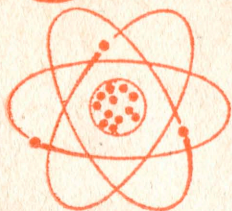


НАРОДНА
БІБЛІОТЕКА

Атом

та його
енергія



Обкладинка: В. Залуцький

М. ХУСТИНСЬКИЙ: АТОМ ТА ЙОГО ЕНЕРГІЯ



Микола ХУСТИНСЬКИЙ.

ТАЄМНИЦЯ АТОМА

А Т О М

ТА ЙОГО

ЕНЕРГІЯ

Видавництво «ПРОМЕТЕЙ»

1

9

4

6

В останні дні війни радіохвилі рознесли по всьому світу вістку про те, що на Нагасакі та Гірошімі скинуто дві атомові бомби. Вістка була надто коротка. Про одну з цих бомб подавалось таке:

„Бомба падає досить поволі. Парашут затримує її літ. Якщо рівняти з іншими бомбами, розміри її не дуже великі. Через короткий час настає вибух, що виявляє незрівнянну інтенсивність. Багато миль навколо вся околиця освітлена сяйвом, сильнішим ніж сонячне світло. В обсязі трьох, а може й більше миль все живе і мертво знищене незаним досі на землі впливом енергії.“

За чотири з половиною роки війни ми звикли до різних подій, що вражають своєю страшною силою. Одначе, це питання відразу ж стало в центрі уваги всього людства. Можна з певністю сказати, що немає тепер в культурній частині нашого світу людини, яка б не виявила гострого зацікавлення до цього винаходу.

Думати, що це є просто модна сенсація, яка тільки протягом короткого часу може збуджувати нашу увагу, було б великою помилкою. Йдеться тут, очевидно, не про новий, цікавий тип військової зброї, а про винахід нового джерела енергії, що згодом стане на службу людству та замінить собою відомі нам досі енергетичні джерела.

Цей винахід — не є випадкове досягнення якогось одного винахідника. Зараз не можна навіть відповісти на питання: хто автор цього винаходу? Бо винахід цей є завершенням тієї велетенської роботи, що її впродовж останніх 20 років з великим напруженням прова-

дили фізики в кращих лабораторіях всього світу, досліджуючи будову атома й ті таємниці, що він у собі довгий час заховував.

Основна цінність цього винаходу та, що це є вирішальний успіх фізики (як науки, що вивчає енергію) на шляху свідомого й цілеспрямованого шукання нових форм енергії.

Очевидно, нам треба зупинитися на питанні, чому проблема нових форм енергії стала за нашого часу такою актуальною в фізиці. Адже енергія — це все те, що рухає турбіни, мотори, варстати на наших заводах, або паротяги, авта, літаки тощо. Можна узагальнюючи сказати: енергія становить собою основний рушійний чинник у розвитку технічної культури людства, а значить, і цілої цивілізації.

З історії техніки довідуємося, що розвиток її в основному залежав від успіхів у дослідженні різних форм енергії, законів, що ними керують, а значить, від спроможности більшою чи меншою мірою використати відомі нам форми енергії в нашій техніці. Для ілюстрації цього досить зупинитися на двох прикладах.

Коли ми відійдемо від нашої дійсности в глибину історії років на 120-140, то помітимо, що людство того часу мало до своїх послуг на різних виробнях майже виключно механічну енергію. Різні варстати та машини урухомлювалися енергією річок, вітру, або будь-яких тварин. Не було тоді жадної теплової, а тим паче електричної машини. В цілому стан цивілізації був зовсім не подібний на сучасний. Але різку зміну в картину того стану вніс винахід парової машини, себто використання для послуг техніки теплової енергії. Цей винахід — однаково як і розвиток теплової машини до того рівня, який ми тепер спостерігаємо, — став можливий тільки після вивчення фізиками тих законів, що стосуються до теплової енергії. З цих законів ми довідуємось, за яких умов тепла енергія може перейти в іншу (наприклад, в механічну в паротязі) та за яких умов вона може перетворитися на іншу в найбільшій кількості.

Отже, епоха парової машини почалася та розвивалася, так би мовити, в такт з успіхами в дослідженнях над особливостями самої теплової енергії. Теплова ма-

шина внесла цілу революцію не тільки в ділянці народного господарства, а і в соціально-політичні взаємовідносини.

Пригадаймо ще одно дослідження в галузі енергії, що йому судилося відіграти не меншу революційну роль в нашій техніці та цивілізації. Маємо на увазі досліді Фарадея та встановлені ним закони електромагнетної індукції. Цими законами визначаються умови, за яких магнетна енергія може бути перетворена на електричну. Ці досліді та закони стали науковою базою для побудови динамомашини, електромоторів, трансформаторів тощо, інакше кажучи—започаткували електричну епоху.

Немає сумніву, що найновіші досліді фізиків в галузі атомового ядра, перші кроки використання атомової енергії, хоч би у вигляді атомової бомби, становлять собою початок нової епохи людства—епохи атомової енергії. Є багато підстав твердити, що ті зрушення, які в нашій техніці та цивілізації створить атомова енергія, будуть без порівняння перевищувати технічно-економічну революцію, що в свій час викликали теплова та електрична енергії.

Ця нова форма енергії приходить на службу людству дуже вчасно. Як відомо, до останнього часу наша техніка в основному користалася такими видами енергії, як механічна, теплова, електрична, магнетна, хемічна. Але цілком ясно, що роль кожної з цих форм енергії не однакова в обслуговуванні нашої техніки.

Найповажніше місце в наших виробництвах належить першим трьом видам енергії; вони несуть на собі основний тягар в рухові різних машин. Не важко зазриміти, що з трьох цих основних видів енергії тільки перші два мають під собою, так би мовити, „природний ґрунт“, себто видобуваються з якихось природних явищ або покладів. Механічну енергію для наших виробень ми використовуємо з водоспадів, течії річок, руху повітря. Щоб витворити теплову енергію, користуємося в основному покладами вугілля та нафти. Але для витворення електричної енергії у нас немає якихось спеціальних джерел. Так звані динамомашини, що постачають електричну енергію, самі урухомлюються або механічною енергією або тепловою. Отже, очевидно, що всі наші багатства щодо енергії визначаються при-

родними джерелами механічної та, головню, теплової енергії, бо її ми використовуємо для урухомлення різних машин в багато разів більше, ніж механічну.

Таким чином, мусимо визнати, що в різних ділянках нашого технічного життя—на фабриках, заводах, на залізницях, пароплавах та літаках основною робочою машиною є тепла машина. Цілком зрозуміло, що ця „центральна фігура“ сучасної техніки—теплова машина буде нас обслуговувати до того часу, доки в надрах землі вистарчить вугілля та нафти. Але наша земля цих покладів необмежену кількість дати нам не може. Знавці цієї справи—геологи, підрахувавши багатства землі щодо цих покладів, дали не дуже втішні висновки.

Коротко кажучи, якщо ми будемо виснажувати землю так, як тепер, то через 70-80 років візьмемо з її надр останню тонну вугілля та нафти. Становище створюється дуже загрозливе, бо основі нашої техніки—тепловій машині загрожує голодна смерть. Натурально, що через це перед фізиками постала дуже відповідальна проблема—якнайшвидше, у всякому разі, до того моменту, коли земля оголосить своє банкрутство щодо вугілля та нафти, винайти нові джерела енергії. Цілком зрозуміло, мова тут іде про нові джерела енергії такої потужності, які б заступили собою в нашій техніці теплову енергію, що кінчає свій вік.

Один із основних шляхів, що ним пішла фізика, розв'язуючи цю проблему,—це дослідження атомової енергії.

Тут потрібно стисло з'ясувати, що саме спрямувало фізиків на цей шлях, себто які вони мали підстави припускати, що в цих мікроскопічних часточках, з яких складаються матеріальні тіла—в атомах, заховані якісь велечезні запаси енергії. На перший погляд така думка видається парадоксальною, бо до цього часу велику силу енергії ми спостерігали при діянні якихось великих мас того чи іншого тіла. Наприклад, велику теплову енергію видобували з відповідно великої маси вугілля або нафти, велику механічну енергію з відповідно великої маси води або іншого тіла тощо. Теоритичною основою цієї думки, що не тільки великі маси тіла, але й дуже малі можуть бути джерелами великої енергії, послужила відома „теорія відносности“ Айнштейна.

До виникнення цієї теорії, фізики вважали масу якогось тіла за величину непорушну (що ніколи не може зникнути), незалежно від того, чи та маса приймає енергію, чи віддає її. В цьому начебто переконують такі найпростіші досвіди. Якщо, наприклад, спалити один грам (точно відваженого) дерева, а потім зібрати всі продукти від цього процесу, себто попіл, водяну пару, дим, різні гази і це все зважити, то знову матимемо один грам. Це начебто переконує нас в тому, що тіло з якоюсь певною масою може переходити з одного виду в інший (з твердого в газуватий), може розходитися в якомусь середовищі (напр., в повітрі), але в цілому ніколи не змінить початкової маси, себто, коли, наприклад, був один грам, то найменшої частки його в нашій природі зникнути не може. Теорія відносности твердо обґрунтувала цілком новий погляд на масу того чи іншого тіла. В світлі цих нових поглядів маса якогось тіла може частково або й цілком перетворитися на енергію.

Отже, застосовуючи ці нові погляди хоч би до наведеного вище прикладу, мусимо сказати, що один грам дерева під час спалення виділив з себе певну кількість теплової енергії. Витворення цієї теплової енергії сталося шляхом перетворення дуже незначної часточки маси (від загальної кількості 1 грама.) на теплову енергію. Тому всі ті продукти, що залишилися після спалення, становитимуть масу меншу ніж один грам. Але це зменшення маси в даному випадку таке незначне, що наші звичайні вагові прилади не можуть його відзначити. Не будемо тут робити спроб давати докладніші пояснення з приводу цього питання. ¹⁾ (див. ст. 10)

Обчислення показують нам, що навіть невелика маса тіла може дати колосальну енергію, якщо її цілком перетворити на енергію. Коли б, напр., один грам якогось тіла був цілковито перетворений на енергію, її ми одержали б стільки, скільки можемо мати від спалення 250-ти вагонів вугілля. Таким чином, фізика добре знала, що навіть невелика маса тіла, теоритично велике багатство. Але довгий час в жадних природних явищах ми не спостерігали перетворення маси на енергію, а тому не могли й знати умов та способів, за яких було б можливе таке перетворення. Становище було

подібне до того, коли б ми знайшли скарбницю з золотом, але не мали ключа або інших засобів, щоб відімкнути її.

Перші дані про те, де треба шукати ключа для перетворення маси на енергію, фізики здобули після того, як їм удалося досить глибоко зазирнути у внутрішню побудову речовини та дослідити ті явища, які відбуваються в самому атомі. Виявилось, що саме тут, в атомах, чи навіть точніше—в їх центрі, так званому ядрі відбуваються такі явища, в яких ми ясно бачимо перетворення маси на енергію. Стало зрозумілим, де треба шукати ключа до надзвичайно цінного для нас явища. Треба сказати, що ця таємниця була дуже добре захищена—в самому серці такої найменшої частки нашої природи—як атом. Але щоб опанувати це цінне явище—перетворення маси на енергію, очевидно, потрібно було б його всебічно дослідити та вивчити на тих процесах, що відбуваються в атомі. Тому то з виключною настирливістю й почали фізики, приблизно з 1925 р., штурмувати атом. Отож ми й маємо на увазі стисло висвітлити, як фізика дійшла до сучасних успіхів у галузі атомової енергії, а також і до інших досягнень, що пов'язані з вивченням структури та особливостей атома.

ФОРМИ, В ЯКИХ ІСНУЄ МАТЕРІЯ

Усім відомо, що всі матеріяльні тіла, починаючи від нас—живих організмів, та все, що нас оточує: по-

1) Основний висновок теорії відносності щодо маси полягає в тому твердженні, що маса тіла зростає із збільшенням руху тіла. Це значить, що коли маса тіла під час його спокою є якась величина m_0 , то під час руху з швидкістю V вона вже буде більша. Позначимо її m . Маса тіла буде щоразу зростати із збільшенням швидкості. Ця залежність маси від швидкості обчислюється за формулою:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}};$$

c —є швидкість світлового проміння.

Коротко кажучи, з погляду цієї теорії маса будь-якого тіла є тотожна енергії. Кількість енергії, що її може дати маса якогось тіла коштом перетворення маси на енергію, обчислюється за допомогою дуже простого виразу: $E=mc^2$.

E —величина енергії, m —маса тіла, c —швидкість світлового проміння, себто 300000 кілометрів на секунду.

вітря, яким ми дихаємо, вода, що її ми п'ємо і т. інш. складаються з дуже малих часточок — так званих молекул. Молекула — є найменша часточка того тіла, до складу якого входить. Коли б ми почали дробити якесь тіло (напр., шматок металю) на щораз менші й менші частки, то все ж до молекулі ніколи не могли б дійти.

Найточніші та найтонші наші механічні прилади такого дробління не в стані виконати. Проте, ми маємо досить докладні відомості про молекулу — знаємо її величину, вагу та багато чого з її поведінки. Так обізнатися з молекулями нам допомогла природа, бо вона сама подробила всі речовини на ці часточки — молекулі.

Вивчаючи речовини, ми довідалися, що всі вони складаються з своїх молекул, які не зливаються в суцільну масу, а містяться одна від одної на певних, так званих, міжмолекулярних віддаленнях. Втримуються молекулі на своїх взаємних віддаленнях і творять часто досить міцне тіло (як, напр., метал, камінь) завдяки взаємним силам, так зв. міжмолекулярним силам. Величина молекулі може бути схарактеризована її радіусом, що визначається як стомільйонова частина сантиметра.

Кращу уяву про величину молекулі складемо собі з такої наукової ілюстрації; коли б ми наповнили яким-будь газом маленький замкнутий посуд, розміром 1 куб. сантиметр, та крізь маленьке віконце цього посуду випускали щосекунди по одній молекулі, то остання молекуля вийшла б через 500000 мільйонів років. Не зважаючи на таку мікроскопічність, молекулі здебільшого є складні утворення. Молекулі переважної більшості речовин складаються з ще менших часточок — атомів. До останнього часу відомо нам було 92 окремих ґатунків атомів, що відрізняються один від одного своїми властивостями, розміром та вагою. Групуєчись по два, три або й більшою кількістю, ці атоми творять різні молекулі, отже, і різні речовини, що існують в природі. Наприклад, коли групується два атоми водню та один атом кисню, то твориться молекула води; один атом натру разом з атомом хлору — складають молекулу соли і т. д. Таким чином т. зв. матерія нашого всесвіту може перебувати перш за все в молекулярно-атомовому стані.

Але відомий ще інший стан матерії, який з'ясувати трудніше. Всім відомо, що коли ми наелектризуємо двоє бу-

дь-яких тіл, (напр., дві ебонітові кульки), то електрична енергія у вигляді взаємного притягання або відштовхування цих кульок буде виявлятися не тільки тоді, коли ці кульки безпосередньо дотикаються одна до другої, а й тоді, коли вони на певній віддалі.

Цілком аналогічне явище спостерігаємо також з двома магнетами. До речі, потрібно відразу ж зазначити, що магнетні явища за своєю природою є електричного походження і розглядати їх треба, як прояв електричної енергії. Вивчення взаємодії на певній віддалі наелектризованих або намагнечених тіл показало, що електрична та магнетна енергії скупчуються не тільки на самих тілах, а і в певному просторі навколо цих тіл, незалежно від того, чи є в цьому просторі повітря, інше середовище, чи абсолютна порожнеча. Весь той простір має назву — електричне, або відповідно магнетне поле. Ні одного, ні другого поля ми безпосередньо не можемо відчувати. У нас немає для цього, так би мовити, відповідних органів чуття. Буває так, що ці два поля — електричне та магнетне поєднуються за певною структурою.

Таке одночасне виникнення електромагнетного поля завжди буває навколо провідника, крізь який проходить електричний струм. За певних умов частини цього поля відриваються від своєї, так би мовити, загальної маси та далі поширюються в просторі у вигляді електромагнетних хвиль. Ці хвилі можуть бути різної довжини: від декількох десятків та сотень метрів (такими електромагнетними хвилями ми користуємося при радіопересиланні) до дуже незначних частин міліметра. Характерним для всіх електромагнетних хвиль є те, що всі вони розходяться в безповітряному просторі з одною тільки швидкістю 300000 кілометрів на секунду, себто з швидкістю світлового променя. Але цей збіг стався тільки тому, що сам світловий промінь є не що інше, як дуже коротка електромагнетна хвиля.

Не маємо змоги зупинитися детальніше на описі особливостей електромагнетних хвиль, але потрібно вяснити, що являють собою щодо фізичної природи електромагнетні поля. Адже коли ми, наприклад, кажемо про електромагнетні хвилі, то мусимо уявляти собі якесь матеріяльне середовище, в якому відбуваються ці хвилі.

За сучасними поглядами, електромагнетні поля, а значить і електромагнетні хвилі — це є другий можливий стан нашої матерії. Таким чином наша матерія може перебувати в двох можливих станах: а) в стані молекулярно-атомної структури, коли вона, так би мовити, сконденсована у вигляді молекул та атомів, а ці останні мікроскопічні центри, групуючись між собою, творять різні відомі нам тіла: камінь, залізо, повітря і т. інш. а ці тіла можуть перебувати як у стані спокою (відносного), так і в стані руху; б) в стані електромагнетного поля. Тут уже немає ніяких матеріяльних центрів у вигляді молекул, атомів або електронів. Але найоригінальнішим для стану матерії у вигляді електромагнетного поля є та особливість, що в цьому стані матерія перебуває в постійному рухові з постійною швидкістю — 300000. ккм. на секунду. Це вже такий привілей такого стану матерії. Досвіди останніх років переконливо ствердили, що деякі електромагнетні хвилі можуть зникнути, коштом цього утворюються електрони (це складові частини атома). Досліджено й зворотне явище: може зникнути електрон, а коштом його утвориться електромагнетна хвиля. Отже, простіше кажучи — можливий перехід із стану молекулярно-атомного в стан електромагнетний та навпаки. Вище вже зазначено, що за теорією відносности можливий є перехід маси в енергію за співвідношенням: $E=mc^2$. Ця, на перший погляд парадоксальна думка, що не в'яжеться із звиклими для нас уявами про масу та енергію, набуває конкретного розв'язання в світлі описаних вище процесів переходу матерії з стану молекулярно-атомного в стан електромагнетного поля. Простіше кажучи, на перетворення маси в енергію можемо дивитися (в окремих випадках) як на перехід тіла з стану молекулярно-атомного в стан електромагнетний.

Б У Д О В А А Т О М А

Ще порівнюючи недавно, на початку нашого століття найвидатніші представники фізики та хемії обстоювали ту думку, що атоми є найменші, реально існуючі цеглинка в будові нашої матерії, себто, що атоми є неподільні, бо засадничо не існує менших від них будь-яких матеріяльних часточок. Таких окремих, зовсім не подібних один до одного за своїми фізичними властивостями, проявами та вагою, було відомо 92 атоми.

Але геніяльні дослідницькі роботи в двадцятих роках нашого століття англійського фізика Розерфорда змінили погляд на атоми, як на першобудівників нашої речовини, та позбавили їх цієї почесної ролі. Досліди Розерфорда, а далі й інших фізиків, переконливо довели, що всі атоми є досить складні матеріальні утворення, і що існують куди менші за атом матеріальні часточки, з яких складається атом. Загальна схема побудови всіх, відомих нам атомів дуже близько нагадує схему побудови нашої сонячної системи. Цілком аналогічно тому, як в сонячній системі чітко визначається певний центр—сонце та перефірійна частина—планети, що рухаються своїми орбітами, так і в будові атома відразу ж визначається його центральна частина, так зване ядро та перефірійна частина, де певними орбітами навколо ядра кружляють „атомні планети“, так звані електрони.

Ядро атома не можна розглядати як одну суцільну масу. Ядра майже всіх атомів складаються з більшої чи меншої кількості часточок двох ґатунків. Часточки одного ґатунку звуться протони. Вони мають завжди додатну електричну наснагу. Часточки другого ґатунку, так звані нейтрони, не мають ніякої наснаги. За своєю масою протони та нейтрони є рівні між собою та кожен зокрема дорівнює масі найменшого атома, себто масі водню. Таким чином, найвідповідальніша частина атома—ядро є в загальному певна сукупність додатно наснажених протонів та позбавлених всякої електричної наснаги нейтронів. Отже ясно, що ядро кожного атома має додатну наснагу і очевидно тим більшу, чим більше містить протонів. Перефірійна частина атомів в загальному описі є ще простіша. Навколо ядра різними орбітами кружляють часточки тільки одного ґатунку—так звані електрони. Схарактеризуємо і ці часточки щодо їх маси та електричної наснаги.

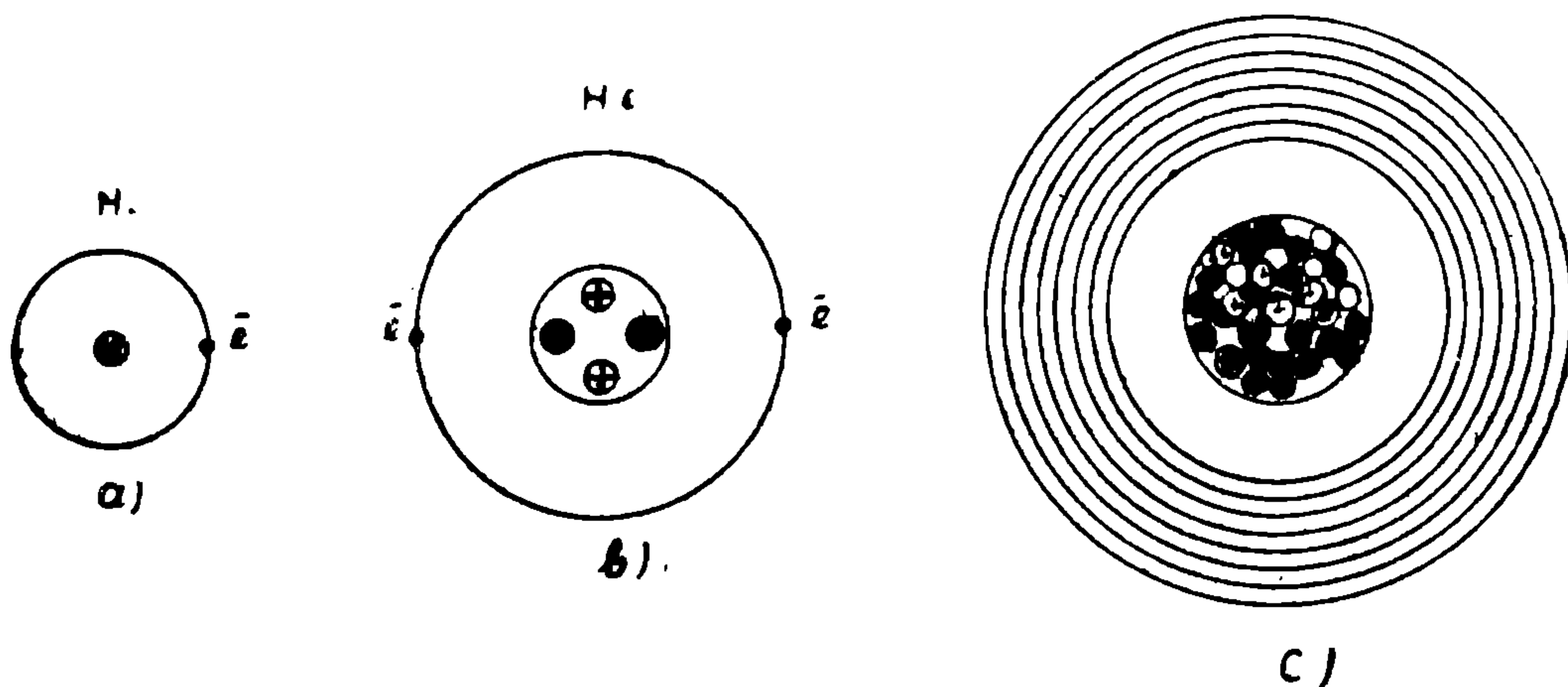
За своєю масою електрон приблизно в 2000 раз менше протона, а значить, за нейтрон або за масу атома водню. Цілком очевидно, що перефірійна частина атома практично не впливає на масу атома. Можна вважати, що вся маса атома сконцентрована в ядрі та залежить виключно від кількості протонів та нейтронів, що входять до складу ядра. Але електрон, буди нерівноправним з протоном щодо маси, є цілком рівноправним з

ним щодо електричної наснаги. Виявилось, що периферійні електрони завжди наснажені від'ємною електричністю і, не зважаючи на те, що масою своєю електрон у 2000 раз менший за протон, кількість від'ємної електричності в електроні точно така, як додатної в протоні. Очевидно, що однакова кількість протонів та електронів в електричному відношенні цілком зрівноважуються, себто нейтралізуються. Отже, протон та електрон посідають найменшу, можливу в природі кількість електричності, себто можуть бути названі атомами електричності. Таким чином, структурними частинами для всіх відомих нам атомів є: протон, нейтрон та електрон. Це й є, за сучасними поглядами, ті найменші цеглинки, з яких побудовані всі речовини нашого всесвіту.

Коли б ми уявили собі таку фантастичну машину, що могла б дробити всі речовини нашої планети— Землі на найменші частинки, то робота такої машини приблизно виглядала б так: все існуюче спочатку було б подроблене на молекулі; різних ґатунків молекул було б стільки, скільки існувало різних речовин. Далі були б подроблені молекулі; очевидно, все існуюче перетворилося б на 92 ґатунки різних атомів. Далі дійшла б черга до атомів; все існуюче було б перетворене тільки на три ґатунки: протони, нейтрони та електрони.

Постає питання: чому ж відрізняється атом від атома, коли всі вони побудовані з цілком однакових часточок? Хеміки до останнього часу нараховували 92 атоми цілком не подібні один на одного. Вивчення структури атомів дає можливість відповісти і на це питання. Природа того чи іншого атома, а значить і ті властивості, за якими ми відрізняємо атом від атома, цілком залежить від кількості протонів, що входять до складу ядра. Нейтрони, що містяться також у ядрі, та електрони на периферії на природу атома впливу не мають.

Узагальнюючи це, можемо сказати, що всі однакові між собою атоми (напр., усі атоми срібла) повинні мати в своїх ядрах однакову, цим одним атомам властиву, кількість протонів. Однак кількість нейтронів в окремих атомах срібла може бути й різна. Всі ці відомості про структуру атома можемо ілюструвати моделями трьох різних атомів, поданих на мал. № 1



мал. ч. 1

Найпростіший за своєю будовою атом водню (на мал. під літерою а). Його ядро складається тільки з одного протона, а навколо його кружляє також один електрон. Подальший, щодо ваги, атом гелію. (На мал. під літерою в/). Його ядро складається із двох протонів та двох нейтронів, а на периферії два електрони. Коли ми переглянемо всі атоми, що впорядковані за ознакою збільшення своєї ваги, то помітимо, що ядро кожного подальшого збільшується завжди на один протон, а значить на одиницю заряду порівнюючи з попереднім. І так іде крок за кроком аж до останнього найважчого атома урану. В ядрі його 92 протони та 146 нейтронів. На периферії на різних колах кружляють 92 електрони. Ядро кожного подальшого атома завжди зростає на один протон та на декілька нейтронів. Електрони на периферії балянсуються з кількістю протонів в ядрі. Так у загальному можна описати структуру атома.

Перейдемо тепер до детальнішого розгляду як периферійної, так і центральної частини атома. Як уже зазначено, нормально в атомі на різних орбітах, а значить і на різних віддаленнях від ядра міститься така кількість електронів, що чисельно дорівнює кількості протонів в ядрі. Всі вони безупинно кружляють навколо ядра з великою швидкістю.

Коли пригадаємо собі, що є такі поважні ядра, що мають по декілька десятків протонів в ядрі (аж до 92-х), а значить, стільки ж електронів зовні, то можемо собі

уявити, що такі ядра містяться всередині, так би мовити, електронної броні, яка захищає ядро від будь-яких зовнішніх впливів.

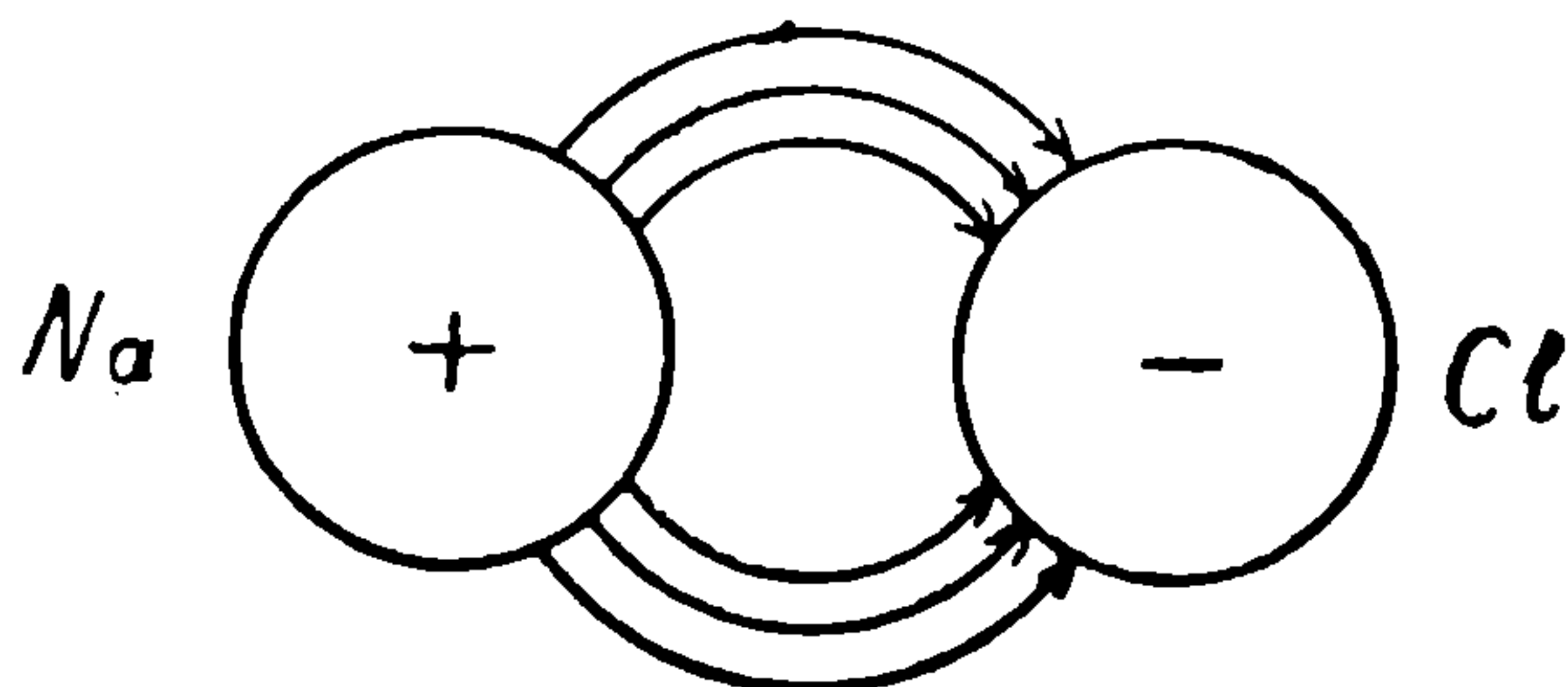
Але роля електронів не обмежується тільки завданням бути „особистим охоронним конвоєм“ ядра. Досить відзначити, що всі електричні процеси, хемічні, магнетні, більшість світлових явищ—залежать від певної поведінки та стану електронної оболонки атома. Як бачимо, ділянка фізичних явищ, що підпорядковані периферійній електронній частині атома (бо знаходить там свій початок), є досить відповідальна та широка.

Дамо пояснення щодо вирішальної ролі периферійних електронів у цих явищах тільки на простому хемічному прикладі. Розглянемо молекулу звичайної соли, яку вживаємо щодня.

Хеміки довели, що молекула соли складається з двох цілком різних атомів: натру, що позначається Na, та хлору з позначенням Cl. Ці два атоми досить міцно поєднуються в молекулі соли завдяки так званим хемічним силам, що діють між ними. Легко доказати, що так звані хемічні сили мають в своїй основі електричне походження та обумовлюються певними змінами в електронній оболонці. Справа в тому, що периферійні електрони не так уже й міцно пов'язані з ядром. Особливо це стосується електронів найвіддаленіших від ядра. Під впливом різних причин один або й два електрони можуть залишити атом. Такі електрони можуть довгий час блукати в міжатомових просторах або можуть прилучитися до якихось інших атомів.

Хоч загальні закони для атомів є спільні, але кожен атом має й свої особливості. Отже, є такі атоми, що не дуже шанують свої електрони та легко відступають їх іншим атомам. З другого боку, є й такі атоми, що охоче приймають до себе зайві електрони, так би мовити, понад норму. До першого типу належить атом натру, до другого—хлор. Атом натру тримає в ядрі 11 протонів, а значить, в оболонці 11 електронів. Хлор відповідно має 17 протонів та 17 електронів. Цілком очевидно, що з таким нормальним співвідношенням протонів та електронів електричність додатна—ядра та від'ємна—оболонки зрівноважуються, себто атом в цілому є нейтральний. Коли зближуються атоми натру та хлору, то один з електронів натру залишає свою оболонку та

прилучається до чужої оболонки хлору. Що сталося з цими атомами після такої „зради“ одного електрона? В атомі натру, після виходу одного електрона, порушилася рівновага між додатною та від'ємною електричністю. Очевидно, почала переважати додатна електричність ядра, а значить, атом в цілому став додатно заряджений. Зворотнє явище сталося в атомі хлору. Там почала переважати від'ємна електричність після того, як до його оболонки пристроївся зайвий електрон, а значить, в цілому атом став від'ємно зарядженим. Спрощено це показано на мал. № 2.



мал. ч. 2

Після цього між цими двома атомами почали діяти звичайні електричні сили притягання, як між двома протилежно зарядженими тілами. Таке походження хемічних сил та роля електронної оболонки при цьому. Перейдемо тепер до ближчого ознайомлення з ядром атома

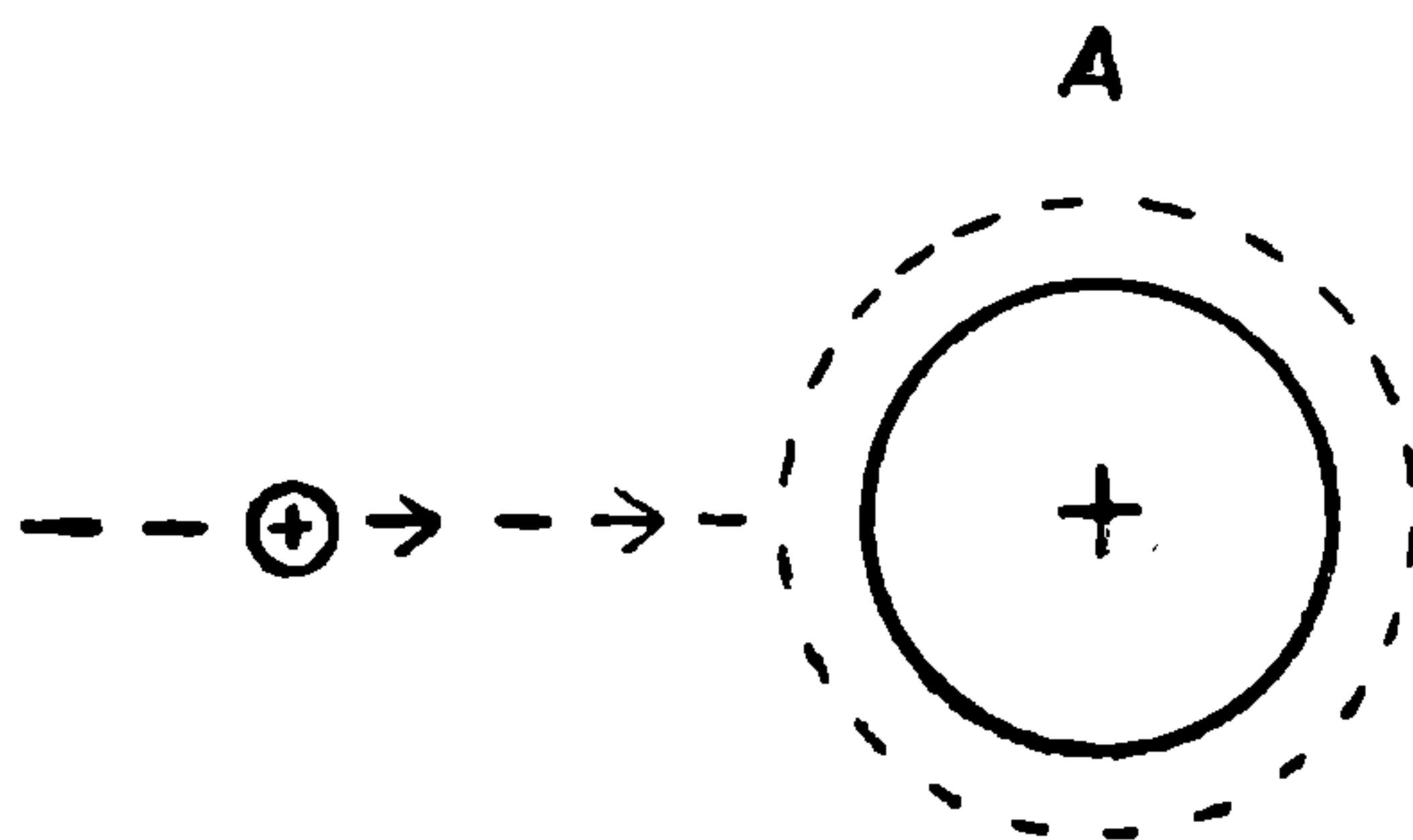
Перш за все яку ролю відіграють структурні часточки—протони та нейтрони? Вже було відзначено, що природа атома, себто основні властивості, що різко відрізняють один атом від другого, залежить виключно від кількості протонів або, інакше кажучи, від заряду ядра. Нейтрони, що також містяться в ядрі, такого впливу на індивідуальні властивості атома не мають. Це видно хоч би з того факту, що одні й ті ж атоми мають завжди однакову кількість протонів, але нейтронів можуть мати різну кількість. Напр.: всі атоми гелію мають завжди 2 протони. Але кількість нейтронів може бути в деяких 2, а в деяких 1. Очевидно, що ці два ґатунки гелію будуть різнитися щодо ваги, але у всіх інших властивостях будуть цілком схожі. Такі групи одного й того ж атома, що різняться тільки кількістю нейтронів, або вагою, зветься ізотопами. Майже всі атоми мають ізотопи.

Нам уже відомо, що ядро водню складається з одного протона. Але бувають такі водневі ядра, що складаються з одного протона та одного або й двох нейтронів. Це й є ізотопи водню. Коли до складу води входить не звичайний водень, а його важчий ізотоп, то утворюється важка вода. Можна було б з поверховного погляду прийти до висновку, що роля нейтронів в ядрі зводиться тільки до впливу на масу атома, себто вони є тільки ваговий баласт. Але ґрунтовні дослідження ядра показують, що завдання нейтронів в ядрі набагато серйозніше.

Перш за все, можуть бути поставлені деякі запитання, що стосуються загальної механіки атома. Неясно, напр., чому електрони, що знаходяться на оболонці та мають від'ємну наснагу, а значить, стало притягуються додатно наснаженим ядром, не притягнуться або не попадають на ядро? З'ясувати це порівнюючи легко. Не падають вони з тої ж причини, з якої не падає на сонце наша Земля, хоч також стало ним притягається. Це тому, що як Земля, так і периферійні електрони мають, крім руху доосередкового, ще й рух за інерцією. Але трудніше відповісти на питання: чому протон, що знаходиться в ядрі, не притягнеться до оболонки. Тут, коли відійти від наукового способу думання, то за асоціацією спадає на думку одна задача, що її колись запропонував стародавній грецький філософ Арістотель. Він поставив таку задачу: як поводитиме себе, за звичайних умов, якась абсолютно розумна тварина, себто така, що в своїй поведінці кермувалася б тільки розумом з цілковитим виключенням почуття. Як поведив би себе, напр., абсолютно розумний осел, коли б його поставити в якійсь точці, а навкруги, на точно рівних віддаленнях від нього, розкласти якісь привабливі для нього речі, напр., свіжу траву? Сам Арістотель розв'язує цю задачу так: осел мусів би здохнути від голоду і не зрушитися з свого місця, бо підійти до будь-якої точки з сіном у нього було б стільки ж розумних підстав, як і до всякої іншої, тому й переваги ні одній точці він не міг би зробити. Подібно на те і протони в ядрі поводять себе, як цей абсолютно розумний осел.

Але таке пояснення, звичайно, нікого не переконує щодо поставленого питання. Положення протона в ядрі ускладнюється ще й тим, що його не тільки притягують

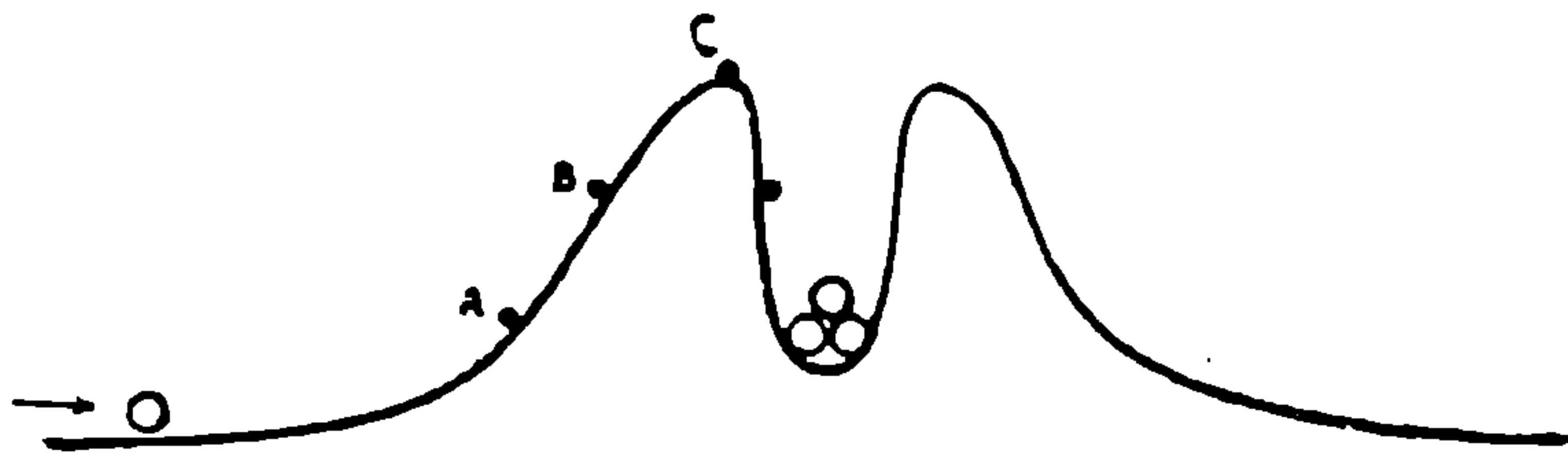
електрони, але ще й виштовхують його сусіди—інші протони, що також додатно насліджені, і все ж таки кожний протон дуже міцно утримується на своєму місці в ядрі. Досліди показали, що ми тут маємо цілком незвичайне для нас явище. Коли, напр., насліджений додатно протон, як це показано на малюнку № 3, буде наближатися до ядра А, то сили відштовхування за законами електрики будуть зростати мірою наближення.



мал. ч. 3

Але спостереження показують, що в ділянці дуже близькій до ядра (для наочності це позначено пунктирною лінією) ці сили відштовхування зростають до величини в багато разів більшої від тієї, що передбачається за обчисленням. На цьому не закінчується незвичайність цього явища. Коли протонів вдається підійти до ядра на дуже близьку відстань, то сили відштовхування раптово зникають та перетворюються на їх протилежність, себто на сили притягання. Отже, взаємодія заряджених часточок з ядром на дуже близькій від ядра відстані є цілком оригінальна.

Мусимо визнати, що біля ядра є сферична область, де діють такі сили, що не дозволяють близько до ядра підійти будь-яким зарядженим часточкам, та, з другого боку, не дозволяють таким же зарядженим часточкам, що попали в середину цієї зони, вийти назовні. Ця область навколо ядра називається: потенціальний бар'єр. Не будемо докладніше зупинятися на цьому питанні, лише зазначимо, що дуже оригінальні сили цього бар'єру походять в наслідок взаємодії в ядрі протонів та нейтронів. Щоб конкретніше уявити ролю потенціального бар'єру, використаємо таку механічну модель: уявімо собі, що існує досить велика горбовина, на вершині якої є також велике заглиблення з крутими стінками, як це показано на мал. № 4.



мал. ч. 4

Припустімо, що ми маємо якусь кулю (а) на зовнішній частині такого бар'єру. Коли ми дамо цій кулі якунебудь енергію, хоч би через поштовх, то вона може досягнути якоїсь точки А, після чого скотиться назад. Більший поштовх може піднести цю кулю до точки В, але вона знову відкотиться назад. І так триватиме доти, доки наша куля не дістане такої енергії, що піднесе її аж на вершину до точки С. Досягнувши цієї точки, вона, очевидно, буде втягнута в середину до точки М. Але, якщо нашій кулі було важко досягнути точки М, то не менш важко залишити її: коли на цю кулю в її новому положенні в точці М будуть діяти якісь відштовхуючі сили, то вони зможуть її остаточно виштовхнути тільки в тому разі, якщо нададуть їй такої енергії, що винесе нашу кулю знов до точки С.

Отже, можемо уявити собі, що ядро атома, як мікроскопічна фортеця, захищена від зовнішнього світу двома лініями оборони: перша — це електронна оболонка та друга й головна — потенціальний бар'єр. Але в створенні цього бар'єру відіграють роль нейтрони, що через взаємодію з протонами витворюють цей оригінальний потенціальний бар'єр. Спрощено кажучи, протони в ядрі, що діють поміж себе з відштовхуючими силами, певним чином цементуються нейтронами.

Звертає на себе увагу ще одне питання. Нам відомо 92 атоми, кожний із них має цілком визначену, характерну для себе кількість протонів. Але кількість нейтронів в ядрах одного й того ж елемента, як було вже відзначено, може бути й різна. Це так звані ізотопи. Такий елемент, як залізо, має 4 ізотопи. Срібло має 2 ізотопи. Майже кожний із 92 атомів має декілька ізотопів. Коли ураховувати й ізотопи, то відомо нам різних атомних ґатунків 321.

Кожне ядро з цих існуючих в природі 321 атомних ґатунків являє собою цілком певну суму протонів та

нейтронів. Себто в природі існують тільки 321-на, так би мовити, комбінації з протонів та нейтронів. Але ж різних інших комбінацій ми можемо собі уявити безмежну кількість. Виникає питання: чи можливе співжиття нейтронів і протонів тільки в тих кількісних співвідношеннях, що є в природі в числі 321, чи й при всякому довільному співвідношенні? Дослідження доказали, що як тільки ми порушимо таке нормальне співвідношення, додавши, напр., зайвий протон або нейтрон до ядра, то постає там внутрішня аварія—себто вибух. В наслідок вибуху в ядрі мусить співвідношення протонів та нейтронів прийти до одного з існуючих 321 типів.

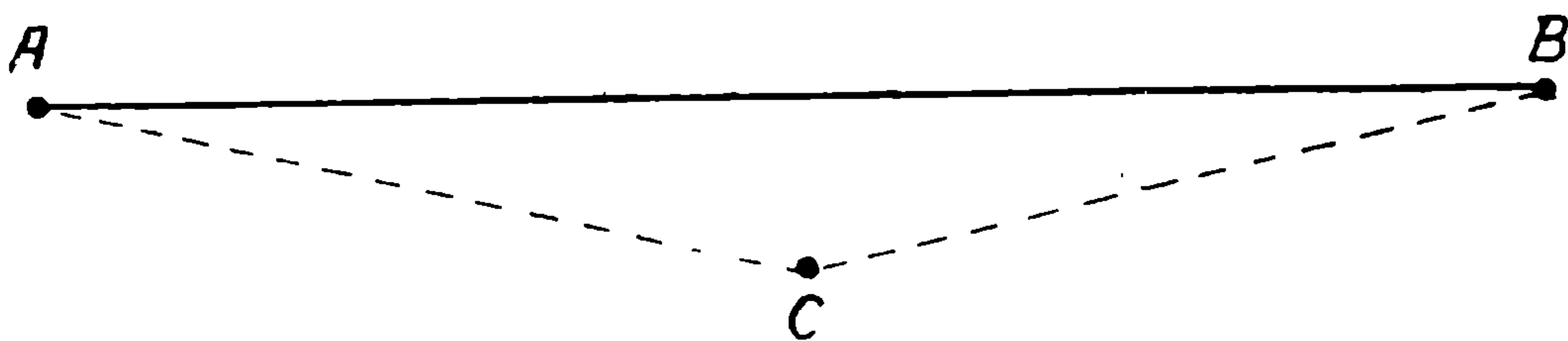
Приходимо до висновку, що тільки деякі комбінації протонів та нейтронів можуть бути стабільними. Фактично не всі ядра навіть в існуючих 321 ізотопах є стабільні.

Загальновідомим є явище радіоактивності. Стисло кажучи, серед відомих атомів є велика група таких (біля 40 атомів), що постійно вилучають промені трьох окремих гатунків: α (альфа), β (бета) й γ (гама). Так звані альфа-промені це є не що інше, як ядра атома гелію, себто 2 протони та нейтрони. Бета-промені—це звичайні електрони, та гама-промені—дуже короткі електромагнетні хвилі. Всі ці промені, себто всі ті часточки вириваються з ядер радіоактивних атомів в наслідок вибуху, що стався в ядрі.

Таким чином навіть серед існуючих в природі атомів є біля 40 таких, де співвідношення між протонами і нейтронами не є тривке, а значить, рано, чи пізно мусить постати вибух.

Перш за все звернімо увагу на зміни в ядрі, що повинні статися після того, як воно позбавилось якоїсь зарядженої часточки—себто α або β . Ясно, що коли виривається з ядра α часточка, себто 2 протони та 2 нейтрони, то ядро губить дві одиниці свого заряду. Пригадаймо собі, що природа атома залежить виключно від кількості додатно заряджених часточок в ядрі—себто протонів. Загубивши під час вибуху 2 протони, атом перестає бути таким, як був до вибуху та автоматично перетворюється в інший, що має заряд ядра на дві одиниці менше. В разі виключення β часточки, себто електрону, ядро збільшує свій заряд на +1, а значить, і в цьому випадку перетворюється один атом в інший—сусідній.

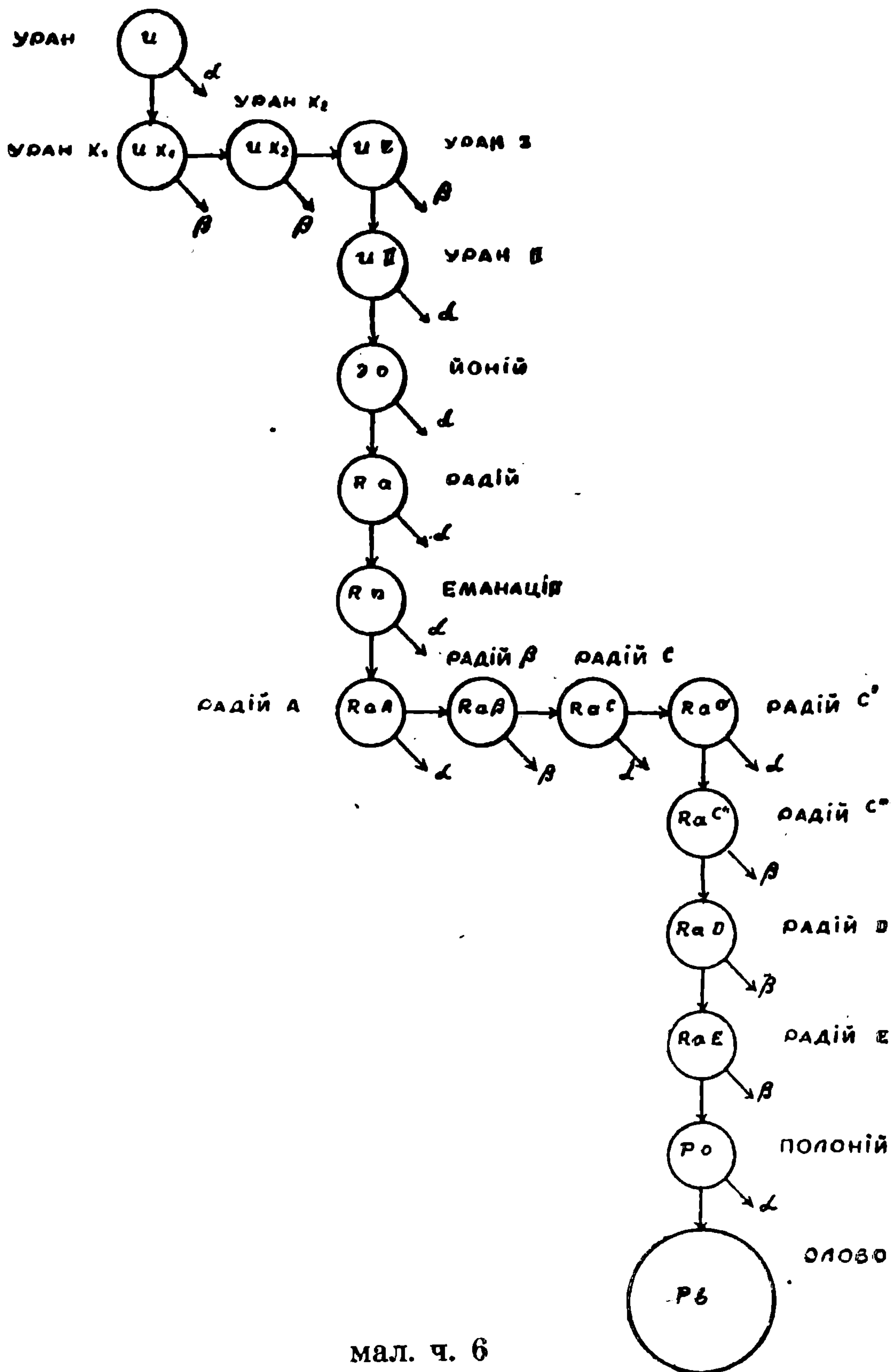
Може виникнути запитання: звідки взявся в ядрі електрон? Адже електрон до складу ядра не входить. Теорія цього питання дуже складна, але в спрощеному вигляді зводиться до досить дивного на перший погляд твердження: електрон, не існуючи взагалі в ядрі, утворюється там в момент вибуху. Спробуймо пояснити це явище—утворення електрона в ядрі в момент його вилучення—простим механічним прикладом. Коли ми маємо звичайну струну, що натягнута між точками А та В,



мал. ч. 5

то можемо відтягнути її, хоч би пальцем, до точки С. В разі, коли струна зірветься з пальця, то вона дрижатиме та даватиме звук. Отже, струна дає звук в момент дрижання. Але ніхто з нас не твердить, що струна в положенні АСВ складалася з струни та звуку, що входить до неї, як якийсь складовий елемент. Це може бути дуже далекою аналогією до своєрідних процесів в ядрі, що ведуть до утворення там електрона в момент його вилучення. Як себе поводить ядро після вибуху?

Спостереження показують, що нове ядро через якийсь час вибухає та вилучає одну з трьох часточок. В разі вилучення α або β —утворюється знов нове ядро, а значить, інший атом (в разі вилучення γ (гама) ядро та атом не міняється). Те ж саме утворюється з іншими новими атомами, що постають в наслідок вибуху. Таким чином, радіоактивний процес в атомах—це багаторазові вибухи та послідовні перетворення одного атома в другий; цього другого в третій і т. д. Але цей цікавий ланцюг, очевидно, повинен мати свій початок та кінець. Є три окремі радіоактивні групи, що починаються одна з атома урану, друга з актінію та третя з торію. Для наочності на мал. 6. подається ілюстрація радіоактивного розпаду та поступових перетворень атомів в групу урану.



МАЛ. Ч. 6

Закінчується цей ланцюг розпадів та перетворень на звичайному олові (Рв). Очевидно, що тільки в ядрі цього атома досягається таке співвідношення протонів та нейтронів, наслідком якого настає стабільність, себто мирне співжиття між протонами та нейтронами. В цілому радіоактивні перетворення, коли один не стабільний атом переходить в другий, також не стабільний і так продовжується через багато інших атомів, нагадує нам котрусь спадкову хворобу, що передається від діда-прадіда до внуків-правнуків і згасає тільки десь в далекому поколінні.

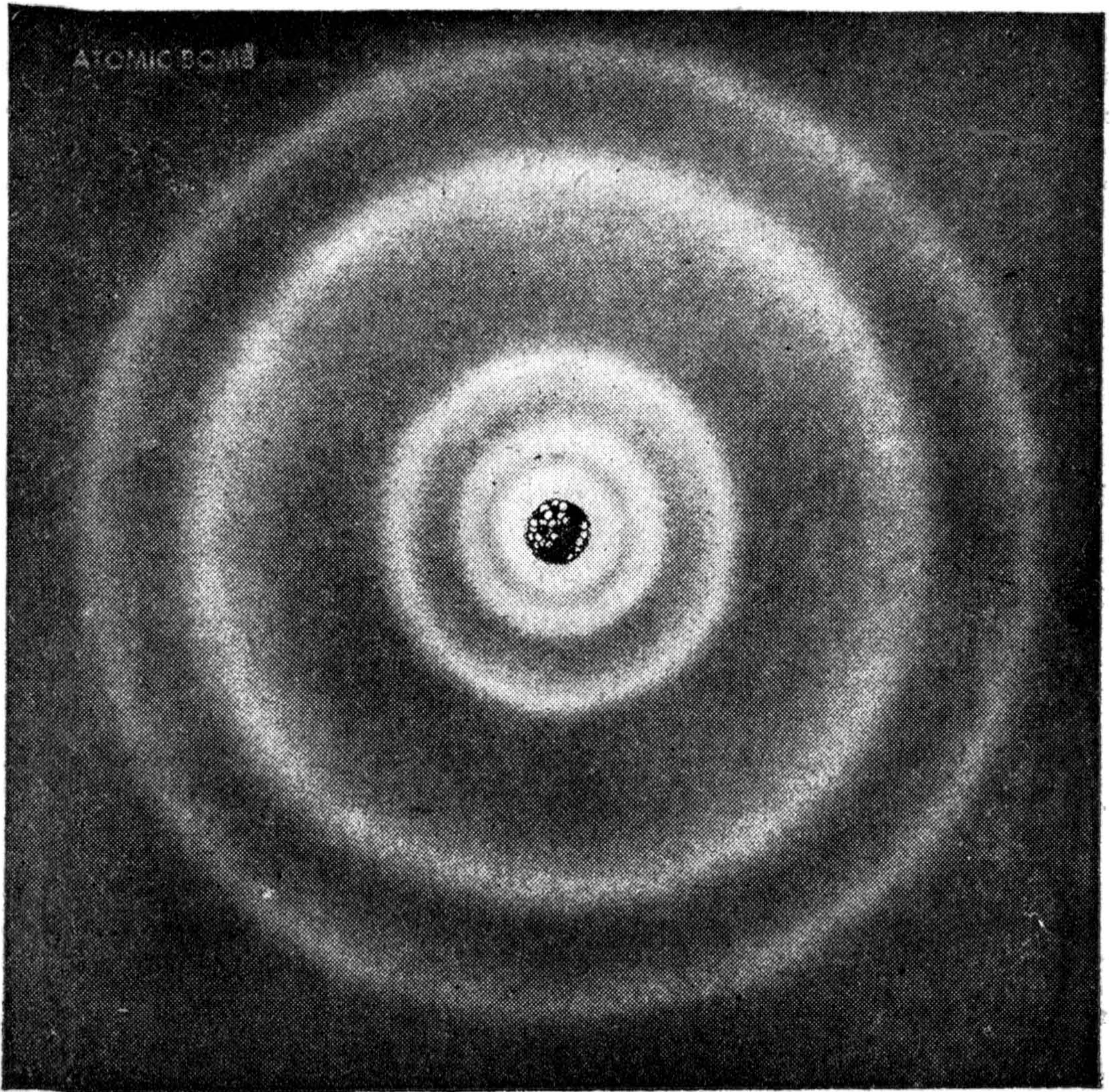
РОЗБИТТЯ АТОМА

Цілком натурально, що після ознайомлення з таємницями побудови атома у нас з'являється бажання втрутитися у внутрішнє життя атомів і зробити там різні зміни та пересування за своїм бажанням. Наприклад, розглядаючи два таких атоми, як живе срібло та золото, ми спостерігаємо, що в ядрі першого є 80 протонів та 118 нейтронів. Ядро золота небагато відрізняється за своїм складом. Воно має 79 протонів і 118 нейтронів. Було б дуже привабливим з ядра атома живого срібла виштовхнути всього тільки один протон і в такий спосіб перетворити його на атом золота.

Цілком зрозуміло, що експериментувати над атомом та особливо його ядром можна тільки за допомогою таких приладів, що своїм розміром не перевищують розмірів самого ядра. За такі прилади правлять відомі вже нам ядра атома гелію, протони та нейтрони. Опишемо стисло ці цікаві експерименти та наслідки, що їх досягнуто. В самому загальному характері експеримент зводиться ось до чого. Одну з цих названих частинок засилають до ядра визначеного атома, а далі роблять спостереження, як поводить себе ядро після того, як ми таким способом втрутилися в його внутрішнє життя.

Тут потрібно відзначити, що обстріл ядра атома такими часточками-кулями натрапляє на великі труднощі. Перша трудність є те, що ми не можемо взяти, так би мовити, точного прицілу. Розміром атом (під розміром розуміють діаметр орбіти крайніх електронів) хоч і дуже

малий, але проти величини ядра—це колосальна площа. Співвідношення між розміром ядра та електронної оболонки, хоч й не повною мірою, ілюструється на мал. ба:



Мал. ч. ба

Якби ми атом збільшили до розмірів кімнати на три метри завширшки, завдовжки та заввишки, то ядро містилося б десь у середині та було б не багато більше за головку від цвяха. Припустімо, що ми маємо завдання поцілити кулею в таку мету, обстрілюючи десь зовні цю кімнату. Вийти з становища такого можна тільки в один спосіб—це випустити по кімнаті безліч куль. За теорією ймовірності, що більше випускається куль, то більше шансів, що одна з них поцілить у визначену мету. Цілком аналогічно при обстрілі ядра атома. Вистрелюють

по ньому великою кількістю цих часточок-куль, сподіваючись, що одна з них потрапить в ядро. Але й такій часточці-кулі, що рухається в напрямі ядра, не завжди випадає досягти самого ядра. Є тут інша й більша трудність.

Справа в тому, що наша часточка-куля, раніш ніж досягне ядро певного атома, повинна перебороти велику кількість різних перешкод. Цілком зрозуміло, що коли ми хочемо шляхом такого обстрілу порушити цілість якогось атома (напр., срібла), то на шляху наших часточок-куль ставимо, як мету, не один атом (це практично не можливо), а певну масу даного тіла, себто тонкий 'прошарок. Але який би тонкий прошарок ми не взяли, він в своєму перекрою по своїй товщині буде містити величезну кількість атомів. Коли пригадаємо, що атом від атома віддалений дуже великими просторами, порівнюючи з його власним розміром, то стане ясным, що наша часточка-куля, що досягла поверхні тіла, майже не має шансів поцілити в атом самого поверхневого прошарку. Скоріше всього, вона потрапить на якийсь глибинний атом. Але на своєму короткому шляху в міжатомових просторах даного тіла часточка-куля повинна прорватися крізь рій електронів різних атомів. Ці електрони нещадно вибиваються з своїх орбіт.

Очевидно, що ця часточка, оскільки має додатний заряд, буде відштовхуватись також додатно зарядженими ядрами тих атомів, біля яких вона проходить. Під впливом цього шлях часточки-кулі в якомусь прошарку тіла буде надзвичайно викривлений. Стає ясным, що наша часточка-куля, раніш ніж досягне певного атома, до якого йде в напрямкові „лобового удару“, може на своєму шляху витратити таку кількість енергії, що буде цілком обезсиленою при зустрічі з цим атомом. Але коли саме в цей момент — зустрічі з атомом, часточці - кулі буде бракувати значної енергії, то в ядро атома вона ніколи не попаде. Саме тут її чекають найбільші труднощі: це прорватися до ядра через усю товщу периферійних електронів, а головню перебороти потенціальний бар'єр — цю найбільшу охорону ядра.

Звичайно, всі ці перешкоди не однакові для різних атомів. Легші атоми мають порівнюючи невелику кількість периферійних електронів, а потенціальний бар'єр їхнього ядра не дуже вже й високий. Але в важких атомах

електронна оболонка значно густіша, а головню — куди вищий потенціальний бар'єр. З цього нарису стає ясним що для того, щоб заряджена частинка - куля, себто, напр., протон, досягнула ядра, вона повинна володіти великою початковою енергією.

Перші експерименти над атомовим ядром у спосіб обстрілу їх зарядженими часточками були переведені в 1920 році всевітньо відомим англійським фізиком Розерфордом. У цих експериментах, як кулі для обстрілу атомів Розерфорд використав α (альфа) промені натуральних радіоактивних речовин. Початкова швидкість α (альфа) часточок, себто ядер Нс (гелію — 2 протони та 2 нейтрони) в деяких радіоактивних речовинах досягає 15000 км. на секунду. Куля звичайної рушниці виходить з дула з швидкістю 1 км. на секунду. Проте, шлях кулі може бути декілька кілометрів, а шлях α часточки вимірюється в повітрі декількома сантиметрами. Така розбіжність між початковою швидкістю та пробігом α часточки та кулі пояснюється тим, що α часточка на кожній точці свого шляху зустрічає дуже серйозні для себе перешкоди — це безліч різних атомів, в оболонці яких α часточка робить певні порушення, а значить постійно витрачає свою енергію. Перша речовина, що потерпіла в експериментах Розерфорда від бомбардування α часточками—був азот, що має хемічний знак N.

Ядро атома азоту складається з 7 протонів і 7 нейтронів. Цілком зрозуміло, що одною з найвідповідальніших частин цього експерименту були методи спостереження над підстреленими атомами. Не маємо можливості тут дати опис тих сучасних приладів та апаратів, за допомогою яких ми можемо стежити навіть за атомами як і за іншими мікроскопічними тілами, що не надаються сприйманню нашим зором. Скажемо тільки, що показники цих апаратів не викликають ніякого сумніву.

Перше поділення α часточки в ядро атома азоту відразу ж було зареєстроване цією апаратурою. Дальші спостереження переконливо довели, що цей підстрелений атом перестав бути азотом та перетворився в цілком інший атом — в атом кисню, що має хемічний знак O та складається з 8 протонів та 9 нейтронів. Зупинимось детальніше над аварією цього підстреленого атома азоту.

За нормальних умов ядро цього атома складається з 7 протонів та 7 нейтронів. Загальна кількість структур-

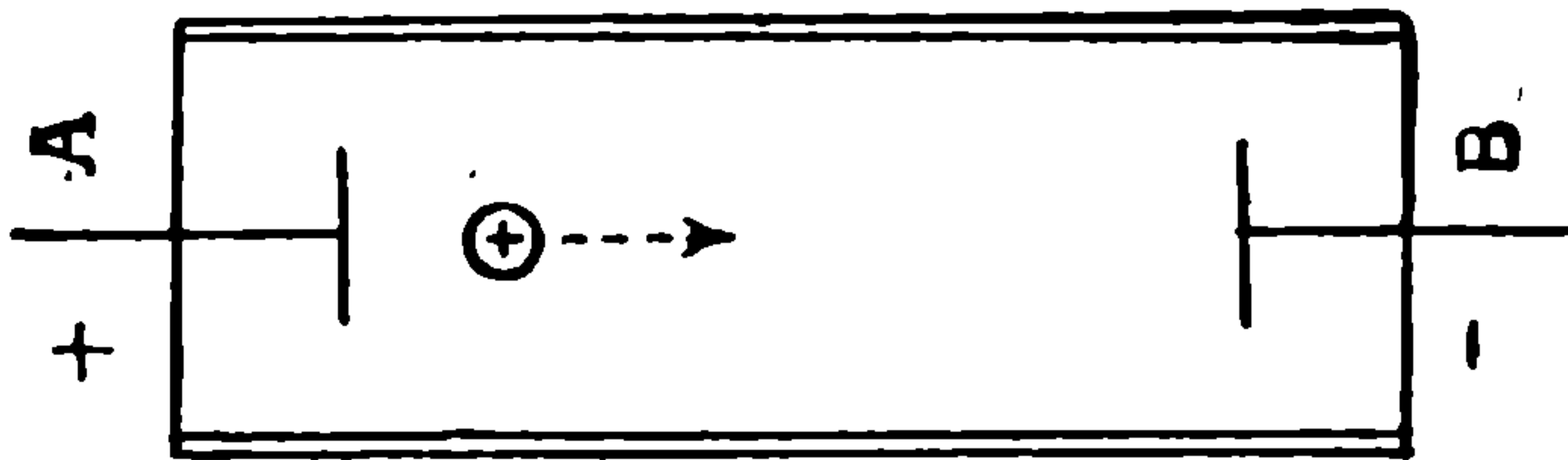
них одиниць, себто вага атома, очевидно 14. Умовно це позначається ${}^7\text{N}^{14}$ (число внизу відповідає кількості протонів в ядрі, вгорі — загальному числу протонів та нейтронів). До цього складу ядра азоту з моменту поцілення в нього α часточки—себто ядра гелію ${}^2\text{He}$ приєдналось ще 2 протони та 2 нейтрони. Чи не порушено цим нормальне, налагоджене співжиття протонів та нейтронів колишнього ядра азоту?

Пригадаймо собі, що за спеціальними законами, що нормують зв'язки між протонами та нейтронами, в ядрі стабільно може існувати не довільне, а тільки певне співвідношення між протонами та нейтронами. Переупакувавши ядро азоту в спосіб засилання туди α часточки, ми створили комбінацію з 9 протонів і 9 нейтронів. Але в природі немає атома з таким співвідношенням протонів та нейтронів. Приходимо до висновку, що за такої комбінації неможлива стабільність. Простіше кажучи при цьому співвідношенні протонів та нейтронів між ними постає такий „антагонізм“, що веде до неминучого вибуху. В момент вибуху з ядра виштовхується така часточка, після якої ядро одержує нормальне існуюче в природі співвідношення протонів та нейтронів.

За даного експерименту, порушене, щодо свого складу, ядро азоту вибухає та виштовхує один протон. Позбавившись цього протона, ядро залишається в складі з 8-ми протонів та 9-ти нейтронів. А це є типовий і цілком природний структурний склад ядра атома кисню. Така внутрішня механіка, що веде до перетворення атома азоту в атом кисню. Увесь цей процес формулою можна визначит так: ${}^7\text{N}^{14} + {}^2\text{He}^4 = {}^8\text{O}^{17} + {}^1\text{H}^1$.

В подальших експериментах Розерфордові вдалося за допомогою α часточок порушити цілість деяких інших легких атомів та досягнути їх перетворення в інші атоми. Але скоро стало ясным, що за допомогою цих натуральних набоїв — α часточок дальших та великих успіхів досягнути не можна. Перш за все α часточки є досить великий набій для обстрілу атомних ядер. Куди краще було б користуватися протонами, що мають удвічі менший заряд, а значить, мають більшу можливість пробитися до ядра. А головно, що для обстрілу навіть пересічних за вагою атомів—в α часточках явно бракувало енергії. Тому то в дальших атаках на атомове ядро α часточки були забраковані та замінені про-

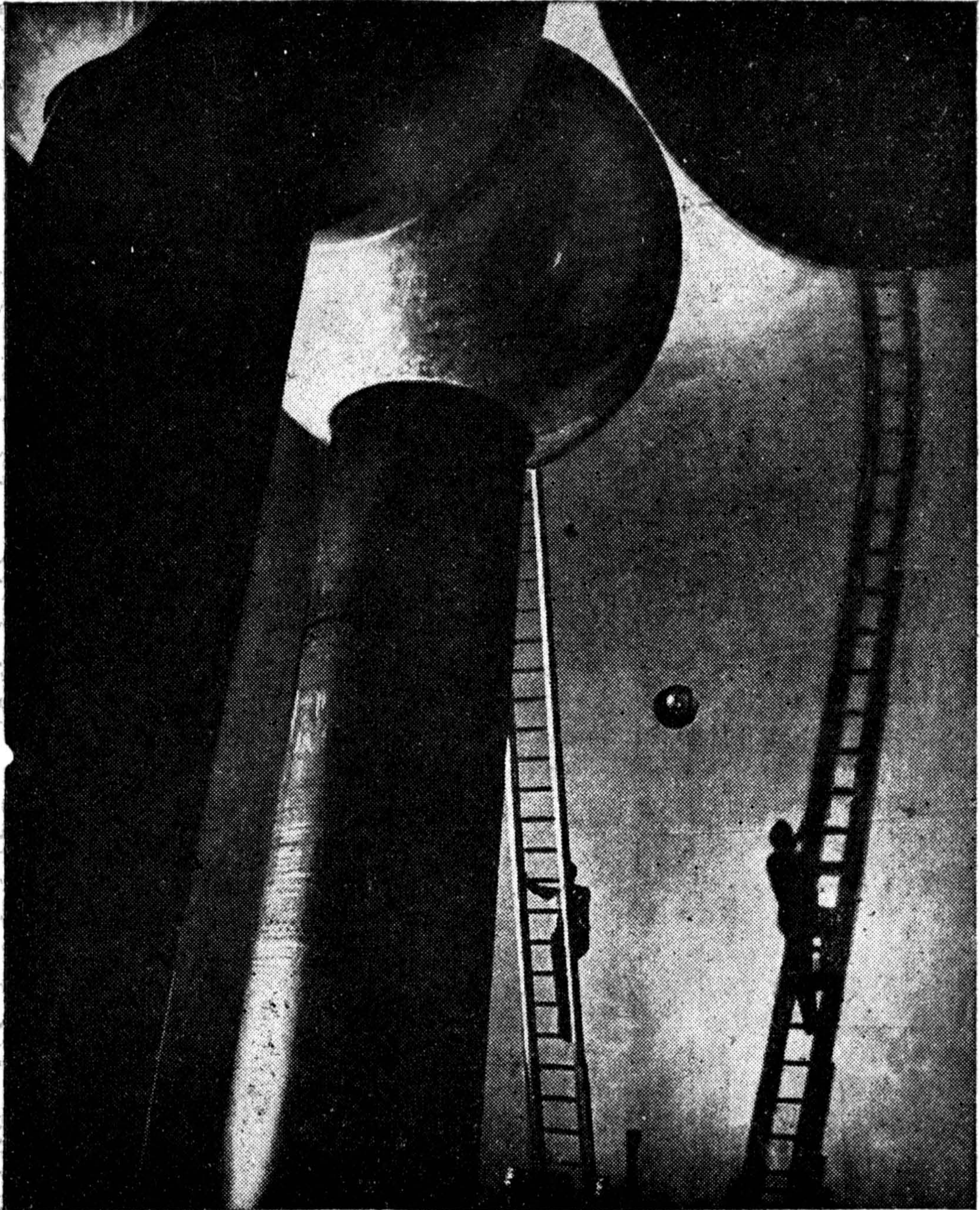
тонами. Тут справа ускладнилася тим, що немає таких натуральних процесів, під час яких би протони набували такої швидкості та енергії, як, напр., α часточки. Ясно, що треба було штучно розганяти протони та надавати їм швидкості в декілька десятків тисяч кілометрів на секунду. В дуже спрощеному вигляді цей метод штучного розгону протонів до великої швидкості можна пояснити так: коли б ми в руру АВ (мал. 7)



мал. ч. 7

що на своїх кінцях має влотовані та заряджені електроди, ввели б протон, то він би відштовхнувся додатним електродом та притягувався б від'ємним, себто почав би рухатися від А до В. Швидкість цього руху, очевидно, цілком залежала б від електричної напруги на електродах. Для того, щоб протони набули пробійної енергії, себто швидкості в декілька десятків тисяч кілометрів на секунду, потрібно на цих електродах створити дуже високу напругу — до 10 мільйонів вольт. Така напруга створюється за допомогою спеціальних високовольтних генераторів. (Частина одного з таких генераторів, типу Ван - де Граффа, показана на мал. 8).

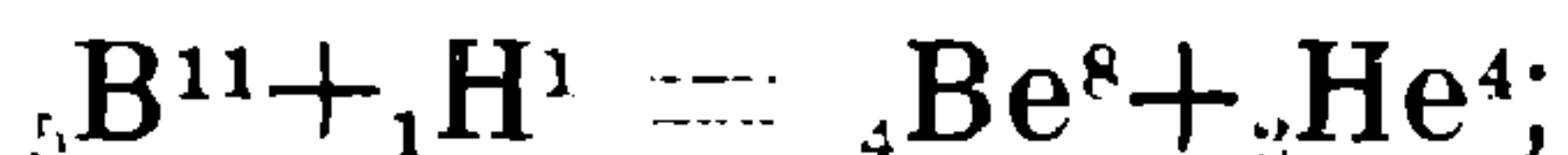
Цей генератор за своїми технічними особливостями є остільки велика споруда, що звичайно вимагає спеціально пристосованого приміщення. Основною частиною цього апарата є дві великі кулі (діаметром декілька метрів), що встановлені на ізоляційних колонах заввишки до 10 метрів. Ці кулі за допомогою складних приладів, що діють на принципі електростатичної індукції, одержують електричну напругу високої напруги. Одна куля насліджується додатно, друга — від'ємно. Далі напруга цих куль використовується для спеціальних апаратів, в яких заряджені часточки розганяються до колосальної швидкості.



мал. ч. 8

Цей генератор тепер вважається застарілим і замінюється так званим циклотроном. В циклотронному генераторі заряджені часточки доводяться до винятково високих швидкостей. Основний діючий фактор в циклотронах—це дуже потужне магнетне поле. За допомогою найновішого циклотрона в американській лабораторії

досягається напруги в сто мільйонів вольт. Застосування протонів, як набоїв для обстрілу атомових ядер, дало значні успіхи. Досить велику кількість атомів вдалося поруйнувати та досягнути нових атомових перетворень. За приклад візьмемо обстріл протонами атомів бору з хемічним знаком В. Ядро бору складається з 5 протонів та 6 нейтронів. Коли потрапляє в таке ядро протон, то створюється неприродна комбінація з 6 протонів та 6 нейтронів. Як і в попередніх випадках, це спричиняється до вибуху та виштовхування якоїсь часточки. За даного випадку буде виштовхнута α часточка, себто ядро гелію. Втративши після вибуху 2 протони та 2 нейтрони (склад ядра гелію), в ядрі ще лишиться 4 протони та 4 нейтрони. Це є той склад, що відповідає ядрові атома берилію. Таким чином відбувається перетворення бору на бериль. У формулі цей процес виглядав би так:



Після 1930 року фізики ввели до арсеналу часточок-якими обстрілювали різні атоми, ще й нейтрон. Використання цього нового набою дало великі переваги. Адже нейтрон є незаряджена часточка, себто на нього не діє електричне поле ядра, а значить нейтрон куди легше може досягнути ядра ніж протон, чи α часточка. Немає потреби зупинятися тут над детальним описом експериментів над поодинокими атомами. В загальних підсумках можна відзначити, що майже всі відомі нам атоми були розбиті дією одної з трьох зазначених часточок-куль та перетворені в якісь інші атоми. Таким чином фізики виконали вже заповітню мрію алхіміків — вони дійшли до засобу перетворювати один елемент у другий. Важливо тільки відзначити, що до цього часу ці привабні перетворення ми вміємо робити тільки в дуже невеликих кількостях — в кількості декількох атомів. Але немає ніяких засадничих перешкод, щоб в якомусь, може й близькому часі, це не було б виконано в бажаних дозах та масштабах. Тепер сприймається як фантазія думка про те, що золото або срібло загублять всю свою цінність і пошану та будуть прирівняні до звичайного заліза або міді. Але подібні переоцінки речовин ми вже знаємо. Адже років 70 тому такий метал, як алюміній, цінився вище за срібло. Пізніше з

новими, електричними методами його добування, він втратив свою високу цінність настільки, що тепер ми легко знаходимо навкруги себе будь-які уламки з алюмінію, але нікому з нас не спадає на думку взяти той уламок. Дуже ймовірно, що в якомусь, може й недалекому часі ми легко навкруги себе будемо знаходити різні золоті або срібні уламки і так само не прийде нам в голову думка нахилитись і взяти той уламок. Отже, як бачимо, ключ до розв'язання винятково важливої для нас проблеми—перетворення речовин був глибоко прихований в самому центрі мікроскопічного світу атомів.

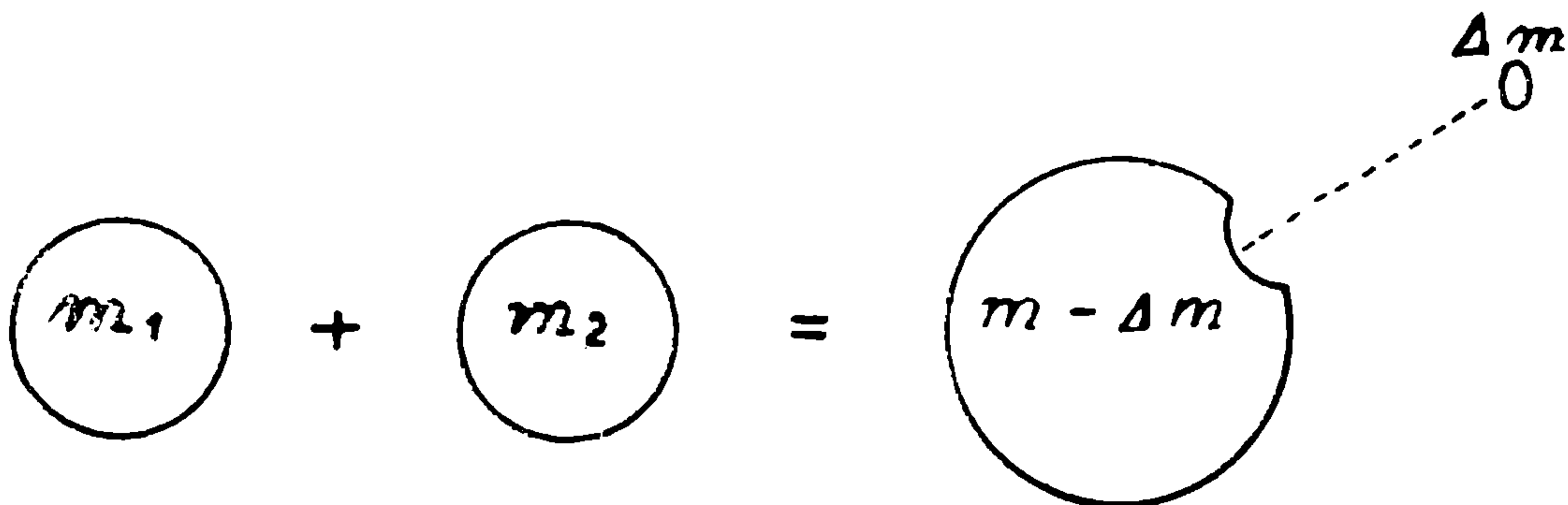
Виявилось далі, що в цьому ж самому центрі-ядрі були приховані інші, ще важливіші для нас таємниці — це способи до використання нової форми енергії. Ми вже знаємо, що підстрелене ядро в більшості випадків розлітається на два уламки. Меншим уламком завжди буває α часточка, протон або електрон. Більшим уламком є решта ядра, що творить основу для нового атома. Але найцікавіші висновки маємо із спостережень над енергією, що з нею розлітаються ці уламки. Ця енергія в багато разів більша за ту, що з нею на ядро налетіла наша часточка-куля. Пояснимо собі це на малюнку 9.



мал. ч. 9

Коли в ядро з певною масою m потрапляє протон, або якась інша часточка, то ядро розлітається на дві нерівні частини m_1 та m_2 . Енергія E_1 , з якою розлітаються ці часточки, колосальна, якщо її рівняти з тією E , з якою протон налетів на ядро. З цього погляду атомове ядро поводить себе дуже дивно, порівнюючи із звичайними для нас явищами. Усім відомо, що коли, напр., ми більярдною кулею вдаримо в дві інші, то ці останні розлітаються з такою енергією, що в сумі не перевищують енергії першої кулі. На перший погляд атомове ядро вийшло з підпорядкування закону збереження енергії. Цим не обмежується дивна поведінка ядра. Коли б ми

склали ці уламки m_1 та m_2 в одно тіло, то не могли б відновити початкового ядра з масою m . Нам би бракувало невеликого кусочка маси; ми його позначимо Δm . Досить примітивно ілюструємо це на малюнку 10.



мал. ч. 10

Отже, звідки з'явилася колосальна енергія E_1 та куди поділася частина маси ядра Δm ? Ці загадки розв'язує відомий уже нам принцип еквівалентності маси й енергії теорії відносності Айнштейна. Пригадаймо собі, що маса тіла може бути перетворена в енергію, що обчислюється за формулою: $E = mc^2$. Чи не сталось і в нашому випадку такого перетворення маси Δm , що зникла, в енергію E_1 , що невідомо звідки з'явилася? Коли зробимо обчислення за наведеною формулою, то знайдемо точну рівність: $E_1 = \Delta m_1 c^2$.

Стає цілком ясно, що в момент вибуху ядра, частина його маси перетворилася на енергію, що й була надана двом уламкам. Зрозуміло, що саме в процесах, які відбуваються в ядрі, здійснюється дуже значною мірою явище перетворення маси на енергію. Очевидно, що для того, щоб опанувати це явище та поставити його на службу нашій техніці, потрібно спочатку дослідити та вивчити весь той своєрідний механізм, що керує явищем перетворення маси на енергію. Ось чому фізики так енергійно останнім часом почали штурмувати атомове ядро. Наслідки цього наступу на атомові ядра до 1939 р. теоретично успішні. Майже всі ядра відомих нам атомів були розбиті та перетворені в якісь інші атоми. Кожне розбите ядро виділяло якусь величезну (відносно) кількість енергії. Але все це практичного значення не мало. Розбитий атом давав нам велику енергію порівнюючи з тією, що її мала часточка-куля,

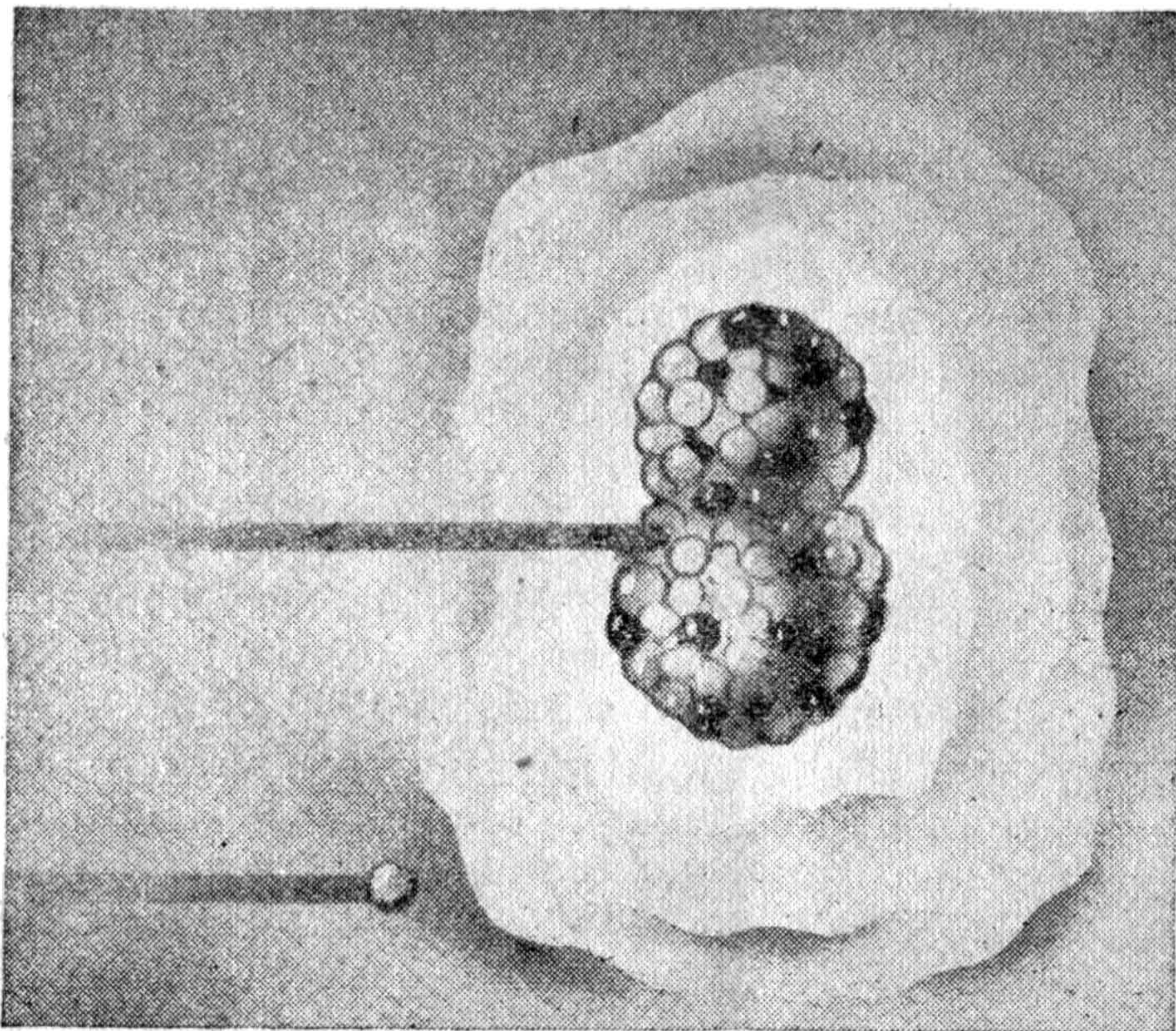
яка в нього влучила. Але таких часточок, щоб розбити один атом треба було випускати мільйони. Отже, кінець-кінцем, практично ніякого виграшу не було.

АТОМОВА ЕНЕРГІЯ.

Об'єктивно оцінюючи всі відзначені досягнення, доводилося фізикам констатувати, що ці досягнення мають лише лябораторно - наукову цінність. Стало ясно, що практично розв'язати питання про використання атомової енергії випробуваними вже методами не можна. Очевидно, ніколи не було б рентабельним для звільнення атомової енергії працювати над кожним зокрема атомом та вистрелювати по ньому мільйонами часточок. Потрібно було відшукати такі методи й умови, що одне, розбите зовнішнім діянням ядро, шляхом якоїсь, так би мовити, детонації, потягло б розбиття й інших, принаймні, сусідніх ядер. Цілком аналогічно до того, що відбувається з якоюсь масою вугілля під час його спалення. Від одного запаленого шматка вугілля займаються сусідні, а від цих займаються інші і т. д. Ніхто б не вважав практично корисним таке вугілля, в якому доводилося б запалювати кожний зокрема шматок. Нові успіхи якраз у цьому напрямі здобуто тільки в 1939 р.

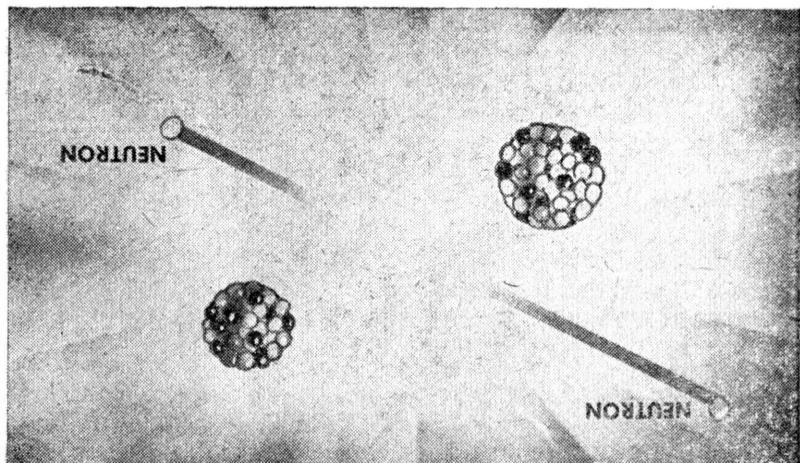
Німецькі фізики Ган, Штрасман та Майтнер досліджували найвищий атом урану, обстрілюючи його нейтронами. Вони помітили, що коли випустити в уран нейтронну кулю, то прилад, що реєструє розбиття кожного ядра, починав спазматично працювати, себто відбувалось явище послідовних вибухів багатьох ядер. Дальші дослідди виконано головню в американських лябораторіях під керівництвом таких видатних фізиків як Фермі, Лявренс, Комптон та Опенгаймер. Насамперед треба було дослідити, які саме атоми урану мають властивість самовільно вибухати під впливом розбиття одного з них. Річ у тому, що уран складається з механічної суміші двох ґатунків атомів, себто — ізотопів. Один ґатунок атомів урану має атомову вагу 238 (ядро його складається з 92 протонів та 146 нейтронів), другий ґатунок з атомовою вагою 235 (в ядрі 92 протони та 143 нейтрони). Цей останній ґатунок входить до загального складу кількістю всього 0,7 відсотка. Виявилось, що ця винятково цінна властивість належить уранові 235.

Коли був відокремлений цей атом і в його мікроскопічну кількість в Нью-Йоркській лабораторії Фермі скерував нейтрон, то можна було навіть без реєстрації приладів спостерігати великий вибух. Внутрішня механіка розвитку послідовного багатоатомового розпаду може бути проілюстрована на мал. 11, 11а і 11б.



Мал. 11,

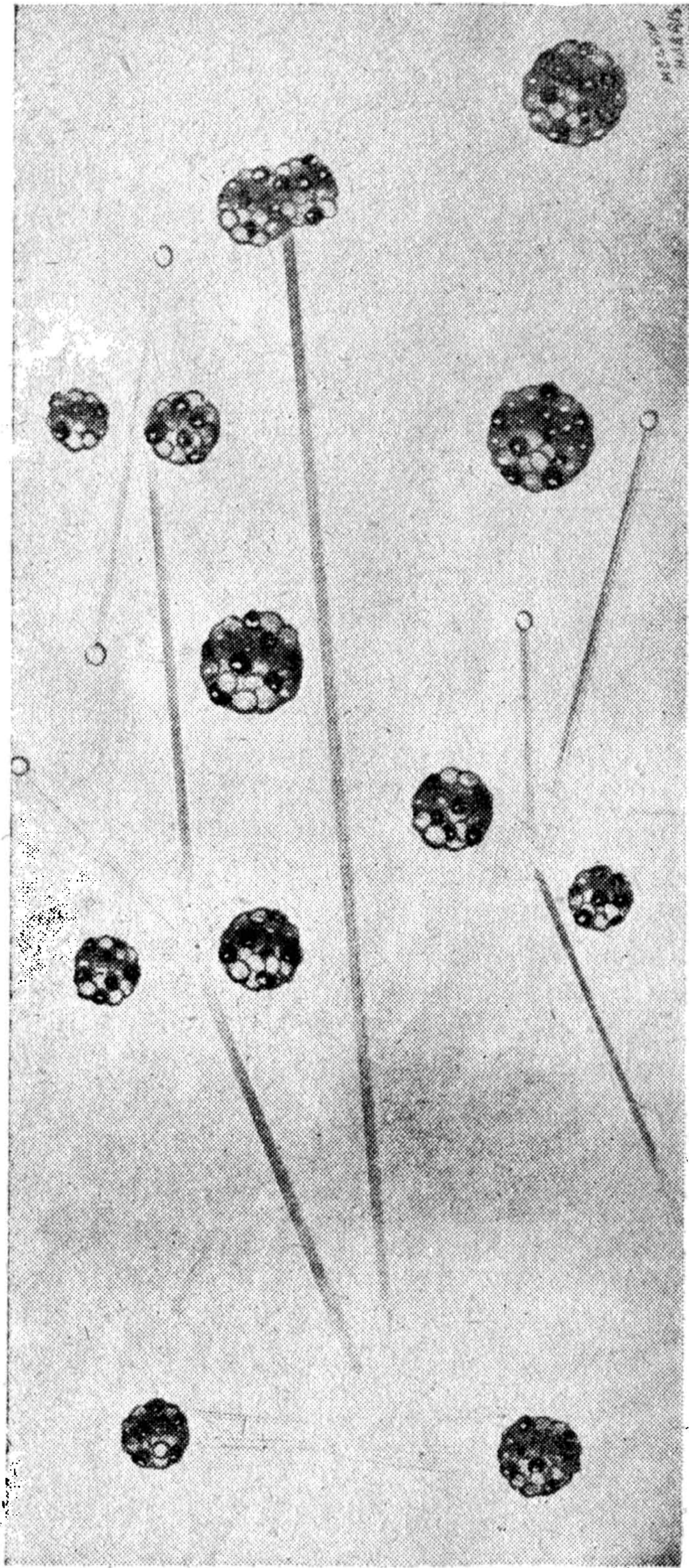
Перший атом цього урану, що був підстрелений нейтроном, розривається майже на дві рівні частини з дуже великою енергією. Під час цього розпаду від нього відлітають декілька нейтронів, що влучають у сусідні ядра (мал. 11 б). Там відбувається те саме: вибух та виділення нових нейтронів, що розбивають інші ядра. Процес цей росте з великою швидкістю та за якийсь короткий момент охоплює всі атоми, а їх мільярди навіть у мікроскопічних масах. Явище це дістало назву ланцюгового розпаду. Формально фізики можуть вважати себе цілком



мал. 11а

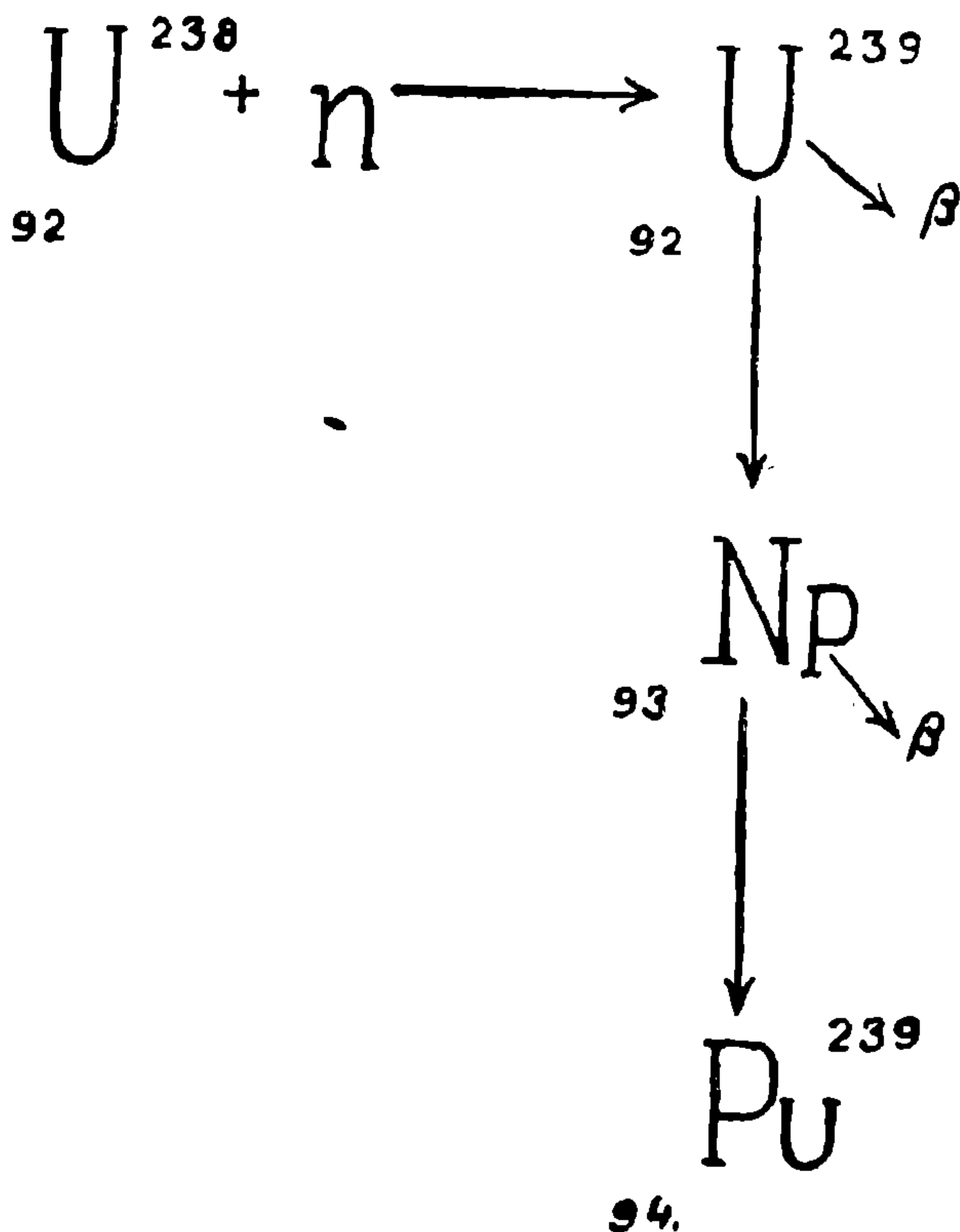
винагородженими. Ще не так давно, полюючи за одним атомом, доводилось випускати мільйони таких куль, як протони або нейтрони. Тепер вистарчає одного випущеного нейтрона, щоби одночасно підстрелити мільярди атомів та примусити їх віддати ті фантастичні запаси енергії, що в них заховані. Уран від дії нейтронів, розлітається на приблизно рівні частини; одна з них за своїм структурним складом є атом барію з атомовою вагою 56, а друга частина є атом криптону з атомовою вагою 36. Власне кажучи, тільки після цих дослідів над ураном можна сказати, що досягнуто справжнього розбиття атома, бо в усіх попередніх випадках з ядра вилітали тільки його незначні частини, як протон, α часточка або електрон.

Але уран 235 зовсім незадовільно розв'язує проблему відшукування такої речовини, властивість якої є атомове самозапалювання. Цього гатунку атомів у загальній масі урану мікроскопічна кількість. Отже, про виділення його технічно-потрібними кількостями не може бути й мови. Але наполегливі дослідження в цій галузі привели до нових успіхів. Комптон у лабораторії в Чикаго в останні роки війни встановив, що за деяких умов атоми урану 238 (а вони становлять майже всю масу урану), після бомбардування їх нейтронами, перетворюються в цілком нову й невідому досі речовину; її атоми мають



МЛ. 11 6

номер 93, себто наступний за ураном. Цю нову субстанцію назвали нептун та надали хемічного знаку Np. Ця речовина радіоактивна. Атоми нептуну самовільно розпадаються, вилучають β промені (електрони) та перетворюються в нові атоми, також досі нам невідомі, з атомним номером 94. Ця друга нова речовина, що являє собою продукт розпаду нептуну, названа плутон, а її хемічний знак Pu. Весь цей процес перетворень, що починається на урані та кінчається на плутоні, наочно можна демонструвати малюнком 12. Атом урану, що прийняв нейтрон, вилучає електрон та перетворюється в нептун. В свою чергу нептун також вилучає електрон та перетворюється в плутон.



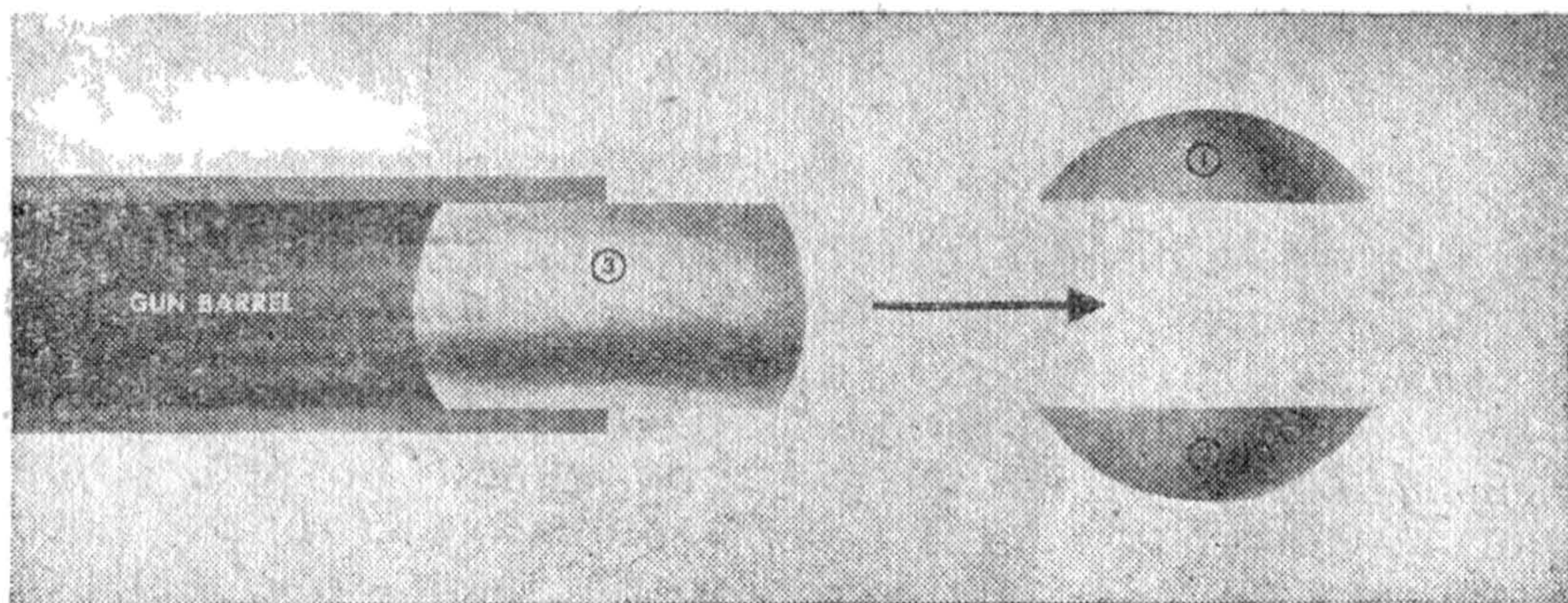
Мал. 12

Головна цінність цього винаходу в тому, що атоми плутону мають таку ж саму властивість ланцюгового розпаду, як і атоми урану 235. Але методи продукування плутону дають можливість одержувати його кількостями, цілком достатніми для технічних потреб. Один кілограм плутону вже й при теперішніх методах виготовляється за 2–3 тижні. Відомі на весь світ дві атомні бомби, що їх скинуто на Японію, були заправлені

невеликою кількістю плутону. Це надає вже зовсім фантастичного характеру атомовій бомбі. Вона діє не тільки новою для нас енергією, а й за допомогою речовини, що в природі натурально не існує.

Нам невідомі конструктивні особливості побудови атомової бомби, а також технічні деталі продукування нової речовини – плутону. Покищо це є таємниця. Проте, з деякими загальними рисами, очевидно, була можливість ознайомитися. Щодо ваги, то атомові бомба, у всякому разі того типу, що діяли над Японією, не перевищує середню фугасну. Слід припустити, що крім речовини, яка є джерелом атомової енергії, в склад бомби повинен входити автоматично діючий апарат, типу циклотрона; функція такого апарата – випустити в потрібний момент нейтрон, що викличе ланцюговий розпад в речовині, якою заправлена бомба. Для діяння бомби потрібно, щоб вибухова речовина своєю масою була не менша дозволеного мінімуму, так званої, критичної маси.

Справа в тому, що коли береться невелика маса такої речовини як уран 235 або плутон, то нейтрони, які почали утворюватися від ланцюгового розпаду, значною мірою виходять назовні цієї речовини, не встигаючи потрапити в якийсь атом. Через те в таких випадках ланцюговий розпад буде перерваний, себто вибуху не станеться. Тому то є мінімальна маса такої речовини, так звана критична, при якій всі нейтрони будуть використані. В атомових бомбах діючу речовину, щоб додержати потрібну пересторогу, тримають у вигляді відокремлених частин, кожна з яких менша критичної маси. На мал. 13 ці частини позначені числом 1, 2, 3.



мал. ч. 13

Тільки в момент дуже близький перед вибухом ці окремі частини автоматично повднуться та створюють в цілому масу більшу від критичної.

За сучасних метод техніки — видобування плутону обходиться дуже дорого. Досить відзначити, що на підприємствах, де виготовляють плутон, працюють тисячі науковців та сотні тисяч робітників. У процесі продукування плутону виділяється дуже значна кількість різних радіоактивних та отруйливих речовин. Тому ціла низка виробничих процесів відбувається тільки при автоматичному обслугованні.

Особливо цікавим є питання характеру дії атомової енергії за допомогою найновішої зброї — атомової бомби. Відомі досі нищівні бомби в основному за характером своєї дії бувають двох типів: фугасні, що діють сильним тиском газів, та запалювальні, начинені речовиною, що за певних умов могла б набути високої температури та спричинити пожежі. Отже, чи можемо думати, що реальна дія атомової бомби повторює фугасну або запалювальну і тільки незрівняно перевищує їх дії?

Фотознімок одної з бомб, що скинуто над Японією, демонструє величезну хмару, форми гриба, що охопила, очевидно, великий простір.

Відомості, що подибуємо їх в доступній нам літературі і які можуть кинути деяке світло на це питання, дуже скупі. Вони швидше можуть заінтригувати, ніж пояснити. Але все ж є можливість, розглядаючи їх в цілому, зробити достатньо ймовірні висновки щодо характеру нищівної дії цього нового типу енергії. Зведемо перш за все в одну групу окремі відомості в різних журналах.

1) В момент дії атомової бомби дала світло, що своєю інтенсивністю перевищувало соняшне.

2) Після дії атомової бомби, в діаметрі 8-10 кілометрів було знищене все живе й мертво. (Звертає увагу на себе друга частина цієї замітки).

3) Зараз же після діяння атомової бомби на великому просторі міста, різні споруди й будинки обернулися в порошок, — а те, що залишилося, було охоплене полум'ям. (Був надрукований фотознімок, зроблений з літака, що показував величезні простори міста, охоплені суцільним вогнем).

4) Досліди над тими мешканцями Нагасакі, котрі залишилися живі, показали, що в багатьох із них золо-

ті зуби в роті стали радіоактивними, а багатьом, за декілька днів після діяння бомби, почали випадати зуби й волосся. Чималий відсоток людей захворіли на анемію через пошкодження кісткового мозку.

5) Загальна кількість людських жертв в Японії від дії двох бомб — 280.000.

6) З наслідків дії двох експериментальних бомб, що скинуті в Бікіні, відзначимо таке: частина пароплавів, що не затонули, були дуже пошкоджені дією вогню. Різні, навіть важкі споруди на пароплавах були понищені. Через п'ять днів після вибуху бомби пароплави мали таку інтенсивну радіоактивність, що оглядати їх у цей час було ще неможливо. Друга експериментальна бомба охопила нищівною радіоактивною дією район в 100 квадратних кілометрів.

Спробуємо використати ці відомості для більш-менш правдивого опису характеру діяння атомової бомби. Гадати, що основна дія цієї бомби зводиться до якогось неймовірного тиску газів, очевидно, не можна, бо тоді ми не пояснили б виникнення колосального полум'я на великих просторах, радіоактивності золотих зубів, випадання волосся, зубів тощо. Цих явищ ніяк не можна пояснити навіть припустивши, що атомові бомба діє за принципом відомих нам запалювальних бомб.

Зрозуміло, що явище колосального тиску, яке само собою руйнуюче діє, відбувається під час вибуху атомової бомби. Про це свідчить дія другої експериментальної бомби в Бікіні, що піднесла величезний стовп води заввишки на 1600 метрів. Проте головна руйнуюча дія полягає, без сумніву, в іншому. Очевидно, що цілком нова своєю природою атомові енергія, має й механізм своєї дії цілком новий та оригінальний. Уявити собі цей механізм дії атомової енергії можна тільки за допомогою відомих атомово-ядерних процесів. Та атомово-активна речовина, що нею заправлена бомба, після „вибуху“, себто ланцюгового розпаду, створює величезну кількість радіоактивних атомів. Все це починає вилучати електрони та гама-промені. Нищівна дія цих факторів відома: вони спричиняють освітлення, опалення на шкірі, випадання волосся тощо. Але, очевидно, цим не вичерпується нищівна дія атомової енергії. Багато говорять нам також замітки про явище радіоактивності золотих зубів або частин пароплавів.

Коли б можна було пояснити радіоактивність пароплавів фактом звичайної забрудненості їх радіоактивними газами, що насичували повітря, то до радіоактивності золотих зубів таке пояснення не надається. Тут треба декілька слів сказати про явище штучної радіоактивності, встановлене в 1943 — 44 р. Ґрунтовно досліджено, що багато металів та металоїдів (але не всі) можуть набути радіоактивності, коли їх бомбардувати протонами або нейтронами. Такі, наприклад, метали, як золото, срібло, мідь, залізо і деякі інші, після дії на них нейтронами зберігають радіоактивність від декількох годин до десятка днів. Стає ясно: мешканці, що у них золоті зуби стали радіоактивними, або пароплави, в яких деякі частини набули радіоактивності, певне попали під дуже інтенсивне нейтронне бомбардування. Відомо також, що такі біологічні прояви, як випадання волосся, зубів та виникнення анемії є наслідком дії на організм гама - променів та електронів. Як гама - промені, так і електрони виникають у достатній кількості під час бомбардування атомів нейтронами.

Все це приводить до думки, що основним нищівним чинником під час діяння атомової бомби є радіоактивні виділення (електрони та особливо гама - промені), а також діяння нейтрона. Декілька кілограмів плутону цілком досить, щоб створити цілу хмару нейтронів. Ці мікроскопічні кулі бомбардують все на своєму шляху: атоми повітря, атоми живої і мертвої природи. Коли фугасна бомба розсаджувала будівлі, різні споруди, шматувала тварин, то ці бомби - нейтрони розсаджують та шматують атоми тих же споруд та тварин. Все, що потрапило під їх обстріл, починає обертатися в найменші частки, з яких було побудоване, — в уламки своїх атомів, в протони, в нейтрони.

Стає ясно, чому перестає існувати не тільки живе, а й мертво та обертється в найдрібніший пил, як про те вже сказано в інформаційній замітці. Але, чи можна припустити, що таке фантастичне нищення — це всьому кінець, себто, наприклад, будинок, або людина, що потрапила під дуже інтенсивний нейтронний обстріл, нищиться цілком, до останнього атома, не залишаючи по собі жадного сліду? Знов звернемось до наукових дослідів.

Вже першими експериментами над розбиттям атомового ядра встановлено, що в невеликій ділянці, коло розбитого атома виникає дуже висока температура. Дослідами останнього часу її визначено в 10 мільйонів ступнів. Можна гадати, що той об'єкт, який потрапив під інтенсивне нейтронне бомбардування, в якому розпала-ся чимала кількість атомів, набуває такої високої температури, що згоряє вогнем. Це одночасно роз'яснює нам причину колосальної вогневої дії, що постає після діяння атомової бомби. Таку картину атомової бомби можна змалювати, пов'язуючи особливо її дії з тими процесами і явищами, що відомі нам у галузі атомового ядра. Наша антипатія до атомової бомби може ще збільшитися, коли урахуємо думку, висловлену одним із найвидатніших американських фізиків Опенгаймером, що має найбільші заслуги в справі винаходу атомової бомби. Він сказав: „Багато людей не хочуть дивитися прямо в очі небезпеці та говорять про можливі засоби захисту. Але проти атомової бомби немає ніяких засобів захисту та ніколи їх і не буде. Єдине, що можливе — збивати літаки, які транспортують атомові бомби“.

Поява атомової енергії припала на час війни. Тому то й перший почин її являє собою нечувану нищівну силу, а сама вона набула популярности як вселюдське страхиття. Але рано, чи пізно вона буде поставлена до послуг нашого технічного життя. Вже й тепер викликають гострий інтерес різні питання, що пов'язані з ролею атомової енергії в нашому мирному житті.

Важливо б було скласти хоч приблизну уяву про можливі запаси атомової енергії, ураховуючи тільки сучасні, відомі нам методи її видобування. Нам покищо відома тільки одна речовина, що править за сирівець для атомової енергії—це уран. Беручи під увагу, що наявність енергії в одному кілограмі урану дорівнює ста тисячам кілограмів вугілля, та знаючи річні витрати вугілля і обсяг уранових покладів, підраховано, що його вистачило б, при повній заміні вугілля, всього на 200 років. Але не можна думати, щоб з великого числа 92-х атомів лише уран містив у собі дуже цінну властивість ланцюгового розпаду. Вже й тепер, на підставі останніх, але ще не цілком закінчених дослідів, можна майже з певністю сказати, що до цього також надаються такі елементи, як торій, протактиній та олово. Немає

сумніву, що ця група елементів — сирівець для атомової енергії, буде ще збільшена. В цілому можна з певністю сказати, що в запасі атомової енергії людство буде необмежене.

Але найближчим та найактуальнішим для нас питанням є справа часу, коли атомова енергія як тяглова сила ввійде до різних машин та апаратів нашої техніки. На думку відомих американських фізиків—Опенгаймера та Куртіса вже через п'ять років атомова енергія урухомить деякі заводи. В Америці вже запроєктований силовий завод, на якому атомова енергія має бути рушійною енергією для різних агрегатів. Одначе треба зазначити, що є ще багато дуже серйозних труднощів для застосування атомової енергії в нашому технічному житті як надійного та повного заступника теплової енергії.

До них належать, перш за все, опанування методи контролю та регулювання атомової енергії. Тут маємо деяку аналогію з тепловими машинами, що працюють на нафті або бензині. В них із наглядного резервуару пального речовина, за допомогою складного подавального апарата, поступає в певних відрегульованих дозах до циліндрів, де після вибуху виконує роботу. В двигунах, що будуть працювати за допомогою атомової енергії, потрібно також регулювати подачу останньої. Тільки це регулювання буде, безперечно, на зовсім інших принципах та повинно бути набагато надійнішим, бо коли не дозволена необережність з бензином, то з атомовою енергією вона є абсолютно неприпустима.

У всякому разі питання контролю та регулювання атомової енергії є найтяжчим в проблемі її технічного застосування. Друга трудність в цій же проблемі пов'язана з потребою побудувати спеціальні захисти в машинах та апаратах, що будуть обслуговуватись атомовою енергією.

Справа в тому, що виділення атомової енергії неодмінно пов'язане з більшим чи меншим вилученням електронів, гама-променів та різних радіоактивних і отруйних газів. Натурально, що людина, яка має обслуговувати машину з атомовою енергією, потребує найбільшої ізоляції від всіх цих шкідливих побічних продуктів, цебто потрібно мати відповідне ширмування. З технічного боку це також досить важке та відповідальне завдання.

Дуже важливе здешевити та спростити методи продукування плутону, або іншої рівноцінної речовини. Зрештою, всі машини, що урухомлюються тепловою енергією, зовсім не надаються не тільки для використання при атомовій енергії, а навіть для реконструювання для цієї цілі. Тут потрібна цілком нова й оригінальна конструкція машин.

Уже з цього не повного переліку різних труднощів на шляху технічного застосування атомової енергії можна скласти уяву про обсяг тих завдань, що їх треба успішно розв'язати. Проте, якщо візьмемо на увагу, що біля всіх цих питань зосереджено багато тисяч наших ліпших наукових та технічних сил, то можемо з достатньою певністю сподіватися, що атомову енергію в нашій техніці буде застосовано в найближчі роки.

В техніці знайдуться й інші ділянки, де атомова енергія буде корисно застосована. Відомо, наприклад, що виливані на металургійних заводах деякі важливі деталі для машин з дуже великою кількістю оборотів (літак турбіна), повинні бути абсолютно бездоганні. Не повинно бути всередині такого деталю найменшої щілини, порожнечі або іншого дефекту. Зовнішній огляд ніколи не може встановити наявності таких дефектів. Це робиться в спосіб просвітлювання виготовленого металічного виробу за допомогою гама-променів інтенсивних радіоактивних речовин. Цілком зрозуміло, що цієї єдиної методи контролю таких деталей не можна було широко застосувати з причини дуже незначної кількості інтенсивних радіоактивних речовин. Тепер це питання розв'язується тим, що маємо можливість продукувати дешеві й дуже інтенсивні джерела радіоактивного виділення. Багатьох цінних хемічних та металургійних процесів не можна було дослідити та здійснити через брак потрібної для них дуже високої температури. В цій галузі атомова енергія стане джерелом високої температури. Нарешті, можна з певністю сказати, що діпазон технічного застосування атомової енергії пошириться й на такі галузі, в яких ми тепер ще не можемо передбачити її корисної ролі.

Друга з черги ділянка, де атомова енергія, безперечно, відіграє свою високоцінну роллю, — це біологічні процеси; в першу чергу медицина та сільське господарство.

Очевидно всі вже знають, що за короткий час існування атомової енергії у великому масштабі за нею вже налічується 280 тис. людських жертв. Можемо записати цю цифру на її негативнеkonto. Але, мабуть, мало хто знає, що та ж атомова енергія, в мікроскопічних дозах різних радіоактивних речовин, врятувала від смерти куди більшу кількість людей. Маємо на увазі успішну боротьбу інтенсивних радіоактивних речовин, головним чином радія, з страшною смертельною хворобою — пістряком (раком). Боротьба з цією хворобою ускладнюється тим, що до цього часу не знайдено її збудника. Ступінь її загрозової дії ілюструє той факт, що в Америці призначена величезна грошова премія та увічнення імені, в вигляді золотого пам'ятника, тій людині, яка відкриє збудника пістряка.

Пістряк, як хвороба, являє собою опух, що може виникнути в різних частинах людського організму, що виснажує її як страшне паразитарне утворення. Операційні методи мало коли бувають успішні. Характерним для тканин пістряка є те, що вони ростуть куди швидше, ніж нормальна тканина людського організму. Досвіди показали, що гама-промені та електрони взагалі нищівно діють на наші тканини. Але їх нищівна дія куди більша на тканини, що швидко ростуть порівнюючи з нормальною тканиною. Ось ця особливість і взято в основу радіоактивної методи лікування. Метода полягає в тому, що безпосередньо на частину тіла, де виник пістряк кладуть відповідні дози (декілька десятків міліграм) радію. Радій, звичайно міститься в плятинових ампулах, через стінки яких електрони та гама-промені вільно проходять. Обпромінюється радіоактивними променями пістряковий опух тільки протягом такого часу, який ще не є шкідливим для сусідньої здорової тканини. Ця єдина успішна метода боротьби з пістряком ускладнювалась через непомірно високу вартість радію. Досить сказати, що не всяка держава могла дозволити собі розкіш мати один грам радію.

Останнім часом набули популярності багатонадійні спроби введення радіоактивних речовин усередину живого організму. Звичайно не можна вводити натуральні радіоактивні елементи, бо вони є чужим для організму та здебільшого отруйливі. Але цілком припустимо вводити такі штучно-радіоактивні речовини, що їх сприй-

має організм, напр., фосфор, натр, йодину. Спостереження над дією таких штучно - радіоактивних речовин в процесі їх засвоєння організмом дали надзвичайно цікаві й позитивні наслідки. Це питання потребує дальшого дослідження, але вже й тепер можна передбачати великі успіхи в цьому напрямку.

Цими наведеними прикладами зовсім не вичерпуються можливості корисного застосування атомової енергії в біологічних процесах. Незначні масштаби застосування атомової енергії як в медицині, так і в інших біологічних процесах зобумовлювалися виключною високою вартістю радіоактивних препаратів. Це обмеження, безперечно, зникає з сучасними методами дешевого добування інтенсивних радіоактивних джерел.

Видавництво «Прометей»

Вийшли з друку:

„БІБЛІОТЕКА НОВІТНЬОЇ ЛІТЕРАТУРИ“:

Іван Багрянний: „Золотий Бумеранг“
ціна 10 НМ.

„НАРОДНЯ БІБЛІОТЕКА“:

М. Хустинський: „Атом та його енергія“
ціна 4 НМ.

Окремі видання:

Ю. Шерех: „Головні правила українського правопису“, ціна 3 НМ.

В короткому часі
вийдуть з друку:

„ІСТОРИЧНО - ПОЛІТИЧНА БІБЛІОТЕКА“:

І. Мазепа: „Підстави нашого відродження“.

„БІБЛІОТЕКА НОВІТНЬОЇ ЛІТЕРАТУРИ“:

Улас Самчук: „Юність Василя Шеремети“.

Іван Багрянний: „Тигролови“ ч. I ч. II.

Окремо:

УКРАЇНСЬКА НАРОДНЯ ЕНЦИКЛОПЕДІЯ:

під головною редакцією проф. Івана Майстренка. 80 аркушів. Виходитиме зшитками, кожна дисципліна окремо.

Видавництво „Прометей“ базує збут своїх книжок на власній сітці кольпортерів. В кожному таборі один кольпортер В-ва „Прометей“. Просимо зголошуватися писемно на адресу: *Ukrainische Verlag „Prometej“, Neu-Ulm, Ludwigstrasse 10.* Умови кольпортаржі: 25% опукку; грошову належність за книжку платиться при відборі. Докладніше про умови е листі.

20

