

§ 53. ПРОТОННО-НЕЙТРОННА МОДЕЛЬ АТОМНОГО ЯДРА

? Ви вже добре знаєте, що розміри атомів, із повсякденної точки зору, надзвичайно малі. Розміри ж атомного ядра менші від розмірів відповідного атома в 10 000 000 разів. Те саме стосується маси й зарядів електрона та ядер. Однак фізики навчилися вимірювати масу і заряд цих мікроскопічних частинок, більш того, виявили, що і ядро складається з окремих «шматочків». Про те, що це за шматочки і які вони мають характеристики, йтиметься в цьому параграфі.

1 **Якими є будова атома та його складники**
Як ви вже знаєте, наприкінці XIX — на початку XX ст. учені здобули незаперечні докази того, що атом не є «неподільним» і складається з певних частин. Наступними етапами в пізнанні будови атома стали відкриття важкої зарядженої серцевини атома — атомного ядра в 1911 р. (Е. Резерфорд) і його складників: протона в 1919 р. (Е. Резерфорд) і нейтрона в 1932 р. (англійський фізик Джеймс Чедвік (1891–1974)). Невдовзі після відкриття нейтрона радянський фізик Дмитро Дмитрович Іваненко (1904–1994) й німецький фізик Вернер Карл Гейзенберг (1901–1976) висунули гіпотезу щодо протонно-нейтронної будови ядра. Відтоді наші уявлення про будову ядра залишаються практично незмінними.

Протони і нейтрони, маса кожного з яких приблизно в 1800 разів більша за масу електрона, утворюють важке позитивне ядро дуже малих розмірів ($10^{-15} \dots 10^{-14}$ м). Протони і нейтрони, які разом називають нуклонами, утримуються всередині ядра ядерними силами притягання. Зверніть увагу: між нуклонами немає сил відштовхування.

Різні типи атомних ядер відрізняються один від одного кількістю протонів і нейтронів, що в них містяться. Сумарну кількість нуклонів в атомі називають масовим (або нуклонним) числом і позначають символом *A*. Зауважимо, що маса атома зі значною точністю збігається з масою ядра, оскільки маса електрона набагато менша за масу нуклона.

Кількість протонів у ядрі називають *протонним* (або *зарядовим*) числом і позначають символом Z . Протонне число легко визначити, скориставшись Періодичною системою хімічних елементів Д. І. Менделєєва. Порядковий номер елемента в періодичній таблиці відповідає кількості протонів у його ядрі (протонному числу).

Знаючи протонне (Z) і масове (A) числа ядра хімічного елемента, можна визначити кількість нейтронів (N) у ядрі цього елемента: $N = A - Z$.

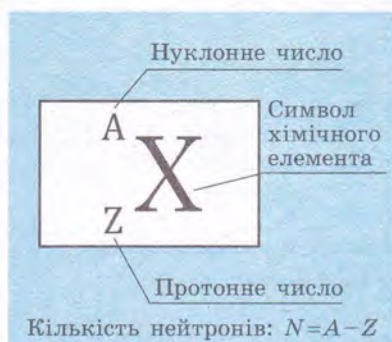


Рис. 53.1. Визначення кількості протонів і нейтронів у ядрі

Для позначення ядра атома хімічного елемента перед символом елемента вгорі вказують нуклонне число A , а внизу — протонне число Z (рис. 53.1). Наприклад, ${}^{27}_{13}\text{Al}$ — ядро Алюмінію, яке має масове число 27 та протонне число 13. Цей запис означає, що в ядрі атома Алюмінію міститься 27 нуклонів: 13 протонів і $27 - 13 = 14$ нейтронів.

Навколо атомного ядра на відносно великих відстанях (10^{-10} м) розташовані електрони, які втримуються електромагнітними силами притягання, що діють на них з боку атомного ядра. Атом є електронейтральним; кількість протонів дорівнює кількості електронів, оскільки заряд протона за модулем дорівнює заряду електрона.

2 Як було визначено основні характеристики атомного ядра

Одна з основних характеристик атомного ядра — його *електричний заряд*. Точні вимірювання електричного заряду атомних ядер були здійснені у 1913 р. англійським фізиком *Гері Мозлі* (1887–1915). *Маси атомних ядер* вимірюються за допомогою мас-спектрометра.

Із частинок, що входять до складу атомних ядер, першою був відкритий *протон*. У 1919 р. Е. Резерфорд помістив джерело α -частинок до камери, внутрішня поверхня якої була вкрита флуоресцентною речовиною. Якщо в камері був вакуум, то α -частинки досягали екрана й спричиняли світлові спалахи. У випадку заповнення камери газоподібним азотом α -частинки витрачали свою енергію на іонізацію та збудження атомів Нітрогену та не досягали екрана. Однак поодинокі світлові спалахи на екрані все ж спостерігалися — вони спричинялись якимись іншими зарядженими частинками. Важливим було те, що ці частинки були здатні пройти в газі більшу відстань, ніж α -частинки. Дослідження показали, що ці частинки є *ядрами атомів найлегшого ізотопу Гідрогену*. Їх назвали *протонами*.

Провівши досліди з іншими елементами (В; F; Na; Al; P та ін.), Резерфорд виявив, що з ядер атомів усіх цих елементів α -частинки вибивають протони. На цій підставі можна було припустити, що ядра атомів усіх елементів містять протони.

Незабаром після відкриття протона Резерфорд висловив гіпотезу про можливість існування в атомному ядрі нейтральної частинки з масою, що приблизно дорівнює масі протона (1920 р.). Однак експериментальне відкриття цієї частинки — *нейтрона* — відбулося лише через 12 років, коли Дж. Чедвік, учень Резерфорда, провів досліди з вивчення властивостей випромінювання, що виникає внаслідок опромінення Берилію α -частинками.

Порівняння мас нейтрона і протона свідчить, що вони різняться дуже незначно, менш ніж на 0,2 %. Однак при цьому важливо зазначити, що маса нейтрона перевершує масу протона більш ніж на дві електронні маси. Однією із загадок нейтронів була відсутність їх у природі у вільному вигляді. Однак цій загадці незабаром було знайдено пояснення. Причина відсутності помітної кількості вільних нейтронів — їхня нестабільність. Кожний нейтрон, яким-небудь способом звільнений з атомного ядра, за кілька хвилин спонтанно перетворюється на протон, електрон і електронне антинейтрино: ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e + \nu$.

3 Що таке ізотопи

Ізотопи («однакові за місцем») — атоми того самого хімічного елемента, ядра яких містять однакове число протонів, але різну кількість нейтронів.

Ізотопи займають одне й те саме місце в Періодичній системі хімічних елементів Д. І. Менделєєва. Наприклад, у природі є три ізотопи Гідрогену: ядро найлегшого ізотопу Гідрогену містить 1 протон, маса ядра дорівнює приблизно 1 а. о. м; ядро атома другого ізотопу Гідрогену — Дейтерію — містить 1 протон і 1 нейтрон ($m_{\text{д}} \approx 2$ а. о. м.); ядро третього ізотопу Гідрогену — Тритію — містить 1 протон і 2 нейтрони ($m_{\text{т}} \approx 3$ а. о. м.).

! Підбиваємо підсумки

Будь-який атом складається з ядра та електронної оболонки. Ядро побудовано з протонів p , які мають позитивний електричний заряд, та нейтронів n — частинок, що не мають заряду. Електронна оболонка атома має від'ємний заряд.

Сумарну кількість протонів і нейтронів в атомі називають масовим числом і позначають символом A . Кількість протонів у ядрі називають протонним числом і позначають символом Z . Кількість нейтронів у ядрі $N = A - Z$.

У результаті дослідів Е. Резерфорда, Дж. Чедвіка та інших було визначено заряд і масу ядра, а також відкрито елементарні частинки — протони й нейтрони, із яких складається ядро будь-якого елемента.

Ядра з однаковою кількістю протонів, але з різною кількістю нейтронів називають ізотопами.

? Контрольні запитання

1. Які частинки входять до складу атома? атомного ядра? 2. Як за допомогою Періодичної системи хімічних елементів Д. І. Менделєєва визначити кількість протонів і нейтронів у певному елементі? 3. Опишіть дослід Е. Резерфорда щодо відкриття протонів. 4. Чому в природі відсутні вільні нейтрони? 5. Що таке ізо-
топ? 6. Які ізотопи має Гідроген?