чергу.

У творах різних алхіміків цю таємничу п'яту сутність називали по-різному: квінтесенція, червоний еліксир, еліксир життя, камінь мудреців... Але найчастіше називали — філософським каменем.

Пошуки філософського каменя тривали ще й тоді, коли Шекспір писав «Гамлета», Магеллан плив по Тихому океану, Галілей спостерігав у телескоп небо...

Звісно, не через філософський камінь повторювався магічний квадрат у книжках найбільш вчених людей протягом тисячоліть! Просто досвід тих часів відповідав цьому квадратові. Виганяли з розсолу вологість, одержували солону «землю». Додавши воло-

гість і сіль, одержували знову «воду». А додавши до вологості тепло, одержували пару — «повітря».

І ще Арістотель зрозумів: треба зосередити увагу на однакових властивостях різних тіл, щоб розібратися в хаосі речей і явищ, які оточують нас. А властивості — це те, що діє на наші відчуття, те, що ми можемо побачити, почути, відчути.

ОДНАКОВЕ У РІЗНОМУ

Звісно, протягом двох тисячоліть після Арістотеля люди займалися не лише тим, що роздивлялись магічний квадрат і думали про природу речей. Вони орали землю, випасали стада, будували житла... І, на жаль, відбирали одне в одного ниви, стада, житла та інші здобутки праці. А для всього цього потрібні були лопати, сокири, мечі, списи. І треба було навчитися виплавляти і обробляти метали, виготовляти скло і порцеляну, винаходити ліки. Роблячи все це, людина поступово розбиралася в навколишньому. І тут надійним маяком для неї був заповіт Арістотеля: шукати однакове у різному.

Наступний після Арістотеля крок у пізнанні природи речей зробив славетний арабський учений — Джабір ібн-Хайян, він жив у VIII сторіччі. У творах європейських алхіміків його називали Гебером.

Джабір ібн-Хайян звернув увагу на кілька речовин, які були відомі досить давно і в усякому разі згадувалися вже у відомій праці римлянина Плінія Старшого, який загинув у 79 році н. е. під час виверження Везувію. Праця Плінія мала назву «Природнича історія». А речовини називалися так: одна — аурум, друга — аргентум, третя — купрум, четверта — ферум, п'ята — плюмбум нігрум, шоста — плюмбум альбум, сьома — гідраргірум. З ауруму робили коштовні прикраси і монети. З аргентуму — те ж саме, тільки дешевше. Із сплаву купруму з плюмбумом альбумом одержували міцну гарну бронзу. З феруму виковували зброю. З плюмбуму нігруму виготовляли печатки і покрівлі для будинків багатіїв. З гідраргірум — аргентову воду, яку вживали для розчинення інших шести речовин.

У всіх семи — зовсім різних за кольором, міцністю, постійністю, тобто здатністю лишатися незмінними протягом довгого часу, і за багатьма іншими властивостями — були три однакові якості.

Перша — це особливий блиск. Якщо відполірувати аркуш з ауруму чи плюмбуму альбуму, то в ньому можна побачити своє

відображення. Друга — пластичність. Якщо покласти зливочок з купруму чи з феруму на ковадло і вдарити по ньому молотом, то він, не розриваючись, розплющувався. З нього можна було викувати ніж чи леміш.

Третя властивість була така: коли ці речовини попадали у вогонь, то спочатку перетворювалися на рідину, а потім поступово втрачали свій блиск, здатність куватися і ставали схожі на землю. Саме ця третя властивість не давала Джабір ібн-Хайяну спокою: з допомогою магічного квадрата пояснити це було неможливо.

Бо справді: до землі, що складалася, як відомо, з сухості та холоду, додавали вогонь, який теж складався з сухості й тепла, — і одержували... воду, котра має складатися з холоду і вологості. Неймовірно!

А потім до цієї води додавали ще вогонь — і замість того, щоб перетворитися на повітря, вона ставала землею. Ще неймовірніше!

Що все це могло означати?

Якщо при зустрічі з вогнем купрум втрачає блиск і ковкість, то чи не означає це, що блиск і ковкість є однією і до того ж найважливішою складовою частиною купруму. Інша ж його складова частина має в такому разі зазнавати дії вогню.

Так повинен був міркувати Джабір ібн-Хайян, прагнучи пояснити, як це робили і до нього, невідоме через відоме.

Фалес з приморського міста Мілета, як ви пригадуєте, «сконструював» усі речі з води. Емпедокл узяв ще повітря, землю і вогонь. А Джабір ібн-Хайян почав шукати таку речовину, яка б перевершувала усі інші блиском і плавкістю. І вирішив, що це аргентова вода. Має чудовий металевий блиск, її не треба плавити, бо й так була рідка.

У гідраргіуму — ртуті — була ще одна чудова властивість: вона могла розчинити будь-який твердий метал — навіть срібло, навіть золото. А потім знову виділити його. Ртуть народжувала метали!

І Джабір ібн-Хайян припустив, що гідраргірум — мати всіх металів, і вирішив знайти батька — речовину, від якої залежить їхня здатність зазнавати дії вогню.

Пошуки велися, певне, в тому ж напрямку. Яке відоме тіло найповніше зазнає дії вогню? Олія? Але після неї лишається кіптява. Дерево, але після нього лишається попіл. Сірка! — нарешті здогадався ібн-Хайян. Коли сірка зустрічається з вогнем, то не лишається нічого, жодної крихітки речовини! Латинська назва сірки — сульфур, отже, це речовина чоловічого роду.

Сульфур і є батько металів!

Правда, вихований на Арістотелі, Джабір ібн-Хайян вважав, що до складу металів входить філософська ртуть і філософська сірка, які, в свою чергу, в найбільшій кількості містяться у звичайній ртуті і звичайній сірці — як тепло міститься у вогні, а вологість — у воді.

Тепер щодо металів виходила досить струнка і зрозуміла кожній освіченій людині середньовіччя картина. Є мати металів — гідраргірум. Є батько металів — сульфур. Є їхні діти — різні за ступенем своєї досконалості.

Найдосконаліші — золото, дещо простіші — срібло. зовсім звичайні — олово, свинець, залізо.

Щоб очистити недосконалі метали, треба тільки почакувати із ртуттю і сіркою в присутності П'ятої Сутності, про яку казав ще Арістотель.

...Про все це і писав у своїй темниці Роджер Бекон. А сучасник Бекона Базіліус Валентинус зробив цю картину ще стрункішою і зрозумілішою.

Повторюючи вчення не дуже ще відомого у Європі таджика Абу Алі ібн-Сіна, або, як він писав, Авіценни, Базіліус Валентинус вказав на третю складову частину металів. Саме на ту, яка лишається, коли після зустрічі металу з вогнем зникають і ртуть, і сульфур, і яку ми тепер називаємо окалиною. Цю тьмяну, розсипчасту частину тоді називали просто землею — мідною землею, якщо її виробляли з міді, свинцевою землею, якщо випалювали свинець, тощо. А ще її називали металевим вапном за аналогією з паленим вапном, яке одержували під час випалювання крейди.

Металеві землі мали одну спільну властивість — вони розчинялися у воді і кислотах. Саме на цю властивість і звернув увагу Ібн-Сіна, а слідом за ним Базіліус Валентинус. І вони почали шукати серед відомих їм речовин таку, яка б розчинялася найкраще.

І знайшли.

До складу металів, крім ртуті і сірки, — оголосив Базіліус Валентинус, — входить ще сіль. Звісно, не звичайна кухонна сіль. І не селітра, з якої брат Роджер виготовив огненне зілля — порох. Ні, освічена людина таке не могла подумати. До складу металів уходить філософська сіль!

Тепер з металами ніби усе з'ясувалося.

Однак прекрасна конструкція природи речей, яку накреслив у вигляді квадрата Арістотель, втратила свою простоту й красу. Подумайте самі: до теплоти, вологості, холоду, сухості дода-

лися металевість, випалюваність, розчинність. Крім того, було очевидно, що випалюваність і розчинність — сірка й сіль — входять до складу не тільки металів. Хіба можна, приміром, назвати металом селітру? Отже, усі тіла складаються з чотирьох Арістотелевих елементів і трьох нових основ. Але тоді виходить немилуча плутанина. Якщо тепло і сухість утворюють вогонь, то яке відношення тут має сірка? Якщо холод і вологість утворюють воду, то яке відношення до неї має сіль? І якщо повітря — складне тіло, що складається з вологості і тепла, то куди діваються ртуть і сірка, які зникають під час випалювання металів?

Чим більше нових речовин одержували алхіміки — сплавів, кислот, лугів, земель, ліків, фарб, — тим більше виникало плутанини в колісх чітких теоріях.

І цю плутанину мав хтось розплутати.

«ПОСТІЙНИЙ НІЧНИЙ
СВІТИЛЬНИК, ІНКОЛИ
БЛИМАЮЧИЙ, ЯКИЙ
ДОВГО ШУКАЛИ
І НАРЕШТІ ЗНАЙШЛИ»

До плутанини в теоріях додавалась і плутанина в практиці — постійні невдалі спроби знайти філософський камінь і виготовити золото.

Якщо раніше ніхто толком не знав, що робиться в тасмничих монастирських келіях, де чаклюють над своїми тиглями алхіміки, то у XVII сторіччі, коли діяли численні аптеки, фарбувальні, пробірні палати, порохові мануфактури, будь-яка невдача з перетворенням металів швидко розголошувалася.

Величезне враження на вчений і невчений світ справила історія зубожіння гамбурзького купця Геннінга Бранда.

На останні гроші Бранд обладнав гарну лабораторію і засів за твори Гебера, Авіценни, Базіліуса Валентинуса, Роджера Бекона.

Він працював методично. Усі рецепти виготовлення філософського каменя розділив на три сорти. Третій сорт — рецепти певні, в яких неможливо було щось зрозуміти. На зразок того, який приписують греку Зосімі, котрий жив у IV сторіччі: «Ось гаємниця! Змія, котра пожирає свій хвіст, склад, поглинутий і розплавлений, розчинений і зброжений. Він стає світло-зелений і переходить у темно-зелений колір. Від нього походить червоний колір кіновару. Це кіновар філософів. Його черево та голова

жовті, його голова темна і зелена. Його лотири ноги — чотири стихії. Його три вуха — пара, що піднялася.

О мій друже! Доклади свій розум до цього, і ти не припустиш помилок!»

Докладати свій розум до таких рецептів Геннінг Бранд і не прагнув.

Другим сортом він вважав рецепти виготовлення філософського каменя із ртуті й сульфуру. На зразок того, що було в «Дзеркалі алхімії» Роджера Бекона: «Візьми білу, світлу, чисту; позовсім досконалу ртуть, змішану рівномірно в необхідних пропорціях з подібною їй сіркою, висуши до твердої маси, очищай і удосконалюй вогнем, і вона стане в тисячу разів чистіша і досконаліша, ніж звичайні тіла, зварені природним теплом».

Бранд був обізнаний з багатьма ремеслами і знав, що із ртуті та сірки нічого, крім червоної фарби кіновару, не одержиш, скільки її не очищай.

Тому перевіряти він вирішив тільки ті рецепти, які відносив до першого сорту: рецепти одержання філософського каменя з речовин людського організму.

Філософський камінь — сила таємнича і надто тонка. А що може бути таємничіше і тонше, ніж життя? І ще: багато мудреців вважали, що філософський камінь і життєвий еліксир — одне і те саме.

Отже, він має, хай у найменшій кількості, бути в живому тілі.

Бранд не полінувався і не погидував — набрав цілий пивний казан сечі і почав її випаровувати. Коли після кількох днів випаровування на дні лишилося трохи гущі, Бранд збільшив жар.

Гуща почала біліти і раптом спалахнула, клуби білого диму знялися над казаном.

Що б це могло горіти? Треба було негайно повторити дослід і зібрати цю дивну білу речовину.

Через кілька днів Бранд одержав нову порцію гущі і почав підігрівати її в реторті.

Невдовзі в прийомнику реторти накопичилося щось біле. Геннінг Бранд помацав це «щось» пальцем — на дотик воно скидалося на віск.

Понюхав — і відчув ледь чутний запах часнику. Лизнув — на смак речовина була досить гідка.

Бранд поклав дивний віск у чашку і поспішив з лабораторії, щоб показати його комусь із домашніх.

Коли він увійшов до тьмяно освітленої вітальні — в домі заощаджували свічки, — дружина, підвівшись йому назустріч, раптом похитнулася і впала в крісло.

— Що з тобою? — злякався Геннінг Бранд.

— З тобою що? — простогнала жінка.

Бранд не зрозумів.

— Волосся! — прошепотіла вона.

Бранд підійшов до дзеркала і застиг з несподіванки. Його голова світилася диявольським зеленим вогнем.

— Руки! — почувся жіпчий шепіт.

Бранд глянув на долоні — і вони випромінювали таке ж сяйня.

— Ми врятовані! — вигукнув купець-алхімік. — Я знайшов філософський камінь.

Усю ніч і наступну добу Геннінг Бранд не заплющував очей і кидав шматочки «філософського каменя» в киплячу ртуть, змішану з сіркою, і в розплавленій свинець, і в розпечене олово. Він перепробував усі можливі комбінації твердих металів, гідраргіриту і сульфуру. Але ртуть лишалася ртуттю, срібло — сріблом, мідь — міддю, свинець — свинцем, олово — оловом.

Ні, холодний вогонь не був філософським каменем. Але Бранд не впав у відчай.

Він був купець і добре знав, що золотом можуть обернутися різні речі і без алхімії.

За місяць у Гамбурзі відкрилося нове небачене і нечуване виробництво, звісно, суворо засекречене. Жоден алхімік не міг проникнути в лабораторію Бранда — втім, це нікого не дивувало: в ті часи майже будь-яке виробництво було оповите глибокою таємницею.

Світоносну речовину, яка вражала уяву сучасників, Геннінг Бранд продавав невеличкими порціями на вагу золота. Навіть дорожче. Дехто — серед них були і славетні вчені — просили Бранда відкрити свою таємницю. Іноді він погоджувався — за великі, звісно, гроші.

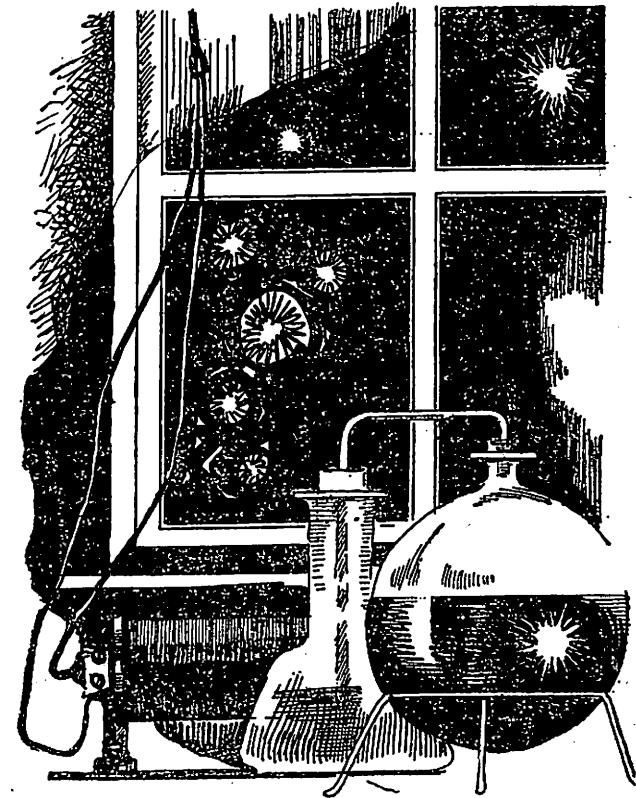
В 1676 році, через сім років після відкриття холодного вогню, професор Віттенберзького університету Каспар Кірхмейер вперше описав нову речовину в статті під назвою «Постійний нічний світильник, інколи блимаючий, який довго шукали і нарешті знайшли».

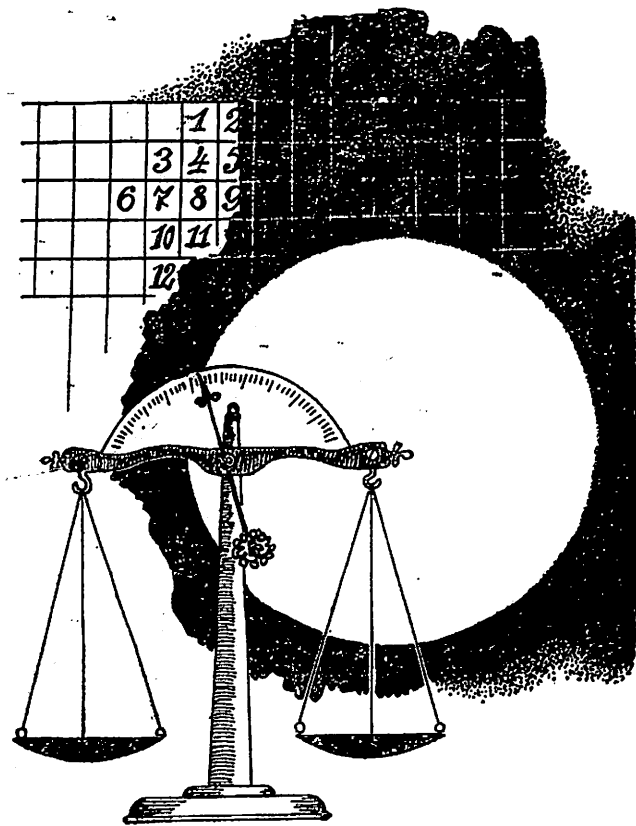
Багато хто намагався самотужки розкрити таємницю одержання дорогоцінного «постійного світильника» — фосфору. Перший добився успіху англієць Роберт Бойль, якому один з тих, хто купив таємницю Бранда, натякнув, що джерело холодного вогню — щось властиве людському тілу. Цього натяку було досить, щоб через два тижні Бойль склав таємний звіт Королівському товариству, докладно описавши процес одержання нової речовини.

Відкриття фосфору було одним з найсильніших ударів, який зруйнував надію одержати філософський камінь. Якщо вже така чудова світоносна речовина не в змозі удосконалювати метали, то чого ще можна було сподіватися?

Невдачі практики не могли не похитнути віри щодо правильності теорії, до того ж вельми заплутаної.

Епоха безроздільного панування ідей Арістотеля про природу речей скінчилася. Почалася епоха сумнівів. Чи можливе взагалі перетворення одного елемента на інший?





РОЗДІЛ ПЕРШИЙ,

в якому місце філософського
каменя займає невидимка
флогістон

ХІМІК-СКЕПТИК

Роберт Бойль, сьомий син графа Корка, був не рівня гамбурзькому купцю-алхіміку Бранду, який випадково відкрив фосфор. Один із директорів найбільшої з купецьких компаній, що колись існували в світі, — Ост-Індської, Роберт Бойль був водночас славетним фізиком і хіміком — першим президентом Лондонського королівського товариства.

Звісно, якби Роберт Бойль не був справді діловою людиною, йому б не довірили Ост-Індську компанію — він би негайно розорився сам і розорив своїх співвласників. І в справах науки Бойль теж був чоловіком практичним.

Ось що він писав сам про себе: «Я звик зважувати думки, як монети. Коли мені до рук попадає монета, я значно менше уваги звертаю на напис, який є на ній, аніж на те, з якого металу її зроблено...»

Між іншим, в ті часи паперових грошей не було, монети виготовлялися з золота і срібла і тільки найдрібніші монетки — з міді. Цінність кожної монети справді залежала від того, скільки в ній дорогоцінного металу.

«... Мені зовсім байдуже, — писав далі Роберт Бойль, — відчеканено її багато років чи століть тому, а чи тільки вчора на монетному дворі. Так само мало уваги я звертаю на те, багато чи мало рук торкалися її до мене, якщо тільки я на своєму пробірному камені встановив, справжня вона чи фальшива, годиться бути в обігу чи ні. Якщо після ретельного вивчення я з'ясую, що вона гарна, то факт, що вона довгий час і багатьма не вважалася за справжню, не примусить мене відкинути її. Коли ж я пересвідчуся, що вона фальшива, то ні зображення і підпис монарха, ні вік її, ні кількість рук, які її торкалися, не примусять мене сприйняти її: і негативний наслідок від однієї проби, яку я сам проводив, матиме для мене більше значення, ніж будь-які оманливі речі, котрі я щойно назвав, хоч би як усі вони доводили, що вона не фальшива».

Про які оманливі речі йдеться, стане зрозуміло, коли назвемо книжку 35-річного Роберта Бойля, звідки взято ці слова. Книжка ця — «Скептик-хімік, або Міркування про експерименти, які звичайно наводять на доказ чотирьох елементів і трьох хімічних начал в змішаних тілах». Монетами, які вчений надумав перевірити і визнав їх фальшивими, виявилися вчення Арістотеля, Джабіра ібн-Хайяна, Абу Алі ібн-Сіні, «котрі пройшли

через багато рук» і протягом двох тисяч років вважалися справжніми.

А випробував він їх так. Брав горщик землі і зважував її. І записував: «Земля — чотири фунти, сім золотників, два з половиною грана».

Потім брав гарбузову насінину і садив у горщик.

Потім наказував своєму асистентові старанно поливати землю в горщику. (Асистентом у нього був згодом уславлений Роберт Гук, який перший побачив у мікроскоп, що всі живі тканини складаються з клітин).

Час минав, насіння проростало, ставало рослиною, яка квітнула і давала плід. Коли гарбуз виростав, Бойль зрізав його, а землю знову зважував. Гирки були ті самі — чотири фунти, сім золотників та два з половиною грана.

«Де ж ртуть, де сірка, де сіль? — переможно запитував дослідник. — Земля не витрачена, витрачено тільки воду. Виходить, гарбуз складається з самої води, а теорія трьох хімічних начал фальшива!»

Кожне тіло можна розкласти на його складові, далі нерозкладні частини, — казав Бойль. Вони і є елементи. Елементарні не властивості, а речовини. Не тому золото — золото, що воно золотого кольору, важке і нерозчинне. А тому нерозчинне, тому важке, тому золотого кольору, що воно — золото... І всі спроби одержати золото, змішуючи речовини такого самого кольору з речовинами такої самої ваги, — марні.

Тільки експеримент може засвідчити, яка речовина складна, а яка елементарна. Приміром, вода. Розкласти її на якісь більш прості речовини не вдається. Отже, вода — елемент.

Може здатися, що Роберт Бойль повернувся до Фалеса Мілетського. Проте насправді він пішов значно вперед. Адже для Фалеса такого поняття, як перевірка дослідом, взагалі не існувало.

Чому ж Роберт Бойль, який так правильно мислив, поновивши в своїх правах речовину і заперечивши первісну, елементарну сутність властивостей, сам не зміг назвати ті елементарні речовини, які на той час вже були виділені людьми: золото, срібло, мідь, залізо, ртуть, олово, свинець, сурму, цинк, мис'як, вуглець, сірка, фосфор, вісмут? Чому замість них він надав сан елемента складній речовині — воді.

Тому, що в Роберта Бойля не було засобу, щоб з'ясувати, які речовини справді прості, а які складаються з інших простих речовин.



У 1673 році, через чотири роки після того, як гамбурзький купець Геннінг Бранд замість філософського каменя неждано виготовив тасмичий холодний вогонь, магістрат голландського міста Гааги дістав заманливу пропозицію: виготовляти золото з піску. Не з золотіючого, привезеного з Індії чи Африки, а із звичайнісінького, на якому стоїть майже вся Голландія.

Хоч пропозиція надійшла від Йоганна Іоахіма Бехера — чоловіка вельми відомого, який встиг на той час вже стати і професором медицини в Майнці, і головним фінансовим радником у Відні, — гаазькі бюргери виявили обережність і не поспішали з відповіддю.

Ображений Бехер поїхав до Амстердама, де тоді перебував король, щоб запропонувати йому свій винахід. Проте і король теж не поспішав зі згодою.

Що ж вдієш — пора бездумної віри минула, настала пора скептиків.

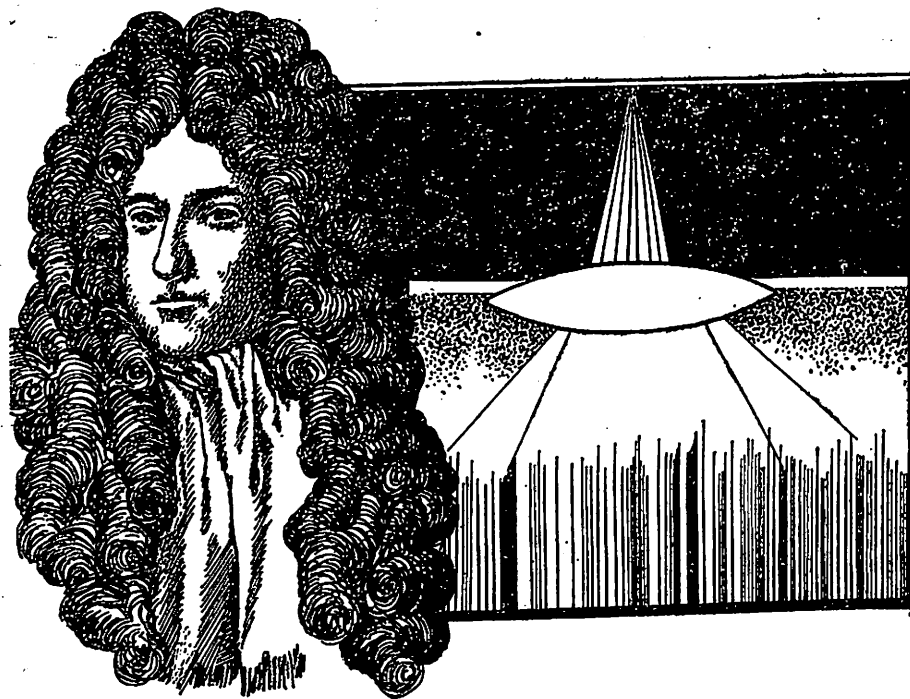
Не зустрівши у голландців ентузіазму, Бехер хотів уже було покинути Нідерландське королівство, коли його познайомили з німецьким принцом Германом Баденським, котрий гостював у Амстердамі. Принц, добре витратившись за кордоном, виявив щодо пропозиції Бехера найпалкішу зацікавленість. І тоді, як це часто буває, заворушилися і голландці. Чим чорт не жартує! А що, як їхній рідний голландський пісок справді перетворюється в баденське золото? Це було б надто прикро! І амстердамські товстосуми видали Бехеру чимало талярів для будівництва фабрики.

Діло закипіло. На одній з річок поблизу узбережжя, вкритого прекрасним золотистим піском, почали будувати водяний млин з величезним водяним колесом.

Щодо таких справ Бехер був великий майстер: ще в Майнці він обіцяв виготовити тамтешньому курфюрсту вічний двигун і, кажуть, майже збудував, але, на жаль, курфюрст за щось розгнівався на професора, і Бехеру довелося покинути місто, не закінчивши своєї праці.

Кожен розумів, що робити золото із звичайного піску не такто просто. Тому на Бехера не дуже натискали. Однак наприкінці п'ятого року перебування його в гостинному королівстві терпець і таляри хазяїв уже вичерпувалися, і Бехеру довелося показувати товар лицем.

І тоді Йоганн Іоакім Бехер у присутності представників міської влади Амстердама виплавив з піску трохи золота! Зраділі голландці тут же видали винахідникові велику винагороду, а також нову суму таларів на завершення будівництва фабрики. Проте через кілька тижнів Бехер тасмно покинув Нідерландське королівство і втік до Лондона...



Історія знає чимало різних шахрайств, і якби Йоганн Бехер обмежився в своєму житті лише такими витівками, як та, про яку щойно оповідалося, то навряд чи зберігся надовго б у пам'яті людській.

Але Бехер цим не обмежився.

Він склав першу в світі міжнародну мову в 10 000 слів — попередницю нинішнього есперанто.

Він навчив німецьких селян вирощувати дивовижну американську рослину — картоплю.

Він будував фабрики скла, паперу, шовку.

Він створив найкращу на континенті хімічну лабораторію.

І найголовніше: він написав чудову книжку «Фізика субтерра-неа» — «Підземна фізика».

Якщо Арістотель вважав, що все може перетворюватися в усе з допомогою квінтесенції, якщо Джабір ібн-Хайян вважав, що метали можуть перетворюватися один в одного з допомогою філософського каменя, то Йоганн Іоакім Бехер заявив, що перетворення одних речовин в інші залежить од вмісту в них «жирної землі».

Усі речовини він поділив на дві групи. Одну групу становили такі, які містили цю жирну землю. До іншої групи належали речовини, які цю жирну землю втратили.

Проте як довідатися, чи є в тій чи іншій речовині жирна земля? Дуже просто! Треба кинути цю речовину у вогонь. Якщо горить, — значить, ще є. Якщо не горить, — значить, уже немає.

І наводив головний приклад: сірка, яку вважали одним з трьох хімічних начал, насправді складна речовина — вона складається з жирної землі і купоросного масла. Купоросним маслом тоді називали сірчану кислоту.

Отже, сірка виявилася не хімічним началом, не елементом. А замість філософського каменя з'явилася жирна земля...

Далеко не відразу розібралися читачі «Підземної фізики», що означають для науки ці внесені Бехером зміни. Проте за кілька десятиліть його ідеї було належно оцінено. Це сталося в 1667—1703 роках, коли Георг Ернест Шталь, учень і послідовник Бехера, створив і обнародував теорію невидимої речовини флогістону — від грецького слова «флогістес» — «той, що горить».

І тоді вперше з'явилася можливість шляхом досліду наочно показати, яка речовина — проста, а яка — складна.

СТРУНКІСТЬ І КРАСА

Сам Арістотель, якби він був живий, не міг би нарадуватися із стрункості і краси шталівської природи речей, яка охоплювала і пояснювала з надзвичайною простотою майже всі наїопичені за людську історію факти перетворення одних тіл в інші.

Усе на світі Шталь пояснював тим, що існує флогістон — дуже тонка матерія, яка від дії вогню може переходити, переливатися з однієї речовини в іншу.

Ви взяли шматочок сірки і спалили. Що сталося? Будь ласка. Флогістон залишив сірку і розчинився у повітрі. А жовтий дим, який клубочився, — це кисле повітря, яке можна сполучити з водою і одержати складну речовину — купоросне масло.

Чому не можна спалити повністю весь шматочок сірки в запаяній посудині? Будь ласка. Тому, що флогістон розчиняється в повітрі. Однак повітря, яке є в запаяній посудині, може розчинити лише обмежену кількість флогістону. Тому решта флогістону, не має змоги зникнути з сірки.

Ви взяли шматочок свинцю, поклали в реторту, носик її заплівили і почали нагрівати. Частина свинцю перетворилася в червону землю. Що сталося? По суті, те ж саме, що і з сіркою. Частина флогістону, яка містилася в свинці, розчинилася в повітрі. Чому тільки частина — ви вже знаєте.

Усе це приклади розкладу складних речовин — сірки і свинцю на прості речовини — флогістон, кисле повітря, свинцеву землю. Якщо хочете, можна назвати кисле повітря дефлогістованою сіркою, а свинцеву землю — дефлогістованим свинцем.

Так само просто можна було пояснити й інші перетворення: простих речовин у складні.

Ви взяли вугілля і свинцеву землю, змішали їх і поклали в реторту. Тепер нагривайте. Вугілля почало тліти, а сірчаний порошок перетворився в блискучу свинцеву кульку. Що сталося? Та всього-на-всього те, що флогістон з вугілля — незвичайно багатого на флогістон тіла — перейшов у свинцеву землю, і з двох простих тіл — флогістону і свинцевої землі — утворилося одне складне — свинець.

Напрочуд простою і витонченою виявилася природа речей!

До того ж теорія флогістону, як і належить добрій теорії, не тільки пояснювала відомі факти, а й давала змогу передбачати нові.

Ось звичайний для епохи флогістону випадок з російським хіміком Товієм Єгоровичем Ловицем. У 1785 році йому було доручено знайти спосіб очищення виннокам'яної кислоти. Для фарбувального виробництва були потрібні зовсім безколірні кристали, а з розчину випадали темні кристали.

Ловиць міркував так: виннокам'яна кислота може горіти — отже, в ній є флогістон. Чи не через нього вона темна? Треба спробувати очистити її від флогістону.

Як? Слід знайти тіло, яке було б пожадливіше на флогістон, ніж виннокам'яна кислота.

Яке саме?

Ловиць спинився на деревному вугіллі. Адже коли його нагрівати, то воно далеко не одразу віддає свій флогістон, отже, пожадливе на нього.

Темні кристали виннокам'яної кислоти розчинили у воді і туди ж додали товченого вугілля.

Минуло трохи часу — і розчин став прозорий.

Так з допомогою теорії флогістону було відкрито чудову властивість вугілля — вбирати різні домішки. Властивість, яку згодом було використано багатьма харчовими та іншими хімічними підприємствами, а під час першої світової війни — в протигазках, які врятували тисячі і тисячі людей... Чого ж така дивна і неправильна з сучасного погляду ідея, як впровадження в науковий ужиток неіснуючої речовини — флогістону, проіснувала ціле сторіччя і допомагала зробити нові відкриття?

З тієї ж причини, з якої проіснувало дві тисячі років учення Арістотеля про неіснуючі чотири елементи. Ці вчення у неправильній формі відбивали деякі зовсім правильні речі.

Арістотель слушно підмітив, що різні речовини мають деякі однакові властивості, і здогадався, що вони залежать од внутрішньої будови, від складу цих різних речовин.

А Бехер і Шталь підмітили, що перетворення одних речовин в інші залежить од їхньої взаємодії одне з одним під час нагрівання. І ще — що існують два типи перетворень: одні супроводжуються виділенням тепла (флогістон зникає), а інші — поглиненням тепла (флогістон з'являється). І ще — що перетворення металів у землю схоже на горіння вугілля чи сірки. І ще — що під час перетворення земель у метали до земель приєднується щось таке, що віднімається від вугілля.

Проте, може, найпривабливіше в теорії Бехера і Штала полягало в тому, що флогістон чудово пояснював природу речей, не лишаючи в ній місця ні для Арістотелевих чотирьох елементів, ні для алхімічних трьох начал, ні для квінтесенції, ні для філософського каменя. Тільки реальні речовини, з якими людина мала справу, і одна-єдина тонка матерія — ось і все, що складало весь здатний до взаємних перетворень світ!

Тепер, щоб лишилися одні лише реальні речовини, треба було позбутися одної-єдиної підпори, одного-єдиного костура — флогістону. Звісно, мало минути чимало часу, поки найздогадливіші дослідники поставили перед собою таке завдання.

РОЗДІЛ ДРУГИЙ,

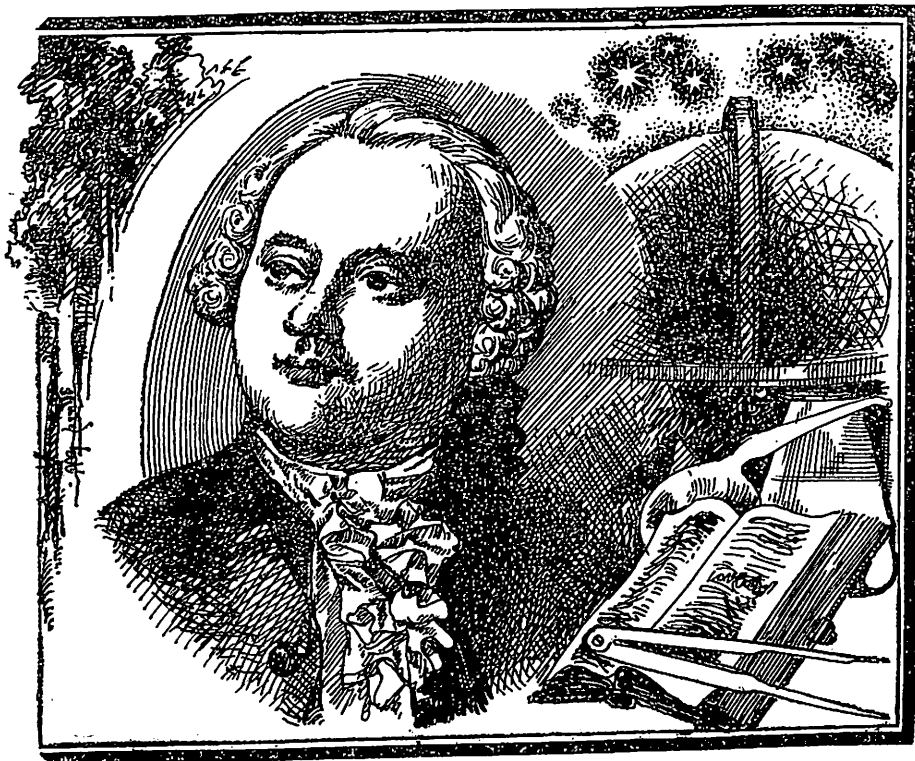
в якому Ломоносов заперечує
Бойля і Штала

ФЛОГІСТОН І ТЕПЛЕЦЬ

Першим ученим, який відмовився від флогістону, був Михайло Васильович Ломоносов. Втім, спочатку Ломоносов займався не флогістоном, а іншою тонкою матерією.

Річ у тім, що коли в хіміків, які займалися перетворенням речовин, залишився в середині XVIII сторіччя тільки флогістон,

то у фізиків, які вивчали властивості і різні форми руху тіл, різних тонких матерій було більш ніж досить. Найживучіша з них — ефір — дожила до XX сторіччя, її вивчав у школі ще автор цієї книжки. Ефір вважався такою невагомою «рідиною», з допомогою якої дуже зручно пояснювалися дивовижні властивості світла, з одного боку, що розповсюджувалося по прямій,



а з другого — здатного обминати незрозорі предмети, коли вони дуже малі.

Таке ж дивне, як світло, здавалося у XVIII сторіччі й тепло. Щоб пояснити, наприклад, як воно передається від нагрітого тіла до холодного, той же Роберт Бойль вдавався до тонкої матерії, яку називали теплицем. Це було дуже зручно: в нагрітому тілі більше теплицю, в холодному менше — отже, він і переходить до холодного, як вода переливається з більш високої посудини до посудини, розташованої нижче.

По суті, теплиць був чимось на зразок рушійної сили флогістону.

ну. Проте, якщо флогістон без теплицю існувати не міг, то теплиць без флогістону обходився легко і просто: переходячи з печі до горщика з супом, він тільки нагрівав суп, але не перетворював його ні в що інше...

СПРОСТУВАННЯ МІРКУВАННЯМ

Перша праця Ломоносова, присвячена цьому предмету, датується 1745 роком. Вона так і називалася «Роздуми про причину теплоти і холоду».

«У наш час, — зазначав Ломоносов, — причина теплоти пояснюється особливою матерією, яку більшість називає теплицевою... Ця думка в багатьох головах так міцно засіла і настільки вкоренилася, що можна прочитати у фізичних творах про проникнення в пори тіла названої вище теплицевої матерії, котра немов притягується якимсь любовним папосом; і навпаки — про бурхливий вихід її з пор, ніби її поймав жах. Тому ми вважаємо нашим обов'язком дослідити цю гіпотезу...»

Звідки береться тепло?

Досвід підказував:

«Теплота спричиняється рухом: од взаємного тертя руки зігріваються, дерево загорасться полум'ям; під час удару кременя по кресалу виникають іскри; залізо розжарюється до червоності, коли кувати його частими і сильними ударами...»

Усе це Ломоносов спостерігав не раз на власні очі. Однак як побачити, що саме відбувалося при цьому?

Побачити було не можна, але зрозуміти — так. І перший натяк на істину знаходимо в чудових словах Демокріта: «Звичайно ми говоримо про солодке і гірке, про тепле і холодне, про колір і запах, насправді ж існують атоми і порожній простір».

Не можна сказати, що вчення Демокріта про атоми було забуто. Ні, про атоми пам'ятали. Тільки не знали, до якого діла їх приставити. Тому що було незрозуміло, як поєднати наявність атомів, яких, за вченням Демокріта, була незліченна кількість сортів, з наявністю чотирьох елементів Арістотеля. Якщо увесь світ складається з кількох елементів, то як він може складатися з безлічі сортів атомів — тоді і сортів атомів має бути всього кілька?

Отак нарізно й існували в думках учених людей атоми і елементи.

Роберт Бойль, наприклад, надто недовірливо ставлячись до

елементів алхіміків, скептично ставився і до ідеї про невелику кількість первісних елементів узагалі.

А в атоми він вірив. Атоми рідких тіл уявлялися йому як такі, що перебувають у безперервному русі, атоми ж твердих тіл... непорушні. Проміжки між атомами, на його думку, були заповнені гонкою матерією.

«А якщо ніякої тонкої матерії нема? — розмірковував Ломоносов. — А є лише атоми і порожнеча? І атоми ці — не тільки рідких, а й твердих тіл — можуть рухатися?»

Тоді і тертя, і часті, сильні удари молота — все це підганяє атоми, вони рухаються всередині тіл усе швидше і швидше, а ми відчуваємо це прискорення руху атомів як нагрівання речовини, а уповільнення — як охолодження.

Коли ж ми спостерігаємо, як нагріте тіло передає тепло холодному, то насправді в цей час частки одної речовини передають часткам іншої речовини свій рух.

До чого ж тут теплець?

СПРОСТУВАННЯ ДОСЛІДОМ

У XVI чи навіть XVII сторіччі, спростовуючи теплець, можна було обмежитися самими лише міркуваннями. Але у XVIII сторіччі роздуми вже мали підкріплятися дослідями. Тим паче, що гіпотеза про теплець мала свої дослідні підтвердження, в тому числі широковідомий експеримент славетного Роберта Бойля.

У 1673 році Бойль провів такий дослід: у запаяній реторті почав нагрівати шматок свинцю. За дві години частина його перетворилася в червону землю. Бойль відламав запаяний кінчик реторти і почув, як до неї з шумом зайшло повітря. Зваживши речовину, яка була в реторті, він з'ясував, що свинець, перетворившись в землю, поважчав на 8 гранів. Це збільшення у вазі приписав теплецю, найдрібніші частки якого зуміли проникнути крізь скло до запаяної реторти.

На відміну від Бойля Ломоносов зважував реторти до і після розжарювання заплавленими і ніякого збільшення у вазі на жоден гран ні разу не встановив, хоч частина свинцю в реторті перетворювалася в червоний порошок.

Вага порошку разом із свинцем, який лишився, справді збільшилася проти первісного, до випалу. Але не дарма ж писав Бойль про шум, з яким заходило в реторту повітря, коли обламували її запаяний кінець. Це означало, що кількість повітря під час розжарювання зменшувалася. Куди ж поділося повітря?

Ваги неблаганно і безпристрасно свідчили — у червоний порошок.

І в 1756 році в звіті ад'юнкта Санкт-Петербурзької імператорської академії наук Михайла Ломоносова з'явився запис:

«Між різними хімічними дослідями, щоденник яких на 13 аркушах, роблено досліди в заплавлених дуже міцно посудинах, щоб дослідити, чи збільшується вага металів від чистого жару. Оними дослідями встановлено, що славетного Роберта Бойля думка хибна, бо без проникнення зовнішнього повітря вага спаленого металу лишається в одній мірі».

Теплецю, а разом із ним флогістону — тонких матерій вогню — не стало. Лишилися тільки частки свинцю і частки повітря.

Проте не слід думати, що одразу після дослідів Ломоносова від флогістону відмовилися хіміки всього світу. Цього не трапилося. І не тільки через те, що звіти Російської академії наук читали далеко не в усіх країнах.

Головне полягало в іншому. Вже Шталь розумів, що дослід Бойля суперечить теорії флогістону, — адже в Бойля вага землі була більша за вагу свинцю, отже, щось прийшло, а не пішло. Але і Шталь, й інші вчені не зважали на цей дослід, як і на деякі інші, що суперечили флогістонній теорії. Не зважали, бо ця теорія пояснювала сотні й тисячі інших дослідів і процесів.

А один із заповзятих прибічників теорії Штала зумів пояснити навіть збільшення у вазі, яке одержав Бойль. Він оголосив, що флогістон має... негативну вагу! Отже, чудовий дослід Бойля, який міг би стати доказом наших сьогоднішніх уявлень про хімічні взаємодії речовин, двічі був доказом існування неіснуючого: перший раз — теплецю, другий — флогістону...

Так чи інакше, але ще близько півсторіччя флогістон безроздільно панував у хімії.

РОЗДІЛ ТРЕТІЙ,

в якому Блек, погнавшись за флогістоном, ловить вуглекислий газ; Кавендиш, погнавшись за воднем, ловить флогістон, а Прістлі, вигнавши флогістон з повітря, ловить кисень

ПОМИЛКА ДЖОЗЕФА БЛЕКА

Майже тоді, коли ад'юнкт Михайло Ломоносов у Петербурзі робив у міцно заплавлених посудинах свої досліди, які довели, що в природі не існує ніякого флогістону, професор Джозеф

Блек в шотландському місті Глазго проводив інші дослідження, які мали довести існування флогістону, і не тільки довести, а й зловити його в чистому вигляді.

Бласне, можна було спробувати виділити флогістон з вугілля, чи з сірки, чи навіть із заліза. Але у Блека були серйозні підстави спробувати виділити його з магnezії — білого порошку, схожого на соду.

Річ у тім, що саме тоді якась місис Стефенс погодилася за 5000 фунтів стерлінгів розкрити таємницю знайдених нею ліків од камінців у нирках. У вміщеному в «Лондській газеті» описі ліків зазначалося, що вони складаються з порошку, відвару та пілюль. І що порошок, в свою чергу, складається з яєчних шкаралуп і слимаків, прожарених протягом восьми годин; а щоб одержати відвар, треба варити зелену ромашку, кріп, петрушку і парило з милом і медом; а пілюлі слід робити з прожарених слимаків, обугленого насіння суріпиці, парила, шипшини, вівса і також з мила і меду...

Знайомі Блеку лікарі не дуже вірили в такий пропис. Проте ліки місис Стефенс були значно менш їдкі, ніж рекомендовані тодішніми медиками, і цим привертали хворих. Засоби, які застосовувалися тоді в медицині проти камінців у нирках, одержували з м'яких лугів — соди і поташу, котрі варили з гашеним вапном. А вапно одержували з їдкої кислоти, котру виготовляли випалюванням вапняку.

Згідно з флогістонною теорією, вапняк, як і земля, був просто речовиною. Під час випалювання вапняку флогістон переходив у нього з вогню, тому гашене вапно і ставало їдким. А під час варіння їдкого вапна з содою чи поташем флогістон з вапна переходив у м'які луги і робив їх теж їдкими.

Під час одного з таких переходів Блек і сподівався виділити флогістон. Та оскільки луги, виготовлені з поташу і соди, були надто їдкі, а лікарі просили Блека знайти щось пом'якше, він вирішив зайнятися лугами, виготовленими з магnezії. Звичайні м'які луги — сода і поташ відзначалися тим, що під час додавання до них купоросного масла чи соляного спирту (сірчаної або соляної кислоти) починалося бурхливе закипання. Блек кинув пучечку м'якої магnezії в склянку з кислотою і побачив, що порошок швидко розчиняється, бурхливо виділяючи повітря. Виходить, у порошку флогістону не було — саме так, бурхливо виділяючи повітря, розчинялися в кислотах усі м'які, дефлогістовані луги.

Тепер треба було ввести в м'яку магnezію флогістон. Блек відважив порцію порошку, зсипав у тигель, поставив на сильний вогонь.

Коли випалювання закінчилося і палена магnezія охолола, Блек старанно, щоб не втратити жодної порошокинки, зважив її. Порція зменшилася на вісім гранів. Де ж вони поділися?

Він роздумував кілька днів. А потім зсипав палену магnezію в кислоту (ніякого закипання при цьому, звісно, не сталося) і почав додавати туди соду доти, доки білі пластівці м'якої магnezії не перестали випадати. Потім відфільтрував їх і висушив. Тепер терези мали показати — чи правильна його здогадка?

Пінцетом, одну по одній, поклав він на чашечку маленькі важки. Так він і думав: м'якої магnezії рівно на вісім гранів більше. Ось вона, пропажа!

Звідки взялися ці вісім гранів? Ясно звідки — з соди. Вісім гранів з соди — це повітря, котре пішло з м'якої магnezії, коли вона кипіла в кислоті, повітря, про яке казав ще славнозвісний алхімік Ян Баптист ван Гельмонт. Він одержував його під час випалювання крейди і під час бродіння вина. Він назвав його газом — чи то за назвою прозорої шовкової тканини з арабського міста Гази, чи то від грецького слова «хаос». Друге ймовірніше, оскільки ван Гельмонт писав, що гази — це речовини, «які не можна зберегти ні в посудинах, ні перетворити їх у видиме тіло».

Блек дав газу свою назву — «фіксоване повітря», тобто повітря, яке можуть утримувати луги.

Після дослідів Блека з білою магnezією стало ясно: м'які луги зовсім не елементарні. Вони складніші за їдкі луги, оскільки складаються з їдких лугів плюс фіксоване повітря. Флогістон же тут ні до чого. Під час випалювання вапняку чи магnezії в них з вогню нічого не входить, навпаки, зникає фіксоване повітря, яке пом'якшує вапняк і магnezію.

Отже, майже тоді, коли Ломоносов довів, що випалювання металів є сполучення металів з частками повітря, Блек довів, що випалювання м'яких лугів — це їх розклад на їдкі луги і фіксоване повітря. І Ломоносов, і Блек з допомогою вагів чудово пояснили ці реакції, не вдаючись до тонких матерій.

Їх дослідження свідчили: під маскою флогістону ховалися гази. Нема нічого неприродного в тому, що з чотирьох первісних елементів Емпедокла спершу найдокладніше були вивчені земля і вода, тобто, іншими словами, — тверді тіла і рідини. І їжа, й одяг, і житло, і знаряддя праці, і зброя — все це камінь, дерево, метал, усе це твердинь, з якою зустрічаєшся на кожному кроці. Досить знайомі людині рідини — вона п'є, вмивається, пере, плаває, — і вона почала уважно вивчати властивості води; кислот, лугів, спиртів та інших речовин, які ллюються.

Не дивно, що тіла газоподібні, які в житті людини були менш

помітні, привернули до себе увагу пізніше, ніж тверді і рідкі. Відтепер настав час газів.

Замість тонкої матерії — флогістону, в дослідах Ломоносова і Блека основними діючими особами стають атмосферне повітря і фіксоване повітря, яке згодом було названо вуглекислим газом.

І вся друга половина XVIII сторіччя минула в хімії під знаком повітря, чи, точніше, багатьох газів — дих всюдисущих, невидимих, зате вагомих, отже, цілком реальних речовин.

ПОМИЛКА ГЕНРІ КАВЕНДИША

Джозеф Блек, погнавшись за флогістоном, ловить вуглекислий газ. Інший англієць, Генрі Кавендиш, який погнався за воднем, спіймав флогістон. Ось як це сталося.

Звісно, ні про який водень — газ, котрий, сполучаючись з киснем, утворює воду, — ніхто ще й гадки не мав, як не мали гадки і про кисень. Вода вважалася простим, нерозкладеним тілом, вона була, мабуть, єдиною, яку всі визнавали справжнім елементом.

Але давним-давно, ще відтоді, як навчилися одержувати з залізного колчедану та з селітри купоросне масло (або — селітряний спирт, або — сірчану кислоту), встановили таке: якщо кинути в посудину з їдкою рідиною залізний гвіздок, то він розчиниться, а рідина почне немовби кипіти — у ній з'являться пухирці повітря. Так само давно з'ясували, що повітря з купоросного масла особливе: при зіткненні з вогнем воно горить, а часом навіть вибухає.

З цим фактом були обізнані ще алхіміки, але вони не вважали його цікавим. От і на болотах із торфової рідини спливають пухирці, які можна підпалити. А на Сході, кажуть мандрівники, в деяких місцях гарячі випари струмують просто з-під землі. Алхімікам було не до них, їх непокоїли інші турботи.

Роберт Бойль перший придумав, як зібрати це дивне повітря. Він узяв сулію з водою. І, за словами самого Бойля, «побачив повітряні пухирці, які піднімалися і, сполучаючись, знижували рівень води, займаючи її місце. Невдовзі всю воду було витиснуто з верхньої посудини і замінено тілом, яке скидалося на повітря».

Далі займатися тілом, що «скидалося на повітря», Роберт Бойль не бачив сенсу.

Його помітив через сто років інший англієць — Генрі Кавендиш.

Генрі Кавендиш був лорд, але державні справи його не обходили — він жив самотником. Не було в нього ні жінки, ні дітей. Не мав він і вченої пихи — про чудові свої відкриття він іноді взагалі нікому не казав, про них дізналися тільки із записів у лабораторному щоденнику вже після його смерті.

Кавендиш зайнявся горючим повітрям, пухирці якого виділяються під час сполучення заліза з купоросним маслом, невдовзі після того, як Джозеф Блек надрукував статтю «Експерименти над білою магnezією, їдким вапном і деякими іншими лугами». З цієї статті вченому світу стало відомо, що луги робляться їдкими зовсім не тому, що до них проникають частинки флогістону, а тому, що їх покидають частинки фіксованого повітря.

Кавендиш почав з того, що замість заліза брав інші метали: цинк або олово. Газ справно виділявся. Тоді він замінив селітряний спирт соляним — тобто, по-нашому, соляною кислотою. Газ і тоді виділявся.

З однаковою підставою можна було припустити, що повітря виділяється з металів і що повітря виділяється з кислот. Кавендиш обрав перше припущення: адже рідина зовні лишалася незмінною, а шматочок металу зникав. Певно, вирішив Кавендиш, кислота розкладає метал на розчинну частину — землю — і на це повітря.

Але ж відомо, що метал складається з землі і флогістону! Так, може, це повітря і є досі невловимий флогістон?

Перш за все Кавендиш вирішив впевнитися, що горюче повітря не має нічого спільного із звичайним атмосферним повітрям. Мало того, що перше горить, а друге — ні. Треба ще довести, що воно не має тих властивостей, які є у повітря, тобто не може розчиняти в собі флогістон. Пригадуєте? Вважалося, що повітря підтримує горіння тому, що воно здатне розчиняти флогістон, який витікає з палаючої речовини.

Кавендиш увів до сулії з горючим повітрям запалену свічку — свічка згасла.

Кавендиш посадив у банку з горючим повітрям мишу — миша задихнулася.

Звісно, горюче повітря і атмосферне повітря — різні речі!

Непогано було б знайти питому вагу горючого повітря. Це було дуже нелегко — зробити такий тонкий вимір цієї тонкої матерії. Але Кавендиш знайшов рішення.

Він кинув у кислоту унцію цинку і визначив об'єм горючого повітря, яке виділялося. Потім зважив колбу з кислотою, кинув

туди унцію цинку, почекав, поки цинк розчиниться, а газ випа-
рується, і знову зважив колбу з розчиненим цинком.

Тепер вона важила трохи менше.

Кавендиш двічі, тричі, чотири рази повторив дослід. Зменшен-
ня у разі лишалося те саме.

Тоді він поділив це зменшення на об'єм, який займало горю-
че повітря при розчиненні унції цинку. Вийшла зовсім мала
величина — якщо перевести на наші міри, літр горючого повіт-
ря важив щось близько п'яти сотих грама. І це тоді, коли літр
звичайного атмосферного повітря важив майже грам! А літр
фіксованого повітря Блека — два грами!

Такої найлегшої, майже невагомої речовини досі ніхто не
знав. І Кавендиш остаточно впевнився: ця найтонша речовина і є
флогістон!

Проте, як людина винятково точна, він дав горючому повітрю
таку назву: «займісте повітря з металів».

ПОМИЛКА ДЖОЗЕФА ПРИСТЛІ



Чи знаєте ви, хто перший зробив газовану воду?

Джозеф Пристлі. Він був священик. А по сумісництву — вчи-
тель. До тридцяти чотирьох років не займався ніякими дослідями.
І взагалі мав про хімію досить невиразне уявлення — вже буду-
чи дорослою людиною, прослухав дві-три популярні лекції.

Отже, він читав проповіді, навчав дітей англійської, фран-
цузької та італійської мов і гадки не мав про майбутню світову
славу і бронзовий пам'ятник, який спорудять йому співвітчиз-
ники в його рідному місті Лідсі.

Усе змінила одна зустріч. У 1767 році, приїхавши на кілька
днів до Лондона, Джозеф Пристлі випадково познайомився
з одним з найвидатніших учених того часу — американцем
Бенджаменом Франкліном. Тим самим Франкліном, який вина-
йшов громовідвід.

Відтоді священик не міг думати ні про що інше, крім дослі-
джень. Оскільки в той час усі англійські природознавці вивчали
різні «повітря», Пристлі теж зайнявся цим.

Почав він з фіксованого повітря Блека. І першим його успі-
хом було одержання газованої води: під час одного з дослідів
він пропустив вуглекислий газ крізь воду і вирішив покуштува-
ти, чи не змінився її смак. Газована вода йому дуже сподоба-
лася, і Пристлі почав пригощати нею всіх своїх знайомих. Чутка

про новий напій дійшла до Лондона. Королівське товариство
зібрало найвідоміших лікарів. Пристлі на їхніх очах приготував
газовану воду, лікарі покуштували її і були в такому захваті,
що невдовзі Пристлі нагородили золотою медаллю Королівського
товариства, а газовану воду рекомендували Британському адмі-
ралтейству для вживання на кораблях як ліки од морської хво-
роби.

Перша удача надихнула тридцятип'ятирічного новобранця нау-
ки, і він зайнявся новими дослідями, причому завжди прагнув
одержати якесь нове повітря.

Незабаром Пристлі дійшов висновку, що спосіб, який придумав
Бойль для збирання газів, усім гарний, крім одного: у воді,
налітої в сулію, повітря може розчинитися. Треба було придумати
щось краще. І Пристлі придумав: він почав наповнювати
сулію не водою, а ртуттю і над ртуттю збирав газ.

Йому на диво щастило. Вже перший дослід із ртуттю приніс
новий успіх. Пристлі почав нагрівати кухонну сіль з сірчаною
кислотою, і в сулії над ртуттю зібралось повітря з гострим їдким
запахом. Раніше його ніколи не могли виділити, бо він дуже
жадібно сполучався з водою (ми називаємо цей газ хлористим
воднем).

Потім Пристлі вирішив зібрати над ртуттю повітря з наша-
тирного спирту. І зібрав! (Ми називаємо цей газ аміаком).

Після цього він спробував впустити в одну посудину повіт-
ря з нашатирного спирту і повітря з кухонної солі. І замість
безколірного повітря одержав білу хмарку, яка невдовзі осіла
порошком (ми називаємо його хлористим амонієм).

Все було так цікаво, що священика, який з головою поринув
у лабораторні досліді, не міг звабити навіть славнозвісний капі-
тан Джеймс Кук, котрий запросив Пристлі взяти участь у круго-
світному плаванні.

Замість того, щоб плисти з Куком у південні моря, Пристлі
купив запалювальне скло діаметром мало не півметра і почав
розжарювати з його допомогою найрізноманітніші тверді речо-
вини. Він клав їх під скляний дзвін з відповідною трубкою, яка
вела в сулію, де над ртуттю могли збиратися газі, що виходили
з розжарених тіл.

Кому до дослідів Блека з білою магnezією могло спасти таке
на думку?

А тепер це зробив навіть не вельми досвідчений в хімії лю-
битель.

Удача не полишала Джозефа Пристлі. Першого серпня 1774
року він вирішив виділити повітря з червоного порошку, описа-
ного ще в трактатах Джабір ібн-Хайяна. Алхіміки називали його

«Меркуріум пер се» — палена ртуть. Порошок цей одержували, коли прожарювали на повітрі ртуть, він був ртутною землею, ртутним вапном.

Прістлі кинув пучку ртутного вапна в тиглик, накрив дзвоном і, почекавши, поки сонце визирне з-за хмари, навів на тигель своє запалювальне скло. Уважно, боячись пропустити найменшу дрібницю, він спостерігав за тиглем. І раптом там щось заблищало.

Прістлі трохи відсунув лінзу, щоб роздивитися краще, що то, і побачив посередині купки порошку, яка зменшувалася, велику світлу краплину ртуті.

Він знову спрямував туди лінзу і перевів погляд на сулію, перевернуту догори дном, — ртуть заповнювала її вже не повністю, як перед дослідом, а трохи одступивши від дна: в сулії було повітря із ртутного вапна!

Через півгодини в тиглику блищала ртутна калюжка, а дві сулії були заповнені якимсь повітрям. Що це за повітря? Те, яке оточує нас завжди? Чи горюче повітря Кавендиша? Чи повітря, яке він сам добув з кухонної солі і сірчаної кислоти? Чи те, з напятирного спирту? Як про це довідатися?

Насамперед, якщо це звичайне атмосферне повітря, то воно має розчиняти флогістон, тобто підтримувати горіння...

Прістлі запалив свічку і обережно сунув її в сулію. Вогонь не тільки не згас — навпаки, полум'я свічки стало набагато яскравіше, ніж звичайно.

Прістлі підбіг до каміна, вихопив щипцями маленьку, ледь жевріючу вуглинку і сунув її в іншу сулію — вуглинка запалала, розкидаючи вогняні іскри, наче це було не вугілля, а просякнутий селітрою папір.

Що б це спробувати?

Погляд Прістлі впав на тонку залізну дротинку, з обрізків якої він мав намір одержати горюче повітря. Він схопив щипцями цю дротинку, розжарив її в каміні до червоності і сунув її розпечений кінчик у ту саму сулію, де горіло вугілля.

І не повірив своїм очам — залізо горіло! Нове повітря розчиняло флогістон набагато енергійніше, ніж атмосферне!

Мабуть, подумав Прістлі, воно геть позбавлене флогістону, ніби дефлогістоване. Це дефлогістоване повітря.

Назва, яку дав Джозеф Прістлі новому повітря, не викликала заперечень його вчених друзів з Королівського товариства. Вони були цілком згодні з ним — так, звісно, це саме дефлогістоване повітря. Тим паче, якщо взяти до уваги недавні досліді учня Блека — Даніеля Резерфорда, який відкрив флогістоване повітря.

Резерфорд брав звичайне атмосферне повітря, пропускав його через вапнякову воду, щоб очистити від фіксованого повітря, а потім кризь розжарене вугілля, щоб наповнити флогістоном. Таке флогістоване повітря вже не могло підтримувати горіння і дихання (за що згодом і дістало назву «азот» — по-грецьки «безжиттєве»).

Повітря ж Прістлі, яке підтримувало горіння в кілька разів краще, ніж звичайне повітря, природно, слід вважати дефлогістованим. Адже в ньому зовсім могло не бути флогістону або, якщо він і був, то в меншій кількості, ніж в атмосферному повітрі.

Безглузда, на наш погляд, логіка? Але що поробиш — флогістована гіпотеза здавалася винятково логічною.

Прістлі був певен, що оскільки його дефлогістоване повітря дуже добре для горіння, то воно не може бути недобрим для дихання. Досліді підтвердили це. Миша, яку посадили в посудину з дефлогістованим повітрям, не втрачала свідомості вдвічі довше, ніж та, яка сиділа в посудині із звичайним повітрям.

Прістлі і сам пробував вдихати дефлогістоване повітря і визнав, що воно досить приємне.

Звідки у ртутного вапна дефлогістоване повітря? Щодо цього великих сумнівів у Прістлі не виникало: адже палену ртуть добували із звичайної ртуті, розжаривши її на повітрі, тобто вигнавши флогістон. Мабуть, ртуть, крім флогістону, мала ще і це повітря, котре під час розжарювання ртуті теж втрачало свій флогістон.

Лишалось подивитися, як поводитимуться землі інших металів. Прістлі повторив знаменитий дослід Роберта Бойля, вже повторений одного разу Ломоносовим. Він узяв свинець і сильно нагрів його. Свинець почав червоніти і поступово перетворився в червоний порошок. Тоді Прістлі зробив те, чого не зробив ні Бойль, ні Ломоносов: він поклав червоний порошок під дзвін, нагрів своєю лінзою і знову перетворив у свинець, вигнавши з порошку повітря, яке було в ньому.

Повітря з свинцевої землі виявилось таке саме, як повітря з паленої ртуті.

З будь-якого металевого вапна можна добути дефлогістоване повітря, — це було дивовижне відкриття!

Прістлі не знав, що ще за два роки до нього те саме дефлогістоване повітря в тій же паленій ртуті знайшов шведський аптекар Карл Вільгельм Шеєле — мабуть, один з найкращих експериментаторів XVIII сторіччя. Це стало відомо дещо пізніше, коли з'ясувалося, що дефлогістоване повітря — це та сама речовина, без якої наука не могла рухатися вперед, і за честь його відкриття почали сперечатися різні дослідники. Втім, ніхто з них, відкривши

дефлогізоване повітря (Шеєле називав його вогненне повітря), так і не зрозумів, з чим вони мають справу.

У 1785 році Джозеф Прістлі, перебуваючи у Франції, познайомився з пайвидатнішими французькими хіміками. В лабораторії одного з них на честь гостя влаштували обід. У гостя не було ніяких причин приховувати свої успіхи, і він з гордістю розповів про них.

Тільки один з присутніх зрозумів, що означає відкриття Прістлі. Це був хазяїн лабораторії — Антуан Лоран Лавуазьє.

РОЗДІЛ ЧЕТВЕРТИЙ,

в якому Лавуазьє доводить складність землі, води й повітря і складає перший список хімічних елементів

ЧОМУ СХУД ПЕЛІКАН?

На відміну від Джозефа Прістлі, який був бідний, прослухав лише кілька лекцій з хімії, а перші самостійні експерименти провів, коли йому минуло тридцять чотири роки, Антуан Лоран Лавуазьє, один з найбагатших людей Франції, вчився у найкращих професорів і вже в двадцять три роки був обраний в Академію наук. Може, саме це дало йому змогу побачити в дослідах англійського природознавця те, чого той сам не побачив.

А може, це сталося тому, що Лавуазьє жив і працював у перед-революційній Франції. І на його поглядах відбивалося те вельтенське піднесення духу, те прагнення покінчити з усім, що віджило, та сміливість, якою був охоплений французький народ.

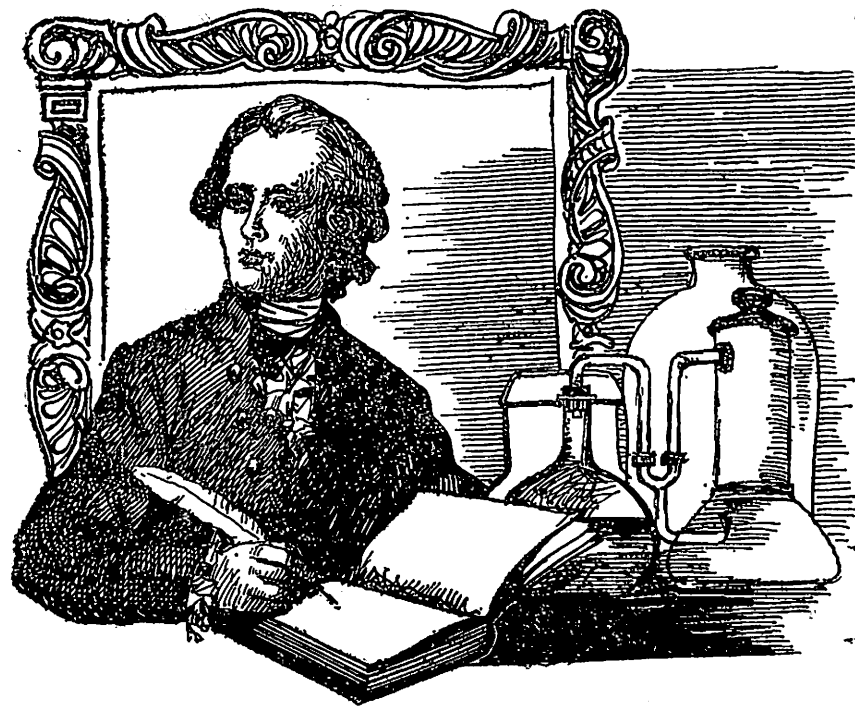
Втім, коли епоха і впливала на напрям думок молодого дослідника, сам він про це навряд чи здогадувався. Він діяльно примножував багатство, яке дісталось йому в спадщину, а решту часу займався наукою. Найбільше — хімією і фізикою.

Спочатку його зацікавила вода. І не дивно: це була єдина речовина, яку ніхто не міг розкласти на складові частини і яка, разом з тим, могла перетворюватися в землю. В усякому разі, так свідчили великі авторитети, в тому числі Роберт Бойль, який провів дослід з гарбузом.

Та ще за сто років до Бойля майже такий же експеримент провів голландський алхімік Гельмонт. Той самий, що перший виділив із крейди сполучене з нею повітря і придумав для нього назву — газ. Тільки Гельмонт узяв не гарбуз, а вербу. Він посадив вербову гілку у двісті фунтів висушеної землі і рівно п'ять років поливав її дистильованою водою. А потім зважив дерев-

це і висушену землю: верба важила 164 фунти, а земля ті самі двісті. Звідки взилися ці 164 фунти? Ясна річ — з води.

Правда, деякі вчені вважали, що Гельмонт і Бойль помилялися. Голландець Герман Бургаве, наприклад, заявив, що у воду попадає пил з повітря. Але француз Етьєн Жоффруа і німець Андреас Маргграф провели дослідження в закритих посудинах і довели, що і там з води випадає осад.



Лавуазьє одразу ж побачив у дослідах Гельмонта і Бойля явний недогляд: обидва вони не брали до уваги повітря. Те саме повітря, яке прекрасно могло сполучатися з різними речовинами, про що свідчить безліч дослідів різних дослідників, а найпереконливіше — Джозефа Блека.

Що фіксоване повітря Блека зовсім не те, що атмосферне повітря, Лавуазьє, як і інші вчені люди того часу, чіткого уявлення не мав. Адже деякі досліді свідчили, що це одне і те ж саме. Приміром, Блек довів, що коли подути через трубку у вапнякову воду — вода помутніє і стане вапняковим молоком! Але такий же ефект дає і фіксоване повітря.

Тепер нам відомо, що людина вдихає одне, а видихає інше, але хто тоді знав про те, про що знаємо ми?..

На відміну від Прістлі, який формулював свої запитання до природи приблизно так: «А що буде, коли я спробую виділити повітря з нашатирного спирту?» або «Що станеться, коли я суну свічку в повітря з ртутного вапна?», Лавуазьє завжди ставив природу в таке становище, коли вона мала відповідати одне з двох: або «так», або «ні». Це велике мистецтво — вміти задати природі такі чіткі запитання!

Готуючись посперечатися з Бойлем і Гельмонтом, Лавуазьє вирішив задати природі таке запитання: «Чи збільшиться загальна вага пелікана і налітої в нього води після тривалої перегонки?»

Пеліканом називали реторту з довгим носиком, який було вміщено до носика іншої реторти, немов дзьоб пелікана-малюти в дзьоб пелікана-матері.

Коли в одну реторту наливали воду і починали її кип'ятити, пара піднімалася в другу реторту, охолоджену ззовні холодною водою: там вона знову ставала рідиною і стікала в першу реторту, де рідина підігрівалася і знову перетворювалася в пару. Після неодноразових перегонів на дні реторт накопичувався землястий осад.

Отже, якби на запитання Лавуазьє природа відповіла «так», то це означало б, що ззовні, з вогню, всередину пелікана проникла вогняна чи ще якась матерія, котра той осад і утворила.

Якби природа відповіла «ні», то це означало б, що осад утворився чи з води, чи зі скла.

І тут Лавуазьє підготував природі додаткове запитання: «Чи зменшилася вага самого пелікана?»

Вже з цих запитань видно, що Лавуазьє повністю визнавав слова Лукреція про те, що «з нічого навіть з волі богів нічого не твориться».

Розуміючи, що голос природи може бути ледь чутний. Лавуазьє подбав про те, щоб почути його, хоч би яким тихим він був. Дослідник замовив спеціальні, особливо чутливі ваги і не комусь, а пробіру королевського монетного двору пану Шевену — великому майстрові точних приладів. Точність цих вагів була така, що при навантаженні в п'ять-шість фунтів помилка виміру не перевищувала одного грана. В перекладі на наші міри на цих вагах можна було зважити три кілограми і помилилися на кілька десятків грама.

...Молодий дослідник зважив пелікан до і після наповнення водою, записав цифри в лабораторний журнал, закоркував реторту, обмазав пробку жирною замазкою, щоб ні вода, ні повітря

не могли проникнути; вмістив пелікан у залізну банку з піском — піщану лазню — і почав підігрівати її лампою з шістьма гнотами.

Шість гнотів працювали на всю силу — весь час доводилося доливати в лампу маслинову олію. А через кожні дванадцять годин знімати з гнотів нагар.

Вдень і вночі булькала вода в пелікані. Булькала, перетворюючись на пару, осідала дрібними краплинками, стікала в прийомник і — знову булькала, і знову ставала парюю, залишаючи на дні реторт сірий осад.

На сто першу добу Лавуазьє накрив гноти залізними ковпачками, охолодив пелікан, старанно зняв замазку і зважив прилад. Вага дорівнювала 5 фунтам 9 унціям 4 драхмам 49 і трьом чвертям грана.

Він обережно поставив пелікан на стіл і розкрив журнал із первісним записом. До нагріву, сто одну добу тому, наповнений водою пелікан важив 5 фунтів 9 унцій 4 драхми 50 гранів.

На помилку в чверть грана можна було не зважати — вона була в чотири рази менша, ніж межа точності вагів.

Отже, ніщо іззовні в пелікан не проникло ні з вогню, ні з навколишнього повітря.

Лавуазьє спорожнив прилад і, старанно просушивши, зважив його. Сто один день тому пелікан важив 1 фунт 10 унцій 7 драхм півграна.

Тепер він схуд більше як на 17 гранів.

Виходить, ніяка перегонка не змогла перетворити воду в землю, просто вода потроху рочинила стінки реторт, і частина розчиненого скла випала з розчину в осад.

Так воно то так, але треба зважити осад: раптом його вага більша, ніж втрата у вазі скла?

Лавуазьє відфільтрував осад з перелитої в сулію води і поставив його на ваги. Всього п'ять гранів! Куди ж поділися решта дванадцять (сімнадцять мінус п'ять)?

Він по вірив у чудеса, він вірив у закон збереження матерії. Матерія, яка вибула з скла й не випала в осад, може бути тільки у воді. Випаровувати, скоріше, випаровувати!

Через годину на дні порожньої сулії залишився дрібний порошок. На ваги його! Так. П'ятнадцять гранів замість дванадцяти? Не страшно — адже ще до того, як потрапити в пелікан, ця вода була і в інших посудинах, могла розчинити їх. В усякому разі, втрата знайшлася. Як це сказано в Лукреція?..

Не пропадає безслідно нічого, але, розкладаючись, речі усі повертаються на лоно матерії знову.

Він обережно накрив скляним ковпаком дорожні ваги.

Жоффрау і Маргграф помилилися. Земля в їхніх герметично закритих посудинах з'явилася не з води, а з скла. Помилвся і великий Бойль. Вода не перетворюється в землю. Навіть якщо земля має форму гарбуза.

Так, вода тут ні при чому. А ґрунт мав попередню вагу... Звідки ж гарбуз? Звідки дерево Гельмонта?

Але коли в одному місці щось додавалося, то в іншому щось не могло не віднятися. А якщо це інше не земля і якщо це інше не вода, значить, це... повітря? Лавуазьє сів до столу, підсунув ближче невелику книжку в шкіряній оправі. Це щоденник, де він занотовував свої думки і плани.

«Повітря, що фіксується, виявляє властивості, які значно різняться від звичайного повітря,— написав він.— Те повітря вбиває тварин, які його вдихають, а це абсолютно необхідне для життя. Те легко сполучається з усіма тілами, а це насилу або й зовсім не сполучається... Я дам історію всього того, що було зроблено щодо повітря, яке вилучається з тіл і яке з ними сполучається. Важливість предмета змусила мене заново почати всю цю роботу, котра, на мою думку, має викликати революцію в фізиці та хімії...»

У Франції останньої третини XVIII сторіччя слово «революція» було у всіх на устах. І Лавуазьє знав, про що говорив. Якщо досі загадки перетворення речовин не були розкриті з допомогою мір і вагів, то це означало одне з двох: або щось може бути створене з нічого, або треба навчитися вимірювати і зважувати велику кількість флюїдів, які ховаються за маскою повітря.

Адже з нічого навіть з волі богів нічого не твориться!

«Операції,— вів далі Лавуазьє,— з допомогою яких можна досягти зв'язування повітря: ріст рослин, дихання тварин, горіння, за певних обставин випал, нарешті, деякі хімічні реакції. Я повинен почати з цих експериментів».

ЯКЩО ПІДПАЛИТИ ХОЛОДНИЙ ВОГОНЬ

Минуло сто років з дня одержання Геннінгом Брандом першої щіпки холодного вогню, але фосфор ще не втратив своєї привабливої сили в очах дослідників. 10 вересня 1772 року в щоденнику Лавуазьє з'явився такий запис:

«Я купив у п. Мітуара одну унцію чудового фосфору з Німеччини, який він мені продав за сорок п'ять луїдорів. Я кинув маленький шматочок у пляшку, фосфор почав світитися і дими-

ти, але без відчутного тепла. Я присунув його до вогню, він враз спалахнув, потріскуючи. Пляшка лопнула. Зрадівши з цього успіху, я вирішив перевірити таким же способом, чи поглинає фосфор під час горіння повітря...»

Перевірка відбувалася так.

Лавуазьє відважив дев'ять гранів фосфору, поклав його в невеличку агатову чашку і поставив її під скляний дзвін, занурений в таз із водою. Потім спрямував на фосфор лінзу.

Фосфор спалахнув, заклубочилася біла пара і швидко заповнила весь дзвін.

А що з водою? Вода в дзвоні піднялася на цілий дюйм — виходить, повітря під дзвоном поменшало!

На скільки? Приблизно на двадцять сім кубічних дюймів. Отже, ці двадцять сім кубічних дюймів повітря зв'язав фосфор, який згорів.

А чи може він зв'язати все повітря, яке було під дзвоном?

Лавуазьє відважив утричі більше фосфору. Поклав під дзвін. Запалив. Вода піднялася приблизно на стільки, на скільки і раніше.

Усе повітря зв'язуватися не хотіло.

Чому? Незрозуміло. Треба думати. Втім, ще ж не доведено, що й та частина повітря, яка зникла, справді зв'язана з фосфором.

Лавуазьє відважив 8 гранів фосфору, поклав у агатову чашку, чашку поставив у склянку з широкою шийкою, закоркував склянку і зважив. Потім відкоркував склянку, вмістив її під дзвоном і спалив фосфор.

Склянка заповнилася білим димом.

Лавуазьє швидко витягнув склянку з-під дзвону, знову закоркував її і поставив на ваги.

Замість 8 гранів фосфору в склянці було 14 гранів якоїсь речовини.

Поки Лавуазьє діставав склянку з-під дзвону, трохи цієї речовини витекло, так що насправді її було трохи більше. Виходить, кожен гран фосфору поглинає приблизно стільки ж якогось флюїду з повітря!

А що, коли спробувати підрахувати, скільки важить цей флюїд? Стільки ж, скільки звичайне повітря, чи ні?

Отже, так. Коли згоріло 9 гранів фосфору, вода витіснила 27 кубічних дюймів. 27 дюймів ділимо на 9 гранів — одержуємо 3, три кубічних дюйми повітря зв'язав кожен гран фосфору.

Але ваги свідчать, що кожен гран фосфору зв'язав приблизно гран повітря. Виходить, кубічний дюйм зв'язаного фосфором повітря важить приблизно одну третину грана.

Дуже цікаво! Адже кубічний дюйм атмосферного повітря на двадцять п'ять процентів легший!

Але якщо це не атмосферне повітря, то що це? Чи не вода, пара якої завжди є в атмосфері?

Разом з агатовою чашкою, заповненою фосфором, Лавуазьє поставив під дзвін ще одну чашку, наповнену водою. Запалив фосфор. Частина фосфору перетворилася в білу пару, потім горіння припинилося.

Лавуазьє спрямував лінзу на чашку з водою, вода закипіла і перетворилася в пару.

Лавуазьє знову спрямував лінзу на фосфор, на ту його частину, якій не вистачало невідомого флюїду.

Але фосфор відмовився від води, не хотів горіти, і все!

Лавуазьє продовжував розжарювати агатову чашечку доти, доки фосфор не почав плавитися, кипіти і, нарешті, перетворився у дим.

Ні, це не вода.

Але ж що ще може бути в атмосфері? Чи не те саме фіксоване повітря, яке Блек знайшов у м'яких лугах? Як би це перевірити?

Та спочатку треба довести, що зв'язаний фосфором, який горить, флюїд міститься саме в повітрі. Спробуємо підпалити фосфор під дзвоном, з якого викачано повітря.

Це дуже важливий дослід. Може, найважливіший. Для флогістону стінка дзвона ніщо — адже це дуже тонка матерія, його частки проникають крізь будь-яку стінку.

Запрацював насос, відкачуючи повітря. Вода під дзвоном піднялася мало не наполовину.

Лавуазьє навів лінзу на агатову чашку з фосфором. Ніякого вогню.

Терпіння, терпіння! Фосфор почав плавитися. Закипів. Перетворився у дим. І осів на стінках дзвона.

А що, як він щось не помітив?

Лавуазьє впустив під дзвін повітря і покуштував на смак краплини на внутрішній поверхні дзвона. Коли він робив це після горіння фосфору, краплини незмінно були кислуваті. Зараз він не відчув анітрохи кислуватості.

Ні, він усе помітив. Без повітря фосфор не горів. Збільшення ваги не залежало від якоїсь тонкої матерії. Тільки від повітря!

Проте це суперечило відомому досліді Бойля з розжарюванням металів. Може, замість фосфору слід взяти олово чи свинець?

Перш ніж зробити це, Лавуазьє замінив фосфор сіркою. І довів, що сірка теж сполучається з повітрям.

Потім він узяв олово. І довів, що олов'яне вапно — наслідок сполучення металу з тим же повітрям.

Дослід із свинцем показав те саме.

Тепер у Лавуазьє не лишалось нічого іншого, як повторити повністю досліди Бойля.

І він зробив це.

Відлив тоненькі стерженці з найчистішого олова і найчистішого свинцю вагою рівно по вісім унцій. І помістив їх у нові, старанно очищені скляні реторти, попередньо зважуючи кожную з них. Запаяв їх, знову зважив і тримав над розжареним вугіллям дванадцять годин підряд, поки на розплавленому металі не припинила утворюватися окалина.

І тоді знову зважив. Виявилось, що жодна з реторт не збільшила ваги.

Що це все означало? Та тільки те, що під час випалу те, що було поза ретортою, не сполучалося з металами.

І коли вага металу зросла, то причину цього слід шукати всередині реторти.

Лавуазьє взяв одну з реторт, яка охолола, провів розжареною вуглиною риску по стінці, змочив цю риску водою і по тріщині, що утворилася, акуратно розламав реторту на дві частини. Обидві частини й увесь вміст зважив. Реторта не поважчала, а вага металу збільшилася на три грани.

Він повторював досліди з оловом і свинцем доти, доки зміг довести три речі.

Перше. У певному об'ємі повітря можна випалити тільки певну кількість металу.

Друге. Запаяні реторти не збільшуються у вазі, і, отже, збільшення ваги металу під час випалу не залежить ані від матерії вогню, ані від якоїсь матерії поза ретортою.

Третє. Збільшення ваги металу під час випалу дорівнює вазі поглиненого повітря.

Через сімнадцять років після Михайла Васильовича Ломоносова Антуан Лоран Лавуазьє впевнився в тому самому: «Без проникнення зовнішнього повітря вага спаленого металу лишається в одній мірі».

Тепер треба було дізнатися, що ж являє собою та частина повітря, яку під час випалу поглинають метали. Думку про воду довелося відкинути. Думку про фіксоване повітря Блека треба було перевірити.

Для Лавуазьє примусити природу дати відповідь на це запитання було не складно.

Одного літнього дня 1773 року він запалив під дзвоном фосфор, і коли фосфор згас через нестачу флюїду, потрібного йому

для подальшого горіння, Лавуазьє впустив під дзвін фіксоване повітря, здобуте шляхом випалу крейди.

Однак у цій суміші фосфор не схотів горіти. А вміщена під дзвін запалена свічка одразу ж згасла.

Відповідь природи була така: ні фосфор, ні свічка, ні метали не поглинали фіксованого повітря. Воно тут було ні при чому.

Що ж слід зробити, аби з'ясувати природу іншого виду зв'язаного повітря, що його поглинали не луги, а метали, фосфор, сірка? Вихід був один: треба зуміти «розв'язати» це повітря, виділити його в чистому вигляді і дослідити.

Та от біда — більшість металевих вапна знову перетворювалася на метал тільки в присутності інших речовин, наприклад, багатого на флогістон вугілля. І це плутало всю картину, перешкоджало виділити в чистому вигляді саме той флюїд, який був зв'язаний у цих вапнах.

Весі 1774 рік минув у спробах виділити флюїд із залізних вапен, тобто окисів заліза. Проте, як написав сам дослідник, «з усього цього природного і штучного вапна, яке ми піддавали дії в фокусі великого запалювального скла, нема ніякого вапна, яке б вдалося повністю відновити без додавання чогось...»

Таке було становище, коли в один з жовтневих днів того, не дуже щасливого, 1774 року Джозеф Прістлі за обіднім столом розповів французьким колегам про дивовижні властивості відкритого ним дефлогістованого повітря.

ДЕФЛОГІСТОВАНА ХІМІЯ

Тільки-но за гостем зачинилися двері, господар кинувся до лабораторії.

Насипати в реторту кілька щіпок паленсі ртуті було справою однієї хвилини.

Ось червоний порошок заблищав у фокусі лінзи, ось у ньому з'явилася важка краплина ртуті, ось вода з сулії почала видалятися, поступаючись місцем пухирям повітря, яке звільнялося з ртутного вапна, ось, нарешті, спіймано його, невловимого винуватця горіння!

Цей священик казав чисту правду: вміщена у сулію жевріюча вуглина розпалилася до білого жару і розсипала іскри, як святковий фейерверк.

Тепер треба було методично і докладно розібратися в тому, що таке атмосферне повітря. І що таке фіксоване повітря Блека. І чому, коли Генрі Кавендиш спалив горючий газ, котрий вважав

за флогістон, він одержав воду. І як же бути з флогістоном? І взагалі, які речовини слід вважати простими, а які складними?

На це довелося витратити десять років.

Але найважче лишилося позаду. В руках Лавуазьє була питка, не гірша за ту, яка вивела славнозвісного Тезея з лабіринту. Звалася вона новою теорією горіння.

Він виклав її у статті «Про горіння взагалі».

Суть теорії полягала в тому, що горіння всіх горючих речовин — сірки, фосфору, «вуглеподібних тіл», — а також випали металів є сполуками цих речовин з дефлогістованим (Лавуазьє писав — «чистим») повітрям. Ніякого флогістону ні горючі тіла, ні метали не містять.

Вилучивши з атмосферного повітря «чисте повітря», Лавуазьє довів, що газ, який лишився, це зовсім не фіксоване повітря, але, як і фіксоване повітря, так само не підтримує горіння і дихання.

Відновивши ртутне вапно вугіллям, Лавуазьє одержав під дзвоном фіксоване повітря і тим самим довів, що воно — не що інше, як сполука вугілля з «чистим повітрям».

Висловивши здогад, що вода, яка утворюється під час спалювання горючого повітря, є сполука горючого повітря з «чистим повітрям», він пропустив водяну пару крізь розжарений рушничний ствол і одержав на ньому окалинну, а в приймальній посудині — горюче повітря.

Лавуазьє знайшов «чисте повітря» в усіх металевих вапнах, в багатьох кислотах і лугах.

І ніде не знайшов флогістону.

Звісно, навіть найвидатніші хіміки, дізнавшись про це, не могли одразу відмовитись од усталеної думки.

І Генрі Кавендиш, який перший одержав з водню і кисню воду, продовжував писати: «Усе наведене вище є безумовною підставою вважати, що дефлогістоване повітря є вода, позбавлена свого флогістону, і що горюче повітря є дефлогістованою водою».

А знаменитий винахідник парового двигуна Джеймс Уатт казав, що вода складається з дефлогістованого повітря і флогістону.

Проте так не могло довго тривати. Спробуйте пояснити кому-небудь, що воду треба одержувати так: спершу дефлогістувати повітря, тобто вилучити з нього флогістон, потім до того дефлогістованого повітря додати флогістон. Будь-яка людина, звичайно, одразу помітить, що в такому разі буде не вода, а те саме первісне повітря.

У дефлогістованій Антуаном Лораном Лавуазьє хімії подібних казусів не було. І тому досить швидко її визнали в усіх країнах. Написаний Лавуазьє «Початковий курс хімії», який вийшов у Франції в 1789 році, в тому ж році було перекладено на

голландську мову, наступного року його видали англійці, ще через рік — італійці й потім — німці. Щоправда, на батьківщині Бехера і Штала не обійшлося без курйозів — ображені за свій німецький флогістон, «патріоти» привселюдно спалили портрет Лавуазьє.

«Початковий курс хімії» був першою книжкою, де справді прості елементарні тіла було названо простими, елементарними, а справді складні — складними.

І вміщено першу в історії науки таблицю хімічних елементів, з яких утворено складні речовини.

Ось вона.

ПРОСТІ РЕЧОВИНИ

Прості речовини, які належать до трьох царин природи і які можна розглядати як елементи-тіл

Світло
Теплець
Кисень
Азот
Водень

Прості речовини неметалеві, які окисляються і кислотоутворюючі

Сірка
Фосфор
Вуглець
Марієвий радикал (хлор)
Плавиковий радикал (фтор)
Борний радикал (бор)

Прості речовини металеві, які окисляються і кислотоутворюючі

Сурма	Ртуть
Срібло	Молібден
Миш'як	Нікель
Вісмут	Золото
Кобальт	Платина
Мідь	Свинець
Олово	Вольфрам
Залізо	Цинк
Марганець	

Прості речовини землясті, солеутворюючі

Вапно	Магnezія
Барит	Глинозем
Кремнезем	

Перші рядки таблиці Лавуазьє не можуть не викликати подиву. Знову теплець? І що за речовина — світло?

Що поробиш — і найбільшим вченим не все відомо.

Лавуазьє ніяк не міг збагнути, звідки беруться світло і тепло, які виникають під час горіння. І він не придумав нічого кращого, як, вигнавши вогняну матерію з твердих і рідких тіл, помістити її в навколпшню атмосферу. І оголосити, що звичайно вогняна матерія сполучена з киснем, а під час горіння ця сполука ніби розпадається, кисень сполучається з тілом, яке горить, а вогняна матерія виділяється у вигляді тепла і світла.

Неправильно, але дотепно.

Загалом Лавуазьє не знищив флогістону. Але довів, що до складу хімічних речовин ніякий флогістон не входить.

Не слід вимагати від однієї людини забагато. Лавуазьє і так зробив для хімії більше, ніж будь-хто з часів Арістотеля. Ідучи вказаним Арістотелем шляхом, він відкрив спільну для багатьох речовин властивість — сполучатися з киснем. І потім встановив основну властивість речовин — не розкладатися на інші речовини. Цю властивість мали 26 відомих Лавуазьє тіл. Щодо інших п'яти — магnezії, бариту, вапна, глинозему і кремнезему — він написав: «Можна сподіватися, що ці землі незабаром вже не належатимуть до класу простих речовин. Вони — єдині з усього даного класу речовин, які не мають бажання сполучатися з киснем, і я дуже схильний думати, що ця індіферентність щодо кисню, коли мені дозволять вжити такий вираз, відбувається тому, що вони вже самі по собі насичені киснем».

Правду цих слів незабаром було доведено.

Двадцять шість плюс ще п'ять — тридцять один елемент! Проте найголовніше, чим завдячує Лавуазьє наука, це не числом названих ним елементів, а поясненням того, що таке елемент. І краще за все це можна побачити на прикладі ртуті й сірки.

Для алхіміків ртуть була не просто важким рідким металом, а ще й складовою частиною всіх інших металів, сама, в свою чергу, складалася з вологості та холоду. Так само як сірка була не просто твердим, жовтим, горючим тілом, а й складовою частиною олії, вугілля й інших горючих тіл, сама, в свою чергу, складалася з сухості й тепла...

Для Лавуазьє ж ртуть і сірка були двома нерозкладними простими тілами, які могли сполучатися з іншими простими тілами, утворюючи при цьому різні складні речовини, але не інші елементи.

Елементи виявилися зовсім не такі, як їх уявляв собі Арістотель і слідом за ним алхіміки. Кінчилася епоха сумнівів щодо можливості перетворення елементів. Настало точне знання того факту, що під час хімічних реакцій жоден елемент не може перетворитися на інший.

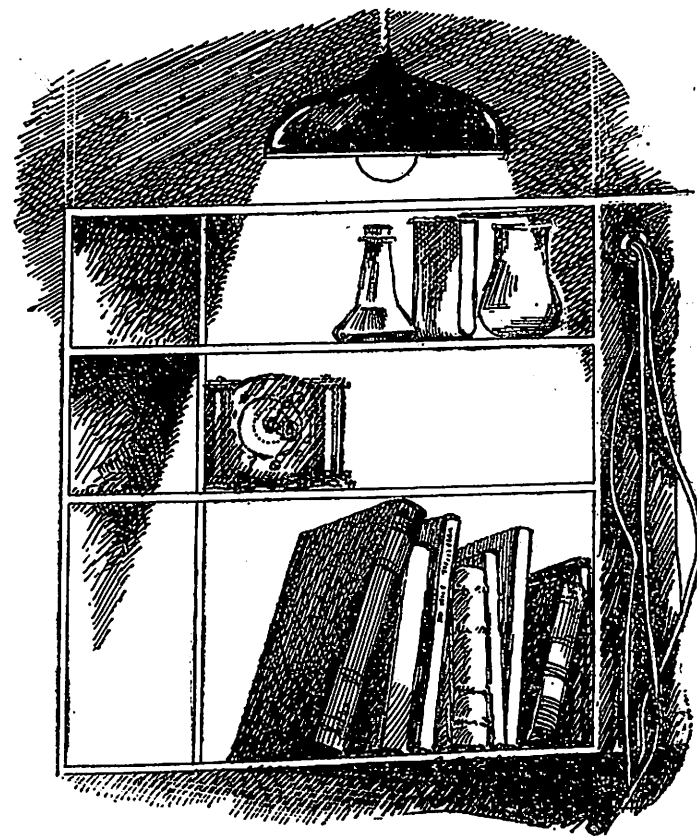
Проте це не означало простого заперечення алхімічних ідей.

Це був величезний крок уперед щодо розуміння природи речей. Замість фантастичного уявлення про первісні частки, з яких складається вся різноманітність навколишнього світу, виникло в основному правильне уявлення про хімічні елементи.

Правда, ніхто ще не знав причин, через які один елемент відрізняється від іншого. Ніхто ще не здогадувався про механізми, з допомогою яких елементи утворюють складні речовини.

І, мабуть, найголовніше — ніхто не розумів, як можна поєднати вчення про хімічні елементи з атомною гіпотезою. Цим і належало насамперед зайнятися.

ЧАСТИНА ТРЕТЯ ЗАПЕРЕЧЕННЯ





РОЗДІЛ ПЕРШИЙ,

в якому Дальтон порівнює вагу атомів різних сортів, а коли число цих сортів починає швидко зростати, Праут і Ньюленде роблять спроби дати хоч якийсь лад серед атомів

ТІЛЬКИ ЦІЛІ ЧИСЛА

У книжках російською мовою чоловіка на ім'я Джон Долтон немає. У минулому сторіччі англійські слова писали у нас, як кому заманеться, — замість Уошингтон вийшов Вашингтон, замість Айвенго був Івангоє, а замість Джон Долтон написали Джон Дальтон.

Так він і лишився Дальтоном.

Про Джона Дальтона його сучасники повідомили чимало недоброго. Приміром: «Він мав відразливі зовнішність і манери, голос — різкий, сварливий, а ходу незграбну». Або: «У нього було менше бажання дізнатися, що зробили інші, ніж твердої певності у правильності того, що зробив він сам».

Втім, і до Аристотеля люди, які знали його особисто, ставилися не дуже приязно. В одній старій, солідній енциклопедії можна прочитати: «За життя А. не любили. Зовнішність мав непривбливу. Низенького зросту, короткозорий і гаркавив. На устах грала в'їдлива усмішка...»

Чи справа тут у геніях? А може, в людях, які їх оточують?

У 1773 році, коли «Початковий курс хімії» Лавуазьє вийшов друком у Франції уже другим виданням, 27-літній провінціальний учитель Джон Дальтон приїхав у велике промислове місто Манчестер на посаду викладача математики і фізики в новому коледжі.

І тут Дальтон розпочав дослідження.

Три питання найбільше його цікавили. Перше. Лавуазьє встановив, що принаймні 26 речовин — елементи — прості тіла, які не розкладаються.

Чому вони далі не розкладаються?

Друге. Жозеф Луї Пруст, досліджуючи кіновар з Іспанії і Японії, кухонну сіль з морів, озер і копалень, воду з гірських льодовиків і глибоких шахт та багато інших складних речовин з різних місць, довів, що будь-яка вода, очищена від домішків, має 11,1% за вагою водню і 88,9% кисню, а будь-яка сіль — 39,3% натрію і 60,7% хлору, а будь-яка кіновар — 86,2% ртуті і 13,8% сірки. І взагалі, що «сполука є привілейований продукт, якому природа дала постійний склад». Як пояснити цю сталість складу будь-якого складного тіла?

Третє. Ще алхімікам було відомо: щоб перетворити на кіновар усю ртуть і всю сірку без залишку, треба взяти їх у певних пропор-

ціях, а саме: відважити 86,2 частини ртуті і 13,8 частин сірки. Інакше або сірка, або ртуть зостануться у лишку. Та коли хіміки від твердих тіл і рідин перейшли до газів, у таких числах виявилася нова особливість. Гази легше було відміряти не у вагових одиницях, а в об'ємних — адже їх збирали у сулії. І ось тут під час переходу від унцій до літрів виявилися дивні речі. Приміром, якщо брати за вагою, то аміак складається з 17,06 частин водню і 82,94 азоту. Нічого особливого. А якщо брати за об'ємом — то з трьох об'ємів водню і одного об'єму кисню. Усі числа виходили цілими! Або інший приклад. Розклали воду, зібрали в одній сулії кисень, у другій — водень. І довелося для кисню брати сулію рівно вдвічі меншу, ніж для водню.

Звідки взялися ці цілі числа?

Відповіді, які знайшов Джон Дальтон, були на диво простими. Чому далі не розкладаються елементи? Бо вони складаються з атомів одного сорту. Атоми ж не можна поділити ніякими способами.

Чому сталий склад складних речовин? Бо складні речовини утворюються з складних атомів — молекул, а кожна молекула — це поєднання певного числа атомів одного сорту з певним числом атомів іншого сорту або кількох інших сортів.

Чому з'явилися цілі числа? Та тому, що атоми неподільні, і вони не можуть входити до складу молекул чвертками чи половинками, отже, молекула води складається з двох атомів водню і одного атома кисню. А молекула аміаку — з трьох атомів водню і одного атома азоту.

Тепер можна було зрозуміти і закон збереження матерії під час хімічних перетворень: куди могла подітися матерія, якщо всі перетворення були тільки переходом одних і тих самих атомів від однієї речовини до іншої.

Однак Дальтон не хотів обмежуватися поясненням уже відкритих фактів. Тільки та теорія гарна, яка дає можливість передбачати нові. І Дальтон зробив передбачення. Перше стосувалося властивостей самих атомів. Оскільки постійна властивість будь-якої речовини — її маса, вага, значить, ця властивість неодмінно є в кожного атома. І атоми різного сорту повинні мати різну вагу.

Друге передбачення стосувалося різних речовин, утворених одними й тими ж елементами. Наприклад, вуглець з киснем можуть утворити два зовсім різні гази — чадний і вуглекислий. Азот із киснем — чотири різні речовини. Було зрозуміло і так, що одні й ті самі елементи входять у ці речовини в різних пропорціях. Дальтон оголосив інше, а саме: в таких сполуках вагові кількості одного елемента, які припадають на одну й ту ж кіль-

кість іншого елемента, будуть кратними, тобто співвідноситимуться між собою як цілі числа. Бо в молекулі однієї такої сполуки може бути тільки два атоми, скажімо, вуглецю замість одного, або три, або чотири, але ж ніяк не півтора — адже атом не ділиться на половинки.

Дальтон сам перевіряв чадний і вуглекислий гази. В чадному газі на три вагові частини вуглецю припадає чотири вагові частини кисню, а у вуглекислому — на ті самі три частини вуглецю вже вісім частин кисню. $8:4=2$.

Ціле число!

Перевіряв Дальтон і сполуки азоту з киснем. Там теж вийшли цілі числа.

Втім, у газів і раніше, коли мали справу з об'ємами, виходили цілі числа. А от у твердих і рідких тілах ніяких простих співвідношень ніхто ніколи не спостерігав.

Дальтон узяв два мідні окиси — чорний і червоний. У чорному виявилось на вагу 79,9% міді і 20,1% кисню, у червоному — 88,8 і 11,2. Тепер треба було врахувати, скільки припадає міді на одиницю ваги кисню і в тому і в другому окисі. Дальтон поділив 79,9 на 20,1. Вийшло 3,96. Потім розділив 88,8 на 11,2. Вийшло 7,92.

Тепер лишалося поділити 7,92 на 3,96. І, звичайно, вийшло ціле число: два. На один атом міді у молекулі чорного окису припадає два атоми міді у молекулі червоного. Закон кратних відношень діяв безвідмовно...

З цього часу хіміки усього світу могли з олівцем чи пером у руках підрахувати, скільки вихідних речовин треба взяти, щоб вони повністю, без остачі, перетворилися на нову потрібну речовину.

АТОМНА ВАГА

Першу таблицю атомної ваги двадцяти елементів склав сам Дальтон і надрукував у книзі «Нова система хімічної філософії». Перший том цієї книжки вийшов друком у 1808 році. Вона мала таку назву: «Таблиця відносної ваги найдрібніших часток газоподібних та інших тіл». Відносної — бо зважити атом Дальтон не міг, а зробив тільки спробу в'яснити, на скільки той чи інший атом важчий за атом водню.

Крім відносної ваги, у таблиці були дані символи хімічних елементів. Раніше кожен речовину позначали своїм символом. Тому свої знаки були не тільки у золота, ртуті чи сірки, а й в

кухонної солі, селітри, оцтової кислоти — взагалі у будь-якої, відомої хімікам, речовини. Виходила китайська грамота.

Дальтон усе спростив: елемент позначався своїм символом, а сполука — символами елементів, які входили до неї. Щоправда, ні символи, які запропонував Дальтон, ні позначена ним у таблиці відносна вага довго не проіснували. Символи-значки були замінені буквами латинських назв елементів. А відносна вага — іншими, більш точними числами.

І все-таки в головному Дальтон мав слушність — у кожного елемента була тільки йому властива атомна вага — число, яке показувало, у скільки разів атом такого елемента важчий за атом водню, або, як стало відомо згодом, однієї шістнадцятої частини атома кисню.

Точне визначення цих чисел стало можливе після того, як з'явився закон Авогадро.

Амедео Авогадро, професор Туринського університету в Італії, замислювався над хімічними реакціями, в яких із одних газоподібних речовин виходять інші газоподібні речовини. Наприклад, ось як розкладається аміак. Якщо повністю розкласти один кубічний дюйм аміаку, то з нього вийде рівно стільки ж азоту і рівно три кубічних дюйми водню. Або, приміром, як утворюється вуглекислий газ. Якщо сполучити кубічний дюйм чадного газу з кубічним дюймом кисню, то буде не два кубічних дюйми вуглекислоти, а тільки один.

Що б це могло означати? Чому більш складний газ завжди займає рівно такий же об'єм, як один з вихідних, і саме той, якого було менше?

Авогадро розмірковував приблизно так.

Молекула складної речовини утворилася з атомів простих речовин або молекул менш складних речовин. Наприклад, молекула аміаку складається з атомів азоту і водню. Отже, в ній не може бути жодної часточки азоту. Отже, число одержаних молекул аміаку не може перевищувати числа атомів азоту.

Але й складні часточки аміаку, і прості часточки азоту займають один і той же об'єм. Чому? Найпростіше це можна було пояснити так: при одній і тій самій температурі і тиску в рівних об'ємах міститься однакове число часток будь-якого газу. Хоч найлегшого водню, хоч важкої вуглекислоти.

З допомогою підміченого Авогадро закону, якому підкоряється життя газів, стало можливим визначити відносну атомну вагу будь-якого елемента. Треба тільки виділити його у вигляді газу чи пари, зібрати у посудину, зважити і порівняти його вагу з вагою іншої такої ж посудини з воднем. Адже від того, чи будете ви ділити вагу одного атома кисню на вагу одного атома водню,

чи вагу мільярда атомів кисню на вагу мільярда атомів водню — результат змінитися не може.

Так було визначено атомну вагу багатьох елементів, і всі вони виявилися різні.

Легшого за водень не було жодного елемента.

А найважчим виявився вісмут. Хоч насправді ще важчим був уран, але правильно визначити атомну вагу урану довго не вдавалося...

Коли дослідники знаходили якийсь новий елемент, то його атомна вага завжди була не така, як у раніш відомих.

Та все ж інші властивості атомів не були такі індивідуальні. Колір, смак, запах, металевий блиск, розчинність, горючість, здатність утворювати кислоти чи, навпаки, луги — не були особливою ознакою. Ці властивості мали — хай у різній мірі — чимало елементів, атоми багатьох сортів.

СКІЛЬКИ ІХ?

У таблиці Лавуазьє, складеній 1789 року, було двадцять шість елементів. Після того, як Лавуазьє пояснив, що таке просте тіло, а що таке — складне, перелік елементів, відомих хімікам, почав зростати з небувалою швидкістю.

Того ж 1789 року з'явилися уран і цирконій, в 1791 — титан, 1794 — ітрій, в 1797 — хром. Перший же рік нового, XIX сторіччя ознаменувався відкриттям ніобію, другий — танталу, третій — церію і паладію, четвертий — радію, осмію, іридію. Згодом, після дворічної перерви, настала черга калію, натрію, барію, стронцію, магнію, кальцію і бору — усі вони були відкриті великим мисливцем за елементами англійцем Хемфрі Деві. Друге десятиріччя XIX століття дало людству хлор, йод, літій, кадмій, селен. Третє — кремній, бром, алюміній, торій. Четверте й п'яте — невеличкий перепочинок: всього три нових елементи — ванадій, лантан і рутеній.

А потім знову злива: 1860 — цезій, 1861 — рубідій, 1862 — талій, 1863 — індій, 1868 — гелій...

Через вісімдесят років, що минули після появи таблиці Лавуазьє з її 26 елементами, люди знали вже понад 60 сортів атомів. Серед нових елементів були такі активні, як калій, що горів навіть у воді. І такі стійкі, як осмії чи іридій, які не боялися найсильніших кислот. Був найлегший метал алюміній і важчі, ніж свинець — торій і уран.

Скільки елементів ще треба відкрити? І які будуть їхні

властивості? І взагалі — від чого ці властивості залежать, за яким законом від елемента до елемента змінюються?

На ці запитання не міг відповісти ніхто.

Тільки-но упорядкований Лавуазьє і Дальтоном світ елементів знову перетворювався на хаос, за яким окремі мислителі марно прагнули вгадати систему.

Англійський лікар Вільям Праут виступив з ідеєю, яку сьогодні не можна не назвати пророчою. Вага будь-якого атома кратна вазі атома водню, бо усі атоми складаються з атомів водню, саме водень і є та первинна матерія, з якої згодом поступово утворилися і всі решта елементів...

Але ця надто приваблива думка не підтвердилася. Точні вимірювання показали: атомна вага більш важких елементів не ділиться без остачі на атомну вагу водню.

Інший англієць Джон Ньюлендс запропонував розташувати всі сорти атомів за принципом зростання атомної ваги і простежити, чи немає при цьому якоїсь закономірності у зміні інших властивостей елементів.

У 1866 році він висловив свою ідею у Лондоні. Та вчені, присутні на доповіді, взяли його на глузи; один фізик навіть запитав: а чи не пробував достославний доповідач розташувати елементи не за атомною вагою, а за абеткою?

І Ньюлендс відступив.

Не принесли успіху й інші спроби виявити закономірну систему елементів, зроблені французом Олександром де Шанкуртуа, німцем Лотаром Мейєром, англієцем Вільямом Одлінгом.

Однак, хоч загальна картина системи елементів до кінця 60-х років XIX сторіччя лишалася невідомою, деякі окремі деталі все ж поступово вимальовувалися.

Найбільше це стосувалося встановлення схожості між окремими елементами і навіть групами елементів.

Чи не найважливіший крок у цій галузі зробив німецький хімік Йоганн Деберейнер. Він встановив, що є групи елементів, схожі не тільки за хімічними, а й за деякими фізичними властивостями. Наприклад, літій — калій — натрій. Або магній — кальцій — стронцій. Або фосфор — миш'як — сурма. Або фтор — хлор — бром. Такі групи Деберейнер назвав тріадами. А встановлена ним закономірність — «закон тріад» — гласила: атомна вага середнього члена тріади є середнє арифметичне атомної ваги її крайніх членів. Такою ж середньою була в середніх елементів тріади і питома вага окисів.

Здавалося б, що могло перешкодити поширенню «закопу тріад» і на несхожі за своїми хімічними властивостями і навіть на всі взагалі елементи?

Але парадоксальна на той час думка про «схожість несхожого» якщо й виникала, то її тут же заперечували, чи остерігалися обнародувати, або ж, як з Ньюлендсом, не могли довести.

До того ж, перешкодою для її утвердження була плутанина з атомною вагою: атомну вагу багатьох елементів було визначено неправильно. І головним чином тому, що більшість дослідників першої половини XIX сторіччя чітко не уявляли собі різниці між двома видами часток речовини — атомами і молекулами. І не розуміли, що закон кратних відношень Дальтона стосується атомів, а закон Авогадро — молекул. Тому, визначаючи атомну вагу того чи іншого елемента, нерідко одержували помилковий результат. Приміром, знаючи, що у воді на одну вагову частину водню припадає вісім вагових частин кисню, і вважаючи, що співвідношення атомів елементів тут один до одного, можна було взяти атомну вагу кисню за 8. А міркуючи так само про перекиси водню, можна було взяти його за 16.

Тільки в 40-ві роки XIX сторіччя французький хімік Шарль Жерар дійшов висновку, що атом є найменша кількість елемента, який входить до складу молекули його сполук. І що молекула є найменша кількість речовини, яка вступає у хімічні реакції і яка займає у газоподібному стані однаковий об'єм для всіх речовин.

Відтоді стало теоретично можливо правильно визначити атомну вагу. Однак, по-перше, не всі вчені одразу погодилися з Жераром. А по-друге, для перетворення теоретичної можливості в реальність треба було подолати чимало технічних перешкод.

І тільки наприкінці 50-х років, коли італійський вчений Станіслав Канніцаро винайшов спосіб визначення атомної ваги металів за густиною їхньої пари і теплоємністю, всі хіміки нарешті погодилися з жерарівськими уявленнями про атом і молекулу.

Про це вдалося домовитися на Міжнародному хімічному конгресі, який відбувся у вересні 1860 року в німецькому місті Карлсруе. Після цього можна було правильно визначити атомну вагу всіх без винятку елементів. Хоч, звісно, на цю роботу треба було витратити чимало часу.

Щоб навести лад у дедалі зростаючому нагромадженні хімічних елементів і дати людству карту атомів, потрібен був геній. Можливо, не менший, ніж Чарлз Дарвін, який розібрався у хаосі рослинного і тваринного світу.

І ніхто з шанованих учасників конгресу в Карлсруе не здогадувався, що цей науковий подвиг звершить двадцятишестирічний російський хімік, який перебував з ними в одному залі, — Дмитро Іванович Менделєєв.

РОЗДІЛ ДРУГИЙ,
в якому багато чого
відбувається не так,
як належить

РАДА З ПЕТЕРБУРГА

У 1859 році німецькі вчені Густав Кірхгоф і Роберт Бунзен підмітили нову, досі не відому властивість атомів: якщо розжарити якусь речовину і примусити її світитися, а потім пропустити це світло через скляну призму, то можна помітити, що спектр у неї буде не такий, як в іншій речовині. У спектрі натрію, наприклад, найяскравішою буде жовта смужка, а у спектрі магнію — зелена.

Коли Кірхгоф і Бунзен виявили ці дивні властивості атомів різного сорту, вони побудували спеціальний прилад спектроскоп, який давав змогу одержати спектр найдрібнішої частки речовини. І почали досліджувати у цьому приладі найрізноманітніші мінерали. І от в одному мінералі, в спектрі якого світилася яскраво-блакитна смужка, вони відкрили новий елемент цезій («небесно-блакитний»), а в іншому мінералі — в його спектрі світилася багряна смужка — новий елемент рубідій («червоний»).

Спектроскоп узяли на озброєння десятки дослідників у багатьох країнах. І незабаром було відкрито ще два нові елементи.

Один з них названо талієм («таліос» — означає молодий зелений пагін), а другий індієм («індіго» — найкраща синя фарба); у спектрі першого вчені помітили властиву тільки цьому елементу яскраво-зелену смужку, у спектрі другого — яскраво-синю.

Після талію й індію настав час гелію...

З усіх вчених, які захопилися спектральним аналізом, найбільший успіх вивав на долю хіміка Поля Лекока де Буабодрана — йому пощастило виявити три нові елементи.

Найпопулярнішим стало його перше відкриття. І не тому, що перший, відкритий Буабодраном елемент, названий на честь батьківщини першовідкривача галієм, виявився більш поширеним і важливим для техніки, ніж згодом відкритий ним самарій і диспрозій. Ні, відкриття галію справило величезне враження на весь учений світ зовсім з іншої причини...

Можна уявити собі радість дослідника, коли він, розжаривши шматок звичайнісінького мінералу, побачив у його спектрі зовсім незвичайну, фіолетову лінію, яка раніше нікому і ніколи не траплялася, і вже через день, багато разів повторивши експеримент і порівнявши спектр зі спектрами відомих елементів, мав можливість написати французькому академікові Вюрцу:

«Позавчора, 27 серпня 1875 року, між другою і четвертою годинами ночі, я виявив новий елемент у мінералі цинкова оманка з рудника П'єрфітт у Піренеях...»

Можна уявити собі те задоволення, яке відчув дослідник, коли після цілого року наполегливої, кропіткої праці йому пощастило виділити кілька тисячних часток грама цього нового елемента і визначити деякі його властивості, в тому числі атомну вагу, яка була близькою до 69, і густину, що дорівнювала 4,7.

Важче уявити відчуття Буабодрана, коли він довідався, що петербурзький професор Дмитро Менделєєв, у якого не було найменшої крупинки галію, все-таки дозволив собі не тільки заперечувати правильність знайденої ним, Буабодраном, густини нового елемента, не тільки називати інше, на його думку, точніше число 5,9, але ще й давати поради. Він рекомендував краще очистити препарат від натрію і тоді вже визначати густину.

У наш час така порада не могла б ні вразити, ні навіть здивувати. У наш час хіміку передбачити ту чи іншу властивість ще не відкритого елемента не пабагато складніше, ніж пасажирові поїзда чи літака передбачити час свого прибуття з одного міста в інше.

Проте в ті часи чимало серйозних вчених ставилися до можливості подібних передбачень досить-таки скептично. Так, коли відомий Бунзен дізнався, що Менделєєв передбачив існування кількох нових елементів з певними властивостями, він сказав:

«Дайте мені біржові відомості, і я берусь на їхній підставі передбачити вам усе що завгодно».

Не треба через це вважати Роберта Бунзена консерватором у науці. Він ним не був. Просто він пам'ятав чимало здогадів, висловлених з приводу ще не відкритих елементів, які згодом не підтвердилися. І він, як і більшість дослідників, віддавав перевагу над великим болотом передбачень вузькій, але надійній стежці експериментів.

Чи знав Буабодран про висловлювання Бунзена щодо біржових відомостей, чи ні, не відомо. Але навряд чи він сам, уже немолодий, 36-річний експериментатор, дотримувався інших поглядів на можливість теорії. І все ж він не міг, ознайомившись з одним із менделєєвських передбачень, не помітити дивного збігу виявлених на досліді властивостей галію з передбаченими властивостями гіпотетичного «екаалюмінію». Збігалася їхня атомна вага. Збігався метод відкриття. Збігалися реакції їхніх сполук із сполуками інших елементів. Не збігалась тільки густина.

І Лекок де Буабодран вирішив прислухатися до поради, яку він одержав з далекої Росії.

Він ретельно очистив галій від домішок натрію і заново виміряв густину нового елемента.

Петербурзький професор, який у віці не бачив галію, мав слухність: густина дорівнювала 5,9, а не 4,7.

ХОЧЕШ ВІР —
ХОЧЕШ ПЕРЕВІР

З давніх-давен прийнято вважати гордістю родини — первістка, старшого сина. Саме його оголошували, як правило, пащадком монарха. І в палату лордів, і в боярську думу вступав старший



в роду. І неподільні батьківські маєтки теж діставалися йому. І тільки казки завжди були на стороні меншого...

Що ж до історії науки, то тут справи були зовсім не так, як у вищому товаристві. Кавендиш, наприклад, був не першим, а другим сином герцога Девонширського. Роберт Бойль — не першим, а сьомим сином графа Корка. Про Джона Дальтона точно відомо, що в нього був старший брат...

27 січня 1834 року в місті Тобольську, в родині директора міської гімназії Івана Павловича Менделєєва і його жінки Марії Дмитрівни народився сімнадцятий малюк, наречений на честь діда Дмитром.

Дитинство хлопчика минуло за тридцять верст від міста, у селі

Аремзянці. Там він уперше побачив чудеса: на маленькому заводку звичайний пісок перетворювався на прозоре скло.

Коли Дмитро Іванович закінчив Тобольську гімназію, батька вже не було на світі. Мати відвезла молодшого сина до Петербурга і там виклопотала йому можливість на казенний кошт учитися в педагогічному інституті. Поки вчився — багато хворів. Лікарі вирішили — сухоти і прирекли його на ранню смерть.

Закінчивши інститут, Менделєєв поїхав у Крим. На півдні йому пощастило зустрітися з уславленим медиком Миколою Івановичем Пироговим. Той оглянув юнака і сказав: «Проживеш до ста років, нема в тебе ніякого туберкульозу».

Менделєєв повірив Пирогову, незабаром повернувся до Петербурга і прожив у тамтешньому нелегкому кліматі, щоправда, не до ста, а до сімдесяти трьох років — завжди у безперервній праці.

Згодом його часто називали генієм. «Який там геній, — казав він. — Працював усе життя, от і став генієм».

Працював усе життя. Спускався у вугільні шахти. Піднімався на повітряній кулі. Досліджував нафтові промисли Кавказу і Америки. Клопотав про відкриття північного морського шляху. Вчив студентів. Писав книжки. Виводив на чисту воду лжевчених...

Але головною справою життя Менделєєва став відкритий ним закон природи: періодичний закон хімічних елементів.

Про відкриття законів природи складено чимало легенд. Про Архімеда, який з криком «Еврика!» вискочив з ванни, помітивши, що занурене у воду тіло втрачає вагу рівно на стільки, скільки важить витиснута ним вода. І про Ньютона, який відкрив закон всесвітнього тяжіння, дивлячись на яблуко, котре падало. І про Демокріта, який передбачив атоми.

Про великого Менделєєва теж існують різні оповідки.

Одна з них називається:

ІНТЕРВ'Ю

Репортер газети «Петербургский листок»:

— Як вам спала на думку, Дмитре Івановичу, ваша періодична система?

Менделєєв:

— О боже!.. Адже не так, як вам, батеньку! Не п'ятак за рядок!.. Не так, як вам! Я над нею, може, двадцять п'ять років думав, а ви вважаєте: сидів — і раптом, п'ятак за рядок, п'ятак за рядок, готово! Не так-с! Ну-с, усе? У мене часу нема...

Друга оповідка — вона відома зі слів друга Менделєєва, чеського хіміка Браунера — називається:

КАРТОНКИ

«Коли я починав писати свій підручник, відчув, що мені бракує системи, яка б дала змогу розподілити хімічні елементи. Я бачив, що всі існуючі системи штучні, а тому непридатні для моєї мети; я дошукався встановлення природничої системи. З цією метою я написав на маленьких шматочках картону знаки елементів і їхню атомну вагу, після чого почав групувати їх різними способами відповідно до їхньої схожості. Але цей спосіб не задовольняв мене доти, доки я не розташував картонки одну за одною відповідно до збільшення атомної ваги...»

Третя оповідка, наведена зі спогадів геолога Олександра Олександровича Іностранцева, називається:

У СНІ

«Одного разу завітав я до Д. І. Менделєєва в якихось справах і застав його у чудовому настрої: він навіть жартував, що бувало з ним дуже рідко. Це сталося незабаром після знаменитого відкриття закону періодичності елементів. Скориставшись таким благодушним настроєм Дмитра Івановича, я звернувся до нього з запитанням, що наштотувало його на знамените відкриття. На це він відповів, що вже давно запідозрив якийсь зв'язок між елементами і що багато й довго думав над цим. Протягом останніх місяців Дмитро Іванович зіпсував чимало паперу, щоб знайти у вигляді таблиці цю закономірність, але все було марно. Останнім часом він знову наполегливо взявся за це питання і, як казав він сам, був навіть близько до його розв'язання, але нічого завершального все-таки не виходило. Перед самим відкриттям закону Дмитро Іванович проморочився з таблицею, яку шукав, цілу ніч аж до ранку, і все ж нічого не вийшло; він спересердя кинув роботу і, мучачись бажанням виспатися, тут же, у робочому кабінеті, повалився на канапу і заснув.

У сні цілком ясно побачив цю таблицю, яку згодом було надруковано.

Навіть у сні радість його була така велика, що він одразу ж прокинувся і швидко записав таблицю на першому-ліпшому клап-

ткові паперу, який валявся на копторці. Вніс тільки одне вправлення і відіслав у друкарню. Можливо, цей клаптик паперу зберігся і до наших днів. Менделєєв частенько використовував для заміток невикористані напіваркушки поштового паперу від записок, які він одержував».

Отож, за першою версією, Менделєєв відкривав свій закон протягом двадцяти п'яти років; за другою — відкрив його досить швидко, коли почав писати підручник; за третьою — взагалі не відкривав, а просто побачив його у сні.

А як було насправді?

РОЗДІЛ ТРЕТІЙ,

в якому Менделєєв ставить поруч зовсім несхожі атоми

ЗНАХІДКИ В АРХІВІ

Історія науки знає дивовижні приклади того, як людина, повіривши в легенду, добивалася бажаного успіху. Шліман, повіривши в поеми Гомера про подвиги стародавніх ахейців, розкопав у Туреччині Трою. Еванс, повіривши у міф про Тезея, розкопав на острові Криті лабіринт. Зовсім недавно люди, повіривши в сагу про Еріке Рудого, знайшли залишки скандинавських поселень в Америці.

Радянський історик науки академік Боніфатій Михайлович Кедров надумав перевірити оповідки про відкриття Менделєєва. Стараючись препарувати за документами вікової давності кожну годину, а де вдавалося — і кожну хвилину тих днів, Кедров описав наслідки цієї перевірки в дуже цікавій праці «Мікроанатомія великого відкриття». Це дослідження дає можливість крок за кроком простежити розвиток менделєєвської думки.

Власне, першу оповідь перевіряти було нічого. Усі праці Менделєєва, починаючи з магістерської дисертації, так чи інакше вели до відкриття закону. Менделєєв вивчав ізоморфізм — здатність різних елементів заміщати один одного в одному й тому ж кристалі, не порушуючи його первісної конструкції. І шукав відповіді на запитання: чи не зв'язана ця властивість з атомною вагою елементів? Згодом він вивчав питомий об'єм простих речовин, а питомий об'єм — це атомна вага, поділена на питому вагу. Згодом зайнявся вищими окисами, тобто такими сполуками елементів з киснем, у яких елементи використовують повністю свою валентність — основну хімічну властивість атома, про яку докладно йтиметься трохи далі.

Отож у першій оповідці все правильно: відкриття було наслідком багаторічної праці і роздумів.

А як же дві інші? Картонки? Любов Менделєєва писати на законному папері? І сон?

Саме це належало перевірити.

Усі папери Дмитра Івановича Менделєєва після його смерті у 1907 році було зібрано в старій квартирі при Петербурзькому університеті, де він прожив двадцять років і зробив своє велике відкриття.

1924 року в Ленінграді сталася велика повінь, майже така, про яку писав Пушкін у «Мідному вершнику». Нева рознуртувалася, балтійські води ринули в місто. А університет стоїть на самому березі. Вода залила квартиру Менделєєва, і чимало книжок підмокло. Ті, що лишилися сухими, службовці університету зв'язали паками разом з різними документами і зуміли зберегти.

Чверть століття ніхто не торкався цих пак. Тільки після Вітчизняної війни менша дочка Менделєєва Марія Дмитрівна, директор Менделєєвського музею, взялась упорядковувати їх.

В одному з пакунків, які вона розбирала, знайшла дві таблиці елементів, складені самим Менделєєвим. Перша — з безліччю поміток, помарок і виправлень, явна чернетка. Друга — чиста, майже без виправлень.

Це були рукописні начерки найпершої періодичної таблиці елементів, яку було віддруковано на окремому аркуші 1 березня 1869 року (за новим стилем — 13 березня) і того ж дня розіслано багатьом вітчизняним та іноземним хімікам. На чистому аркуші було зроблено напис двома мовами — російською та французькою: «Дослід системи елементів, основаної на їхній атомній вазі і хімічній схожості». І стояла дата:

18 $\frac{II}{17}$ 69,

тобто 17 лютого 1869 року.

Кедров довго розглядав аркуші.

Чернетка була справжньою головоломкою.

Серединка аркуша майже така, як у чистовика, тільки елементи розташовано не за зростанням атомної ваги, а за зниженням. Водень опинився ліворуч знизу, а свинець праворуч зверху.

Та зате довкруг цієї серединки — і вгорі, і внизу, і по боках — панувало жахливе безладдя: одні символи і цифри було закреслено, інші вписано, в багатьох місцях стояли знаки запитання, деякі написи взагалі нерозбірливі і незрозумілі.

Це було схоже на письмовий стіл під час роботи. Він теж сторонній людині може здатися хаотичним нагромодженням книжок, рукописів, шухляд з картками, аркушів паперу. А насправді це зовсім не хаос. У цьому безладді є свій порядок, своя ідея.

На аркуші ніби відбився хід якоїсь думки. Ось, у нижній його частині, стовпчики символів елементів з атомною вагою. І всі закреслено, крім одного — «In». І біля цього одного, не закресленого, стоїть питальний знак. Мабуть, Менделєєв так і не додумався, що йому робити з цим «In». А з іншими додумався? Певче, так, оскільки він їх закреслив. Очевидно, те, заради чого він їх виписав, було зроблено, і вони йому стали не потрібні.

А може, саме на цьому аркуші Менделєєв зафіксував картину, яка вийшла в нього, коли він по всякому розкладав оті самі картонні картки, про які згодом розповідав Браунеру? Схоже, дуже схоже на це...

Але з чого ж почав Менделєєв? З того незакресленого «In»? Чи з незрозумілого напису «несупоб» під символом тербію? Чи з такого ж незрозумілого напису «невзо»?..

Словом, з якого кінця розплутувати цей ребус, було неясно.

Другий аркуш, чистовик, нічим допомогти розгадати ребус не міг. Адже його було написано після того, як робота з чернеткою була закінчена. А допомогти могла тільки знахідка, яка передувала чернетці...

А втім... Втім, чистовик саме й міг допомогти — адже на ньому стояла дата!

Не все втрачено. Треба шукати. Шукати архівні матеріали, позначені тією ж датою, тим же 17 лютого.

І розпочалися пошуки.

Документи менделєєвського архіву було підшито не просто за числом їх появи, а за темами. В одній папці лежали, наприклад, папери, які стосувалися періодичного закону, в другій — нафтової промисловості, у третій — сільського господарства. Між іншим, Менделєєв дуже цікавився сільським господарством і у своєму селі Боблові проводив чимало агротехнічних дослідів. І взагалі, оскільки Менделєєв цікавився багатьма предметами, то й папок виявилося багато. У кожній могли знайтись аркуші, які відносилися саме до 17 лютого.

Минуло небагато часу, і Кедров тримав у руках ще два документи, датовані тим же числом.

Один було знайдено співробітниками музею у власноручно переплетеному Менделєєвим першому виданні «Основ хімії» — того самого підручника, про який Менделєєв казав Браунеру, що саме під час його написання він звершив відкриття. Знайдений аркуш було списано символами хімічних елементів.

Друга знахідка виявилася в папці, призначеній для паперів з питань сільського господарства; це був лист секретаря Вільного економічного товариства Ходнєва з приводу обстеження сироварень, яке мало відбутися. Але головним був не сам лист, а те, що написано Дмитром Івановичем на його звороті.

ПОЧАТОК

Природний поділ людьми усіх речей, залежно від їхніх властивостей, на групи привів спочатку до вчення про чотири першоелементи. У XIX сторіччі розуміння природи речей стало набагато глибшим і детальнішим. І новий поділ речовин на групи відповідав цьому розумінню.

Про те, що існують блискучі, ковкі метали — золото, срібло, мідь, олово, платина та інші метали — було відомо дуже давно. Тепер до них додалися нові блискучі і ковкі елементи: нікель, кобальт, алюміній, рутеній та багато інших.

Усі ці речовини були ніби родичі. А деякі з них здавалися зовсім близькими рідними: наприклад, натрій, калій, літій, який приєднався до них на самому початку століття. Ці метали були такі м'які, що їх можна було різати ножем. І сполучалися з киснем з такою пожадливістю, що відбирали його майже у будь-якої речовини. А їхні сполуки з киснем дуже легко розчинялись у воді, утворюючи їдкі луги.

Така ж група схожих елементів була і серед неметалів. Наприклад, фтор, хлор і бром так само завзято сполучалися з воднем, як лужні метали з киснем. І сполуки ці так само легко розчинялись у воді. Тільки виходили тут уже не луги, а дуже міцні кислоти.

Мабуть, найцікавішою властивістю атомів, на яку хіміки звернули увагу вже після смерті Дальтона, була так звана атомність. Це поняття ввів у 1853 році англійський хімік Едуард Франкленд. Тепер замість «атомність» хіміки кажуть «валентність».

Франкленд вивчав сполуки металів з органічними радикалами — частинами органічних молекул, які здатні поводити себе в реакціях так, як атоми. І виявив, що натрій може приєднувати до себе тільки один радикал. А цинк — два радикали. Алюміній — три. За цією ознакою, відповідно числу радикалів, чи атомів, які приєднувалися, усі сорти атомів ніби поділялися на сім груп. І тут спорідненість деяких елементів, яку помічали й раніше, ставала ще очевиднішою.

Лужні метали — натрій, калій і літій — виявились одновалентними. Вони могли приєднати до себе тільки по одному атому. А галогени — фтор, хлор і бром — були семивалентні.

Коли лавина елементів почала зростати й виникла насущна потреба розібратися у родинних стосунках усіх елементів, чимало вчених зробили спробу побудувати одну систему елементів, поклавши в її основу якусь властивість.

Наприклад, металічність. Скажімо, брали один з найактивніших металів — літій, натрій чи калій — і ставили його першим, а останнім ставили якийсь безумовний неметал, наприклад, фтор.

Але так побудувати систему не вдалося. Миш'як, бор, титан, ванадій і багато інших елементів виявлялися якимись проміжними: в одних випадках вони поводити себе, як метали, в інших — як неметали.

Пробували взяти за основу ставлення елемента до кисню і водню. Тут усе було гаразд, поки йшлося про елементи з порівняно невеликою атомною вагою. А далі починалась плутанина. Наприклад, фтор з киснем ніяк не хотів сполучатись, але схожий на нього йод робив це досить легко.

Нічого не виходило і з валентністю. Однакова валентність була у таких різних елементів, як калій, який сам собою загорався у повітрі, і золото, яке відзначається чудовою стійкістю.

Отже, спроби розташувати в одній шерензі всі елементи залежно від хімічних властивостей, які їм притаманні, успіху не мали.

Не мали успіху й перші спроби розташувати всі елементи за порядком їхньої атомної ваги. Що це виходило за шеренга? Немов паркан з різних за розміром штахет — одна довга, друга коротка, одна груба, друга тонка. Поруч, наприклад, опинялися кисень, який підтримував горіння, азот, який не підтримує горіння, і вуглець, який сам горить. Такий порядок був гірший за будь-який безлад.

З чого почав Менделєєв, стало зрозуміло тільки після того, як до рук Кедрова потрапив лист, на звороті якого було написано кілька хімічних символів, а вище за всіх, явно написані першими, один під одним стояли «Cl» і «K».

Хлор і калій. Сусіди у ваговій шерензі: атом хлору у тридцять п'ять разів важчий за атом водню, атом калію — у тридцять дев'ять. І — цілковита протилежність за хімічними властивостями. Найближчі і водпочас пайдальші.

Такого порівняння не робив ніхто. Це було одне з найпервінших місць шеренги.

Це був вузол.

Люди, як правило, шукають круглих шляхів, пробують будувати хай німічні, та все ж містки через прірви і рівчакі,

шукають дорогу полегше. Люди незвичайні йдуть прямо, прірви і рівчаки долають стрибком, в житті беруться за найважче.

За переказами, оракул обіцяв володарювання над Азією тому, хто розв'яже вузол на колісниці, яку пожертвував у храм Фрігії-ський цар Гордій. І от нібито про це довідався Олександр Македонський, увійшов до храму, видобув меч і розрубав гордій вузол.

Менделєєв теж ухопився за вузол, щоб його розрубати.

ТРЕТІЙ ЗАЙВИЙ

Того дня Менделєєв надто поспішав. На десять днів, починаючи з 17 лютого, дістав він виклопотану в університеті відпустку. Він мав їхати в Новгородську губернію, потім у Тверську губернію, а згодом у Москву. Крім обстежень сироварень, яке йому доручило Вільне економічне товариство, він хотів заїхати ще у Боблово, побачитись із своєю ріднею.

Він щойно одержав пошту і, снідаючи, читав настановчого листа секретаря товариства.

Та, читаючи, він не переставав думати про своє. Про невловиму систему змін властивостей елементів.

Він думав про неї вже багато років. Але зараз система ця була йому потрібна, як ніколи. Треба продовжувати «Основи хімії». Він розповів уже про лужні елементи — про літій, натрій, калій. Про що писати далі? Про лужноземельні, найближчі до лужних — магній, кальцій, барій, стронцій. А потім — про цинк, кадмій? Чи про мідь, срібло? Ні, найкраще все ж таки про цинк і кадмій, вони двовалентні, так само, як магній, як усі лужноземельні. Але тоді чому одновалентні, такі, як літій і кадмій, мідь і срібло, мають пропускати вперед двовалентні елементи?

Де логіка? Логіки немає! Точніше, вона є, вона полягає у точній послідовності атомної ваги. Щоправда, ця логіка фізична, і вона поки що не зважає на логіку хімічних властивостей.

Звісно, схоже одразу впадає в око. Хто не знає, що лужноземельні елементи схожі на лужні? І в той же час вони і за атомною вагою йдуть один за одним. Близькі, надто близькі. Натрій 23, магній — 24, калій — 39, кальцій — 40.

Але ж не всюди так. Виходить, закон збігу — закон, який змінюється.

А що, як зайти з іншого боку? Пошукати серед близьких за атомною вагою не ті, які хімічно близькі, а саме навпаки?

Думка була настільки парадоксальна, що Менделєєв ухопив олівець і на першому-ліпшому клаптику паперу — на звороті щойно одержаного листа — записав: «Cl». А під символом хлору: «K». Підвівся і з листом у руці швидко пішов до кабінету — добре, що він був поруч.

Він написав на тому ж звороті листа кілька цифр, потім схопив аркуш чистого паперу і почав на ньому писати символи і по пам'яті цифри атомної ваги.

Але переставляти елементи з місця на місце на аркуші паперу було незручно.

Менделєєв окинув оком кабінет і зупинив свій погляд на колоді карт — він любив розкладати пасьянси, коли відпочивав.

Ось що йому треба — карти. Не такі, звісно, а з символами елементів. Щоб їх можна було розкидати на столі і перекладати з місця на місце.

Менделєєв дістав із шухляди конторки пачку нещодавно віддрукованих візитних карток, відлічив сімдесят штук, решту поклав назад у шухляду, а ті, що виїняв, перевернув чистою стороною вверх.

Потім узяв перший випуск «Основ хімії», відкрив на сторінці, де був список простих тіл, і почав підставляти атомну вагу елементів. І переписувати їх на картки.

І от уже перша картка стає воднем, друга — літієм, третя — бором...

Колода готова. Лишилось тільки взяти із купки на столі ще один чистий аркуш паперу, щоб записувати, як лягають картки.

Про поїздку вже не могло бути й мови.

Менделєєв розділив усі картки на чотири купки. У першу він зібрав групи елементів, схожість яких у нього не викликала ніяких сумнівів, а властивості були добре відомі — і атомна вага, і валентність, і характер спорідненості з іншими елементами. Таких карток набралось двадцять сім штук: лужні метали — літій, натрій, калій, рубідій, цезій; галогени — фтор, хлор, бром, йод; потім кисень і багато чим схожі з ним сірка, селен, телур; далі схожі за багатьма ознаками азот, фосфор, миш'як, сурма, вуглець, кремній, олово; ще схожі — магній, цинк, кадмій; нарешті, явно близькі — мідь, срібло, ртуть. До останньої групи можна б додати ще й золото. Однак воно було вже надто схоже на платину, і атомна вага майже така сама: золото — 197, платина — 194.

Разом з золотом, платиною і зовсім уже близькими до платини паладієм, родієм, рутенієм, іридієм і осмієм він одклав картки деяких недостатньо вивчених важких елементів.

До третьої купки належали не дуже зрозумілі за своєю спорід-

неністю, але більш легкі елементи, такі, як бор, алюміній, кобальт.

І нарешті до четвертої потрапили кілька майже зовсім не вивчених, щойно відкритих, дуже рідкісних елементів, таких, як ітрії абб, наприклад, індій.

Тепер можна було будувати таблицю, використовуючи в першу чергу картки з першої купки.

Менделєєв узяв перше сімейство лужних металів і вишикував його в ряд. Спершу найлегший літій, за ним трохи важчий — натрій, за ним ще важчий — калій, потім рубідій; останнім став найважчий — цезій, з атомною вагою 133, нещодавно відкритий Бунзенем і Кірхгофом, але він, без сумнівів, належав до цієї родини: пожадливість його до кисню була такою великою, що тримати його можна було тільки у запаяній посудині.

Під лужні метали Менделєєв поклав картки галогенів. Так, щоб один під одним стояли сусіди по атомній вазі: під літій з атомною вагою 7 ставити нічого не довелося — галогену з атомною вагою, легшою 18, не існувало. Цей найлегший галоген фтор опинився під натрієм, хлор під калієм, бром — під рубідієм, йод — під цезієм.

Точнісінько так же, як калій і хлор, усі решта пар елементів були найближчими сусідами за атомною вагою і зовсім протилежними за властивостями. Якщо один у парі був одновалентний, то інший неодмінно семивалентний.

Шлях обрано правильно. Можна було йти далі.

Кисень — під фтор, сірку — під хлор, селен — під бром, телур — під йод: шестивалентні під семивалентними.

Тепер п'ятивалентні: азот — під кисень, фосфор — під сірку, миш'як — під селен, сурму — під телур.

А куди ж вісмут? Над ним нема ні родича кисню, ні родича йоду... Гаразд, хай поки що стоїть самотою, без пари. Є ж ще елементи і в інших купках! Може, якийсь підійде...

Не все гаразд вийшло і в наступному вуглецевому сімействі, яке розташувалося нижче. Тут не знайшлося підходящої пари для миш'яку. Вуглець з атомною вагою 12 розташувався під азотом з атомною вагою 14; кремній з атомною вагою 28 — під фосфором з атомною вагою 31. Всюди різниця на дві-три одиниці: сусіди! А під миш'яком з атомною вагою 75 виявилася дірка.

Розташували решту елементів першої купки, чимало з яких теж опинилися без пари або без родичів, Менделєєв взявся шукати місця карткам з інших купок.

Він почав з родини лужноземельних: тут схожі один з одним елементи виявились і найближчими сусідами за вагою — кальцій з атомною вагою 40 ставав над калієм з атомною вагою 39,

магній (24) над натрієм (23), стронцій (87) над рубідієм (85), барій (137) над цезієм (133).

Щоправда, літій знову залишився без пари. Ось уже всі картки вишикувались за порядком атомної ваги у сім шеренг — за числом родин елементів. І над літійем опинився... бор, нічим не схожий на магній чи кальцій елемент, не двовалентний, як лужноземельні, а тривалентний, як алюміній. Що за дивина?

Менделєєв ще раз уважно перевірів початок таблиці. Літій, атомна вага 7, одновалентний метал. Бор, атомна вага 11, пібіто схожий на метал, тривалентний. Вуглець, атомна вага 12, проміжний елемент між металами і неметалами, чотиривалентний. Азот, вага 14, неметал, п'ятивалентний. Берилій, вага трохи більша 14, метал, тривалентний. Кисень, вага 16, неметал, шестивалентний. Фтор, вага 19, неметал, семивалентний. Натрій, вага 23, метал, одновалентний.

Стоп! З одновалентного натрію має починатися друга сімка...

Натрій, вага 23, одновалентний. Магній, 24, метал, двовалентний. Алюміній, 27, метал, тривалентний. Кремній, 28, проміжний елемент, чотиривалентний. Фосфор, 31, неметал, п'ятивалентний. Сірка, 32, неметал, шестивалентна. Хлор, 35, неметал, семивалентний. Калій...

Друга сімка була зразковою — атомна вага йшла одна за одною без перебою, і валентність у кожного наступного елемента збільшувалася рівно на одиницю.

Менделєєв знову повернувся до першої сімки. Елементи тут стояли неправильно. І неправильностей було дві. Перша: після одновалентного літію стояв тривалентний бор. Друга: після п'ятивалентного азоту стояв тривалентний берилій.

Якщо перша помилка була цілком незрозуміла, то друга пояснювалася тим, що берилій явно зайняв не своє місце. Якби його тут не було, після п'ятивалентного азоту йшов би шестивалентний кисень. І взагалі азот і кисень така сама пара, як інші елементи цих двох шеренг, фосфор і сірка, миш'як і селен. А берилій тут — третій зайвий! Як він попав на чуже місце?

РОЗДІЛ ЧЕТВЕРТИЙ,
в якому Менделєєв
розгадує загадку берилію

БЕРЦЕЛІУС ЧИ АВДЄЄВ?

Атомна вага берилію — 14,1. Отже, його місце між азотом і киснем.

Але в такому разі порушувався стрій усієї першої сімки елементів. Виходило, як у відомому старому анекдоті, коли весь

взвод ішов не в ногу, а в ногу крокував тільки один поручик. Слід було до цього старого «поручика» придивитися краще.

...З глибокої давнини були відомі й високо цінувалися прозорі, густо-зелені ізумруді і зеленувато-блакитні аквамарини.

А такі ж самі за формою кристали, але безбарвні, називалися бериллами, від грецького слова «берилос» — «блискучий», «блискотливий».

Ізумруді й аквамарини вставляли в корони і скіпетри царів, а берили вельможні римляни використовували замість окулярів або, точніше, замість луп.

У другій половині XVIII сторіччя, коли хіміки почали аналізувати всі природні мінерали, цієї участі не минув і берил.

Саме тоді пощастило з'ясувати, що ізумруд, аквамарин і берил — це, власне, одне й те ж. Тому й форма кристалів у них однакова. А різний колір залежить від мізерних домішок інших речовин: у аквамарині є залізо, в ізумруді — залізо й хром. З чого ж складається це коштовне каміння?

Вважалося, що з глинозему — землі, з якої згодом було виділено елемент глиній, пізніше названий алюмінієм, і з кремнезему — землі, з якої згодом було виділено елемент кремній.

І тільки у 1798 році француз Луї Нікола Воклен відкрив у берилі, крім кремнезему й глинозему, ще одну нову землю.

Вона була дуже схожа на глинозем. Але були в неї і деякі мінності — вони й допомогли її виділити. Приміром, в одному з м'яких лугів — у вуглекислому амонію — глинозем пізніше хотів розчинятися, а нова земля розчинялася досить легко. І ще: солі, які утворювались цією землею, були солодкі на смак.

За цією ознакою Воклен і надумав назвати відкриту ним у берилі нову землю гліциною — від грецького слова «глікос», або «глюкос», що означає «солодкий» (Від цього ж грецького прикметника утворено слово «глюкоза»).

Приблизно тоді ж було відкрито елемент ітрій, і його солі виявилися теж солодкі. І шведський хімік Екеберг запропонував землю, одержану з берилу, так і називати — бериловою.

У нашій країні виділений з берилової землі елемент довго називався гліцієм, гліцинієм, гліцинітом і навіть солодком. Та згодом, як і в інших країнах, його почали називати берилієм.

Через труднощі відокремити окиси берилію від окисів алюмінію (глинозему) берилій вважали родичем алюмінію.

І оскільки алюміній був тривалентний, вважалося, що й берилій теж тривалентний і що окис берилію, як і глинозему, має формулу Be_2O_3 . І що хлористий берилій, як і хлористий алюміній, має формулу $BeCl_3$. Так писав відомий хімік першої половини XIX сторіччя швед Йєнс Якоб Берцеліус.

Правда, з Берцеліусом не згоджувався російський хімік Іван Васильович Авдєєв. Він довгий час працював на Уралі, де багато аквамарину, ізумруді і берилу, і добре вивчив їх, а також зробив аналізи сірчаноокислого і хлористого гліцію і подвійних солей гліцію з калієм. Авдєєв доводив, що гліцій здебільшого поводить себе як магній, а зовсім не як алюміній. Та в Західній Європі не дуже-то зважали на дослідження російських хіміків. І думка Авдєєва загальною не стала.

Менделєєв ці праці Авдєєва, надруковані в тому ж «Горном журнале», в якому була надрукована і перша стаття Менделєєва, знав і високо цінував. І, замислившись над місцем берилію у таблиці, він одразу згадав про дослідження Авдєєва.

ЗАКОН Є ЗАКОН

«А що як має слухність Авдєєв, а не Берцеліус? — думав Менделєєв. — Коли берилій справді побратим не алюмінію, а магнію? Коли він двовалентний, а не тривалентний? Тоді й місце його буде не в шерензі алюмінію, а в шерензі магнію!»

Менделєєв забрав картку з символом «Be» з її попереднього місця.

Тепер азот і кисень зімкнули ряди, і тут було встановлено цілковитий порядок, як і в другій сімці: після п'ятивалентного елемента з атомною вагою 14 йшов шестивалентний з атомною вагою 16.

Але куди подіти берилій? У шерензі магнію є тільки одне вільне місце поруч з літієм. А з літієм йому стати аж ніяк не можна — берилій з атомною вагою 14,1 опиниться тоді попереду бору, а в бору атомна вага всього 11 — на три одиниці менше...

Якщо вже й вірити Авдєєву, то до кінця!

Звідки взялася у берилію його атомна вага — 14,1? Одне з визначень було таке. Розклали хлористий берилій на берилій і хлор. Зважили те й інше. Виявилось, на 35,5 грама хлору припадає 4,7 грама берилію. Атомна вага хлору відома — 35,5. Яка ж атомна вага берилію? А це залежить від того, скільки атомів берилію в одній молекулі солі. За Берцеліусом, у хлористому берилію на один атом хлору припадає три атоми металу, як і в хлористому алюмінію. Отже, щоб знайти атомну вагу берилію, треба 4,7 помножити на три. От й вийшло $4,7 \times 3 = 14,1$

Але ж, за Авдєєвим, на один атом хлору припадає не три, як у алюмінію, а два, як у магнію, атоми берилію. І тоді його атомна вага...

Менделєєв закреслив на картці берилію цифри 14,1 і розгони-сто вивів нові цифри: 9,4. І поставив картку туди, де вона мала б бути відповідно до нової атомної ваги,— між літієм і бором.

Тепер ця сімка мала такий вигляд: першим йшов одновалентний метал літій, другим двовалентний метал берилій, третім — тривалентний проміжний елемент бор, четвертим — чотиривалентний проміжний елемент вуглець, п'ятим — п'ятивалентний неметал азот, шостим — шестивалентний неметал — кисень, сьомим — семивалентний неметал — фтор.

Уже не одна сімка, а чотирнадцять карток potwierджували те, що передчував Менделєєв, а саме: відповідність хімічних властивостей атома його фізичним властивостям.

Не проста відповідність, далеко не проста. Розташуй елементи в один ряд — і нічого не побачиш. А ось так, коли вони стоять у сім шеренг, видно, що стрій цей — природний.

А й справді, ось перший із чотирнадцяти, літій. Дуже активний метал, на повітрі одразу береться рихлою кіркою окису, вже при слабкому підігріві — загоряється. З водою утворює їдкі луги.

Другий, берилій, також метал, але менш активний. На повітрі окислюється повільно. І плівка окису в нього тоненька, щільна. А щоб запалити його, потрібне дуже сильне нагрівання. Розчин окису у воді також має лужні властивості, але слабкі.

Третій, бор, де в чому ще проявляє металеві властивості, але в основному поводить себе уже як неметал. На повітрі, при нормальній температурі, не окислюється зовсім. Розчин окису у воді майже не виявляє лужних властивостей, здебільшого виявляє кислотні.

Четвертий, вуглець, ще ближчий до неметалів. Сполука вуглекислого газу з водою — це вже справжня кислота, хоч і слабка.

Наступний, п'ятий у першій сімці елемент, азот — це вже типовий неметал; щоправда, ще дуже неактивний. З киснем не хоче вступати в сполуки доти, доки його як слід не розігріють — понад 1000 градусів! Але з водою окис азоту дає сильну азотну кислоту.

Набагато агресивніший шостий елемент, кисень. Ото вже неметал так неметал! З активними металами він сполучається активно, з вибухом. Всього кілька найстійкіших найбагатородніших металів, таких, як золото, платина, срібло, не піддаються окисленню.

Ще активніший неметал — сьомий елемент, фтор. Він настільки активний, так чітко сполучається з іншими речовинами, що в той час, про який ідеться, його ніхто ще не зумів виділити в чистому вигляді.

Здавалося б, якби конструювала світ атомів людина, вона б зробила восьмий елемент ще активнішим неметалом, ніж фтор,

але... на восьмому місці поруч з фтором стояв натрій, такий же, і навіть ще активніший, лужний метал, як літій, з якого все почалось. Коло замкнулося. А точніше — з натрію елементи пішли на друге коло.

Дев'ятий, магній, був подібний до другого — берилію. Десятий, алюміній, — до третього, бору. Одинадцятий, кремній, — до четвертого, вуглецю. І так аж до чотирнадцятого, хлору, — подібного до сьомого, фтору.

Менделєєв глянув на п'ятнадцяту картку. Це був калій. Знову стрибок, знову перехід від повільної, поступової зміни властивостей до раптового, різкого, контрастного: від найактивнішого неметалу до найактивнішого металу. Елементи йшли на третє коло.

Так от якою вона була — довго схована від людського ока відповідність між фізичними і хімічними властивостями атомів! Хімічні властивості залежали від атомної ваги, вони змінювались відповідно до її зміни, але не одномоментно, а періодично, спочатку плавно, потім стрибком, потім знову плавно, потім знову стрибком, і так далі.

Але скоро казка мовиться, та не скоро діло робиться...

ПОРОЖНІ МІСЦЯ

Власне, тільки ці п'ятнадцять елементів поки що не псували загальної прекрасної картини.

Уже наступний за калієм кальцій, хоч і йшов, як і магній, після чергового лужного металу, але ставати в одну шеренгу з магнієм і берилієм не хотів. Щоб якось хоч трохи пристойно розташувати інші сімейства елементів — ванадій, ніобій, танталу чи хрому, молібдену, вольфрам чи міді, срібла, ртуті — довелося кальцій, стронцій і барій відірвати від інших лужноземельних елементів — берилію і магнію — і поставити окремо додатковою шеренгою.

І при цьому виходило, що між берилієм і магнієм стояло сім елементів, між магнієм і кальцієм теж сім, а між кальцієм і наступним лужноземельним елементом стронцієм — уже сімнадцять.

Те ж саме виходило і з лужними: літій від натрію і натрій від калію відокремлювали сім елементів, а калій від рубідію — сімнадцять.

Чому в одному місці сім, а в іншому сімнадцять? Неврозуміло. Але добре вже й те, що через сімнадцять повторю-

вались усі сімейства, що вони підлягали якомусь хай незрозумілому, але одному й тому ж закону.

Дивним здавалося й розташування першого, найлегшого елемента, водню; він стояв особно. Поруч з ним, одновалентним газом, не було ні дво-, ні три-, ні чотири-, ні п'яти-, ні шести-, ні семивалентних елементів, хоч від атомної ваги водню атомна вага його найближчого сусіда літію відокремлювали шість одиниць.

Це здавалося дивним, бо між літієм і його найближчим сусідом берилієм різниця у вазі ледь перевищувала дві одиниці. І різниця між берилієм і наступним за ним бором, між бором і наступним за ним вуглецем, між вуглецем і наступним за ним азотом і далі теж становила приблизно дві одиниці.

Та водень ще не руйнував усього порядку. Зрештою, його можна поставити найпершим, ніби винести за дужки. Правда, незрозуміло, за що водню така честь. Але такі запитання слід поки що відкласти.

Можна було заплющити очі і на деякі неясності з маловивченими елементами.

Наприклад, маючи незначні відомості про ербій, ітрій, індій, тербій, церій, лантан, дидим, не можна було робити висновків про їхні хімічні властивості. Їхня атомна вага збігалася з атомною вагою інших, до того ж досить добре вивчених елементів. Так атомна вага в індію значилася близько 75. Однак саме такою була атомна вага добре вивченого миш'яку. А ербію приписували атомну вагу 56, така ж сама атомна вага була і в заліза, вивченого ще детальніше, ніж миш'як. Ці нові рідкісні елементи не входили до складу основних сімейств і тому вони особливо не заважали. Настане пора, їх вивчать краще, тоді все влягеться. Та був елемент, який входив до складу одного з головних сімейств, власне, мусив входити за своїми хімічними властивостями, а от за атомною вагою не мав на це права. Йшлося про телур — теж досить рідкісний, та все ж непогано вивчений елемент. Дуже схожий на селен, він разом з ним входив до однієї родини з сіркою і киснем.

За своїм розташуванням у шеренгах телур міг займати лише одне місце: між сурмою, яка належала до сімейства кремнію-вуглецю, і йодом із сімейства галогенів. Та от біда: атомна вага сурми 122, атомна вага йоду 127, телуру — 128.

Що робити?

Менделєєв зробив з телуrom так само, як ще раніше з берилієм, — поставив куди й належить, незважаючи на його загальноприйнятну атомну вагу.

Правда, для берилію були деякі підстави: дослідження Авдєєва. А з телуrom таких підстав не було, якщо не зважати на закон

природи, який цілком очевидно вимальовувався, хоч тут ще було чимало всіляких огріхів і незрозумілостей. Закон, який зв'язував стрибкоподібною, періодичною залежністю атомну вагу елементів з їхніми хімічними властивостями.

Закон є закон!

У даному випадку диктували хімічні властивості, а вага... вага могла бути визначена неправильно.

Так само неправильно, мабуть, визначено було атомну вагу рідкісного металу торію, бо така сама атомна вага значилася у досить поширеного олова — 118.

Так чи інакше майже всі картки знайшли свої місця. І символи елементів з їхньою атомною вагою були написані на аркуші чорновика, а навколо них різні позначки — сліди роздумів і підрахунків.

Однак посеред таблиці зияла дірка — порожнє місце між миш'яком, цинком, оловом, ураном, кремнієм, алюмінієм.

Заповнити порожні місця сусідніми картками було неможливо. Якщо ліворуч пересунути олово з атомною вагою 118, яке стояло праворуч порожнього місця, то воно приєднається до миш'яку з атомною вагою 75, — очевидна безглуздість. Не може стояти після миш'яку і кремній: його атомна вага всього-на-всього 28. І олово і кремній могли заповнити вільне місце тільки однією ціною — руйнуванням послідовності атомної ваги елементів. Але тоді щойно знайдений закон перетворився б у цілковите беззаконня.

А що, як порожні місця займуть сусіди не з сторін, а зверху чи знизу?

Ні, і це знищувало закон. Опустившись вниз, миш'як із свого сімейства п'ятивалентних попадав би у чуже сімейство чотиривалентних. З тієї ж причини не міг піднятися і цинк. Коли б миш'як чи цинк це зробили, то була б порушена відповідність між атомною вагою і хімічними властивостями елементів.

Але ж не може шеренга липатися з порожніми місцями!

РОЗДІЛ П'ЯТИЙ,

в якому Менделєєв долає прірву і наводить порядок серед елементів, якому, однак, підкоряються не всі

ЧЕРЕЗ ПІРВУ

Менделєєв уважно розглядав порожнє місце в таблиці елементів. Власне, це було не одне, а два порожні місця: тут могли розташуватися саме дві картки. Одна ставала б у шеренгу вуглецю після кремнію, а друга — у шеренгу бору після алюмінію.

Потрібні були саме дві картки, бо і в сімействі вуглецю, і в сімействі бору бракувало третього сусіда. Так диктувала послідовність змін хімічних властивостей. Не міг же одразу після кремнію, такого близького до неметалів, у якого двоокис у сполучі з водою дає кислоту, йти такий безсумнівний метал, як олово! Всередині сімейства хімічні властивості елементів завжди змінювалися плавно. Адже не йшла ж одразу за фосфором сурма чи одразу за сіркою телур. Ні, між ними стояли проміжні за своїми властивостями елементи: у першому випадку миш'як, у другому — селен. Отож і в сімействах вуглецю і бору явно бракувало таких проміжних елементів. Про нестачу саме двох елементів свідчила і послідовність змін атомної ваги. Різниця між найближчою атомною вагою усередині строю один, або два, або, в крайньому разі, п'ять, а між цинком, атомна вага якого 65, і миш'яком, атомна вага якого 75, різниця в десять одиниць. Що за прірва? Чого б це раптом?

Менделєєв ще раз перебрав картки маловивчених елементів. Чи не підійде сюди один з них? Та за уривчастими відомостями важко було щось визначити.

Якщо судити з атомної ваги, то десь у цьому районі міг стояти індій. Атомна вага у нього вважалася трохи більшою, ніж у миш'яку, а треба хоча б одиниць на п'ять менше.

Або, може, ітрій? У нього атомна вага 60, на п'ять одиниць менша від цинку, а треба саме на стільки більше!

Або ербій... Правда, атомна вага у нього нібито 56...

Менделєєв узяв ручку і на полях чорновика спробував перерахувати атомну вагу цих і деяких інших рідкісних, маловідомих елементів. Але нічого потрібного з того не вийшло.

І все-таки з цією порожнечою треба було щось робити! І він поставив туди то одну, то другу картку — з тих, котрим не знайшлося підходящого місця. І занотовував їх до чорновика, заповнюючи таким чином порожні місця у шерензі елементів. І знову закреслював їхні символи двома чи трьома тонкими лініями. Зрештою, він перекреслив на аркуші усе жирно-жирно, відмовившись од спроби вирішити питання з допомогою четвертої купки маловивчених елементів.

І почав думати про інші, не такі зяючі, однак, якщо придивитися, помітні порожні місця.

Перше — воно уже й раніше впадало в око — між воднем і літійем: цілих шість одиниць різниці, а далі різниця становила всього дві одиниці. Безумовно — прірва.

Друге порожнє місце він помітив після кальцію. Атомна вага цього елемента була 40, а наступна атомна вага 50 — титану. І це в той час, коли попередній калій, який стояв перед каль-

цієм, різнився від нього всього на одну одиницю. І на таку ж одиницю різнився від титану ванадій, який стояв за ним. Одиниця — десятка — одиниця. Знову прірва!

Чи не забагато?

І добре, що забагато! Була б одна, це означало б випадковість. А оскільки не одна, оскільки багато — отже, не випадково, отже, закономірно, отже, нічого й пробувати будувати хисткі містки, а треба ступити через прірву!

І Менделєєв зробив третій гігантський крок.

Перший був, коли він поставив поруч калій і хлор. Другий — розрахував справжню атомну вагу берилію. Тепер він узяв дві чисті картки, на одній написав «? - 70», на другій «? - 68» і заповнив ними порожні місця, які зяяли посеред таблиці.

Порожні місця, прірви між елементами — це ще не відомі, але, без сумніву, існуючі в природі сорти атомів. Це невідкриті елементи.

Непогано було б знайти підходяще місце і для кількох рідкісних елементів, у яких атомна вага дублює атомну вагу інших, добре відомих. Але тут він був безсилий. У нього не вистачало відомостей: про тербій, наприклад, Бунзен писав, що його взагалі не існує. Менделєєв знову нахилився над столом, присунув до себе уже весь списаний аркуш паперу, обвів на ньому символ тербію жирним кружечком і для пам'яті помітив: «не іс. за б», тобто «не існує за Бунзеном».

Потім почав закреслювати символи інших, таких же сумнівних елементів, але, дійшовши до індію, знову затримався, його символ не закреслив, а, якусь мить подумавши, написав перед ним «незій», тобто «не зійшли», не знайшли собі місця у таблиці.

Все!

Менделєєв підвівся з крісла, підійшов до канапи, зовсім уже без сил упав на неї і, як був, не роздягаючись, заснув.

ПЕРШЕ ПІДТВЕРДЖЕННЯ

Скільки він отак проспав — годину, дві, три — невідомо. Відомо тільки, що того ж дня Менделєєв переписав чернетку начисто, поставив на чистовику дату і відправив його в друкарню.

А ще відомо, що чистовик... не відповідав чернетці. У чернетці елементи було поставлено так, що їхня атомна вага зменшувалася від початку до кінця. А в чистовій таблиці

навпаки. Наче хтось скомандував шерензі елементів: «Кругом!»

Але хто міг це зробити в той час, коли автор таблиці спав? А може, слід повірити в те, що написав у своїх спогадах Іностранцев? Може, нову таблицю елементів Менделєєв справді побачив... у сні?

Нічого надприродного тут немає. Він спав, а мозок продовжував працювати. Після напруженої творчості таке буває часто...

І, прокинувшись, Менделєєв міг не робити виправлень у чернетці, а прямо начисто переписав її так, як побачив у сні.

Порівняно з чернеткою є на цьому аркуші, датованому «17 лютого 1869 року», ще кілька змін. Певне, найбільше в останні години і хвилини цього дня Менделєєв роздумував про прірви, про порожні місця. І він заповнив ще чотири порожні місця цифрами атомної ваги невідкритих елементів. Одне — між воднем і літієм, друге — між літієм і берилієм (8), третє — між натрієм і магнієм (22), четверте — між кальцієм і титаном (45).

Перед тим, як відіслати аркуш у друкарню, Менделєєв перше доповнення — елемент між літієм і воднем — закреслив.

Згодом, через кілька днів, він розпорядився прибрати з таблиці й елементи з атомною вагою 8 і 22.

Усе інше так і лишилося, як було на аркуші з датою «17 лютого 1869 року».

Першого березня віддрукованій у друкарні «Дослід системи елементів, оснований на їхній атомній вазі і хімічній схожості» Менделєєв розіслав своїм колегам — російським і зарубіжним.

Розіславши перший, багато в чому ще недосконалий «Дослід системи елементів» — першу дослідну конструкцію моделі закону природи, згідно з яким хімічні властивості елементів перебувають у періодичній залежності від їхньої атомної ваги, Менделєєв написав коротку статтю про своє відкриття для «Журнала Русского химического общества» і виїхав, нарешті, обстежувати сироварні.

Та, цілком зрозуміло, відключитися від періодичного закону він не міг. І під час поїздки, і після повернення до Петербурга він і далі уточнював та обґрунтовував закономірності й відношення між елементами, які памічались.

Він розумів, що ніякий науковий закон не буде визнано, якщо він обмежуватиметься поясненням уже відомих фактів.

Навіть закон всесвітнього тяжіння, який так прекрасно пояснював рух усіх видимих тіл, не міг вважатися доведеним законом природи, поки французький астроном Урбен Жан Жозеф Левер'є не передбачив на його основі, що неправильності у русі планети Уран пояснюються існуванням ще не відкритої планети,

яка рухається навколо Сонця так-то й так, і поки німецький астроном Йоганн Галле не відкрив цю передбачену планету — Нептун — саме у передбаченому місці.

Власне, перші передбачення Менделєєв зробив уже під час відкриття періодичного закону.

Він передбачив, що атомна вага берилію значно менша, ніж вважали дослідники, а саме: перевищує атомну вагу водню не в 13—14 разів, а приблизно в 9. І що мусять існувати ще не відкриті елементи з атомною вагою 45, 68 і 70.

Тепер слід було зайнятися цим докладніше і ретельніше.

Передусім було зрозуміло, що в атомній вазі багатьох елементів панує безлад. І головним чином з тієї ж причини, яка призвела до неправильного визначення атомної ваги берилію.

А саме: чимало хімічних елементів були ще погано вивчені. І, звісно, найгірше — рідкісні і відкриті пізніше інших елементи — саме ті, що «незі» до таблиці. А також котрі «війшли», але, незважаючи на це, мали дивний вигляд. Наприклад, уран.

Його окис прекрасно сполучався з лугами, так само, як окис хрому. Або як окис вольфраму. А зовсім не як окис бору чи алюмінію, родичем яких він став завдяки своїй атомній вазі.

Бор і алюміній — тривалентні, а хром і вольфрам — шестивалентні. Отож, якщо уран подібний до хрому і вольфраму, а не до бору й алюмінію, то він є не тривалентний, а шестивалентний. І, отже, прийняту хіміками атомну вагу його 120 насправді треба помножити на два, і тоді вона буде 240, і опиниться уран в таблиці найостаннішим елементом.

У багатьох з тих, яким взагалі не знайшлося в таблиці місця, насправді, можливо, інша атомна вага.

Взяти хоча б торій. За таблицею атомної ваги Берцеліуса йому присвоєно атомну вагу таку ж, як і олову. Але нещодавно виявилось, що хлористий торій леткий, як хлористий цирконій: І зовсім не схожий на хлористий магній — цілком стійку на повітрі сіль на зразок кухонної.

Але ж вважалося, що торієва земля схожа на магnezію. Виходячи з цього, й було визначено атомну вагу торію. Йі теж треба б подвоїти. І тоді торій перейде в кінець таблиці і стане за свинцем, перед ураном.

А з індієм і з церієм також все стане зрозуміло, якщо погодитися з тим, що обидва вони схожі з бором і алюмінієм. Тоді атомна вага індію виявиться не 75, а 113, а церію — не 92, а 138, і розмістити їх в таблиці буде досить просто.

Менделєєв був настільки певен у відкритому ним законі, що не став чекати перевірки передбачень і вніс нові атомні ваги в таблицю елементів.

Згодом він удосконалював її. Здвоїв ряди у великих періодах (починаючи з калію) і всі періоди розташував не по вертикалі, як раніше, а по горизонталі. Така таблиця була значно зручнішою і зрозумілішою, ніж початковā. Менделєєв назвав її «Природничою системою елементів».

Минуло лише кілька місяців, і Менделєєв одержав повідомлення про те, що Бунзен завово визначив атомну вагу індію. Вона дорівнювала 113!

ЕКАБОР, ЕКААЛЮМІНІЙ, ЕКАСИЛІЦІЙ

Для Менделєєва цієї новини було цілком достатньо. Тепер він не просто вірив, а чітко знав, що його «Природнича система елементів» по праву носить свою назву, оскільки такою є природа речей.

Але так, як він, мислили в ту пору лише декілька чоловік. А величезна більшість людей, в тому числі хіміків, навіть не підоврювала про переверот, який стався. Мала відбутися якась дуже важлива подія, щоб люди змінили звичні погляди на світ речовин, щоб вони пересвідчилися, який могутній новий «інструмент» вже має наука, і почали ним користуватися.

Ну хіба це подія — виправлення атомної ваги? Скільки чоловік її помітять?

А от відкриття нового елемента — це подія. Про це пишуть у всіх газетах.

І таку подію — з несподіваної і випадкової — він, Менделєєв, може тепер зробити очікуваною і закономірною.

Серед пустот, серед прірв «Природничої таблиці елементів» найбільше вражала відсутність двох елементів, подібних до бору і алюмінію. Перший з них, більш легкий, Менделєєв назвав екабором, а другий, більш важкий, — екаалюмінієм. «Ека» — по-санскритськи (давньоіндійськи) означає «один».

Таким чином, виходило щось на зразок: «ще один бор» і «ще один алюміній».

Але «Природнича система елементів» давала змогу не тільки передбачити місце, на яке після відкриття можна буде поставити в таблицю нові елементи. І не тільки дати їм назви, які вказують на їхній родинний зв'язок з іншими елементами. Вона давала змогу досить чітко передбачити багато властивостей цих нових елементів.

Скажімо, екабор.

Зрозуміло, Менделєєв почав з атомної ваги. Він проставив її ще в першій таблиці, в «Досліді системи елементів». Чому саме 45? Бо в чергуванні атомної ваги екабор стоїть між кальцієм з атомною вагою 40 і титаном з атомною вагою 50. А $40 + 50$, поділені на 2, якраз і дадуть 45. За «законом триад» Деберейнера.

В тому, що це буде метал, великих сумнівів бути не могло: вже бор виявляв деякі властивості металу, алюміній, що стоїть до екабору ближче, ніж бор, був справжнім металом. Та й сусіди праворуч і ліворуч — кальцій і титан — теж були металами.

Що ще можна сказати про цей невідомий екабор? Легкий це метал чи важкий? Питомо вага кальцію — півтора. Питомо вага титану — чотири з половиною. Екабор стоїть між ними, отже — три. Трохи важчий за алюміній.

А що можна сказати про окис екабору? Як і глинозем, він складатиметься з двох атомів металу і трьох атомів кисню. Буде неметкий, неплавкий, нерозчинний у воді — всі навколо неметки, неплавкі, нерозчинні.

І сам екабор буде неметкий, отож спектроскопом його не підмаш.

А от інший не відкритий досі елемент цього сімейства — екаалюміній скоріше буде леткий. Адже розташовані під ним індій і талій були відкриті методом спектрального аналізу.

Цей метал, з атомною вагою, близькою до 68, буде, звичайно, ще важчий, ніж екабор, найвірогідніше удвічі важчий від нього.

А як він плавитиметься? Подивимось... Мідь, цинк, екаалюміній... Мідь плавиться при тисячі ста градусах, цинк — при чотирьох двадцяти... Якщо справа піде так і далі, то екаалюміній плавитиметься при температурі принаймні в три рази меншій, ніж цинк. Це виявиться один з найлегкоплавких металів!

Третій з явно пропущених елементів — екасиліцій. Сусід кремнію, олова і миш'яку, він має бути так схожий на них, як сам миш'як схожий на фосфор, сурму і селен.

Плавкий, важкий метал. При високій температурі здатний випаровуватися і окислятися. Майже не впливає на кислоти, тобто не витісняє з них водень. У багатьох сполуках він буде схожий на титан і цирконій, розташовані неподалік, і тому, можливо, саме в їхніх мінералах його й слід було б пошукати.

Менделєєв передбачив ще існування екацезію і двіцезію, екапобію, екатанталу й екайоду, двітелуру, екамарганцю і тримарганцю.

З часів відкриття Ісааком Ньютоном закону всесвітнього тяжіння і до відкриття Йоганном Галле планети Нептун минуло півтора століття. Менделєєву пощастило більше. Через п'ять

років після виходу у світ перших випусків «Основ хімії» з викладом періодичного закону Лекок де Буабодран відкрив передбачений Менделєєвим екаалюміній. А через десять років швед Ларс Нільсон відкрив передбачений екабор. А через п'ятнадцять років німець Клеменс Вінклер відкрив передбачений екакремній.

На цей час атомна вага всіх відомих елементів була виправлена так, що ці елементи могли спокійно займати в періодичній таблиці місця, які їм належали, згідно з їхніми хімічними властивостями. Крім телуру, атомна вага якого перевищувала атомну вагу йоду. Хоч, згідно з їхньою приналежністю до сімейств, телур у таблиці мав неодмінно стояти попереду йоду. Так, як кисень стояв попереду фтору, сірка попереду хлору, а селен попереду броду.

І ще — крім кобальту. Щоправда, раніше вважалося, що атомна вага кобальту і нікелю абсолютно однакові — 59, та зрештою один з них виявився трохи важчим. Але, на жаль, важчим виявився не нікель, а кобальт, що стояв перед ним.

А в 1894 році до цих двох елементів, які не хотіли підкорятися загальній дисципліні, приєднався третій.

РОЗДІЛ ШОСТИЙ,

в якому Рамзай порушує періодичний закон відкриттям нового елемента, а потім, використовуючи цей закон, знаходить цілу нову родину

Про надзвичайну скромність Генрі Кавендиша уже згадувалось. Коли через століття після смерті вченого зазирали в його архів, то виявили там відкриття, які згодом були зроблені зовсім іншими дослідниками. Наприклад, закон Кулона — про те, що сила взаємодії двох зарядів обернено пропорційна квадрату відстані між ними, — був відкритий Кавендишем на дванадцять років раніше від Кулона.

Деяко вяснилось і про інше, раніше невідоме відкриття Кавендиша. Після того, як Даніель Резерфорд, витративши увесь кисень на горіння вугілля і осадивши вуглець, виявив, що у посудині лишився азот, Кавендиш вирішив перевірити, чи однорідний цей газ.

Перевіряв Кавендиш так. Він узяв електростатичну машину, з допомогою якої можна було одержувати електричні іскри, — інших джерел електрики ще не було, — і почав пропускати іскри через повітря, збагачене киснем. У ту саму посудину Кавендиш

помістив чашку з розчином їдкою натру, щоб поглинати окиси азоту, які утворюються.

Справа посувалася надто повільно, оскільки іскри були дуже слабенькі. Три тижні підряд крутив упертий лорд рукоять машини, поки газ, що залишився у посудині, не перестав сполучатися з киснем.

Інертний лишок становив приблизно сто двадцятую частину первісного об'єму газів.

Це було в 1784 році.

Через сто десять років після цього досліду на цей же лишок наткнулися два співвітчизники Генрі Кавендиша — директор Кавендишської лабораторії Кембріджського університету лорд Релей і професор Лондонського університету Вільям Рамзай.

Почалося з того, що лорд Релей, вимірюючи густину звичайних газів — кисню, водню, азоту, зіткнувся з незрозумілим явищем. В азоту виявились дві різні густини. Між ними була дуже незначна різниця, але різниця безумовно. Уся справа була в тому, звідки брався азот. Якщо з повітря, то густина його була трохи більшою. А якщо з якоїсь сполуки — аміаку, чи селітри, чи азотної кислоти — то трохи менша.

Сушив, сушив голову лорд і нарешті звернувся до поважного журналу «Нейчер» («Природа») з проханням порадити йому щось.

Але й редакція поважного журналу не знала, в чому річ.

Почувши про незрозумілі речі, які відбуваються із звичайним азотом, та ще не десь, а в одній з найкращих лабораторій світу, Вільям Рамзай приїхав до Кембріджа і сказав лорду Релею, що тут може бути тільки одна причина: в азоті з повітря є ще якийсь важкий домішок.

Релей спочатку не погоджувався. Дослід Кавендиша був нікому не відомий. А припустити, що може бути газ ще менш активний, ніж азот, Релей не міг. У таблиці Менделєєва для такого газу місця не було.

Та Рамзай наполягав. Він навіть брався провести усі необхідні дослідження.

Релей погодився.

Рамзай поїхав до себе в Лондон і взявся за діло. Він знав, що нагрітий магній легко поглинає азот, і скористався цією властивістю магнію, щоб спробувати відокремити від атмосферного азоту більш важкий домішок.

Зробив він так — узяв трубку з мідною стружкою, розжарив і почав через неї пропускати повітря. Стружка почорніла. Отже, кисень сполучився з міддю. А решту Рамзай зібрав у балон. Оці рештки він пропустив крізь вапнякову воду, щоб вона поглинула

ЧИ ЕЛЕМЕНТАРНИЙ АЗОТ?

вуглець, якого завжди багато у повітрі. Вапнякова вода стала білою.

Тепер Рамзай взяв магнієві ошурки і кинув їх у посудину. І почав цю посудину нагрівати, щоб зв'язати азот з магнієм.

Минула година, друга, третя.

Рамзай зміряв густину газу, який лишився у посудині: 16. Густина азоту дорівнює 14. Отже, у посудині було щось важче, ніж азот.

Рамзай продовжував дослід.

Через три години він знову зміряв густину газу — вона зроста до 17,5.

Ще три години — і густина підвищилася до 19!

Рамзай відокремив газ від ошурків і, міцно стискаючи посудину, поспішив до спектроскопа.

Так і є — у спектрі цього важкого газу світилися невідомі в інших газів червоні й зелені лінії. Новий елемент!

Кілька днів підряд розжарював Рамзай магнієві ошурки в посудинах з азотом і, коли зібрав нарешті мало не сотню кубічних сантиметрів нового газу, написав про своє відкриття в Кембрідж, лорду Релею.

Та поки Рамзай возився з магнієм, лорд Релей не дрімав.

Не дуже сподіваючись на успіх, він усе ж таки вирішив провести власні дослідження. Про магній він не знав — він був не хіміком, а фізиком, — тому почав зв'язувати азот давнім випробуваним способом сера Генрі Кавендиша. Тим паче, що електричний струм тепер одержати було набагато простіше — існували вже й акумуляторні батареї, і динамо-машини. Тижнями крутити ручку вже не треба було.

І коли надійшов лист від Рамзая, у Релея теж було трохи такого самого газу.

Ціле літо вони досліджували нову речовину, а 13 серпня 1894 року доповіли про неї на з'їзді Британського товариства природознавців у Оксфорді.

Вони доповіли, що газ цей ще інертніший, ніж азот. Що з киснем він не хоче сполучатися навіть під впливом електричних іскор. І з магнієм теж не хоче. І ні з якими іншими речовинами його теж сполучити не вдалося. І що на відміну від атомів інших газів — водню, кисню, того ж азоту — його атоми не сполучаються навіть один з одним. Вони носяться не у вигляді двоатомних молекул, як усі інші гази, а прямо так, поодиноці!

До якої родини можна віднести цей надінертний елемент? Такої родини у таблиці Менделєєва не існувало!

І атомна вага була у нового газу дуже дивна: трохи менша, ніж у кальцію, і безумовно більша, ніж у калію. Тобто він хотів

затесатися між лужним і лужноземельним елементами. Гіршого місця не можна було б і придумати!

Коли британські природознавці вслухали усе це, на з'їзді запала довга мовчанка.

Першим порушив її фізик Олівер Лодж. Він спитав:

— Чи не відкрили ви, панове, й назви цього газу?

Ні Рамзай, ні Релей про назву ще не думали. Тільки напередодні вони переконалися, що цей газ існує у вигляді окремих атомів, а отже, він справді елемент, а не якась складна речовина.

Тоді доктор Медан, який головував на з'їзді, запропонував назвати новий газ аргоном: у перекладі з грецької це означало «недіяльний», або просто «нероба».

Загадку, яку аргон загадав науці, повністю розгадати вдалося тільки через двадцять років. І зовсім іншим людям. Однак наполовину її розгадав той же Рамзай. І досить скоро.

«...ЦЕЙ ГАРНИЙ ГАЗ»

Незабаром після з'їзду, на якому Рамзай і Релей доповіли про своє відкриття, до Лондона приїхав американський геолог доктор Гіллебранд.

Довідавшись про аргон, він відвідав Рамзая і розповів йому, що недавно сам мало не відкрив цей елемент. Він досліджував мінерали, які містять рідкісний елемент — уран, і виявив, що всі вони, розчиняючись у кислотах, виділяють якийсь досить недіяльний газ. І він, Гіллебранд, заікнувся був, що це новий елемент, але колеги взяли його на глузи. І справді газ виявився азотом.

— В якому мінералі цього азоту найбільше? — спитав Рамзай.

— У клевоїті, — відповів доктор Гіллебранд.

Клевоїт, названий так на честь шведського хіміка Пера Клеве, — досить складний мінерал, який складається в основному з окисів торію і урану. Звідки там азот?

Історія ця здалася Рамзаю загадковою, і одразу після від'їзду американця він почав шукати зразок клевоїту. Це виявилось не так-то просто, — мінерал було відкрито недавно, траплявся дуже рідко, і цілком могло статися, що його не знайшлося б у всій Англії.

Та Рамзаю пощастило: в одного торговця мінералами він виявив дві унції клевоїту. Рамзай виклав 18 шилінгів, повернувся

до лабораторії і попросив свого учня Матьюса закип'ятити мінерал із сірчаною кислотою і зібрати газ, який виділиться.

Матьюс був людиною акуратною і все зробив як слід. У газу клевета виявився рідкісний спектр: зовсім не схожий ні на спектр азоту, ні на спектр будь-якої іншої земної речовини. Яскрава світло-жовта смужка в ньому була як дві краплі води схожа на ту, яку 27 років тому було виявлено в спектрі сонячного протуберанця.

Гелій? Так, гелій!

Передусім Рамзай знайшов атомну вагу «небесної речовини». Вона дорівнювала — 4. Отже, місце гелію було між воднем і літієм.

Як жаль, що Менделєєв закреслив на своєму аркуші і не вніс у подальші прогнози елемент, який заповнював цей прорив!

Рамзай продовжував досліджувати. Він спробував гелій підпалити. Але той не хотів горіти. І з воднем сполучатися — теж. І з хлором. І з калієм.

Тепер аргон не здавався круглим сиротою, волоцюгою без роду і племені. Їх було двоє таких неробів. Гелій стояв перед літієм. Виходить, аргон слід поставити перед другим лужним металом. Найближче за атомною вагою підходив калій. Отже — перед калієм? Незважаючи на те, що атомна вага у нього була не меншою, а більшою, ніж у калію?

Тоді за прикладом Менделєєва можна було дещо передбачити. Приміром, що перед натрієм теж мав стояти інертний елемент з атомною вагою десь близько 20. (Пам'ятаєте закреслене Менделєєвим 22?) І що перед рубідієм буде знайдено неробу з атомною вагою 84. А перед цезієм ще один — з атомною вагою 131...

Восени 1897 року Рамзай виступив у Канаді з доповіддю про аргон і гелій. І оголосив, що існують ще не відкриті співпредставники тієї ж групи. І що «за прикладом вчителя нашого Менделєєва» — так сказав у своїй промові Рамзай, — можна передбачити їхні властивості. І передбачив.

А вже наступного року, приготувавши якомога більше аргону й охолодивши його до рідинного стану та поступово випаровуючи, знайшов у ньому всю трійцю, якої не вистачало.

У всіх трьох були дуже гарні спектри. Але особливо красивий був спектр одного з них — в ньому було безліч яскраво-червоних ліній, вся трубка з газом світилася яскраво-червоним світлом.

Саме тоді в лабораторію увійшов дванадцятирічний син Рамзая... Звичайно, в наш час дванадцятирічні хлопчачки не знайшли б у трубці, що світилася червоним світлом, нічого незвичайного. Тепер таку трубку можна побачити увечері на будь-якій великій вулиці. Але тоді...

— Тату, — закричав син Рамзая, — як звучить цей гарний газ?

— Це не вирішено, — відповів батько.

— Віп що — повпій?

— Нововідкритий, — уточнив батько.

— Чому б тоді не назвати його «новум»?

— Не підходить. Це латина, а треба грецьке слово... Втім, чому б не назвати його «неоном»? Це по-грецькому те саме...

На відміну від історій про ванну, яблуко та інші легендарні речі її обставини, які супроводжували відкриття, в цієї історії досить надійне джерело: її розповів сам Рамзай.

Інших побратимів гелію і аргону назвали криптоном і ксеноном — від грецьких слів «схований» і «дивний».

Неон став у таблиці Менделєєва якраз перед натрієм, криптоном — перед рубідієм, ксеноном — перед цезієм.

Нова родина — пульова група елементів — дуже доречно виглядала саме там, де вона стала: між лужними металами, найактивнішими з усіх металів, і галогенами, найактивнішими з усіх неметалів.

Правда, з появою нової родини в таблиці з'явився новий порушник послідовності атомної ваги — аргон.

Але, по-перше, він був не єдиний порушник, — до нього вже були кобальт і телур.

А по-друге, хіба це було єдине запитання, яке висував перед наукою закон Менделєєва?

ЗАПИТАННЯ ЗАПИТАНЬ



Це тільки спочатку так здається — зійдеш на гору, і все відкривається мов на долоні.

З одного боку, так воно і є — з гори видноше.

Але з другого, не зовсім так, бо перед тим, хто зійшов на гору, розширюється горизонт. Лінія, яка відмежовує те, що ми бачимо, від того, чого ми не бачимо, стала набагато довшою. І за кожною крапкою цієї межі є певідоме.

З вершини відкритого Менделєєвим закону світ елементів був як на долоні.

Але чому він такий, цей світ?

Чому він починається з водню? Чому немає елемента, легшого за нього? Чи, може, його ще не відкрито?

Чому він закінчується ураном? Чому немає елемента важчого, чи його теж ще не відкрито?

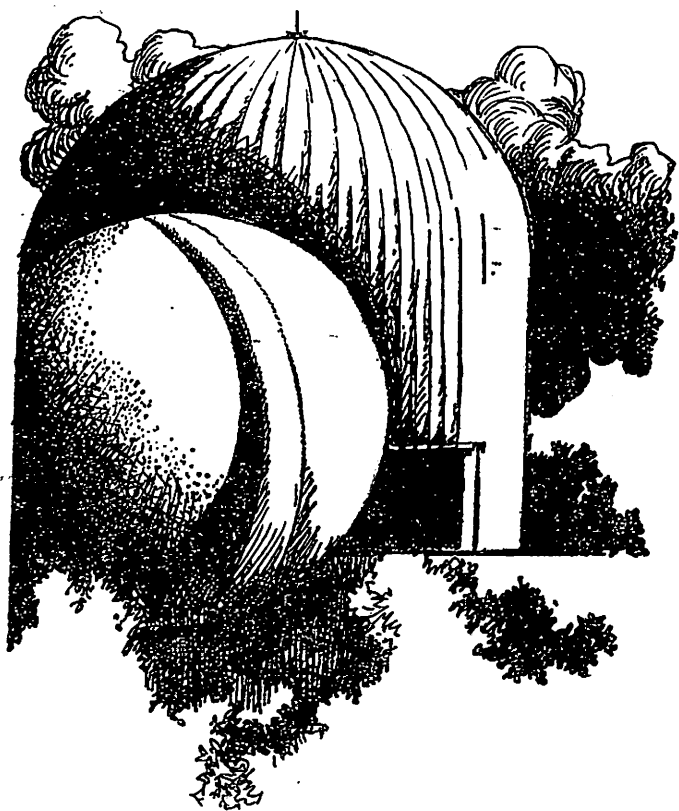
Нарешті, найголовніше запитання. Як утворилися атоми різного сорту, якщо атоми не можуть перетворюватися один в одного, якщо вони неподільні й вічні?

Нові запитання означали кінець цілої епохи в пізнанні природи речей. Проте нова епоха ще не настала. Неможливість перетворення одних елементів у інші під час хімічних реакцій була доведена багато разів, а ніяких інших реакцій люди ще не знали.

ЧАСТИНА ЧЕТВЕРТА

ЗАПЕРЕЧЕННЯ ЗАПЕРЕЧЕННЯ





РОЗДІЛ ПЕРШИЙ,
в якому Крукс і Томсон
виявляють частки ще
дрібніші, ніж атоми

ПОРЦІЯ ЕЛЕКТРИКИ

Алхіміки вважали, що подібне сполучається з подібним. І коли сірка сполучається з ртуттю, то через те, що між ними є якась спорідненість. Однак Роберт Бойль у своєму «Хіміку-скептику» стверджував зворотнє — найкраще сполучаються саме протилежні за своїми властивостями речовини. Адже всім відомо, як жадібно сполучаються кислоти з лугами?

Ця ідея Бойля була підтверджена в XVIII сторіччі, коли Гальвані і Вольта навчилися робити батареї. Якщо в банку з розчином кухонної солі опускали два вугільних стержні і підключали їх до полюсів гальванічного елемента, то на стержні, який було підключено до негативного полюса, завжди виділявся натрій, а на стержні, підключеному до позитивного, завжди виділявся хлор.

Коли навчилися розкладати електричним струмом воду, вийшла така сама картина: на негативному електроді був водень, а на позитивному — кисень.

Хіміки прагнули зрозуміти, чому саме одні елементи виділяються тільки на негативному електроді, а інші на позитивному. Вже давно було відомо, що однойменно заряджені тіла відштовхуються, а тіла, які мають різнойменні заряди, притягуються. Тому Берцеліус на початку XIX сторіччя пояснив поведінку елементів під час електролізу так. Якщо водень притягується до катода — негативно зарядженого електрода, — значить, сам водень заряджено позитивно. А кисень, який притягується до позитивно зарядженого анода, заряджений негативно.

Усі елементи він поділив на електропозитивні та електро-негативні. Позитивні — це такі, які виділяються на негативному електроді. Негативні — це ті, які виділяються на позитивному.

А сполучення одних елементів з іншими Берцеліус пояснив таким способом. Позитивний водень притягується до негативного кисню, і виходить вода. Позитивний натрій притягується до негативного хлору, і виходить кухонна сіль.

Це пояснення здавалося цілком логічним. Але ось одного разу славетного тоді французького хіміка Жака Батіста Андре Дюма запросили на королівський бал.

Хімік Дюма був до того ж сенатором і президентом Паризького муніципалітету, тому в королівському палаці йому доводилося бувати часто. Проте цього разу, проте цього разу, коли він увійшов і віддав слугі пальто, то відчув у повітрі королівського палацу щось

незвичне. Чимось воно нагадувало повітря його власної лабораторії.

Машиналино глянувши у величезне дзеркало і обсмикнувши поли парадного мундира, Дюма потягнув носом і здивовано похитав головою: звідки це у королівському палаці взялася соляна кислота?

Він поспішив нагору, до залу. Запах кислоти відчувався там ще сильніше. Багато хто з дам притискали до очей найтонші хустинки.

Дюма з підозрою огледівся і нарешті здогадався: свічки! Сліпучо білі воскові свічки видавали задушливий запах.

Увесь наступний тиждень Дюма разом із своїми асистентами працював у лабораторії, прагнучи з'ясувати, що сталося з свічками.

І з'ясував: багато атомів водню в молекулі воску замінялися атомами хлору, яким відбілювали віск. Коли свічки горіли, хлор виділявся, тут же сполучався з атомами водню — у вологому повітрі вони є завжди — і виходив хлористий водень, який розчинявся у волозі повітря і перетворювався на їдку соляну кислоту.

Ця історія мала наслідки не тільки для фабриканта, котрий востачав для палацу свічки, — йому було відмовлено від двору, а й для теорії Берцеліуса, згідно з якою електропозитивний водень ніяк не міг бути заміщений у воску електронегативним хлором.

Поділ елементів на позитивні та негативні виявився помилковим. З часом з'ясували, що сам по собі будь-який атом нейтральний і тільки в розчині чи від інших зовнішніх впливів може перетворюватися на електрично заряджений іон, на який і діє електричний струм. (Іон у перекладі з грецької означає те, що йде, рухається, від дієслова «еймі» — «йти»). Проте зв'язок між атомами і електрикою, між сполученням і розкладом різних речовин і притягуванням та відштовхуванням електричних зарядів був відчутий Берцеліусом правильно.

У тридцять років XIX сторіччя великий англійський фізик і хімік Майкл Фарадей зумів виміряти найменшу порцію електрики, необхідну для перенесення іона натрію до катода. Вона виявилася у п'ятсот мільярдів разів меншою, ніж один кулон. Але й сам кулон не дуже великий — це кількість електрики, здатної виділити з розчину азотнокислого срібла 0,001118 грама коштовного металу.

Найцікавіше полягало в тому, що однакова порція електрики була зв'язана і з одним іоном водню, і з одним іоном натрію, і взагалі — з одним іоном будь-якого одновалентного елемента. Але чому це так, зрозуміли пізніше.

ПРОМІННЯ В ТРУБЦІ

Майкл Фарадей, який перший знайшов найменшу порцію електрики, перший виявив і властивість газів пропускати електричний струм.

А його сучасник німецький математик і фізик Юліус Плюккер винайшов газосвітну трубку.

Він брав звичайну скляну трубку, наповнював її будь-яким газом, потім частину газу відкачував, а обидва кінці заварював разом із платиновими дротинками. Тепер варто було піднести до тих дротинок, кінчики яких стирчали ззовні, електричний струм — і вся трубка починала світитися!

Після смерті Плюккера дослідями з газосвітними трубками захопився англійський вчений Вільям Крукс. Між іншим, це він відкрив з допомогою спектроскопа елемент талії з яскраво-зеленою смужкою в спектрі.

Перше, що зробив Крукс, — це спробував створити в трубці ще більше розрідження. І йому одразу ж пощастило: він побачив, що поблизу катода з'явився темний простір, який поступово заповнив усю трубку. І коли темний простір досяг протилежного кінця, анод раптом спалахнув зеленуватим світлом.

Слід відзначити цей 1878 рік — рік народження електронно-променевої трубки, найголовнішої частини теперішніх телевізорів.

Однак до телевізорів було ще далеко... А поки що Крукс помістив трубку між полюсами магніту. І тоді анод перестав світитися, і плямка, що світилася, перескочила на скло, відхилившись у напрямку позитивного полюса магніту.

Це могло означати тільки одне: від катода мчать по трубці невидимі промені, які являють собою не що інше як негативну електрику!

Крукс продовжував досліди і через деякий час знав про катодне проміння вже чимало. Воно розповсюджувалося прямолінійно, як сонячне світло. Воно примушувало не тільки світитися багато тіл, але деякі навіть могло розплавляти. Воно здатне було проникати крізь непрозорі тверді тіла. У повітрі воно проходило шлях завдовжки сім сантиметрів.

Так не поводилося жодне відоме проміння чи речовина. І Крукс зрозумів, що винайшов новий вид матерії.

Чому з'являється темний простір, коли газ у трубці стає більш розрідженим?

Та тому, що тепер часткам променевої матерії доводиться долати деяку відстань, перш ніж вони зштовхнуться з якимось

атомом газу і примусять його світитися. Чим більше розрідження, тим дальший політ часток до зустрічі з атомами.

Що це за частки?

В усякому разі, не атоми, а щось значно дрібніше...

В ТИСЯЧУ РАЗІВ
ЛЕГШЕ ЗА АТОМ

«Скоро студентів привозитимуть до нас у дитячих колисках!» — сказав президент Манчестерського Оуенс-коледжа, довідавшись про прийом до університету чотирнадцятирічного Джозефа Джона Томсона. І тут же наказав не приймати таких малолітніх до університетських коледжів.

Проте Томсон з першого ж курсу почав забирати усі стипендії, які присуджувалися за кращі успіхи в науках.

Коли йому виповнилося 19 років, його першу роботу було опубліковано в «Працях Королівського товариства». Коли йому минуло 24 роки, він, блискуче склавши екзамени на бакалавра, прийшов у Кавендишську лабораторію. Коли йому було 28 років, одиє кембріджський старожил зауважив:

— Критичні часи настають в університеті, якщо хлопчики стають професорами!

Двадцятивосьмирічний Томсон був призначений пастушком лорда Релея і очолив Кавендишську лабораторію — пайбільний в світі центр фізичної науки.

Томсон багато займався електричним струмом. У нього не було сумнівів, що в газах, як і в рідинах, заряди переносяться іонами. Але звідки вони беруться в газах? Що перетворює в іони звичайні нейтральні атоми азоту чи кисню? Мабуть, напруга, яку підведено до платинових дротиків — електродів трубки...

Відхиляючи політ іонів у трубці магнітом, Томсон помітив, що, чим більший заряд іона і чим менша його маса, тим сильніше відхиляється він од прямолінійного напрямку польоту.

Найсильніше відхилявся магнітом іон водню. Природно, адже його атомна вага в чотири рази менша, ніж у найближчого до нього елемента — гелію, і в двісті сорок разів менша, ніж у найдальшого — урану.

Томсон вирішив виміряти масу частки променевої матерії Крукса. Але для цього треба було визначити величину заряду такої частки.

Найменша величина заряду іона в рідині була відома — її визначив Фарадей: одна п'ятисотмільярдна частина кулона. Але

ніхто не знав, якою буде величина заряду іонів у газах. А без цього Томсон не міг далі працювати.

Виручив його фізик Чарлз Таунсенд.

Він згадав давню відомий факт: коли під час розкладу розчину кухонної солі виділяється хлор, то деякі його частки залишаються зарядженими, і навколо них утворюється туман. Такий же туман згущається і навколо часток водню і кисню, які виділяються під час розкладу струмом води. Іони притягують до себе з повітря найдрібніші краплинки води.

Таунсенд виміряв вагу одного кубічного сантиметра такого туману, і повний його заряд, і вагу однієї краплинки. І поділив вагу всього кубічного сантиметра на вагу однієї краплинки, взявши таким чином число краплин у кубічному сантиметрі. А згодом, поділивши загальний заряд кубічного сантиметра на це число, він одержав величину одного найменшого заряду іона в газі. Виявилось, що і в газах найменший заряд електрики теж дорівнює одній п'ятсотмільярдній частині кулона.

Фарадей міряв у рідині. Таунсенд — у газі. Фарадей лічив атоми натрію. Таунсенд — крапельки туману. А вишло одне і те ж саме число! Отже, і там і тут діяла одна і та сама порція електричного заряду, найменший, можна сказати — елементарний, електричний заряд.

Ще в 1894 році, за три роки до праці Таунсенда, англійський фізик Джонстон Стоні дав елементарному заряду ім'я — електрон. Він керувався ідеєю про атомарну природу електрики, висунутої ще в 1881 році німецьким природознавцем Германом Гельмгольцем.

Тоді ніхто не міг довести, що електрон — частка. Тепер у Томсона були для цього необхідні дані.

Тим самим магнітом, яким він відхиляв іони газів, він почав відхиляти катодні промені. І вони відхилялися в тисячу разів сильніше, ніж іон водню! Отже, їхня маса була принаймні в тисячу разів менша за масу найменшого атома. Воістину тонка матерія!

Правильно вважав Крукс: частки променевої матерії, електрони, були зовсім іншим видом речовини, ніж атоми. Але звідки ці електрони бралися?

Певно, з атомів, до того ж будь-якого сорту — бо катодні промені виникали в будь-якому газі, аби він був достатньо розріджений.

Виходило, що атом зовсім не простий, що він складається з електронів і ще з чогось. І це «щось» має нести позитивний заряд — адже цілий атом лишався електрично нейтральним.

Як же міг бути побудований цей складний атом?

Було запропоновано два варіанти. Перший запропонував сам Томсон. У круглому, позитивно зарядженому атомі сидять, мов родзинки в кексі, негативні електрони.

Другий варіант запропонували одразу кілька вчених. Позитивне «щось» міститься всередині, а ззовні, навколо нього, мов плати навколо сонця, кружляють електрони.

Довести, хто правий, а хто помилявся, вдалося тільки через кілька років.

Але спочатку розповімо ще про одне свідчення того, що атом складний.

РОЗДІЛ ДРУГИЙ,

в якому атоми пробують говорити з людьми мовою райдуги, але люди їх не розуміють

ФРАУНГОФЕРОВІ ЛІНІЇ

У розповіді про французького хіміка Лекока де Буабодрана і про відкриття галію уже йшлося про спектральний аналіз. Цей чудовий спосіб дослідження не лише дав змогу відкрити кілька досі невідомих елементів. Спектроскоп виявився інструментом, який проник у глиб атома. Уже тільки заради цього зі спектральним аналізом слід ознайомитися докладніше. І почати це знайомство найкраще з фраунгоферових ліній.

Власне, фраунгоферові лінії вперше виявив зовсім не Йозеф Фраунгофер, який жив у останній третині XVIII і в першій третині XIX сторіччя, а його сучасник Вільям Волластон. Але, на відміну від Фраунгофера, який усе своє життя займався оптикою, Волластон цікавився усім на світі, а найбільше хімією (в якій він відзначився відкриттям двох хімічних елементів, радію і паладію, близьких до платини), фізикою, ботанікою, медициною, мінералогією та іншими науками.

Вивчаючи спектр сонячного світла, тобто розкладений призмою на сім кольорів сонячний промінь, Волластон помітив, що на спектрі є кілька чітких темних ліній.

Це його надто здивувало, однак він не вважав за доцільне займатися далі цим предметом. І, мабуть, справедливо, що чорні смужки на сонячному спектрі не носять ім'я Вільяма Волластона.

Той, чийм ім'ям їх було названо, народився в 1787 році у сім'ї скляра і до 14 років не знав грамоти. Батьки його померли рано, і ще дитиною він пішов у підмайстри до шліфувальника скла.

Так би в невідомості й минуло його життя, якби не завалився будинок хазяїна. В ту мить, коли майже мертвого Йозефа витя-

гали з-під руїн, мимо проїжджав зі своїм почтом баварський принц.

Спадкоємець престолу зробив ласку і подбав про долю хлопчика, пожалувавши йому досить багато грошей.

Йозеф непогано розпорядився ними, почав учитися, поступив у відому оптичну майстерню в баварському місті Бенедиктбейерні, а потім став її власником. Його оптичні прилади були відомі в усьому світі.

Проте справжню славу йому принесли спостереження за відкритими Волластоном темними лініями в сонячному спектрі.

Цих ліній Фраунгофер знайшов і замалював велику кількість — понад п'ятсот. Розташовувалися вони без будь-якого порядку, перетинаючи райдужну смужку спектра по всіх його частинах — і у жовтій, і в оранжевій, і в голубій, і в синій, і в зеленій, і в червоній, і у фіолетовій. Проте кожна темна лінія, скільки б і коли б на неї не дивився Фраунгофер — в будь-яку годину дня і будь-якого місяця року, — незмінно виявлялася на одному і тому самому місці.

Фраунгоферові лінії вражали уяву. Фізики, хіміки, астрономи не знали, що й думати. Звідки на сліпучому сонці можуть взятися якісь чорні лінії? Якби вони рухалися, якби з'являлися і зникали, то це ще півбіді — бувають же на сонці плями. Але фраунгоферові лінії стирчали в сонячному спектрі на одних і тих же місцях.

Значно менш помітним для сучасників Йозефа Фраунгофера було його інше відкриття — цього разу не в сонячному промінні, а всього-на-всього у тьмяному язичку полум'я звичайної спиртівки. У спектрі цього полум'я Фраунгофер виявив яскраво-жовту подвійну лінію — в тому місці, де в спектрі Сонця він завжди бачив таку саму подвійну, але тільки чорну смужку. В 1814 році Фраунгофер надрукував своє спостереження, даючи змогу колегам поморочити голову над цим незрозумілим збігом. Сорок три роки на це явище ніхто не звертав уваги. В 1858 році англійський фізик Вільям Сван з'ясував, що подвійна жовта лінія в полум'ї спиртівки з'являється тільки тоді, коли в спирті або в ґноті є елемент натрій. Сван розповів про свої досліді іншим фізикам, написав статтю — і на цьому вважав справу закінченою. Він не здогадався, що зробив надзвичайно важливе відкриття.

Втім, побачити щось нове чи незвичайне — ще не значить відкрити.

Є люди, які дивляться на речі і події, але... не бачать їх. Таких, на жаль, більшість.

Інші багато бачать, але не завжди розуміють побачене. Це вже потрібні науці люди.

Але найбільше науці потрібні ті, хто не тільки бачить явища, але і починає ставити їм запитання і примушує їх відповідати собі.

Воластон, Фраунгофер, Сван зуміли побачити загадкові явища. Однак розкрити суть цих явищ вдалося вже іншим природознавцям.

ЗАДАЧІ З НАТРІЄМ І СОНЦЕМ

На початку п'ятдесятих років минулого сторіччя у маленькому німецькому містечку Гейдельберзі, відомому своїм університетом, фізик Густав Роберт Кірхгоф і хімік Роберт Вільгельм Бунзен дістали відповідь на деякі винятково важливі запитання, які стосувалися фраунгоферових ліній.

Повторимо коротко умови задачі — те, що їм було «дано». У спектрі полум'я спиртівки іноді з'являється подвійна жовта лінія.

Вона виникає тільки у присутності натрію.

У спектрі Сонця є така сама подвійна, але темна лінія.

Міркування Кірхгофа і Бунзена полягали ось у чому. Вони припустили, що жовта подвійна лінія в полум'ї спиртівки, яка з'являється тільки тоді, коли є натрій, належить не спирту, а натрію.

Кірхгоф і Бунзен узяли кристалик кухонної солі, розжарили його і світло розжареної пари спрямували на призму спектроскопа. І дістали перші чіткі відповіді: на шкалі спектроскопа виник суцільний, без будь-яких темних смужок, спектр розжареної речовини, і на ньому була та сама яскраво-жовта лінія.

Кірхгоф і Бунзен узяли кристалик кухонної солі, розжарили його і світло розжареної пари спрямували на призму спектроскопа. І дістали перші чіткі відповіді: на шкалі спектроскопа виник суцільний, без будь-яких темних смужок, спектр розжареної речовини, і на ньому була та сама яскраво-жовта лінія.

Припущення підтвердилися — це була лінія натрію. Далі Кірхгоф і Бунзен міркували так. Якщо подвійна жовта лінія належить натрію, то й подвійна чорна лінія, яка є у спектрі сонця на тому самому місці, теж має належати йому. А що, коли під час проходження світла від розжареного натрію крізь більш холодну пару того ж самого натрію яскраво-жовта лінія поглинається і в спектрі лишається мовби її тінь?..

Дослідники знову розжарили кристалик кухонної солі, але перетнули шлях його променям до призми блідим язичком полум'я спиртівки. І натрій відповів: так, це так! Пара натрію в полум'ї спиртівки поглинула подвійну жовту лінію, яку послала пара натрію з кристалика кухонної солі, і на спектрі виникла подвійна чорна лінія.

Але якщо в спектрі Сонця є також подвійна чорна лінія, то чи не означає це, що і на Сонці відбувається те ж саме?

І вони спрямували на призму спектроскопа водночас два промені — сонячний промінь і промінь від полум'я спиртівки. На шкалі спектроскопа виникла все та ж сама подвійна чорна лінія. Тоді Кірхгоф і Бунзен поставили на шляху сонячного проміння непрозорий екран — і на шкалі, на місці подвійної темної лінії, засвітилася яскраво-жовта...

Отже, відповіді, які дала природа, були такі: подвійна лінія належить натрію; на Сонці є натрій; фраунгоферові лінії утворює розжарена пара елементів, які є на Сонці.

Проте на підставі цих трьох відповідей Кірхгоф і Бунзен зуміли зробити ще і четверту, найважливішу: кожний елемент має в спектрі свій, індивідуальний набір ліній.

ІСРОГЛІФИ СМУГ

Цю працю — у вигляді коротенького допису, всього дві сторінки — було надруковано в 1859 році.

А вже через рік почалися триумфальні відкриття нових елементів з допомогою спектроскопа.

Спектральний аналіз несподівано виявився чудовим засобом дослідження світу речовин, він вів від одного відкриття до іншого.

Але чому?

Чи не тому, що, не розуміючи того, люди проникли в заповідні глибини речовини?

І ще запитання: якщо спектри можуть бути візитними картками елементів, атомів одного і того ж самого сорту, то звідки їхня складність, звідки ці багаточисленні смуги?

Складні спектри натякали на те, що атоми побудовані зовсім не просто; навіть у найлегшого атома — водню — в спектрі виявилися чотири темні смужки.

Проте розшифрувати ісрогліфи спектральних ліній ще ніхто не вмів.

У 1885 році швейцарський учитель Йоганн Бальмер помітив, що чотири лінії водневого спектра розташовані не як замалець, а в певній математичній послідовності. І передбачив, що мають

бути ще й інші лінії, і обчислив, де саме, — у видимій та невидимій частині спектра. Ці додаткові лінії справді знайшлися.

У суворому порядку ліній, властивих спектрам елементів, угадувався смисл. І хоча нікому не вдавалося перекласти його на людську мову, було зрозуміло, що атом не суцільна однорідна кулька, яким уявляли його з часів Демокріта.

Електрон свідчив про те саме.

Чи є зв'язок між темними смужками спектрів і електронами атомів? І якщо є, то який?

Знання, накопичені до 1896 року вченими, не давали змоги одержати відповіді на запитання про будову атома. Але воли свідчили про те, що якась будова в атома є.

Треба було шукати нові факти. І ніхто, звісно, не припускав, що до відкриття будови атома лишилися лічені дні.

РОЗДІЛ ТРЕТІЙ,

в якому елементи починають перетворюватись один в одного

ПЕРШИЙ КАМІНЬ

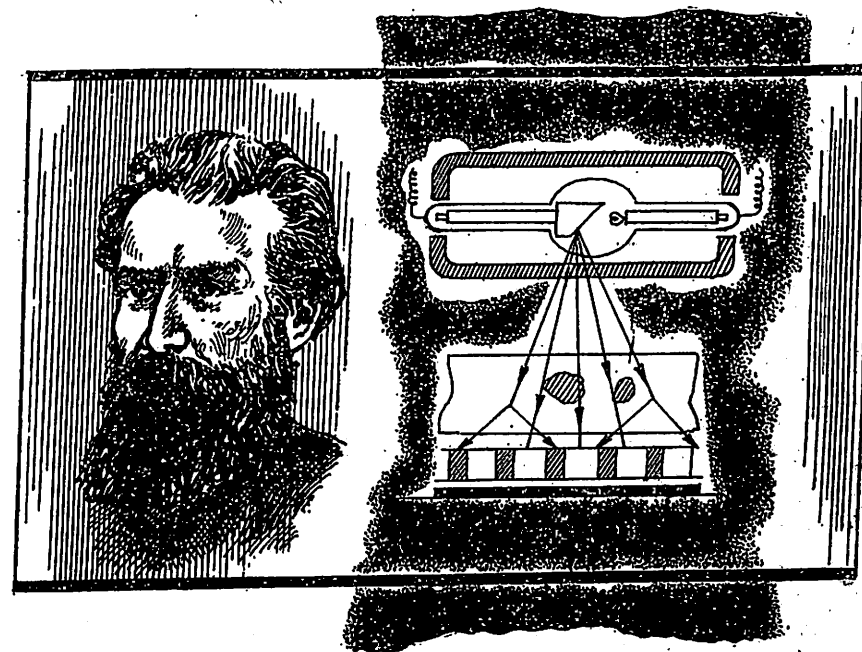
Наприкінці 1895 року п'ятдесятирічний професор Вюрцбурзького університету Вільгельм Конрад Рентген, зайнявшись катодними променями, з якими вже років двадцять працювали десятки дослідників, знайшов ще одні невидимі промені. Вони з'являлися в кружковій трубці — в тому місці, куди вдарилися катодні промені, які являли собою, на думку Томсона, потік електронів.

Коли потік електронів вривався в анод, то нові невидимі промені розходилися від анода, який світився. Коли потік електронів відхилявся магнітом і він вривався в скло трубки, то нові невидимі промені розходилися від плями на склі, що світилася.

Спершу Рентген думав, що це катодні промені, які тільки змінили свій напрям. Але нічого подібного: вони зовсім не відхилялися магнітом! І до того ж проходили крізь непрозорі предмети. Та ще й лишалися невидимими, засвічували фотографічні пластинки. Рентген сфотографував руки своєї дружини і важки, вміщені в закриту дерев'яну коробку. Ці фотографії — перші в світі рентгенівські знімки — разом з віддрукованою на десяти сторінках брошурою «Про новий рід променів» він надіслав найавторитетнішим фізиком.

Один з конвентів надійшов до Парижа, і його зміст було оголошено на першому ж засіданні Французької Академії наук у січні 1896 року.

На цьому засіданні серед інших французьких вчених був професор Антуан Анрі Беккерель — син професора Едмона Беккереля і внук професора Антуана Сезара Беккереля, які присвятили все життя вивченню фосфоресценції — свіченню різних речовин. Ці дослідження продовжив і Анрі Беккерель — можливо, єдиний випадок, коли три покоління в родині вивчали одне і те саме явище природи.



Беккереля, звичайно, зацікавив зв'язок рентгенових променів з фосфоресценцією. Якщо вони з'являються в плямі, яка фосфоресцює, то чи не може давати такі самі промені і яка-небудь самосвітна речовина? Таке запитання виникло цілком природно, і Анрі Беккерель узявся за досліди, які мали на це відповіді.

Досліди були дуже прості. Він брав здатну до фосфоресценції речовину, освітлював її сонячним промінням, а потім клав на фотографічну пластинку, загорнуту в чорний папір. Для рентгенових променів чорний папір не був перешкодою, і якщо вони виникали, пластинка неодмінно виявилася б засвіченою.

Одна за одною лягали на чорний папір різні речовини, а пластинки нічого не реєстрували. Напевно, інший дослідник вже не

раз махнув би рукою на це діло. А Беккерель продовжував дослід. І одного чудового дня, зафіксувавши ще одну невдачу, він дістав чергову речовину — подвійну сірчанокислу сіль калію і урану, поклав її на загорнуту в чорний папір фотопластинку, розчинив вікно, щоб ультрафіолетові промені попали на препарат, а потім зачинив вікно і пішов у фотолaboratorію проявити пластинку...

На засіданні Академії наук Беккерель оголосив:

«Якщо взяти фотографічну пластинку, загорнути її двома аркушами дуже щільного чорного паперу, а зверху покласти будь-яку речовину, що фосфоресцює (бісульфат урану і калію), виставити усе на сонце на кілька годин, а потім пластинку проявити, то на ній виникне силует речовини, яка фосфоресцює».

Це був не такий вже частий випадок подвійної помилки. Помилкова гіпотеза була підтверджена помилковим фактом. Фосфоресценція не мала до того, що відбувалося, ніякого відношення, як не мали до цього нічого і рентгенові промені.

У цьому сам Беккерель впевнився вже наступного тижня. Було похмурно, сонце майже не виглядало, і препарат уранової солі опромінення не зазнав. Але фотопластинка і далі засвічувалася.

Інші речовини так не поводитися. І Беккерель уже на наступному засіданні Академії зміг доповісти про свою помилку і про спійманого винуватця — уран, останній елемент таблиці Менделєєва. Цю свою дивовижну властивість уран приховував майже вісімдесят років.

Звісно, було дуже цікаво з'ясувати, чи не випускають промені інші елементи?

Беккерель, який працював у Музеї природничої історії, перевіряв поспіль усі мінерали. І незабаром упевнився: деякі з них засвічують пластинку значно сильніше, ніж та перша уранова сіль. Правда, і ці мінерали теж були уранові — наприклад, уранова смолка з Іоакімстала з Чехії. Але в ній урану було значно менше, ніж у солі.

В чім же справа?

Беккерель звернувся по допомогу до свого друга фізика П'єра Кюрі та його дружини хіміка Марії Склодовської.

АТОМНА ЧИ КОСМІЧНА?

Марія Склодовська народилася в сім'ї вчителя фізики у Варшаві. Закінчивши гімназію з золотою медаллю, вона виїхала з Варшави в глушину, була гувернанткою в поміщцьких роди-

пах, а зароблені гроші відсилала старшій сестрі, щоб та могла здобути вищу освіту.

У двадцять чотири роки — Томсон у цьому віці вже був бакалавром — Марія Склодовська вперше переступила поріг університету. Вона жила в холодній кімнаті, харчувалася хлібом і водою — на щось інше в неї не було грошей. І вчилася, вчилася, вчилася.

Через чотири роки вона була цілком сформованим дослідником.

Отже, Беккерель уперся в загадку: уранова смолка випромінювала сильніше, ніж подвійний сульфат урану і калію, хоч у солі урану було більше, ніж у мінералі.

Дізнавшись про це, Марія Кюрі висловила припущення: уран в мінералі випромінює сильніше, ніж уран у солі, з тієї ж причини, з якої азот із атмосфери виявився важчий за азот із аміаку чи селітри. І там і тут ефект був викликаний домішкою. У випадку з азотом цією домішкою виявився, як відомо, більш важкий газ аргон. У випадку з ураном слід шукати інший, сильно випромінюючий елемент.

Два роки в дощатому сараї з бетонованою підлогою і скляною покрівлею кипіли у велетенських залізних баках кислоти і луги, випаровувалися і фільтрувалися розчини. Тисячі кілограмів порожніх порід з Іоакімстала — відходів тамтешнього уранового виробництва — перетворювалися в грами, а потім і в міліграми солей.

Усю цю роботу — роботу цілої фабрики — проводили двоє людей: Марія та П'єр Кюрі.

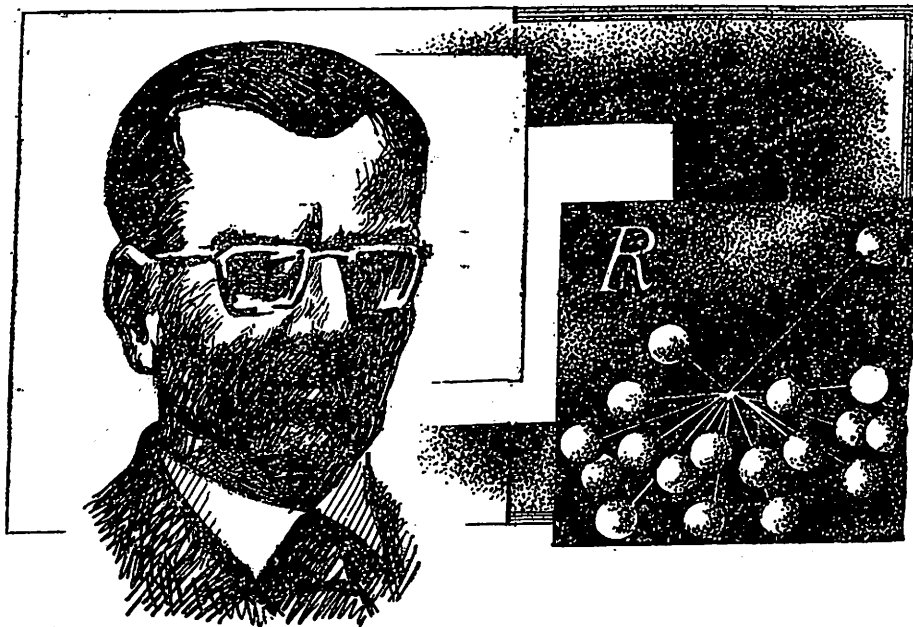
Два роки праці. Кілька десятків долей грама здобичі. Але якої! Не один, а два нових елементи винайшли подружжя Кюрі в уранових відходах. І обидві нові речовини виявилися активнішими за уран. Першу, знайдену влітку 1898 року, вони назвали полонієм, на честь Польщі, батьківщини Марії. Другу — радієм од слова «радіус» — «промінь».

Особливо чудовий був радій, який виявився в мільйон разів активнішим за уран. У нього вдалося зареєструвати промені трьох видів. Магніт діяв на них по-різному. Одні промені відхиляв ледь-ледь, та ще до негативного полюса. Певно, це були якісь досить важкі позитивно заряджені частки. Інші промені відхилялися сильніше, приблизно так само, як катодні, і до позитивного полюса. Цілком ймовірно, це були електрони. Треті промені, мабуть, схожі на рентгенові, — на магніт вони зовсім не реагували.

Три випромінювання були названі трьома першими літерами грецької абетки. Позитивні — альфа-промені, негативні — бета-промені, нейтральні — гамма-промені.

Якщо бета- і гамма-промені були схожі на вже відомі випромінювання, то з променями, подібними альфа-променям, люди раніше не стикалися.

Коли Марія Кюрі виміряла їхню швидкість, увесь вчений світ був здивований: невидимі промені летіли зі швидкістю 25000 кілометрів на секунду.



Не дивно, що солі радію безперервно виділяли величезну кількість тепла — у чверть мільйона разів більшу, ніж при спалюванні вугілля. В теплоту переходила велетенська енергія альфа-променів. Звідки бралася енергія?

Це питання викликало ще більші суперечки, ніж природа альфа-променів.

Марія Кюрі вважала, що джерело цієї енергії міститься всередині атома. Звідки ж ще могли вистрілювати такі надшвидкісні снаряди?

Однак це було тільки припущення, його слід було довести. А поки навіть у П'єра Кюрі була своя власна думка: атоми урану, полонію, радію — це мовби шлюзи, через які в наш світ хлюпає потік космічної енергії. Уран — шлюз менший, радій — найбільший.

Правда, що таке ця «космічна енергія», П'єр Кюрі толком пояс-

нити не міг. Але пояснити, що таке «внутріатомна енергія», в той час теж ніхто б не взявся!

Було ясно одне: наука вперше зіткнулася з новим видом енергії, з новою властивістю деяких атомів — безперервно випромінювати енергію. Властивість цю, на яку випадково наштовхнувся Беккерель, Марія Кюрі назвала радіоактивністю.

НОВА АЛХІМІЯ

Цивілізація та її найдорогоцінніша спадщина — наука — створювалися силами усього людства. На сторінках цієї книжки вже з'являлися індійці та китайці, єгиптяни і греки, римляни й араби, росіяни й німці, французи, англійці, поляки...

Тепер настала черга для новозеландця Ернста Резерфорда — уродженця острова, який розташований на глобусі якраз на протилежному боці Англії. Він народився в невеличкому селі Спрінг Гроув, батько його був колісний майстер.

Ернст Резерфорд закінчив Новозеландський університет і в 1895 році приїхав до Англії, поступив працювати в Кавендишську лабораторію. Коли Томсон відкрив електрон, його найближчим помічником у цьому дослідженні був Ернст Резерфорд.

Тільки-но перші звістки про відкриття Беккереля перетнули Ла-Манш, Резерфорд зайнявся ураном і відтоді все життя працював з випромінюючими елементами.

Через деякий час йому довелося покинути Кембрідж і податися до Канади, потім він повернувся і одержав лабораторію в Манчестері, згодом став наступником Томсона в Кавендишській лабораторії.

В 1889 році Ернст Резерфорд зробив перше велике відкриття.

Він працював тоді з торієм, в якого Марія Кюрі теж виявила здатність випромінювати. Невдовзі Резерфорд з'ясував, що торій поводить дивно: то випромінює сильніше, то слабкіше. Тільки-но в лабораторії водночас відкривали вікна і двері, радіація слабшала. Як тільки зачиняли, радіація посилювалася.

Резерфорд швидко зметував, що протяг щось видуває з лабораторії.

І справді — протяг видував газ, який виділявся з торієвої солі. А газ цей теж був радіоактивний. Більше газу — більший потік випромінювання. Менше газу — менша радіація.

Майже в той самий час друг і помічник Марії та П'єра Кюрі француз Анрі Деб'єрн і німець Ернст Дорн встановили, що такий же газ виділяється з радію.

Резерфорд зібрав цей газ і дослідив його за всіма правилами хімічної науки. Радіоактивний газ за своїми хімічними властивостями, мов дві краплини води, був схожий на інертні гази — гелій, аргон, неон, криптон і ксенон. Він був важчий від найважчого з них — мав посісти останнє місце в пульовій групі природничої системи елементів. І за своїми хімічними властивостями йому було саме тут місце, і за атомною вагою, і за новою здатністю випромінювати, яка більшою чи меншою мірою виявлялася в усіх атомів, важчих від свинцю.

Поки Резерфорд займався відкритим ним елементом — згодом він дістав назву радон — Вільям Крукс наптовхнувся на інше чудове явище.

Крукс хотів сам перевірити відкриття. Він купив окис урану і піддав його старанній хімічній очистці, щоб бути певним у чистоті препарату. Очистивши окис урану, Крукс поклав його на фотопластинку. І пластинка лишилася незасвіченою! Отже, Беккерель помилився. Чистий уран не випромінював.

Зате домішок, який Крукс відділив од урану, — він випромінював! Крукс назвав його ураном-ікс і почав вивчати його хімічну природу.

Як тільки про це довідався Беккерель, він негайно почав перевіряти Крукса. І переконався, що Крукс мав рацію.

Беккерель був здатний на дивовижні здогадки. Через кілька днів після цього дослідів йому спала така думка: а що коли очищений уран тільки на певний час втратив свою активність, і тепер вона знову появилася?

Беккерель поклав раніше очищений препарат уранової солі на пластинку і пішов у фотолабораторію. Пластинка виявилася сильно засвіченою!

Беккерель проробив те саме з домішком. Дивно, але тепер домішок перестав засвічувати пластинку.

Вони помінялися місцями, наче в бальному танці.

Про це незрозуміле явище Беккерель негайно сповістив колег-фізиків. Резерфорд, звісно, повторив досліди Крукса — Беккереля з торієм, і в нього вийшов торій-ікс. За хімічними властивостями він нічим не відрізнявся від... радію. І Резерфорд теж спостерігав дивний танець з переміною місць.

Чи не означало все це, що в торію, від якого відділили торій-ікс, цей «ікс» чомусь з'являється знову?

Найтонші хімічні маніпуляції — і ось в одній посудині торій, який зовсім перестав засвічувати пластинку, а в другій торій-ікс, відроджений радій.

Але що означає — відроджений? «З нічого навіть з волі богів нічого не твориться», не відроджений, а — народжений!

Атоми одного елемента перетворилися на атоми іншого елемента.

З тієї миті почалася епоха «нової алхімії», нового утвердження ідеї про можливість перетворення елементів.

Але думка людська не йшла по колу, нове утвердження не означало повернення до фантастичних уявлень шукачів філософ-



ського каменя. Думка йшла по висхідній спіралі. Нові алхіміки знали, з яких елементів утворюються складні речовини, і розуміли, що ні розчинення, ні розплавлення, ні сублімація, ні сполуки з іншими елементами не можуть примусити атом одного сорту стати атомом іншого сорту. Проте тепер їм був відомий новий спосіб взаємодії речовини, при якому чудо перетворення елементів відбувалося.

Нова епоха тільки-но починалася. Перші парадоксальні факти ще не розхитали всієї величезної будови звичних уявлень.

І тому, наприклад, Беккерель, довідавшись про перетворення торію, не поспішив погодитися з Резерфордом. Чому неодмінно перетворення атомів? Можливо, перетворення молекул? Можливо, діяли звичайні хімічні сили?

Тоді Резерфорд доручив своєму помічникові Фредеріку Содді спробувати вплинути на хід цих перетворень. Адже на хімічні перетворення, коли атоми сполучаються один з одним або, навпаки, роз'єднуються, можна вплинути. І Содді змусив торій пройти крізь вогонь, воду і мідні труби всіляких реакцій. Але торій, продовжуючи випромінювати, з завидною послідовністю перетворювався на радій.

Втім, Резерфорд уже припускав, що перетворення і випромінювання є, найвірогідніше, один і той же, єдиний процес. І поява альфа-частинки свідчила про перетворення атома торію на атом радію.

Однак припустити — ще не довести.

Щоб знайти докази, треба було встановити природу альфа-променів.

ГЕЛІЙ З ТОРІЮ

Що ж таке альфа-промені?

Марія Кюрі вияснила, що це потік позитивно заряджених частинок, які мчать з неймовірною швидкістю.

Але що це за частинки? На що вони схожі? На електрон? Чи на щось інше?

Коли перетворення більш важкого торію на торій-ікс, який мав усі хімічні властивості більш легкого радію, став незаперечним фактором, Резерфорд замислився; а що коли альфа-частинки — це якісь дуже легкі атоми? Він згадав і про те, що знали всі хіміки, — в уранових мінералах завжди є гелій. Згадайте, як Гіллебранд прийняв його за азот, а Рамзай виправив помилку і виділив з рідкого мінералу клевету сонячний газ?

Газ цей виявився надзвичайно легким, всього в чотири рази важчим за водень. І був цілком підходящим кандидатом, щоб зайняти посаду альфа-частинки.

Тепер належало визначити масу альфа-частинки і порівняти її з масою атома гелію. Задача була схожа на ту, яку Резерфорд допомагав розв'язати своєму вчителю Томсону, — визначення маси електрона. Треба було відхилити потік альфа-частинок у магнітному полі. Величина відхилення залежатиме від заряду і маси частинки. Чим менший заряд і чим більша маса, тим важче частинку відхилити: адже заряд — це піби локомотив, а маса — весь поїзд.

Але як у состава не може бути менше одного локомотива, так і в зарядженій частинки не може бути менше одного заряду.

А більше — може. Коли треба подолати крутий підйом, то чіпляють у голову состава не один, а два локомотиви. Два заряди мають, наприклад, іони магнію.

Ніхто не міг сказати заздалегідь, скільки зарядів у альфа-частинки.

Резерфорд припустив, що один заряд, як у електрона, як в іона водню.

Коли потік альфа-частинок пересік магнітне поле, вони майже не відхилилися. І тільки в полі дуже сильного електромагніту відхилення стало досить помітне, але все ж у два мільйони разів менше, ніж відхилення катодних променів — електронів, і вдвічі менше, ніж відхилення іонів водню.

Тобто альфа-частинки відхилялися так, наче вони були вдвічі важчі за атоми водню, і це було дуже погано... Погано, бо атоми гелію в чотири рази важчі за атоми водню. В чотири, а не в два.

А що коли не состав удвічі легший, а локомотив удвічі сильніший? Адже два заряди будуть тягти атом учетверо більшої маси саме так, як один заряд — атом удвічі більшої маси...

Резерфорд засів за розрахунки. Йому треба було вирахувати повний електричний заряд альфа-частинок, які вистрілює грам урану за секунду, і число атомів гелію в цьому обсязі. І потім поділити повний електричний заряд на число атомів.

І в нього вийшло — на кожен атом доводиться рівно два заряди.

Але розрахунки є розрахунками. От би полічити, скільки насправді вистрілюється альфа-частинок!

ПРО КОРИСТЬ ІГРАШОК

Сер Вільям Крукс, про якого читачеві вже дещо відомо, незабаром після відкриття радіо винайшов чудовий прилад. Спочатку він здавався іграшкою. Це не повинно дивувати: ракети, наприклад, теж довгий час призначалися в основному для гри — святкових фейсверків.

Придумана Круксом іграшка була схожа на окуляр від бінокля. Невеличка трубочка, зверху прикрита лупою. А знизу — скляний екран, вкритий сірчаним цинком — речовиною, яка починала світитися, тільки-но на неї попадало випромінювання. В середині трубочки, між екраном і збільшувальним склом, стирчала голка, а на її вістрі — невидимі атоми радію. Взятися вони от звідки: Крукс торкнувся кінчиком голки до внутрішньої стінки ампули, в якій раніше лежав кристалик бромистого радію.

Цього було досить, щоб кілька мільйонів атомів радію перейшли на голку.

Приклавши око до лупи спітарископа — так назвав Крукс свою іграшку (від грецьких слів «спітар» — «іскра» і «скопейн» — «спостерігати»), — можна було побачити екран, на якому, немов рії падаючих зірок на нічному небі, спалахували і гасли блакитні іскри. Кожна іскра означала зустріч альфа-частинки, що вилітала з радію, з молекулою сірчаного цинку.

Призначалася іграшка для демонстрації незвичайних властивостей нового елемента, відкритого Марією і П'єром Кюрі.

Звісно, Резерфорд, як і всі, кому вдалося зазирнути у спітарископ, був зачарований зірковим дощем альфа-частинок. Та ще більше враження на нього справила простота приладу, в якому можна побачити дію одної-єдиної альфа-частинки. Бо це означало, що частинки можна рахувати.

І Резерфорд разом зі своїм помічником Гансом Гейгером узявся лічити альфа-частинки.

Це була надзвичайно важка робота — без кінця дивитися в окуляр, щоб не проморгати жодного спалаху на екрані. (Не проморгати у буквальному розумінні слова: не змигнувши оком).

Вони лічили, лічили, лічили не сотні, не тисячі, не десятки і навіть не сотні тисяч альфа-частинок. Мільйони!

Але зате, коли лічбу було закінчено і підраховано число атомів гелію, який виділявся з радіоактивного препарату, і обидва ці числа збіглися, от тоді Резерфорд міг нарешті зі спокійною душею оголосити: інкогніто альфа-частинок розкрито! Кожна альфа-частинка — це атом гелію, точніше, його ядро.

Так іграшка Крукса виявилася першим віконцем, зазирнувши в яке, людина могла наочно пересвідчитися в існуванні атомів.

З того часу припинила існувати атомна гіпотеза — атомна будова речовини стала наочним фактом.

...Отже, альфа-частинка виявилася атомом гелію.

А бета-частинка була, як і припускали, електроном.

Якісь невідомі сили викидали їх з атомів усіх важких елементів, що стояли в таблиці Менделєєва після свинцю.

І коли яка-небудь із цих частинок покидала атом, він одразу ставав атомом іншого елемента. Втративши альфа-частинку, торій ставав радієм, радій — радон, радон — полонієм, полоній — свинцем. Втративши бета-частинку, актиній ставав торієм.

Як кажуть, ясно і зрозуміло.

Але недарма є приказка: «Ніс вилізе, хвіст зав'яже».

Радій виходив з урану, і з торію, і з актинію. І з кожного радію виходив свій радон. З кожного радону свій полоній. З кожного полонію свій свинець. Замість одного радію виходило бага-

то радіїв, замість одного радону — багато радонів, замість одного свинцю — багато свинців. І всі вони, за винятком свинцю, прагнули перетворитися одне на одного. І хоч хімічні властивості у всіх радонів чи всіх радіїв були однакові, атомна вага в них була різна. І ця жахлива плутанина фактів загрожувала зруйнувати закон Менделєєва, тому що було незрозуміло, куди тепер ставити в таблицю ці однакові елементи з різною атомною вагою.

РОЗДІЛ ЧЕТВЕРТИЙ,
в якому Резерфорд знаходить
атомне ядро, а Бор —
електронну оболонку

ПЕРШИЙ ЗАЛП

Прилад, в якому Ернст Резерфорд почав обстрілювати атомами гелію (альфа-частинками) атоми інших речовин, був схожий на Круксів спітарископ, тільки трохи більший. На одному кінці багатометрової скляної труби замість голки була ампула з радіевою сіллю, а інший кінець упирився в екран із сірчаного цинку. По трубі, мов по гарматному стволу, мчав у бік мішені пучок альфа-частинок. А мішенню була тонка металева пластинка — фольга, поставлена перед екраном.

Листочок фольги, звісно, не міг затримати стрімкі снаряди альфа-частинок, і позаду нього на екрані спалахували, як і в Круксовому спітарископі, іскри.

Уже під час перших дослідів Резерфорд помітив, що спалахи дещо зміщаються від напрямку польоту частинок. Чому? Що могло примусити їх відхилитися від первісного шляху?

Звичайно, тільки атоми металу, з якого складалася фольга. Ото було б цікаво подивитися, як це залежить від атомної ваги металів. Чи не збігаються величини відхилення зі змінами атомної ваги?

У 1909 році Резерфорд доручив одному з своїх лаборантів — Ернсту Марсдену — перевірити це на листочках різних металів.

Марсден почав із золотої фольги. Він помістив золоту мішень перед екраном і незабаром побачив, що виконати завдання Резерфорда буде не так-то просто. Спалахи від альфа-частинок, які вилітали з округлого скляного дула, не утворювали на екрані чіткого кола. Деякі іскорки спалахували далеко в стороні.

Марсден не раз налагоджував і настроював свій прилад, але спалахи ніяк не хотіли лишатися в окресленому трубою колі.

Він доповів про дивну поведінку альфа-частинок Резерфорду. Той прийшов, поспостерігав за спалахами і дав Марсдену не менш дивну вказівку.

— Подивіться, чи не відбиваються альфа-частинки від фольги. І пішов.

Ернст Марсден був лише двадцятирічним лаборантом. Але він зрозумів: якщо хоч одна альфа-частинка відіб'ється від фольги, то тим самим з'ясується щось надзвичайне. Бо як це може тоненька фольга відкидати снаряди, які летять зі швидкістю двадцять п'ять тисяч кілометрів на секунду?

Минуло кілька днів.

Марсден переробив прилад, встановив додаткові екрани і почав терпляче чекати.

І ось перший спалах — не за фольгою, а перед фольгою!

Ось ще один. І це.

І знову пауза. І знову спалах.

Марсден лічив увесь вечір і всю ніч.

На кожні вісім тисяч спалахів заміщення з'являвся один спалах перед нею. Один з восьми тисяч снарядів фольга відмовлялася пропускати і відправляла назад.

Наступного дня Марсден замінив золотий листок мідним, потім мідний — алюмінієвим. Він хотів з'ясувати, чи зменшується число відбитих снарядів, якщо мішень — з більш легких атомів.

І з'ясував — так, зменшується і досить значно.

За кілька днів він сказав Резерфорду:

— Ви були праві, професоре...

Подія сталася, її треба було пояснити.

Коли рикошетує снаряд? У двох випадках. Або — коли відскакує від чогось більш міцного і масивного, аніж він сам. Або — коли зустрічається з мішенню під дуже великим кутом, тоді він може відскочити від чого завгодно.

Але тут не було снаряда, була альфа-частинка. І летіла вона перпендикулярно мішені. І не було броні, а була тоненька фольга. І не було в цій фользі нічого, крім атомів.

Якими ж були вони, ці атоми, якщо сім тисяч дев'яносто дев'ять снарядів пронизували їх наскрізь, а восьмитисячний відскакував назад?

На той час існувало дві моделі атома. Модель Томсона — кекс з родзинками, позитивно заряджений шар, всередині якого є негативно заряджені електрони. І планетарна модель — негативні електрони-планети обертаються навколо позитивного Сонця.

Томсонівській атом не витримав першого ж залпу і розсипався назавжди. В ньому не було нічого, що могло б примусити снаряд відлетіти назад. Плаваючі всередині шара електрони? З таким же успіхом горошина могла б відбити гарматне ядро: альфа-частинка у вісім тисяч разів важча за електрон і до того ж летить із божевільною швидкістю.

Лишався тільки один можливий варіант будови атома. Резерфорд дійшов до нього після майже дворічних роздумів. Позитивно заряджене важке ядро. І на величезних відстанях од нього, подібно планетам навколо Сонця, — електрони. Майже порожній атом. Бо ядро, в якому зосереджена маса атома, займає незначне місце — тільки так можна пояснити той факт, що сім тисяч дев'яносто дев'ять альфа-частинок проскакують мимо. Такою була єдина можлива модель, тільки такий атом міг поводитися під обстрілом так, як поводити себе атоми фольги в дослідах Резерфорда і Марсдена.

І Резерфорд був переконаний, що атом збудований саме так. Але переконати в цьому інших він не міг. І ось чому.

Ще в 70-ті роки XIX сторіччя англійський фізик Джеймс Максвелл довів, що будь-яке заряджене тіло, яке рухається в електричному полі, під час зміни швидкості чи напрямку втрачає енергію, випромінюючи її в простір. Електрони ж, які обертаються навколо ядра, випромінювати енергію. І весь запас їхньої енергії поступово б вичерпався. І вони неодмінно впали б на ядро. Так само неодмінно, як неодмінно зрештою падає на землю випущена з рушничі куля.

Електрон упав би на ядро, і атом перестав би існувати.

За відомими на той час законами природи планетарний атом Резерфорда не мав права на існування. І в той же час досвід свідчив незаперечно: атом поводить себе так, наче він і є такий неіснуючий атом.

Виходило одне з двох: або природа грала не за правилами, або правила були не за природою.

ТРЕТЯ МОЖЛИВІСТЬ

Вона майже завжди існує — ще не відома, третя, можливість: в запасі у Природи є деякі правила, яким і підкоряється заново відкрита гра. У випадку з атомом це означало, що закони для макросвіту — для тіл розміром з атом і більше, ніж атом, недійсні для мікросвіту — для тіл меншої величини.

...Закон для тіл менше атома був відкритий берлінським фізиком Максом Планком у 1900 році, ще до того, як заговорили про атомне ядро. І тоді ніхто не розумів, що з цим законом робити, де його застосувати.

Макс Планк вивчав спектри нагрітих речовин. Давно було відомо, що колір тіла, яке нагрівається, змінюється: спершу він червоний, потім жовтіє, блакитнішає... Залежно від того, скільки енергії одержало тіло, що нагрівається, змінювалось і його випромінення.

Планк прагнув зрозуміти, як саме розподіляється енергія по різних випроміненнях. І коли він зібрав багато фактів, зв'язаних із цим процесом, то виявилось, що багатьом безперечним даним неможливо знайти пояснення, якщо лишатися на позиціях, типових для макросвіту.

Перетворення в світі речовин не можна було зрозуміти, поки не встановили найголовнішого: речовини складаються з мінімальних порцій — атомів. Перетворення в світі випромінень теж не можна було зрозуміти, поки Планк не дійшов геніальної думки: треба відмовитись від уявлення, щоби енергія тече суцільним потоком, а уявити собі, що вона, як і речовина, ділиться на порції і що випромінення складається з мінімальних порцій — Макс Планк назвав їх квантами.

Чому тепло, світло, рентгенові промені повинні мати зернисту, як казали в давнину — корпускулярну, будову, ніхто не розумів. Кому і навіщо могли знадобитися ці мінімальні порції енергії, було невідомо. Відомо було одне: професор Планк, вивчаючи спектри, не зміг звести кінців, поки не припустив, що є така штука — найменша порція випромінення — квант.

Альберт Ейнштейн перший пояснив з допомогою кванта одне з раніше незрозумілих явищ. У той час, коли Планк сушив голову над спектрами, Ейнштейн ще навчався в інституті. А потім став викладачем. У школі Ейнштейн пропрацював усього два роки: в нього було багато власних думок про природу речей, і йому хотілося знайти таку роботу, щоб голова лишалася більш-менш вільною для роздумів. А кому не відомо, як доводиться вчителям...

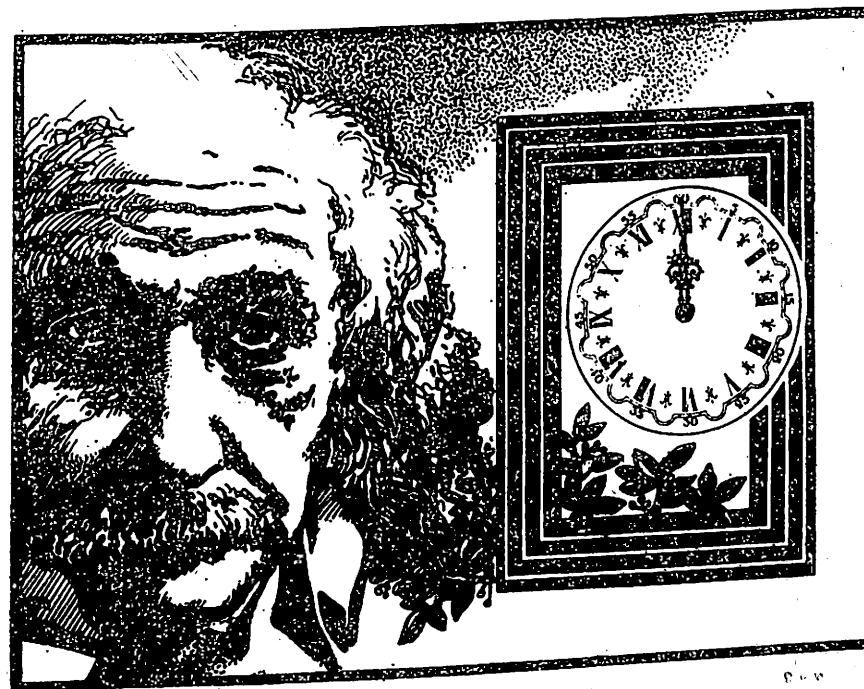
У 1902 році скромному двадцятирічному вчителю Ейнштейну з маленького містечка Шафгаузена пощастило: він дістав місце в столиці Швейцарії Берні, в патентному бюро. Там, відпрацювавши належні години, можна було спокійно роздумувати, як збудовано світ.

...Коли Альберт Ейнштейн прочитав статтю Макса Планка про кванти, то, поміркувавши, знайшов для цих квантів діло.

Давно було відомо, що коли опромінити металеву пластинку ультрафіолетовими променями, можна збудити в ній електричний струм. І що промені меншої енергії, скажімо, фіолетові, цього зробити не можуть. Це був твердо встановлений, але зовсім не зрозумілий факт! Здавалося б, чи не все одно — п'ять хвилин

опроміювати ультрафіолетовими променями чи п'ять годин фіолетовими? Адже можемо ми випарувати відро води і на спиртівці, і на гасниці, і на газовій плиті — вся різниця лише в часі. Але те, що було з випаровуванням молекул води, ніяк не виходило з електронами. Щось заважало!

Ейнштейн зрозумів що: кванти. Один електрон вибивається



з металу одним квантом... Ультрафіолетовий квант енергійніший за фіолетовий, ось він і вибиває електрон. А у фіолетового кванта енергії для цього не вистачає.

Так у 1905 році з'явилася фізична теорія, яка пояснювала, що звичайне світло складається з квантів — порцій енергії різної величини. Величина енергії залежить від довжини хвилі. Чим коротша хвиля, тим енергійніший квант.

Тепер добре було б дізнатися, звідки ці кванти беруться.

Нільс Бор народився в Копенгагені, в родині професора філології, і вивчав фізику. Коли він довідався про атомне ядро, відкрите Резерфордом, йому було 26 років. Він приїхав до Англії і невдаві поступив стажером у лабораторію Резерфорда. Цьому молодому датському фізику випало врятувати планетарний атом Резерфорда.

Міркування Нільса Бора зводилися до відмови вважати всеохоплюючим правило Максвелла, яке заперечувало існування атома з ядром, оскільки досвід переконував, що такий атом є і, оскільки, крім відомого і всім зрозумілого правила Максвелла щодо випромінень, вже існувало маловідоме і не дуже зрозуміле правило Планка про кванти. І це незрозуміле правило погано підходило до незрозумілого атома з ядром...

Якби електрон безперервно випромінював, то він упав би на ядро. Але він не падає, виходить, він не випромінює безперервно. Вже тому, що безперервне випромінювання неможливе — воно ділиться на порції, кванти.

Проте яким чином ці кванти випромінюються електроном?

Основні, первісні принципи теорії побудови найпростішого атома — водню — Бор виклав у статті, надрукованій 1913 року.

Щоб більш-менш наочно уявити собі обґрунтовану в цій статті поведінку електрона, який обертається навколо атомного ядра, спробуємо звернутись до аналогії.

Звичайно, не можна забувати, що уявлення про процеси всередині атома взагалі не можуть не бути грубо спрощені. Аналогія ж ніколи не відповідає справжній картині — в кращому разі, вона тільки допомагає зрозуміти її.

Є така гра — один з видів більярду: похила дошка з круглими гніздами, по якій котяться металеві шарики. Чим нижче скочується шарик, тим важче йому застрянути в будь-якому гнізді. Адже, знижуючись, він котиться дедалі швидше, бо все більша частина потенціальної енергії перетворюється на кінетичну, на енергію руху.

Так ось. У певному розумінні атомне ядро поводить, мов похила дошка, електрони — як шарики, а гнізда відіграють роль таких рівнів, на яких електрону «дозволено» перебувати, не випромінюючи. Потрапивши в гніздо, шарик уже не витрачає на рух потенціальної енергії, а лежить собі й лежить. Попавши на один з дозволених рівнів, електрон уже не витрачає на випромі-

нювання заощадженої на попередньому рівні енергії, а спокійно рухається навколо ядра.

А електрон випромінює тільки, коли перестрибує з одного дозволеного рівня на інший, ближчий до ядра. При цьому випромінюється рівно квант енергії. Електрон не може випромінювати, скажімо, півкванта — адже він не може припинити свого «падіння» до ядра на півдорозі, до наступного дозволеного рівня.



Коли ж нагрівати атом чи опромінювати його, тобто подавати в нього енергію ззовні, то електрони, поглинувши цю енергію, перестрибнуть з ближчих до ядра рівнів на дальші. Потім такий атом зможе віддавати енергію назад: електрони перестрибують нижче, і кванти випромінюються у простір. Якщо це кванти видимого світла, речовина починає фосфоресцювати, світитися.

Як, наприклад, побудований атом водню? У нього є ядро, яке несе один позитивний електричний заряд. А навколо нього, мов Місяць, обертається електрон. Але, на відміну від Місяця, він може перебувати не на одній-єдиній орбіті, а на будь-якій з дозволених йому орбіт.

І, перестрибуючи зі сходинки на сходинку, зверху вниз, з однієї дозволеної орбіти на іншу, він має при цьому віддавати різні порції енергії, різні кванти.

От звідки серія смужок у спектрі водню, знайдена колись Бальмером. У різних порцій — різна енергія, значить, це різні фотони — кванти світла: один, приміром, жовтий, другий червоний, третій фіолетовий, а четвертий ще енергійніший — він потрапляє в спектрі в зону ультрафіолету.

...Люди, звичайно, вважають, що незрозумілі речі слід пояснювати з допомогою зрозумілих. Тому спосіб, яким нікому не відомий молодий датчанин вирішив врятувати незрозумілу конструкцію атома Резерфорда, не одразу припав до душі навіть фізикам. Лорду Релею, наприклад.

Проте все ж не один Резерфорд оцінив геніальну ідею Бора...

РОЗДІЛ П'ЯТИЙ,

в якому Мозлі не тільки рятую природничу систему елементів, але й пояснює її

ВСЕ СТАЄ НА СВОЇ МІСЦЯ

Коли лавини нових дивовижних відкриттів обрушуються в свіді науки, то спочатку здається, що нічого не лишилося на місці, усе зруйновано. Але ось пил осідає, і зруйнованими виявляються тільки забобони і хибні думки, а очищений від них світ істин стає ще непохитніший.

Так сталося і цього разу. Раніше за інших цей новий чудовий світ побачив одноліток Бора і учень Резерфорда Генрі Гвін Мозлі.

Про нього відомо небагато. Мабуть, тому, що на заняття наукою доля відвела йому лічені роки. Влітку 1910 року він закінчив Оксфордський університет і прийшов до Резерфорда. А влітку 1915 року загинув од кулі на війні — в окопі, на березі Дарданелл.

Ньютон прожив 85 років, Бойль — 64, Ломоносов — 54, Лавуазьє — 51 рік, а Мозлі загинув приблизно в тому ж віці, що й Лермонтов...

Як і Беккерель, Мозлі був сином професора і внуком професора. Як і Кавендиш, він був фанатично відданий науці. Його друзі розповідали: у Мозлі було два робочих правила. Перше — якщо почав налагоджувати прилад для досліду, то не можна зупинятися, поки його не буде налагоджено; друге — коли прилад налагоджено, не можна зупинятися, доки дослід не буде закінчено. Мозлі любив працювати на самоті. Відома така історія.

Резерфорд курив люльку, і Мозлі курив люльку. Люлька весь час гаспе, і курцям доводиться витрачати багато сірників. У Мозлі сірники були завжди, і Резерфорд нерідко заходив до нього, щоб запалити погаслу люльку. Проте так тривало недовго. Одного разу, зайшовши в лабораторію, де працював його молодий співробітник, професор побачив гору сірникових коробок і напис: «Будь ласка, візьміть одну з цих коробок і залиште в спокої мої сірники!»

Отже, доля відкустила Генрі Гвіну Мозлі зовсім небагато часу. Як же він розпорядився ним?

Перший рік вивчав бета-промені і гамма-промені. Другий рік — промені Рентгена. Певно, він вибирав, який вид випромінювання може дати більше інформації про побудову атома. Замок скриньки не можна відкрити ключем од міської брами...

Найдовші електромагнітні хвилі — їхня довжина від сантиметрів до кілометрів — працюють у радіоприймачах. Хвилі коротші — довжиною в міліметр або його десяти долі — сприймаються як тепло. Хвилі в тисячні долі міліметра можна побачити — це світло. Ще коротші невидимі ультрафіолетові хвилі, від яких темніє наша шкіра. Але найкоротші хвилі в рентгенових променів — вони в сотні мільйонів і мільярдів разів менші за сантиметр.

Коли Мозлі визначив довжину хвилі у променях Рентгена, він зрозумів, що має нарешті ключ від атома. Адже у атомів саме такі розміри — в мільярди разів менші за сантиметр.

На третій рік своєї роботи в Резерфорда Мозлі зайнявся вивченням рентгенівського випромінювання різних металів. Це явище було винайдено кількома роками раніше: якщо підводити до рентгенівської трубки дедалі вищу напругу, то довжина рентгенівських променів буде поступово зменшуватися. Але тільки доти, доки спалахне більш інтенсивне випромінювання, вже незмінне за довжиною хвилі. І ця хвиля вже не залежить од напруги, вона залежить од матеріалу, з якого зроблено анод.

Рентгенівське випромінювання металів можна було, подібно світлу, розкласти і одержати рентгенівський спектр металу.

Уже перші рентгенівські спектри, одержані Мозлі, вразили вченого своєю простотою. Якщо на оптичних спектрах навіть найлегших металів були сотні смужок, то на кожному рентгенівському спектрі була тільки одна серія з кількох ліній. А починаючи з калію, з'явилася ще одна серія ліній; починаючи з рубідію — третя...

Така простота відкривала безцінні можливості для дослідника: одна справа порівнювати між собою найскладніші багатолінійні оптичні спектри, інша — односкладові рентгенівські.

Треба було швидше збирати факти. Напиляти на анод різні метали, одержувати їхні рентгенівські випромінювання, фотографувати спектри.

Мозлі майже не спав і майже не їв, не виходив з лабораторії по кілька діб.

Через три місяці в нього назбиралася чимала колекція рентгенівських спектрів. І одного прекрасного дня, або, зважаючи на характер Мозлі, ще ймовірніше, однієї чудової ночі, він розклав на столі ці фотографії.

Він розклав їх у тій послідовності, в якій метали йшли в періодичній таблиці: під спектром титану розташувався спектр ванадію, ще нижче лежав спектр хрому, далі — марганцю, заліза, кобальту, нікелю, міді, цинку...

І Мозлі побачив чудову картину: на кожній наступній фотографії серія ліній зміщувалася ліворуч приблизно на однакову відстань. Тобто в кожного наступного елемента власне рентгенівське випромінювання складалося з променів меншої довжини хвилі, або, що те ж саме, більшої частоти і, отже, більшої енергії квантів.

Мозлі почав лічити, як зростає ця частота, і одержав дивовижний результат — частота випромінювання зростала майже точно пропорційно... порядку номеру елемента в таблиці Менделєєва. Чому? Щоб зрозуміти це, треба було спочатку знайти відповіді на деякі інші запитання.

Передусім Мозлі встановив, чим відрізняється свічення поверхні анода в трубці від свічення атомів у спектроскопі.

Катодний промінь рентгенівської трубки — це потік електронів, які мчать зі швидкістю десятків тисяч кілометрів у секунду. Його енергія незрівнянна з енергією пальника, на якому розжарюють речовини у звичайному спектроскопі. Найсильніший удар катодних променів здатний вирвати з атома металу не тільки зовнішні електрони, але й електрон, який міститься найближче до атомного ядра, а значить, притягується до нього з найбільшою силою.

І на місце, звільнене цим електроном, падає електрон, який перебуває на більш далекому від ядра рівні. Під час такого перестрибування виділяється порція енергії, яка і дає на рентгенівському спектрі характерну лінію.

Чому ж ця лінія в кожного елемента своя? Тому що відповідні порції випромінюваної енергії різні. А чому порції різні? Тому що не однакова сила, з якою атомне ядро притягує найближчий до нього електрон. Вона тим більша, чим більше позитивних зарядів у ядрі.

Саме позитивний заряд ядра і визначає місце того чи іншого

елемента в періодичній таблиці, його порядковий номер у природничій системі елементів.

А коли так, то зростання частоти ліній рентгенівських спектрів, яке викликається збільшенням заряду ядра, має бути пропорційне порядку номеру елемента.

Отже, атомна вага була замінена іншою ознакою — зарядом ядра. І одразу ж стало ясно, що Менделєєв розташував елементи в своїй таблиці правильно навіть у тих випадках, коли послідовність атомної ваги порушувалася.

Спектри свідчили: в кобальту 27 позитивних зарядів, а в нікелю — 28. З'ясувалися й два інших уявних порушення закону — телуrom і аргонem. В обох виявилось в ядрі на один позитивний заряд менше, ніж у наступних за ними в таблиці йоду і калію.

Тепер можна було розібратися і в плутанині з кількома свинцями, радіями, радонами та іншими елементами, які одержували під час радіоактивних перетворень. Атоми різної маси, але з однаковим зарядом ядра, належало відносити до одного і того ж елемента і вміщувати в одну й ту саму клітинку періодичної таблиці.

Став зрозумілий і основний закон нової алхімії, названий законом зрушення: якщо під час розпаду атома з його ядра вилітає альфа-частинка, то заряд ядра зменшується на дві одиниці, і, значить, номер елемента також зменшується на дві одиниці, тобто атом зсувається в таблиці елементів на дві клітинки ліворуч; а коли з ядра атома вилітає бета-частинка, електрон, то заряд ядра збільшується на одиницю, порядковий номер — теж, і елемент зсувається на одну клітинку праворуч.

Фредерік Содді і Казимир Фаянс, співробітники Резерфорда, які відкрили закон зрушення, дали атомам з однаковим зарядом і різною масою назву ізотопи — «ті, що займають одне і те саме місце» («топос» по-грецьки — «місце»; звідси «топографія» — «опис місцевості»).

Лавина пройшла, забравши з собою незрозумілі винятки з періодичного закону. Тепер він виглядав так: хімічні властивості елементів перебувають у періодичній залежності від зарядів їхніх ядер. Питання про те, чому природнича система починається з водню, розв'язалося само по собі — заряд ядра атома водню +1.

І питання про число електронів у кожному атомі було тепер ясне: якщо атом нейтральний, тобто його позитивні заряди повністю врівноважуються його негативними зарядами, значить, число електронів у ньому дорівнює числу позитивних зарядів. Тобто у водню повинен бути один електрон, у гелію — два, в літійу — три і т. д.

Вирішилося питання і про число елементів од водню до урану (адже кожний новий заряд давав новий елемент), і про ще не відкриті, пропущені, елементи — тепер вони були очевидними розривами в безперервній черзі зарядів, безперервній черзі порядкових номерів.

Правда, лишалось невідомо, чому система елементів закінчувалася ураном, і чи закінчувалася вона ним насправді, чи могли бути й інші — ще не відкриті елементи.

Крім того, за півстоліття, що минуло з часу відкриття періодичного закону, виникли нові запитання, і найбільш хвилююче з них — що ж таке атомне ядро?

І не тільки тому, що неподільне виявилось подільним, а вічне — не вічним. Значно важливішим було те, що в ядрі атома ховалися якісь велетенські сили — ті самі, що розганяли ядро гелію до швидкості 25000 кілометрів на секунду.

Може, для людства було б краще не замислюватися над цим, не шукати у природи відповіді. Але прагнення людини до розгадування таємниць природи непоборне. І скільки б разів не обпікалися люди, вони знову і знову летять до світла істини.

І вони зазірнули в ядро і побачили, що там є.

РОЗДІЛ ПОСТИЙ,
в якому з'являються
протон і нейтрон

ВОДНЕВІ ПРОМЕНІ

Для того щоб довідатися, що є в горісі, треба розбити горіх. Для того щоб дізнатися, що є в ядрі, треба розбити ядро. Або, обстрілюючи альфа-частинками якісь атоми, подивитися, що відбувається не з снарядами, а з мішенню.

Якщо обстріляти, наприклад, атоми водню, які в чотири рази легші, ніж самі альфа-частинки, то під час зіткнення альфа-частинка повинна була б так штовхнути водневий атом, щоб він мав пролетіти в чотири рази далі, ніж вона сама. Резерфорд запропонував Марсдену провести такий експеримент.

І справді, альфа-частинки відкидали водневі атоми, як битка відкидає скраклю.

Проте Марсден не обмежився цим дослідом. Йому закортіло подивитись, як поводитимуться інші атоми, теж легкі, але важчі за водень.

Найпростіше було б обстріляти альфа-частинками просто повітря, яке складається з атомів азоту і кисню. Вони приблизно в півтора десятка разів важчі за атоми водню, отже, і відлітати від удару альфа-частинок повинні не дуже далеко.

Марсден був чудовий експериментатор. Але тут сталась осічка. Як він не очищав повітря в приладі від водяної пари, все одно були ядра, що летіли в чотири рази далі, ніж альфа-частинки.

І Марсден висунув сміливе припущення — ці водневі ядра мчатся звідти ж, звідки й альфа-промені, — з ядер радію.

Продовженню дослідів з «водневими променями» перешкодила перша світова війна. Майже всіх співробітників Резерфорда — в тому числі й Марсдена — забрали в армію. Але коли війна вже наближалася до кінця, Резерфорд почав планомірне полювання за таємничим воднем. І в одному з дослідів замінив повітря чистим азотом.

Тепер у приладі атомів азоту було рівно на чверть більше, ніж у повітрі.

Резерфорд почав лічити спалахи на екрані. І коли минув відведений час, виявилось, що і спалахів стало більше рівно на чверть — двадцять п'ять зайвих на кожну сотню.

Це означало, що водень вилітає з азоту!

Це означало, що ядра атомів водню входять до складу ядер атомів інших елементів.

І ще: чи не означало це, що Вільям Праут 100 років тому правильно вгадав, з чого складаються атоми?

Але за ці 100 років люди дізналися про природу речей більше, ніж за два тисячоліття, що минули з часів Демокріта й Арістотеля. І тому Ернст Резерфорд, міркуючи над тим, що він побачив, зрештою дійшов висновків, які Прауту здалися б абсурдними. Стосувалися вони будови атомного ядра.

...Як же збудовано атомне ядро, коли з нього можуть вилітати ядра водню? Ось хоча б найпростіше після водневого — ядро гелію?

Воно в чотири рази важче — отже, в ньому чотири водневих ядра. Але зарядів у нього не чотири, а лише два. Чи не означає це, що чотири водневих ядра утримуються разом двома електронами, які є всередині ядра гелію? В такому разі на два водневих ядра припадає би один електрон. Але якщо електрон може утримувати в одному ядрі два водневих ядра, то тим легше йому утримувати в ядрі одне водневе ядро... І тоді вийде дивне ядро, яке складається з ядра водню і електрона — ядро, що не має заряду. Вийде мовби нульовий атом — атом з нульовим зарядом ядра і, отже, без електронної оболонки. Він не зможе хімічно взаємодіяти з іншими атомами. Проте жодне ядро не відштовхне його. Ідеальний снаряд для обстрілу ядер!

Так Резерфорд передбачив нейтрон — правда, ще не названий цим словом.

А самому водневому ядру, складовій частині всіх інших атомних ядер, Ернст Резерфорд і англійський фізик Олівер Лодж дали ім'я протон, від грецького «протеос» — «первісний, початковий».

БЕРИЛІЄВІ ПРОМЕНІ

Берилій, той самий елемент, що спочатку завдав стільки клопотів Менделєєву, в подальшому нічим особливо не вирізнявся. Додаючи його до міді, одержували твердий пружний сплав — берилієву бронзу; це, мабуть, і все.

І раптом німецькі фізики Вальтер Боте і Ганс Беккер виявили берилієві промені! Вони обстрілювали шматок берилію альфа-частинками, і на екрані ніяких спалахів не з'явилося, але золоті аркушки спектроскопа, що стояли за екраном, опали. Значить, щось спокійно проходило через екран. Боте і Беккер спробували відхилити це «щось» магнітом. Не вийшло.

Берилієвими променями зацікавилися французькі фізики Фредерік Жоліо та його дружина Ірен Кюрі, дочка Марії і П'єра Кюрі. Вони перевірили повідомлення німців і переконалися — так воно і є: під ударами альфа-частинок берилій дає могутнє випромінювання без ознак електричного заряду. Вони вирішили підставити під берилієві промені водневу мішень. І одразу ж виявили за нею потік ядер водню.

Ірен Кюрі і Фредерік Жоліо не читали журналу, де було надруковано припущення Резерфорда. І самі не здогадалися, в чому тут справа.

Але Джеймс Чедвік, який допомагав Резерфорду розщепляти ядра азоту і не раз обговорював з ним можливі наслідки їхнього алхімічного експерименту, зрозумів, що Боте і Беккер наштотувалися на нейтрон. А 27 лютого 1932 року він підтвердив це дослідом.

Того дня стала відома друга складова частина атомного ядра. Протон і нейтрон — ось блоки, з яких природа спорудила атомні ядра; електрон у цьому разі був не потрібний.

Ядро водню? Один протон: маса 1, заряд 1.

Ядро гелію? Два протони плюс два нейтрони: маса 4, заряд 2.

Ядро урану? Дев'яносто два протони плюс сто сорок шість нейтронів: маса 238, заряд 92.

Тепер, правда, затуманувалася справа з бета-променями. Як можуть вилітати з ядер електрони, якщо їх там нема, а є тільки протони і нейтрони?

Втім, появу бета-променів можна було пояснити, припустивши, що самі по собі нейтрони здатні за певних умов перетворюватися на протон, який лишається в ядрі, і електрон, що покидає ядро.

А от як пояснити, що за сила утримує в ядрі позитивно заряджені протони? Поки вважалося, що в ядрі є протони і електрони, можна було думати, що негативні електрони склеюють позитивні протони електричними силами. Але якщо електронного клею в ядрах не існує, то що ж тоді протидіє відштовхуванню однаково заряджених протонів, що перетворює їх на моноліт дивовижної міцності?

Це дуже складне запитання, але ми вже забралися туди, де простих відповідей не знає ніхто.

Справді, що відбувається, коли притягуються два різномісних заряди? Що їх тягне одне до одного? Або — коли однойменні відштовхуються. Що їх відштовхує?

У підручниках пишуть, що притягування і відштовхування — це дії електромагнітного поля. Але що таке це поле? Чп не останній нащадок останньої тонкої матерії — ефіру?

...Коли в 1923 році шведський король вручав Нобелівську премію фізику Роберту Міллікену за численні успіхи у вивченні природи електрики, Міллікен сказав: «Я прошу вас вислухати відповідь експериментатора на основне і часто ставлене запитання: що таке електрика? Відповідь ця наївна, але разом із тим проста і точна. Експериментатор констатує насамперед, що про останню сутність електрики він не знає нічого».

А інший відомий вчений Герман Вейль стверджував, що «різниця між двома видами електрики (позитивним і негативним) являє собою ще більш глибоку загадку природи, ніж різниця між минулим і майбутнім...»

РОЗДІЛ СЬОМИЙ,

в якому Серге робить перший штучний елемент, Фермі розбиває ядро урану навпіл, а Петржак і Флеров доходять до межі менделєєвської системи

ЗАБОРОНЕНІ ЕЛЕМЕНТИ

Останнім з передбачених Менделєєвим елементів, які вдалося відкрити звичайним хімічним шляхом, був номер 75, або, за термінологією Менделєєва, двімарганець.

Відкрити його було надзвичайно важко.

По-перше, вище двімарганцю стояв у таблиці ще один невід-

марганцевих мінералах незмінно виявлялися помилковими, значить, якщо він колись там і був, то вже увесь розпався.

Так само нічого було сподіватися, що екамарганець міг утворитися під час природного розпаду урану, торію, актинію та інших радіоактивних елементів. Там справа завжди кінчалася свинцем — елементом № 82. А серед проміжних нестійких ядер — талієм, елементом № 81. Від номера 81 до номера 43 було занадто далеко.

Ні, на природу Сегре не сподівався. Він покладався на циклотрон.

...В часи, які вже в епоху Демокріта і Арістотеля, мабуть, вважалися давніми, існувала така зброя — праща. Вірвовку складали вдвоє, у зашморг клали камінь, розкручували вірвовку з каменем і, розкрутивши, відпускали один кінець — камінь з силою летів уперед...

Американський фізик Ернст Лоуренс придумав, як закрутити заряджену частинку магнітами, щоб вона, літаючи по колу, набирала швидкості. І як потім кинути її в мішень. Там, де прискорені в циклотроні частинки вилітали по дотичній назовні, Лоуренс поставив на їхньому шляху масивну металічну пластину — зуб. Більшість частинок, вдаряючись об скошену грань зуба, відбивалася в бажаний бік. Проте деякі частинки проникали всередину зуба і, звісно, розігрівали його. Тому зуб доводилося виготовляти з дуже тугоплавкого металу. Лоуренс вибрав молібден.

І ось що зрозумів Еміліо Сегре: на циклотроні прискорювали ядра дейтерію — важкого ізотопу водню; ядра водню, коли паптовхувалися на зуб і застрявали в ньому, могли стикатися з ядрами молібдену: але якщо до ядра атома молібдену, елемента № 42, додати ще один позитивний заряд, то вийде ядро елемента № 43.

Молібденовий зуб циклотрону — ось де міг бути єдиний притулок на землі для екамарганцю! Сегре поїхав до Америки і одержав там шматок опроміненого на циклотроні молібдену.

30 січня 1937 року розпочалась робота в його лабораторії.

Спершу треба було подивитись, чи випромінює опромінений молібден. Виявилось, випромінює. Значить, якийсь радіоактивний домішок в нього був.

Але який саме? Запитання було зовсім не просте, бо джерелом випромінення міг бути не тільки таємничий елемент № 43.

У 1934 році Ірен і Фредерік Жоліо-Кюрі відкрили нове явище — штучну радіоактивність. Обстрілюючи альфа-частинками алюміній, вони виявили, що частина його перетворилася на нестійкий, радіоактивний ізотоп фосфору. Пізніше вдалося одержати

ти штучні радіоактивні ізотопи багатьох інших хімічних елементів. Якийсь радіоактивний ізотоп відомого елемента цілком міг опинитися і в опроміненому молібденовому зубі.

Щоб виявити екамарганець, Еміліо Сегре та його помічник Казимир Пер'є розчинили випромінюючий молібден у царській водці і хімічним шляхом почали вилучати з розчину всі атоми з зарядом ядра, відмінним од 43. Спочатку з розчину вивели ніобій.

Проте випромінювання лишилося. Потім цирконій. Випромінювання лишилося. Потім молібден. Результат той самий. Потім рутеній. Те ж саме. Особливо важко було з ренієм. Проте і це найважче розділення було позаду, і реній виїшов з розчину. А радіоактивність лишилася!

І лише тоді Сегре й Пер'є оголосили: відкрито новий радіоактивний елемент, утворений з молібдену в циклотроні.

Цей штучний елемент назвали технецієм — від грецького слова «технітос» — «штучний».

Пізніше тим самим способом були виготовлені елемент № 85, названий астатом, і елемент № 61, який назвали прометієм. А елемент № 87 — францій вдалося знайти серед решток розпаду актинію.

Обстріл атомних ядер ядрами водню і альфа-частинками призвів до створення перших штучних елементів. Однак до ще дивовижніших наслідків призвели досліди, в яких ядра почали обстрілювати нейтронами.

ОБСТРІЛ НЕЙТРОНАМИ

Про дивовижні властивості нейтрона Ернст Резерфорд попереджав ще тоді, коли в його тільки-но майнула думка, що нульовий атом може існувати. В червні 1920 року Резерфорд казав: «Такий атом повинен мати небувалі властивості. Він має відзначитися здатністю легко рухатися крізь речовину. Він має з легкістю проникати в глибини атомів і там може або сполучатися з атомними ядрами, або розпадатися».

Проте до яких подій могли призвести ці небувалі властивості нейтрона — про це навіть Резерфорд не міг здогадатися.

Досить довго не міг здогадатися про це і той, хто першим викликав ці події, — італієць Енріко Фермі, один з найвидатніших фізиків ХХ сторіччя.

Енріко Фермі навчався в Пізанському університеті, а потім в університетах Німеччини і Голландії, саме в ті роки, коли

наука вступала в епоху нової алхімії і перед молодими дослідниками відкривалися небачені можливості.

Саме тоді, на початку двадцятих років, із стін університетів вийшло багато ушлюблених фізиків і хіміків світу. Людям старшого покоління це так легко було сприйняти «алхімічні» віяння нового часу, і молодь швидко завойовувала собі місце під сонцем. Минули ті часи, коли Томсон міг здивувати всю вчену Англію, ставши професором у двадцять вісім років. Енріко Фермі не було і двадцяти п'яти, коли він став професором Римського університету.

Фермі узявся обстрілювати нейтронами мішені з найрізноманітніших елементів і одержав найрізноманітніші радіоактивні ізотопи.

Поки Фермі займався порівняно легкими елементами, все було більш-менш зрозуміло. Але коли він почав обстрілювати уран, з'явилося багато радіоактивних ядер з несподіваними властивостями — не схожими ні на уран, ні на торій, ні на радій, радон, полоній, ні на інші радіоактивні елементи, розташовані поблизу.

І такі самі незрозумілі речі почали виходити в німців Отто Гана і Фрідріха Штрассмана, які теж зайнялися нейтронним обстрілом урану.

Спершу Фермі, а за ним і німецькі дослідники вирішили, що в них вийшли атоми нових елементів, які повинні йти в таблиці Менделєєва після урану, — екаренію, екаосмію, екаїрідію, екаплатини. Але виділити їх хімічним способом ніяк не щастило. І раптом — це було вже в 1939 році, на шостий рік після початку нейтронного обстрілу урану — Ган і Штрассман зрозуміли, в чім річ. І Фермі, і вони почали шукати атомні ядра, важчі від урану. А треба було шукати легші. І не трохи легші, а приблизно вдвічі!

З урану, елемента № 92, виходив не радій — елемент № 88, не свинець — елемент № 82, а, наприклад, бром — елемент № 35, рубідій — елемент № 37, стронцій — елемент № 38, молибден — елемент № 42; наш новий знайомий — технецій, елемент № 43.

Нейтрон відбивав од уранового ядра не якусь малу частину, на зразок альфа-частинки, а буквально розвалював ядра навпіл. І кожен атом урану, що розділився надвоє, випромінював енергії разів у сто більше, ніж під час альфа-розпаду. З часів Беккереля ще не виявляли атомів з такими небувалими властивостями!

І ще одна особливість була в нового виду ядерних перетворень. Чим важчий атом, тим більше нейтронів припадає в його ядрі на один протон. Тому під час розпаду ядра урану на два ядра середньої маси неминуче мали вивільнитися «зайві» нейтрони. Підрахунки показали: кожен атом урану, поглинувши один нейтрон і розвалившись, вивільняє два нових нейтрони.

Тоді не так вже багато людей зрозуміло, що означає це фатальне число — два. В той же час ось як мали поводитися ці два нейтрони в досить великій масі урану: кожен нейтрон, руйнуючи нове ядро, вивільняв би два нових нейтрони, кожен з двох нових — ще два, і ланцюгова реакція повинна була миттю охопити весь уран, вивільняючи з нього велетенську кількість ядерної енергії.

Це зрозуміли Ейнштейн і Фермі, які втекли від фашистів в Америку, Жоліо-Кюрі у Франції, Ган і Штрассман у Німеччині, це зрозуміли і радянські фізики.

Подальше відоме, але ядерна зброя — не тема цієї книжки...

ОСТАННІЙ В ТАБЛИЦІ

Майже водночас з Енріко Фермі нейтронним бомбардуванням атомних ядер почав займатися в Ленінграді молодий фізик — на рік молодший за Фермі — Ігор Васильович Курчатов.

Тільки-но стало відомо, що під час нейтронного опромінення атоми урану діляться і що при цьому вивільняється значно більше енергії, ніж при звичайному розпаді, Курчатов зайнявся ураном. Двом своїм помічникам, Костянтину Петржаку і Георгію Флерову, він доручив перевірити, як залежить поділ урану від енергії нейтронів — тобто, простіше кажучи, від швидкостей нейтронних снарядів.

Петржак і Флеров узяли ампулку з радоном — джерелом альфа-променів. Узяли берилій — з якого альфа-промені могли б бити нейтронні снаряди. Взяли уранову смолку. Змонтували такий лічильник, щоб од альфа-частинок він не клацав, а клацав од імпульсу в сто разів більшого. І почали досліди.

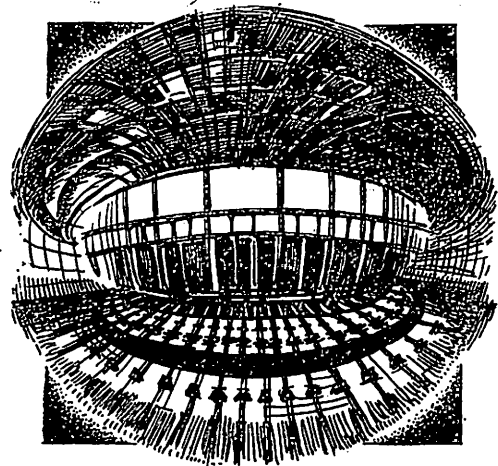
Однак перш ніж почати нейтронний обстріл урану берилієвими променями, вони вирішили переконатися, що в них не буде ніяких перешкод. Змонтувавши свій прилад, забрали ампулку з радоном, забрали берилій і увімкнули лічильник! І тут же пролунало клацання. Вони трохи почекали. Нове клацання!

Чи справний лічильник?

Петржак перевірів усі лампи, всі конденсатори, усі опори — пошкоджень не було.

Виходить, перешкоди не всередині приладу, а ззовні його. Може, винуваті космічні промені? А може, ще простіше — сусідньою вулицею пройшов трамвай, дуга заіскрила? Але існувала ще одна можливість, і молодим експериментаторам вона була звичайно, стократ миліша: ну, а якщо це — свідчення самочин-

ного поділу окремих уранових ядер? Ще Нільс Бор на підставі теоретичних розрахунків, зроблених невдовзі після відкриття Гаана і Штрассмана, попереджував, що в принципі уранові ядра могли б розпадатися навпіл і самочинно. Треба було продовжити експеримент. І спробувати перевірити це. Тобто довести, що випуваєть клацання — сам уран. Однак треба було позбутися всіх можливих сторонніх перешкод.



Спершу вирішили сховатися під воду, добре, що море поруч. Почали вже домовлятися з підводниками, але потім від цієї ідеї відмовились. Балтійське море мілке, а космічні промені проходять крізь десятки метрів води.

Тоді придумали інший вихід: московське метро.

І ось Петржак з Флеровим перевезли своє нехитре обладнання з Ленінграда до Москви і розташувалися на станції «Динамо». Шістдесятиметровий шар ґрунту і бетону надійно ізолював прилад од сторонніх зарядів.

Встановлений у лічильник тонкий диск з намагачим на нього окисом урану, ніяких інших джерел випромінювання нема й близько.

Повільно тягнулися хвилини, години. І раптом — клацання. І потім — друге.

У прилад вклали ще один диск з ураном, і клацань стало удвічі

більше. Ще один диск — ще більше клацань. На скільки більше дисків, на стільки більше клацань! Так сталося відкриття самочинного, або, по-науковому, спонтанного поділу.

Ядро атома урану виявилось такою громіздкою будовою, яка вже не могла витримати власної маси. Якщо у вісмуту, так би мовити, трохи осипалася штукатурка, якщо в полонію, астату, радону, радію, торію вивалиювалися з стін окремі цеглини, то уран руйнувався увесь.

Після відкриття самочинного поділу урану можна було вже зрозуміти, чому таблиця Менделєєва кінчалася цим елементом: всі ядра, починаючи з уранового, неминуче руйнувалися.

РОЗДІЛ ВОСЬМИЙ,

в якому даються сучасні рецепти виготовлення золота

ПЕРШІ ПОРУШНИКИ

Вперше кордон природничої системи елементів було порушено наприкінці 1940 року.

Американці Мак-Міллап, Ейбольсон, Сіборг, Вейл і Кеннеді, які працювали на циклотроні Лоуренса, обстрілявши ядрами важкого водню уранову мішень, виявили нові ядра, в яких був заряд на один і на два більший, ніж в урану.

Елемент № 93 було названо нептунієм, а № 94 — плутонієм — на честь планет, що перебувають у нашій Сонячній системі далі, ніж планета Уран. У нептунію і плутонію виявилось багато ізоотопів, як у всіх важких елементів. Усі ізоотопи були надто радіоактивними.

Окремі надважкі ядра, одержані в циклотроні, не могли, звісно, мати практичного значення. Та невдовзі з'явилося інше їхнє джерело — незрівнянно могутніше.

Під час опромінювання урану нейтронами відбуваються різні процеси — тому різні, що звичайний уран, який є у природних мінералах, це, власне, не один уран, а три різних урани, три ізоотопи. Одного ізотопа, з атомною вагою 234, так мало, що його взагалі можна не брати до уваги. Другого, з атомною вагою 235, значно більше. Саме його атоми, спіймавши нейтрон, одразу ж діляться навпіл, викидаючи два нові нейтрони. Але урану-235 у загальній масі природного урану все ж таки менше ніж одна сота частина. Майже вся решта припадає на третій ізоотоп, в атомно-вагою 238. Коли нейтрони з урану-235 попадають у ядро урану-238, його ядро, збільшившись на один нейтрон, одразу ж викидає електрон. Тим самим воно збільшує на одиницю і свою

масу, і свій заряд, і замість елемента № 92 з масою 238 виходить елемент № 93 з масою 239 — ізотоп нептунію.

Проте оскільки природа віддає перевагу парним числам, таке ядро надто живучим не може бути. І справді, вже через півгодини кожне друге ядро нептунію-239 викидає електрон і, таким чином, збільшує свій заряд ще на одиницю і стає ізотопом елемента № 94, плутонію. Хоча масове число у такого ядра і далі лишається непарним — 239! — все ж таки 94 протони падають йому більшої надійності, і такі ядра живуть понад дві доби. А коли міне цей час, кожне друге ядро плутонію-239 самочинно розривається на дві частини, мов ядро урану-235, але при цьому може звільнити уже не два нові нейтрони, а три!

Якщо завантажити у ядерний реактор природний уран, збагачений ураном-235, то в реакторі досить швидко почне накопичуватися плутоній.

Цей плутоній і служить основним ядерним паливом для атомних електростанцій. За деякими підрахунками, до двотисячного року плутоній даватиме половину всієї електрики на Землі. Припускають навіть, що за нашим залізним віком історичний період дістане назву плутонієвого віку. Цілком можливо.

Однак і саме собою створення плутонію вже означає велику практичну перемогу нової алхімії. Порівняно з нею, «Справа Сонця» здалася б, певне, навіть Роджеру Бекону і Джеймсу Прайсу процедурою, яка не заслуговує на серйозну увагу.

І все ж таки цікаво, який вигляд має ця «Справа» сьогодні, коли наука пішла від епохи філософського каменя на цілий виток спіралі? Чи існують сучасні рецепти виготовлення золота, які стоять так само далеко від прописів доктора Айріша чи Іоанна Ісаака Голланда?

СУЧАСНІ РЕЦЕПТИ

ІЗ РТУТІ І СІРКИ

Почнемо з рецепту, котрий як вихідні використовує матеріали, що їх застосовували алхіміки.

У Менделєєвській таблиці ртуть іде одразу за золотом, порядковий номер золота 79, а ртуті 80. Масове число єдиного стабільного ізотопу золота дорівнює 197, а природна ртуть складається із семи ізотопів з масовим числом 196, 198—202 і 204.

Припустимо, «матір'ю» буде другий за поширеністю ізотоп ртуті Hg-200. Треба якось зменшити заряд ядра ртуті на одиницю, а масове число на три, тоді вийде золото.

Обстріляємо ртуть прискореними ядрами «батька» — сірки. Можливо, якісь із ядер сірки віднімуть протон і два нейтрони із ядра ртуті і тим самим розв'яжуть поставлену задачу. Можливість такої взаємодії дуже незначна, і, крім того, ядра сірки і ртуті зможуть стикнутися тільки в такому разі, якщо ядра заряди розженуться до 30 000 км/сек. Якщо швидкість їхня буде менша, то електростатичні сили відштовхування не дадуть можливості одноіменно зарядженим ядрам зблизитися так, щоб міг статися підхват пуклопів із ядра ртуті.

Такі швидкі ядра можна одержати на сучасних прискорювачах важких іонів, але, звісно, в обмежених масштабах: тисячотонний циклотрон, збудований за останнім словом техніки, за рік роботи прискорив би всього близько 10 міліграмів іонів сірки...

В ядерних реакціях ртуть + сірка тільки один з мільярдів іонів снаряд перетворює ядро ртуті на ядро атома золота. Усі інші ядра сірки будуть витрачені на побічні реакції. Отже, щоб одержати цим способом грам золота, треба прискорити тисячу тонн сірки... Енергія тисячі тонн речовини, прискореної до 30 000 км/сек, становитиме приблизно 10^{14} квт-год. Ця величина — одноким порядку з енергією, потрібною людству на найближчі десять років, і щоб розплатитися за неї, не вистачить усього золота світу!

Золотий запас усього світу — 50 000 тонн. Якщо брати за кіловат-годину по копійці (за розцінками Мосенерго 1 квт-год коштує 4 копійки), то 10^{14} квт-год коштуватимуть 10^{12} карбованців, тобто приблизно мільйон тонн золота.

Цей і наступні рецепти взято у Владислава Івановича Кузнецова, учасника робіт по синтезу елемента № 104 — курчатовію.

ІЗ РТУТІ І ВОДНЮ

Тут уже явне відхилення від класичних теорій алхіміків — нема сульфур. Втім, і «Сей рецепт» Голланда грішив тим самим. Отже...

«Обстріляємо ртуть ядрами водню — протонами. Протон, якщо його енергія досить висока, може вбити кілька протонів і нейтронів із ядра ртуті. Існує таке значення енергії протона, коли переважно йде реакція з вильотом двох нейтронів і двох протонів, і ртуть-200 перетворюється в золото. Проте й тоді затрати енергії будуть трохи менші, ніж у реакції сірка + ртуть».

Знову погано...

На таку можливість алхіміки, звісно, не сподівалися.

«...Вмістимо в активну зону реактора спеціальний контейнер з сумішшю природних ізотопів ртуті... Починаємо опромінювати ртуть нейтронами. Приблизно через місяць усі ядра ізотопу Hg-196 захоплять по одному нейтрону і перетворяться в ядра золота. Звичайно, захоплений ртуттю-196 нейтрон не мінє заряду ядра, спочатку виходить лише новий ізотоп ртуті Hg-197. Але цей ізотоп нестійкий: ядро захоплює орбітальний електрон, один із протонів при цьому перетворюється в нейтрон, і таким чином ртуть, атом за атомом, перетворюється в золото. Таким способом у 77 літрах природної ртуті за місяць можна накопичити близько півтора кілограма золота.

Чому так мало? Бо в природній суміші ртуті на долю ізотопу ртуті-196 припадає всього 0,14%. (А з решти її ізотопів одержати золото у нейтронних потоках не можна: масові числа цих ізотопів більші, ніж у стабільного ізотопу золота).

...Може, вигідніше розділити ізотопи ртуті і опромінювати тільки ртуть-196? Візьмемо умовно, що вартість ядра ртуті і ядра урану однакові (насправді чиста ртуть-196 значно дорожча від урану-238). В такому разі витрати на синтез одного ядра золота будуть такими ж, як і на синтез ядра плутонію, що виходить під час захвату ураном-238 нейтрона. Але ж плутоній в десять разів дорожчий золота, добутого звичайним методом. Отже, штучне золото, одержане найдешевшим способом, виявиться в багато разів дорожчим добутого із розсіпів...

Таке становище у недалекому майбутньому навряд чи зміниться. Якщо ж «вартість нейтрона» з часом упаде, то й тоді доцільніше буде витрачати нейтрони на синтез матеріалів, які розщеплюються, а не золота.

Вони — необхідніші».

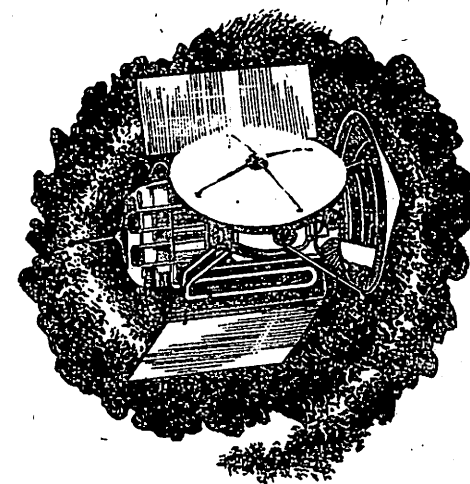
Але що необхідніше — це вже інше питання. І якою буде відповідь на нього, коли спіраль зробить новий виток, ніби сказати не можна.

Ще не створено періодичної системи для електрона, протона, нейтрона та інших елементарних частинок. І скільки їх ще належить відкрити, нікому не відомо.

Ще не створено періодичної таблиці для гравітаційного, електромагнітного, ядерного та інших полів. І скільки їх ще слід відкрити, теж не відомо.

Певне, у розпорядженні наших нащадків виявляться такі мо-

гутні сили природи, що саме це питання — на що найдоцільніше витрачати нейтрони — втрапить для них будь-який смисл. І перед плутонієм — як, втім, і перед золотом — вони віддадуть перевагу чомусь такому, про що ми сьогодні можемо мати думку хіба що так, як середньовічний алхімік — про атомне ядро.



ЗМІСТ

- 3 Частина перша
УТВЕРДЖЕННЯ
- 25 Частина друга
СУМНІВ
- 59 Частина третя
ЗАПЕРЕЧЕННЯ
- 101 Частина четверта
ЗАПЕРЕЧЕННЯ ЗАПЕРЕЧЕННЯ

Валентин Исаакович Рич
ВИТОЕ СПИРАЛИ

Очерки
(На украинском языке)

Для среднего
и старшего школьного возраста

Перевод с русского
Юлианы Владимировны Тихоновой

Художественное оформление
Ивана Михайловича Гаврилюка

Издательство «Веселка»,
Киев, Бассейная, 1/2

Редактор *М. Л. Мандрика*
Художний редактор *В. С. Крюков*
Технічний редактор *Ф. Н. Резник*
Коректори *Г. В. Книш, В. П. Карлаш*

І. Б. № 269

Здано на виробництво
6. XI. 1976 р.
Підписано до друку
8. II. 1976 р.
Папір № 2.
Формат 60×84^{1/8}
Фіз. друк. арк. 9,5
Обл.-вид. арк. 8,85
Умовн. друк. арк. 8,83
Тираж 65 000
Зам. 1827
Ціна 39 коп.

Видавництво «Веселка»,
Київ, Басейна, 1/2.

Львівська книжкова фабрика
«Атлас» республіканського
виробничого об'єднання
«Поліграфніга»
Держкомвидаву УРСР.
Львів, Зелена, 20.