

ЛЕКЦІЯ 2.

РОЗДІЛ І. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РАДІОБІОЛОГІЇ

Тема: “Будова атому та характеристика основних його частин. Ізотопи, поділ на стабільні та радіоактивні. Види радіоактивних випромінювань. Поняття про радіоактивність та активність. Основні типи ядерних перетворень і закон р/а розпаду.

1. Атом, його будова.

Весь Всесвіт складається з різноманітної складності і розміру молекул, що у свою чергу складаються з більш дрібних часток - атомів.

АТОМ - дрібна частка хімічного елемента, що зберігає усе його властивості. По своїй структурі атом (розмір 10^{-10} м) представляє складну систему, що складається з атома, що знаходиться в центрі, позитивно зарядженого ядра дуже малих розмірів (10^{-15} м), і негативно заряджених електронів, що обертаються навколо ядра на різноманітних орбітах. Негативний загальний заряд всіх електронів дорівнює позитивному заряду ядра - атом у цілому надається електрично нейтральним.

У свою чергу атом будь-якого елемента можна розділити на субатомні, або елементарні частки. МІЙ ВІДСТУП: Це сьогодні вони елементарні, а завтра....

Будь-який атом, або атом будь-якого елемента складається з тих самих часток: електронів, протонів, нейтронів, що у вільному стані характеризуються такими фізичними величинами як: маса, електричний заряд (або його відсутність), і усталеність(або стабільність). Електрони і протони стійкі. Нейтрони стабільні тільки в складі ядра.

1. Маса ядер і елементарних часток виражається в атомних одиницях маси. За одну таку одиницю прийнята $1/12$ маси ізотопу ^{12}C (вуглецю). 1 а.е. дорівнює $2,67 \cdot 10^{-27}$ кг. 99,9% маси атома - це маса ядра, маса електронів незначна.

ЯДРО складається з протонів і нейтронів (загальна назва часток - нуклони), що у ядрі знаходяться в постійному русі і взаємно притягаються.

Число (кількість) протонів у ядрі (атомний номер) дорівнює порядковому номеру елемента в періодичній системі Менделєєва, і визначає, що це за елемент (К або Са).

Нейтрони відсутні лише в ядрі Н (там один протон) і у відмінності від протонів не мають електричного заряду. наступний за Н (воднем) елемент He (гелій) уже має в ядрі два протони і два нейтрони. Нейтрон складається з протона і приєданого до нього електрона.

Ядра атомів одного хімічного елемента завжди містять однакову кількість протонів, але от число нейтронів у них може бути різним.

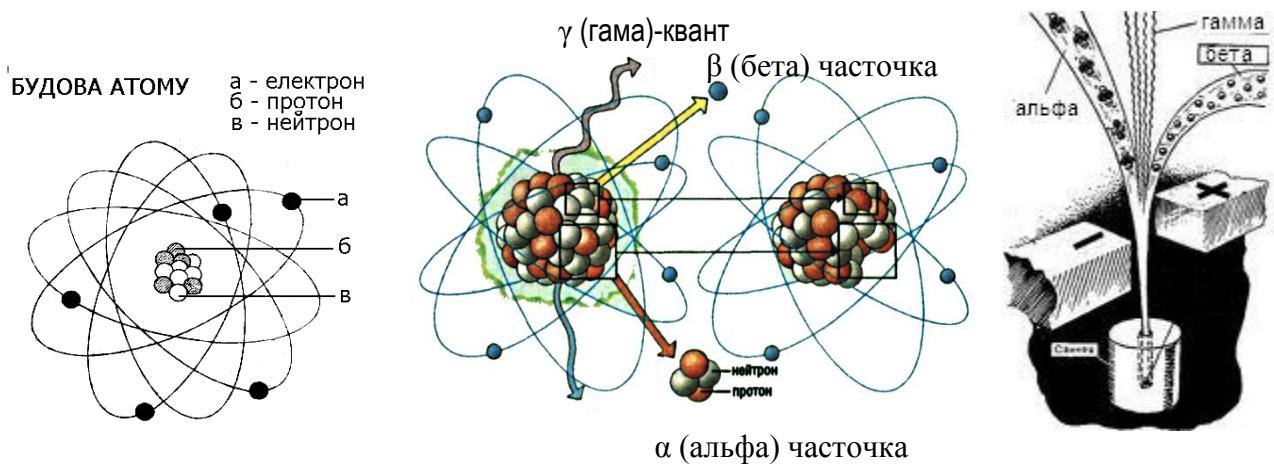
Масове число, усі нуклони -238 U 92- протони.

Отож, атоми з однаковою кількістю протонів, але різноманітним числом нейтронів є різновидами того самого хімічного елемента і називаються **ІЗОТОПАМИ** даного елемента. У деяких хімічних елементів число відомих ізотопів обчислюється десятками. В даний час описано біля 300 стабільних і 1500 радіоактивних ізотопів. 71 із 90 хімічних елементів являють собою суміш із 2-10 ізотопів.

Ядра всіх ізотопів прийнято називати нуклідами. Одні з таких нуклідів стабільні, тобто у відсутність зовнішнього впливу ніколи не перетерплюють ніяких перетворень. Більшість же нуклідів нестабільні. Вони увесь час перетворюються в інші ізотопи, і навіть в інші нуклід. Стабільність або нестабільність того або іншого ізотопу визначається співвідношенням кількості протонів і нейтронів у ядрі. Якщо воно близько до 50 на 50, то ізотоп стабільний. Якщо ні - він радіоактивний. Так що ж таке радіоактивність?

РАДІОАКТИВНІСТЬ - це самовільне перетворення (розпад) атомних ядер деяких хімічних елементів, що приводить до зміни атомного номера і масового числа.

Розпад радіонуклідів супроводжується утворенням і вильотом іонізуючого випромінювання у виді: а) гамма-квантів, б) електронів у вигляді бета-частинок, в) ядер атома гелію, у вигляді альфа-частинок.



1. Альфа-випромінювання - потік позитивно заряджених ядер гелію, швидкість біля 20 тис. км у сек., дуже велика маса і значна енергія. Пробіг частки (це відстань прольоту від зародження до втрати енергії) - мікрони в рідинах і твердих середовищах, і 2-10 см у повітрі. Енергія 2-11 МэВ. Шлях прольоту (пробігу) прямолінійний. Сильно виражений ефект іонізації. У повітрі на 1 см шляху одна частка утворить 100-250 тис. пар іонів.

2. Бета-випромінювання - потік негативно заряджених електронів, або як їх називають бета-частинок. Відхиляються до позитивно зарядженого електрода. Швидкість - близька до швидкості світла. По масі в 1840 разів легше протонів, не говорячи вже про нейтрони. Мають велику проникаючу спроможність (до 25 метрів у повітрі, і декілька десятків сантиметрів у м'яких тканинах і рідинах). Шлях польоту звивистий, тому що дуже легкий, і відпихається або притягається окремими атомами. На 1 см прольоту в повітрі утворить 50-100 пар іонів. Може мати різноманітну енергію 0,05 - 12 МэВ.

3. Гамма-випромінювання - хвильової, квантової а не корпускулярної природи, подібно рентгенівському, але має більшу енергію і швидкість (швидкість світла). Проникаюча спроможність у повітрі - до 100 - 150 м, м'які тканини - метри, залізобетон - 372 см. Гамма-кванти - як і корпускулярні частки, це випромінювання ЯДЕРНОГО походження, тоді як ІФЧ, видимий, УФ і рентгенівські випромінювання - це кванти енергії, електронного, орбітального походження, коли електрон переходить із більш високої, енергетично багаті орбіти, на більш низьку, енергетично бідну орбіту. Гамма-кванти випускаються тільки ядрами при альфа- і бета-розпаді, коли в дочірньому ядрі залишається надлишок енергії, не захопленої корпускулярним випромінюванням. Може мати енергію від декількох КэВ до 2-3 МэВ. Так ^{137}Cs при переході (розпаді) у дочірній елемент ^{137}Ba випускає гамма-квант енергією 0,661 МэВ.

У кожного радіоізоотопу (радіонукліда) можливість розпаду ядра в одиницю часу є величина ПОСТІЙНА, і ніякими впливами не може бути змінена (прискорена, припинена). А тому що ця величина постійна, то і розпадатися за визначений час буде строго визначена кількість радіонукліда. Цю особливість радіоактивних ізоотопів характеризує такий параметр як період напіврозпаду ($T_{1/2}$) - час, за який розпадається половина радіоізоотопів, що утворилися. Для ^{131}I іода, наприклад, цей період дорівнює 8,05 доби, тоді як для ^{90}Sr цей період складає біля 30 років, а для природного радіоізоотопу ^{40}K він рівняється $1,49 \cdot 10^9$ років.

Так що ж таке активність?

АКТИВНІСТЬ - це міра кількості радіоактивності речовини або радіонукліда, виражена числом радіоактивних перетворень (розпадів) в одиницю часу. (не вимірюють же кг або метрами !)

Одиниці активності. В даний час знаходять застосування в практиці радіобіології дві одиниці: одиниця системи СИ - 1 Бк (беккерель), що дорівнює 1 ядерному перетворенню в секунду, і позасистемна, дуже велика одиниця - 1 Кю (кюрі), що дорівнює активності 1 г радію.

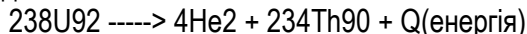
1 кюрі = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк; 1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Кю

Типи ядерних перетворень.

Як уже згадувалося раніше, ядра атомів стабільні при певному (50 на 50) співвідношенні складових - їхніх протонів і нейтронів. Якщо нейтронів занадто багато в порівнянні з іншим нуклоном - таке ядро нестабільно і перетерплює самовільне радіоактивне перетворення (ізоотоп радіоактивний). У результаті перетворення змінюється склад ядра, тобто ядро атома одного хімічного елемента перетворюється в ядро атома іншого хімічного елемента.

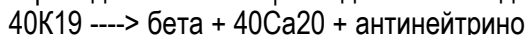
Існують такі типи ядерних перетворень: 1) альфа-розпад 2) бета-розпад, 3) електронне захоплення 4) внутрішня конверсія. Роздивимось їх докладніше.

1) **Альфа-розпад.** Супроводжується випусканням при перетворенні батьківського ядра альфа-частинки. При цьому ядро втрачає 4 нуклона (зменшується масове число ядра), два з яких - нейтрони, а два - протони (на 2 зменшується позитивний заряд ядра і на 2 знижується його атомний номер. Утворилося нове ядро вже іншого, дочірнього хімічного елемента, що усунутий по таблиці Менделєєва на дві клітини вліво щодо батьківського елемента.



Відомо більш 160 альфа-активних видів ядер.

2) **Бета-розпад.** Ядерне перетворення йде з випусканням із батьківського ядра електрона. Цей тип ядерного перетворення проходить у випадку значного надлишку в батьківському ядрі нейтронів, що і розпадаються. Електрон, що утворився з нейтрона, летить із ядра у вигляді бета-частинки, а протон, що утворився, залишається в ядрі, відновлюючи рівновагу в системі нейтрони-протони. При цьому заряд дочірнього вновьодразованого ядра, і відповідно атомний номер збільшуються на 1, а дочірній хімічний елемент переходить по таблиці Менделєєва на один осередок управо від батьківського.



Якщо в ядрі надлишок протонів відбувається позитронний бета-розпад.

3) **Електронний захват.** Цей тип ядерного перетворення відбувається тоді, коли один із "зайвих", що перевищують рівновагу протонів захоплює електрон із нижньої, найближчої орбіти атома і перетворюється в нейтрон. Заряд природно, як і атомний номер зменшується на 1 і дочірній хімічний елемент переміщається на одну клітину вліво.

4) **Внутрішня конверсія** проходить тоді, коли йде віддача вивільненої в результаті ядерного перетворення енергії не тільки шляхом випускання альфа- бета- або гамма-випромінювання, але і передача надлишків енергії електрону одного з внутрішніх орбіт. Електрон із надлишком енергії виривається за межі атома.

Тепер ми підійшли впритул до основного ефекту взаємодії усіх видів іонізуючого випромінювання з речовиною - утворенню пар іонів, тобто до іонізації речовини. Якщо уявлення про активність і її одиниці ми вже маємо, то для характеристики найважливішої властивості - спроможності іонізувати стабільні молекули й атоми речовини (порівняти по іонізації альфа- і бета-частинки) уведено поняття ДОЗИ. **ДОЗА визначає, яку ж енергію передала речовині при прольоті та або інша частка іонізуючого випромінювання, або сума всіх часток.**

Так енергія, передана випромінюванням молекулам повітря (і тільки повітря!!!), визначається так називаною ЕКСПОЗИЦІЙНОЮ дозою. Одиницею цієї дози служить позасистемна одиниця, названа рентгеном (1 Р). За один рентген приймається поглинена повітрям енергія випромінювання, що у 1 кубічному см повітря при 0 градусів Цельсія і 760 мм рт.ст. призводить до утворення $2,08 \cdot 10^9$ пар іонів.

Доза випромінювання в речовині, у тому числі й у тканинах сільськогосподарських тварин називається ПОГЛИНЕНОЮ дозою і вимірюється в системних одиницях - греях, і позасистемних одиницях - радах. $1 \text{ Гр (грей)} = 100 \text{ рад}$.