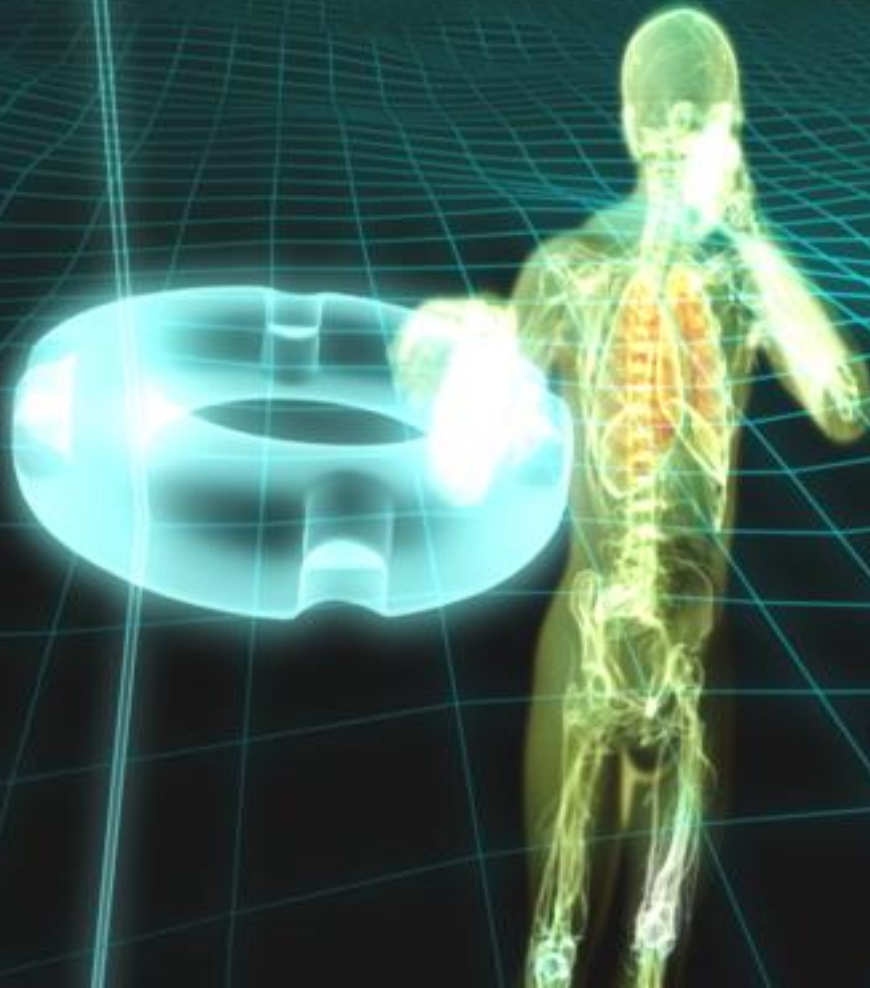


лекція

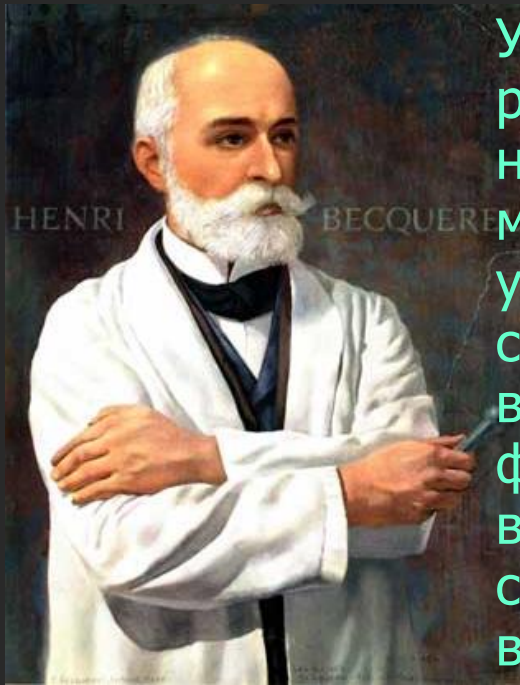


Радіоактивність. Використання іонізуючого випромінювання в медицині.



Лектор - Самойленко С.О.
s.samoilenko@pdmu.edu.ua

ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ РАДІОАКТИВНОСТІ

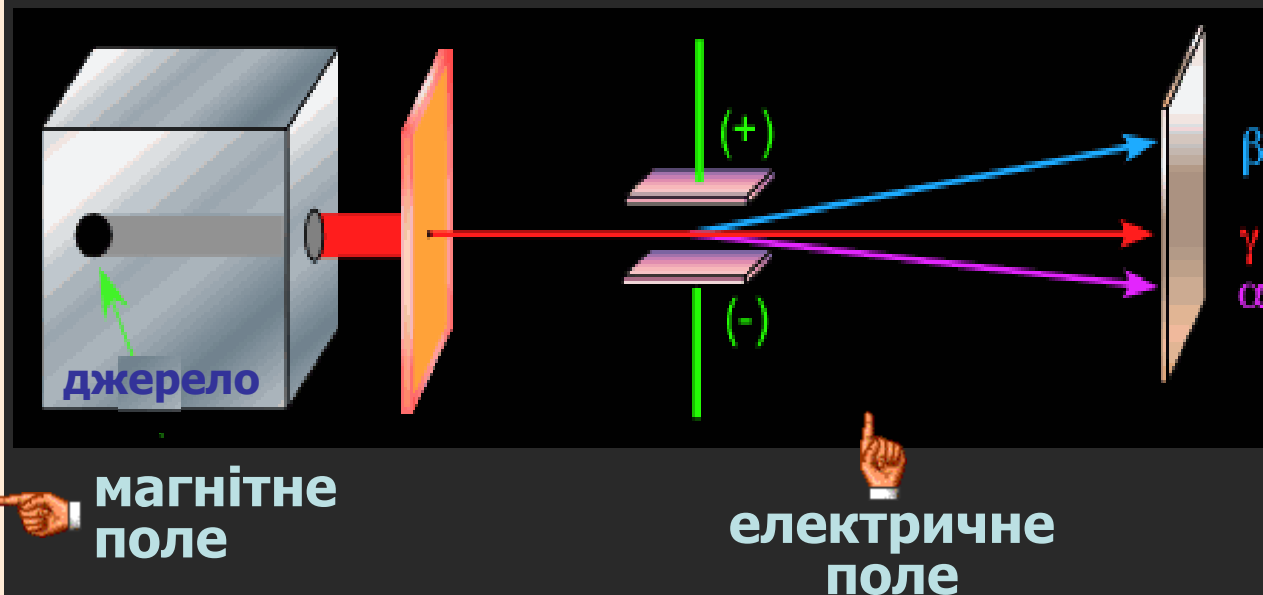
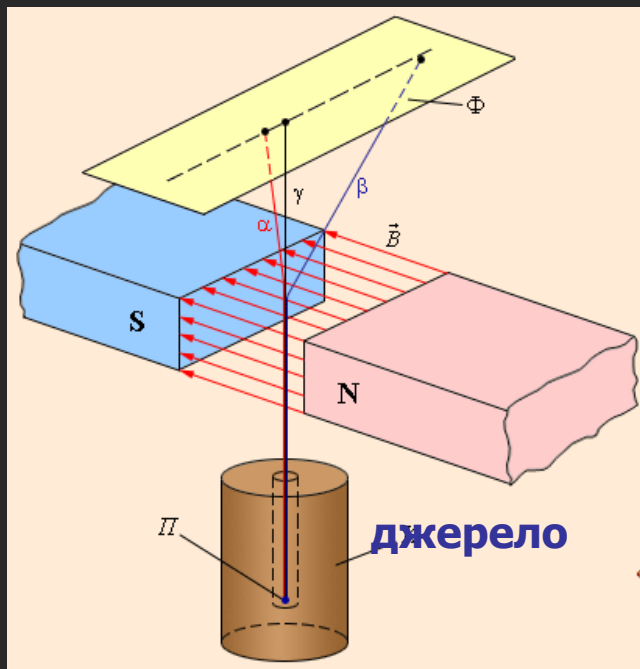


У 1896 р. французький фізик Беккерель вивчав флюоресценцію солі урану під дією сонячного світла. Обернувши фотопластину чорним папером, він клав на неї металеву пластинку довільної форми, покриту шаром уранової солі, і виставляв на декілька годин на яскраве сонячне світло. Після прояву пластинки на ній було виразно видно зображення металеві фігури, тієї самої фігури, яка покривалася до досвіду сіллю урану. Як вважав Беккерель, це було підтвердженням того, що сонячне світло викликає флюоресценцію цієї солі. Якось він приготував нову пластинку з сіллю, але погода була

похмурою і він залишив її в темній шафі разом з фотопластиною, де вони пролежали декілька днів. Не дочекавшись сонця, Беккерель вирішив проявити пластинки, що лежали шафі. На пластинках чітко позначилися силуети зразків, що лежали на них, тобто виявилось, що уранова сіль мимоволі, спонтанно, без зовнішніх дій випускає жорстке випромінювання. Через декілька років подібні властивості були виявлені у торія, потім у полонія і радія, відкритих Марі і Пьером Кюрі, а надалі у всіх хімічних елементів, номери яких більше 83.

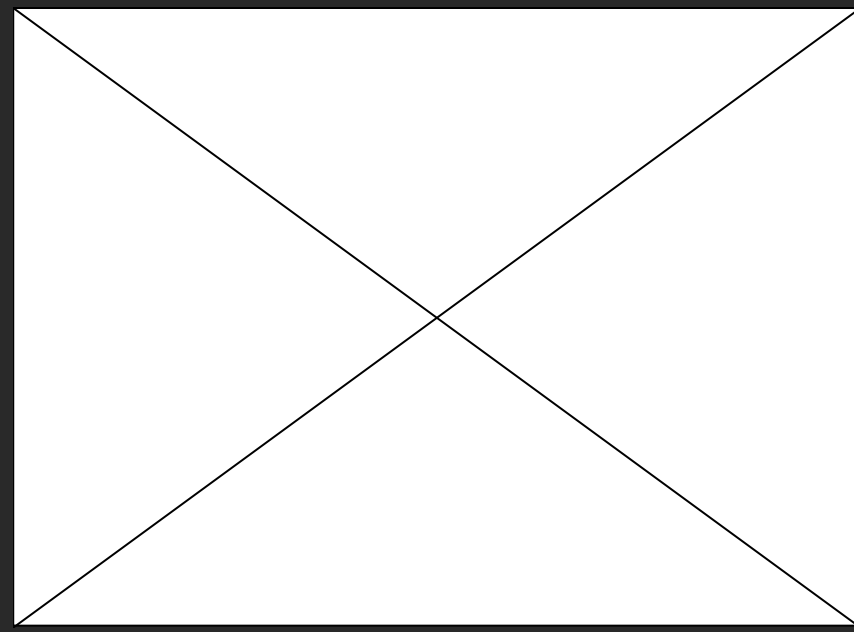
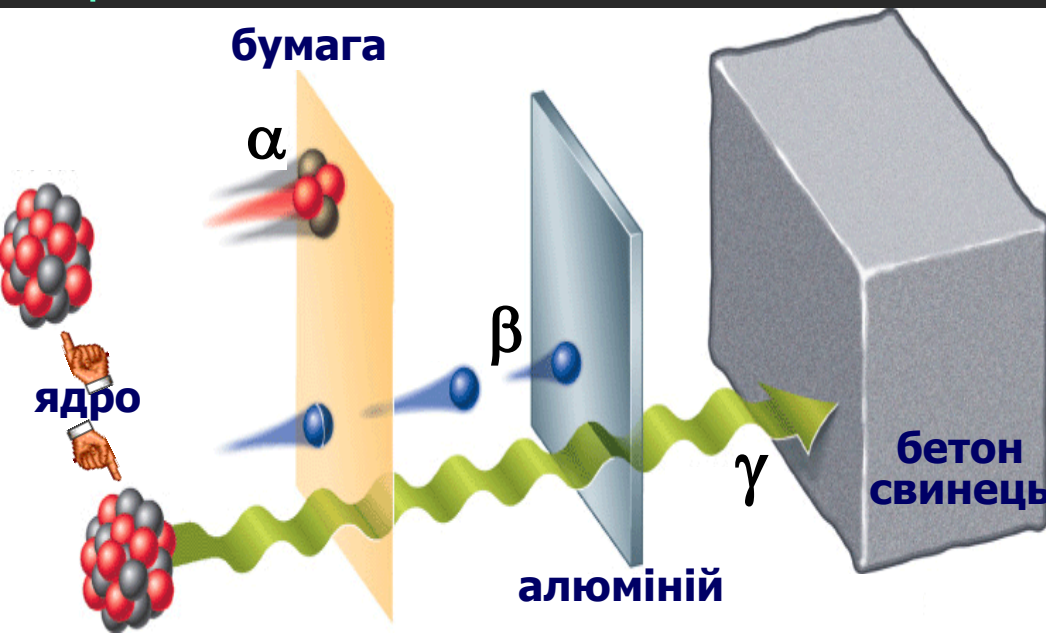
РАДІОАКТИВНІСТЬ ТИПИ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Резерфордом було встановлено, що радіоактивне випромінювання складається з трьох видів випромінювань – позитивно заряджених променів, негативно заряджених променів і незаряджених променів. Ці три види випромінювань були названі α -, β - і γ -випромінюваннями. Виявити склад радіоактивного випромінювання можливо, пропускаючи його через магнітне або електричне поле. При цьому протилежно заряджені α - і β -промені відхиляються в різні боки, причому β -промені відхиляються значно сильніше, а γ -промені в обох полях взагалі не відхиляються.



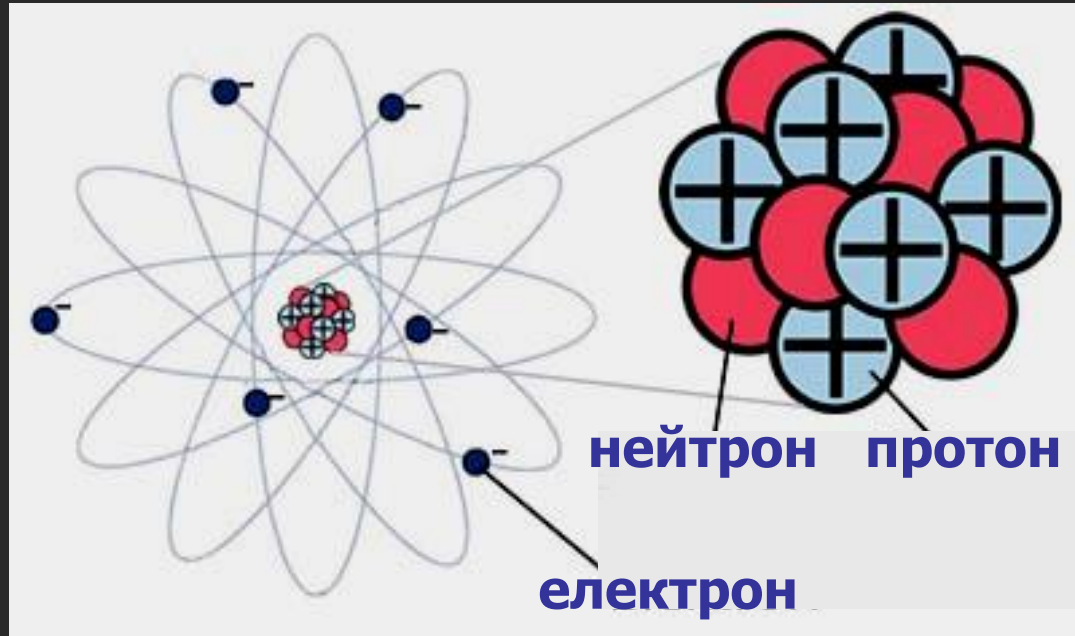
ПРОНИКАЮЧА ЗДАТНІСТЬ

Ці три види радіоактивних випромінювань сильно відрізняються один від одного по проникаючій здатності. Найменшою проникаючою здатністю володіє α -випромінювання. В повітрі α -промені проходять шлях в декілька сантиметрів і поглинаються тонкою бумагою. β -промені значно менше поглинаються речовиною. Вони здатні пройти через шар алюмінію завтовшки в декілька міліметрів. Найбільшою проникаючою здатністю володіють γ -промені, здатні проходити через шар свинцю завтовшки 5–10 см.



РАДІОАКТИВНІСТЬ ПРИРОДА ВИПРОМІНЕННЯ

У другому десятилітті ХХ століття після формулювання Резерфордом ядерної моделі будови атомів було встановлено, що радіоактивність – це властивість атомних ядер. В зв'язку з цим для розуміння природи радіоактивних випромінювань необхідно детальніше розглянути будову атомного ядра. Атомне ядро складається з позитивно заряджених частинок – протонів і нейтральних частинок – нейтронів (загальна назва цих частинок – нуклони). Оскільки величина заряду протона в точності рівна заряду електрона, для забезпечення нейтральності атома кількість протонів в ядрі повинна дорівнювати кількості електронів в атомі. Ця кількість протонів або електронів називається зарядовим числом Z . Оскільки маса атома зосереджена практично повністю в ядрі, то кількість нуклонів (сума протонів і нейтронів) визначає так зване масове число A . Кількість нейтронів як легко бачити, $N=A-Z$.



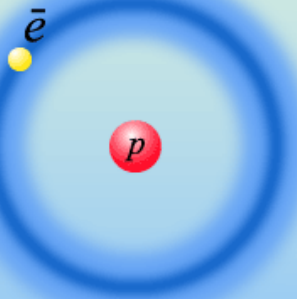
ІЗОТОПИ

Ядра одного і того ж хімічного елементу можуть відрізнятися числом нейтронів. Такі ядра називаються ізотопами. У більшості хімічних елементів є декілька ізоотопів. В середньому кожен хімічний елемент має три стабільні ізоотопи і ще по декілька нестабільних, які мимоволі розпадаються. Наприклад, у водороду три ізоотопи: звичайний водород (протій), дейтерій і тритій. Оскільки хімічні властивості атома залежать виключно тільки від будови електронної оболонки, яка, у свою чергу, визначається переважно зарядом

ізоотопи водороду

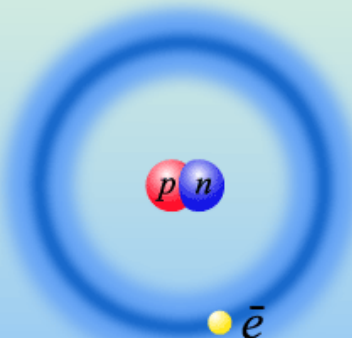
протій

${}^1_1\text{H}$



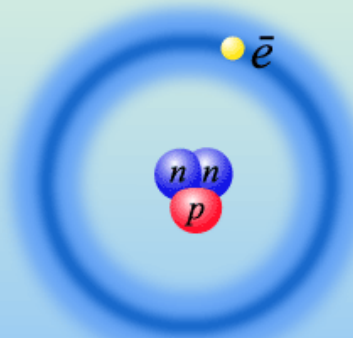
дейтерій

${}^2_1\text{H}$



тритій

${}^3_1\text{H}$



ядра Z (тобто кількістю протонів в ній) і практично не залежать від його масового числа A (тобто сумарного числа протонів Z і нейтронів N), то всі ізоотопи хімічного елементу розташовуються в одній і тій же клітині періодичної системи елементів Менделєєва.

ЯДЕРНІ СИЛИ

Для того, щоб атомні ядра були стійкими, протони і нейтрони повинні утримуватися усередині ядер величезними силами, що у багато разів перевершують сили кулонівського відштовхування протонів. Сили, які утримують нуклони в ядрі, називаються ядерними. Вони приблизно в 100 разів перевершують електростатичні сили і на десятки порядків перевершують сили гравіта-

ційної взаємодії нуклонів. Важливою особливістю цих сил є їх короткодійний характер. Вони помітно виявляються, лише на відстанях порядку розмірів ядра. Для пояснення природи цих сил японський учений Юкава запропонував модель (вона незабаром була підтверджена експериментально), в якій притягання нейтронів і протонів забезпечується постійним обміном між ними новими частинками, які назвали пі-мезонами.

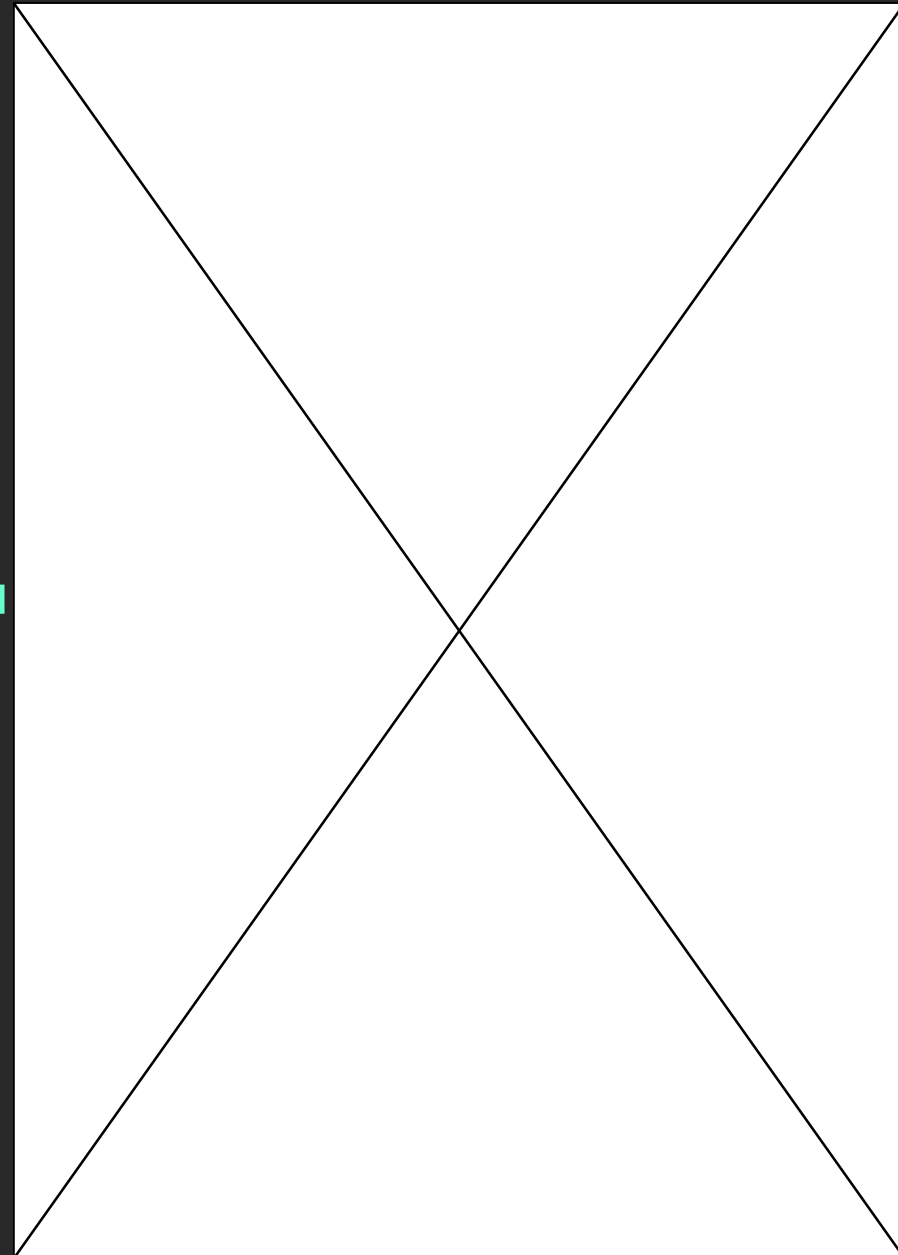


ЕНЕРГІЯ ЗВ'ЯЗКУ

Найважливішу роль в ядерній фізиці грає енергія зв'язку ядра. Вона рівна енергії, яку необхідно витратити для розщеплювання ядра на окремі частинки. Із закону збереження енергії виходить, що енергія зв'язку рівна тій енергії, яка виділяється при утворенні ядра з окремих частинок. Енергію зв'язку ядра можна визначити за допомогою вимірювання його маси. Ці вимірювання показують, що маса будь-якого ядра $M_{\text{я}}$ завжди менше суми мас протонів і нейтронів, що входять в його склад :

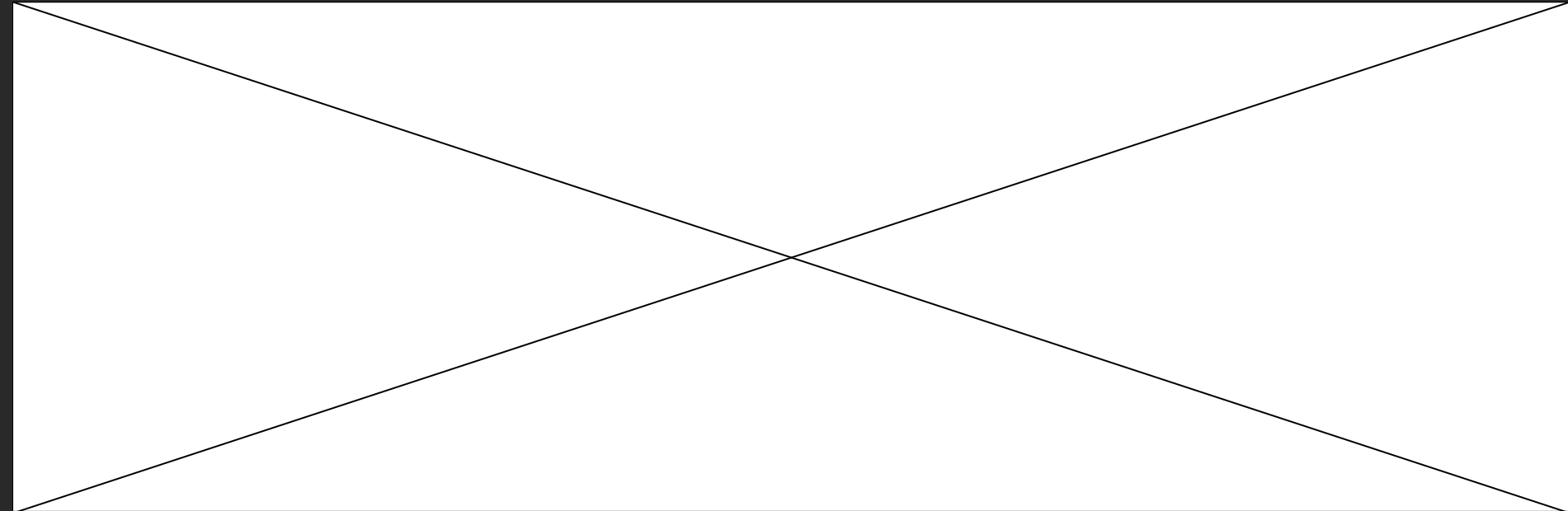
$$M_{\text{я}} < Zm_p + Nm_n.$$

Різниця мас називається дефектом маси. По величині дефекту маси можна визначити за допомогою формули Ейнштейна ($E = mc^2$) енергію, що виділилася при утворенні даного ядра, тобто енергію зв'язку ядра $E_{\text{зв}}$.



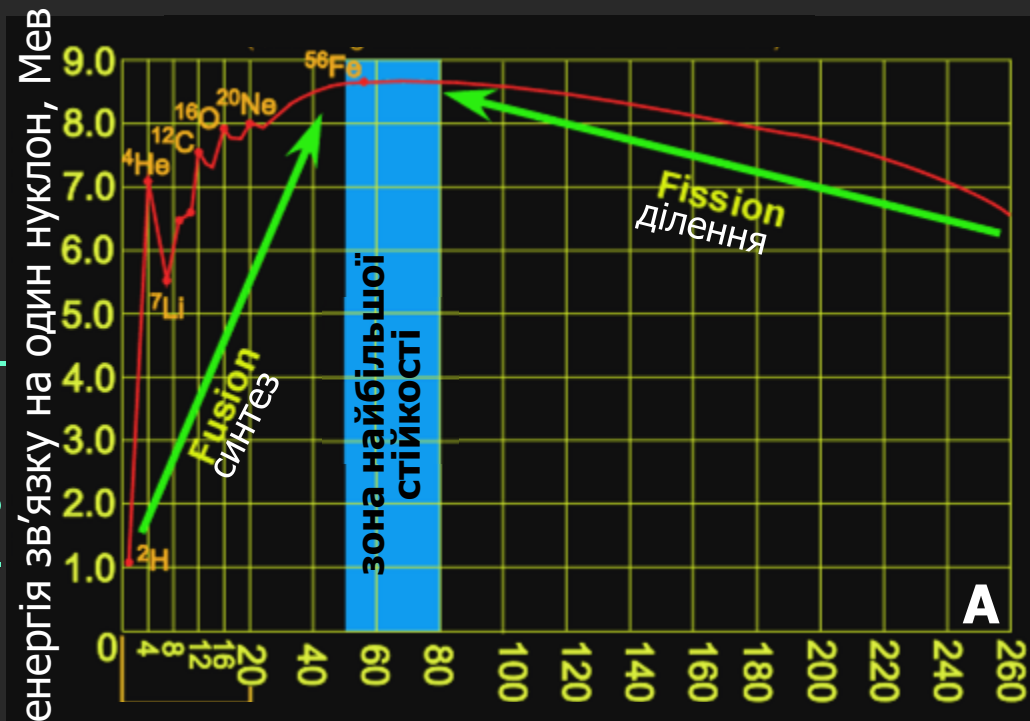
ЕНЕРГІЯ ЗВ'ЯЗКУ

Ця енергія виділяється при утворенні ядра у вигляді випромінювання γ -квантів. Розрахуємо як приклад енергію зв'язку ядра гелію, у складі якого два протони і два нейтрони. Маса атома гелію $M = 4,00260$ а.о.м. Сума мас протонів, нейтронів і електронів складає $4,0331$ а.о.м. Отже, дефект маси дорівнює $\Delta M = 0,0305$ а.о.м. Розрахунок приводить до наступного значення енергії зв'язку ядра: $E_{зв} = 28,4$ МеВ. Це величезна величина. Утворення всього 1 г гелію супроводжується виділенням енергії порядку 10^{12} Дж. Приблизно така ж енергія виділяється при згоранні майже цілого вагону кам'яного вугілля. Енергія зв'язку ядра на багато порядків перевищує енергію зв'язку електронів з атомом. Для атома водню наприклад, енергія зв'язку електрона з атомом (енергія іонізації) рівна $13,6$ еВ.



ЕНЕРГІЯ ЗВ'ЯЗКУ

Енергія зв'язку з розрахунку на один нуклон ядра для всіх відомих до теперішнього часу атомів представлена на малюнку. Видно, що найбільше значення цієї енергії мають ядра елементів середньої частині таблиці Менделєєва. Це означає, що саме вони є найбільш стійкими з енергетичної точки зору, і тому існують дві можливості отримання енергії при ядерних перетвореннях: 1. ділення важких ядер на більш легкі; 2. злиття легких ядер у важчі. У обох цих процесах виділяється величезна кількість енергії. В даний час в ядерній енергетиці в керованому режимі практично здійснюється тільки реакція ділення урану (U - 235). Що стосується реакції синтезу (термоядерна реакція), то на даному етапі розвитку науки і техніки вдалося здійснити тільки некеровану реакцію синтезу у водневій бомбі. Термоядерні реакції грають надзвичайно важливу роль в еволюції Всесвіту, оскільки енергія випромінювання Сонця і зірок має термоядерне походження.



СТАБІЛЬНІ ЯДРА

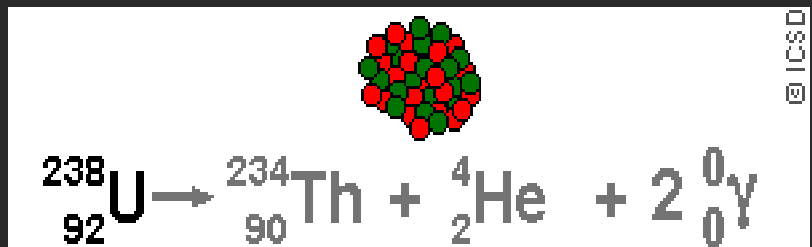


При переході до важких елементів, у зв'язку із збільшенням числа протонів в ядрі, відбувається зростання їх кулонівського відштовхування. Тому для забезпечення стійкості ядра потрібні додаткові нейтрони, що приводить до зменшення енергії зв'язку на один нуклон, тобто до відносного зниження стійкості. На малюнку в координатах (N-Z) крапками показано число протонів і нейтронів в стабільних ядрах. Ядра, що мають $Z < 83$, але, містять надлишок, або недостатку нейтронів щодо цієї зони стабільності, є нестабільними ізотопами відповідних стабільних ядер. У ядер, що мають $Z > 83$, із-за великого числа протонів і нейтронів повна стабільність виявляється принципово неможливою, що і виявляється в радіоактивності.

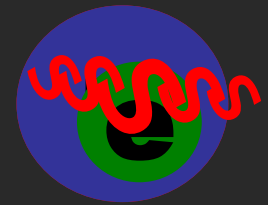
АЛЬФА- І ГАММА-РОЗПАД

Альфа-розпадом називається мимовільне перетворення атомного ядра з числом протонів Z і нейтронів N в інше ядро, що містить число протонів $Z-2$ і нейтронів $N-2$. При цьому випускається α -частинка - ядро атома гелію, і, у зв'язку з цим, масове число A зменшується на чотири одиниці, а зарядове число Z зменшується на дві одиниці. Прикладом такого процесу може служити α -розпад урана-238.

На відміну від альфа- і бета-радіоактивності гамма-радіоактивність ядер не пов'язана із зміною внутрішньої структури ядра і не супроводжується зміною зарядового або масового чисел. Річ у тому, що ядро може опинитися в деякому збудженому стані і мати надлишок енергії. Перехід ядра із збудженого стану в незбуджене супроводжується випусканням одного або декількох γ -квантів, енергія яких може досягати декілька МеВ. Гамма-розпад може бути, як самостійним процесом, так і супроводжувати альфа- і бета-радіоактивні розпади.



β - РОЗПАД

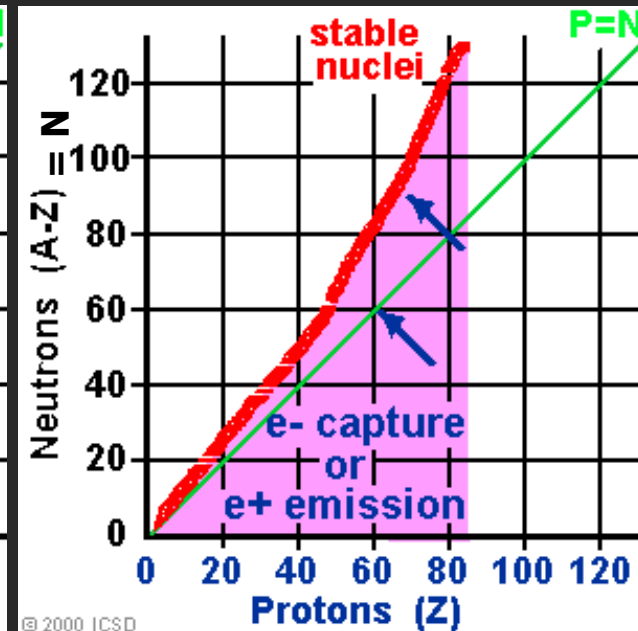
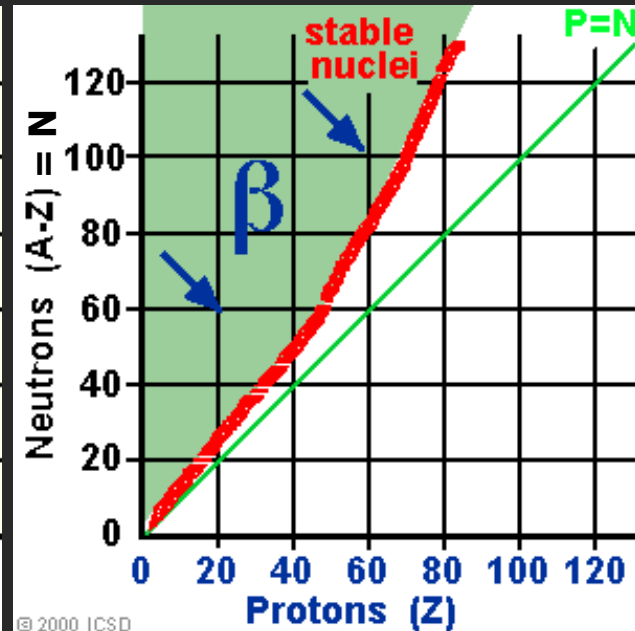
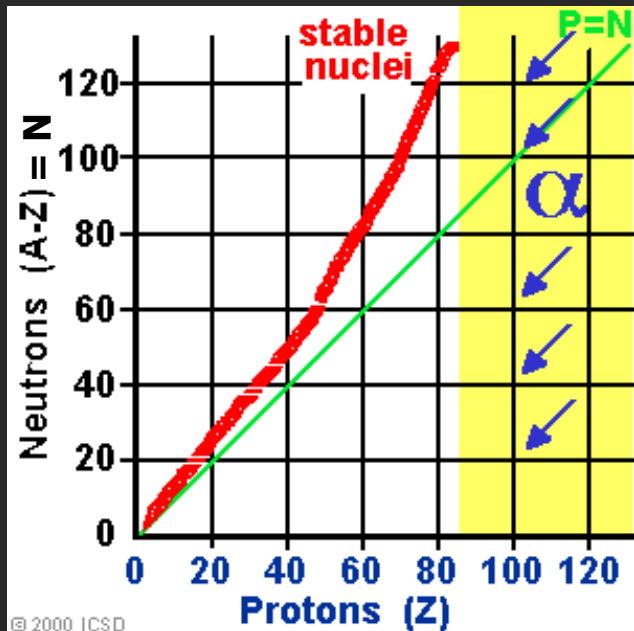
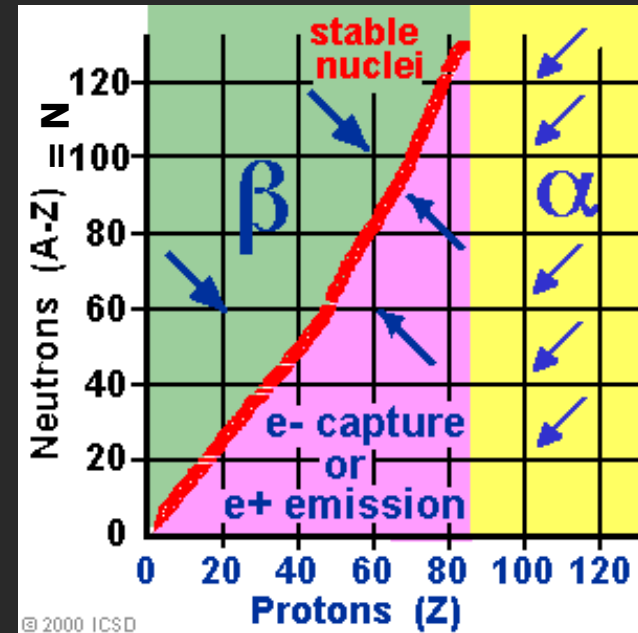


При бета-розпаді ядро випускає електрон. Усередині ядер електрони не існують, але вони виникають при β -розпаді в результаті перетворення нейтрона на протон і електрон ($n = p + e + \nu$). Спочатку здавалося, що в цьому процесі спостерігається порушення закону збереження енергії, оскільки сумарна енергія протона і електрона, що виникають при розпаді нейтрона, менше енергії нейтрона. Проте було виявлено, що виділяється ще одна частинка (нейтрино – ν) з нульовими значеннями маси і заряду, яка відносить з собою частину енергії. При β -розпаді зарядове число Z збільшується на одиницю, а масове число A залишається незмінним. Дочірнє ядро виявляється ядром елемента, порядковий номер якого на одиницю перевищує порядковий номер початкового ядра.

Можливий і зворотний процес (електронне захоплення), який обумовлений захопленням електрона з електронної оболонки протоном ($p + e = n$). При цьому зарядове число зменшується на одиницю, а масове не міняється.

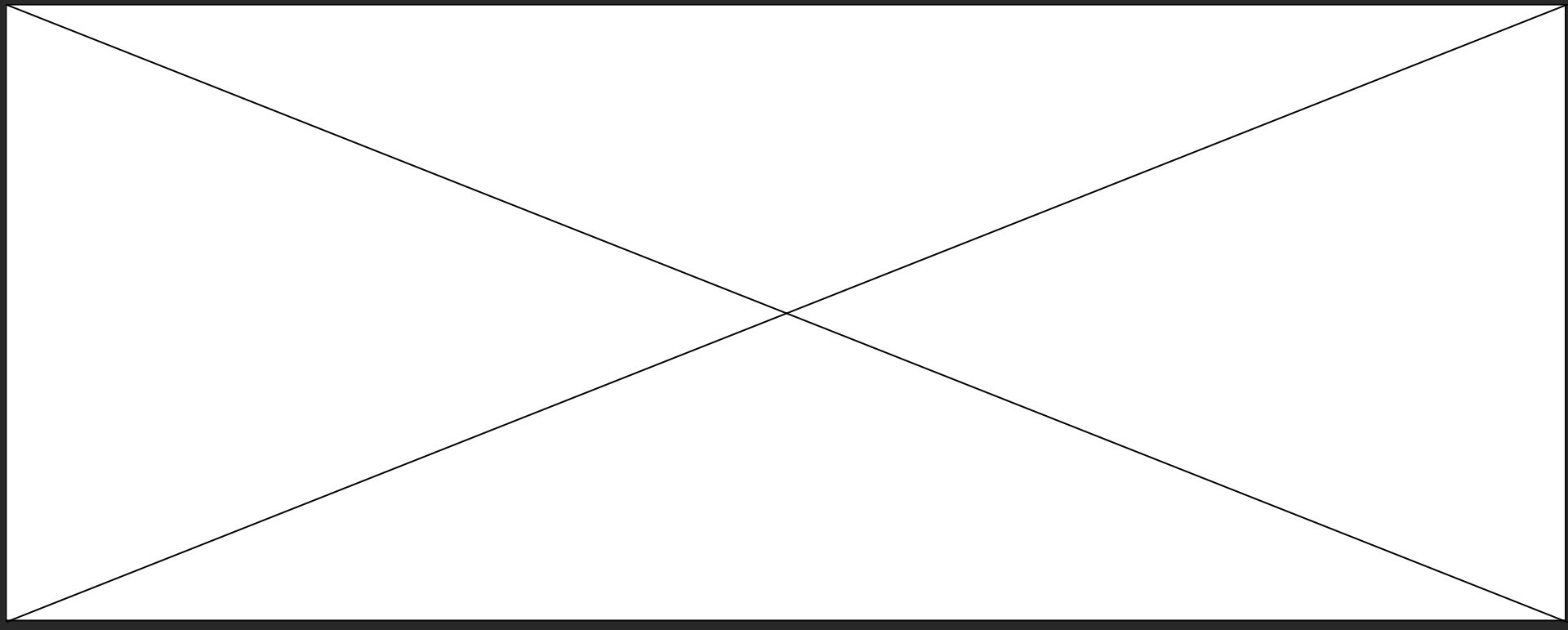
ТИП РАДІОАКТИВНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

Нестабільні ядра перетворюються до тих пір, поки не перетворяться на стабільні. Тип радіоактивного перетворення залежить від надлишку або недостатчі нейтронів в ядрі, тобто від співвідношення нейтронів і протонів. На малюнках в координатах кількість нейтронів N – кількість протонів Z показані зони, які відповідають тому або іншому типу перетворення: α – розпад, β – розпад або захват електрона.



РАДІОАКТИВНІ РЯДИ

Радіоактивні перетворення природних радіоактивних ізотопів важких елементів, що починаються з одного родоначальника і закінчуються стабільним ізотопом, об'єднані в так звані радіоактивні ряди. У природі спостерігається декілька радіоактивних рядів. Тут представлені приклади двох таких рядів: ряд урану-238, що починається з урану-238 і завершується свинцем-206 і урану-235, що починається з урану-235 і завершується свинцем-207. Ці ряди існують до теперішнього часу тому, що їх родоначальники мають періоди напіврозпаду, які сумірні з часом існування Землі.



ЗАКОН РАДІОАКТИВНОГО РОЗПАДУ

Оскільки радіоактивний розпад має випадковий характер і не залежить від зовнішніх умов, а вірогідність розпаду кожного ядра незмінна в часі, то число розпадів буде пропорційне кількості ядер N і проміжку часу Δt : $\Delta N = -kN\Delta t$. З вирішення цього диференціального рівняння, приведеного в таблиці, видно, що кількість ядер, що не розпалися, зменшується по експоненціальному закону. N_0 —початкове число ядер.

$$\Delta N = -k N \Delta t$$

$$\frac{\Delta N}{N} = -k \Delta t$$

$$\int \frac{\Delta N}{N} = -K \int \Delta t$$

$$\ln N = -k t$$

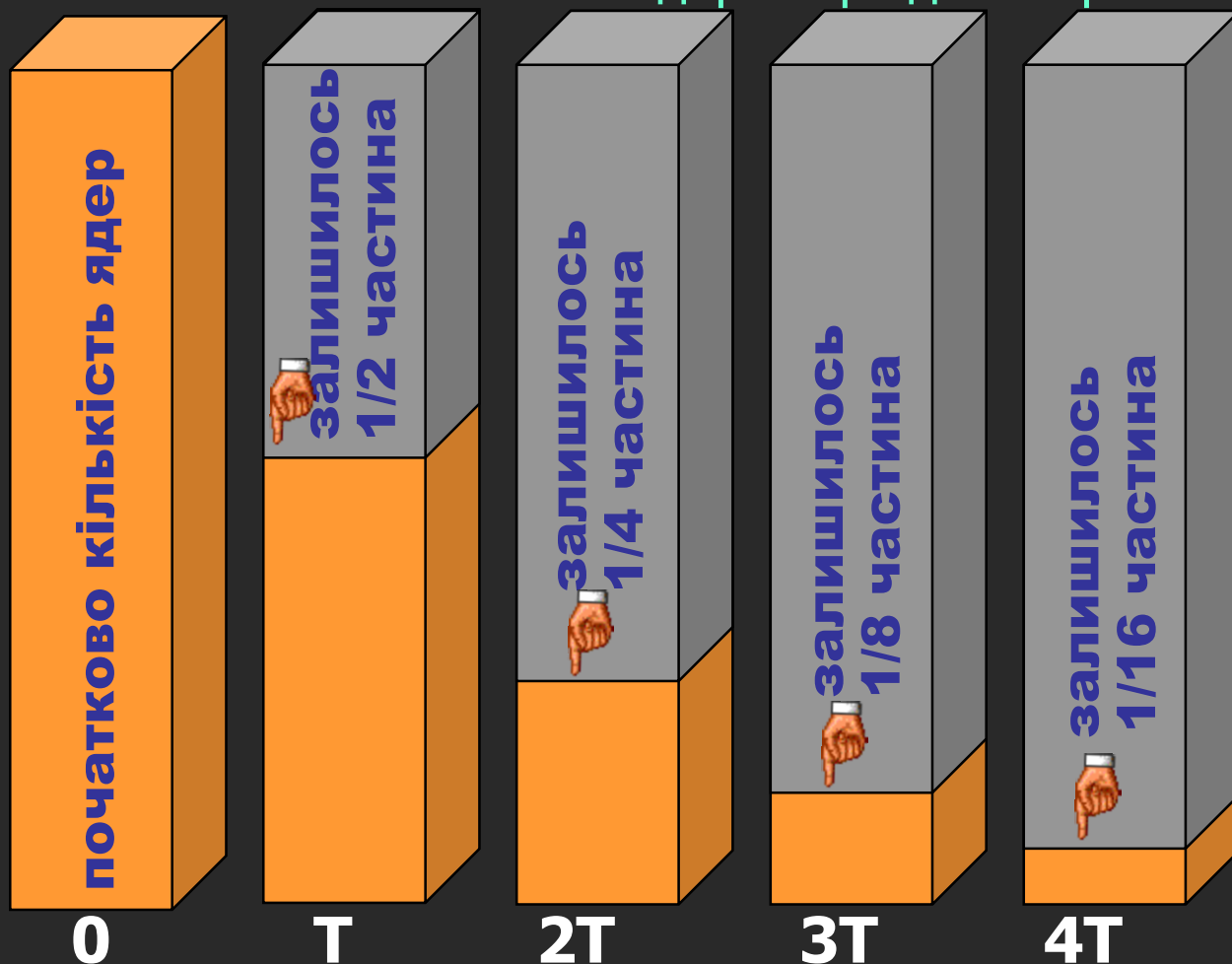
$$N = N_0 e^{-kt}$$

ПЕРІОД НАПІВВРАЗПАДУ

Для практичного використання закон радіоактивного розпаду часто записують в іншому вигляді, використовуючи як основу не число e , а 2.

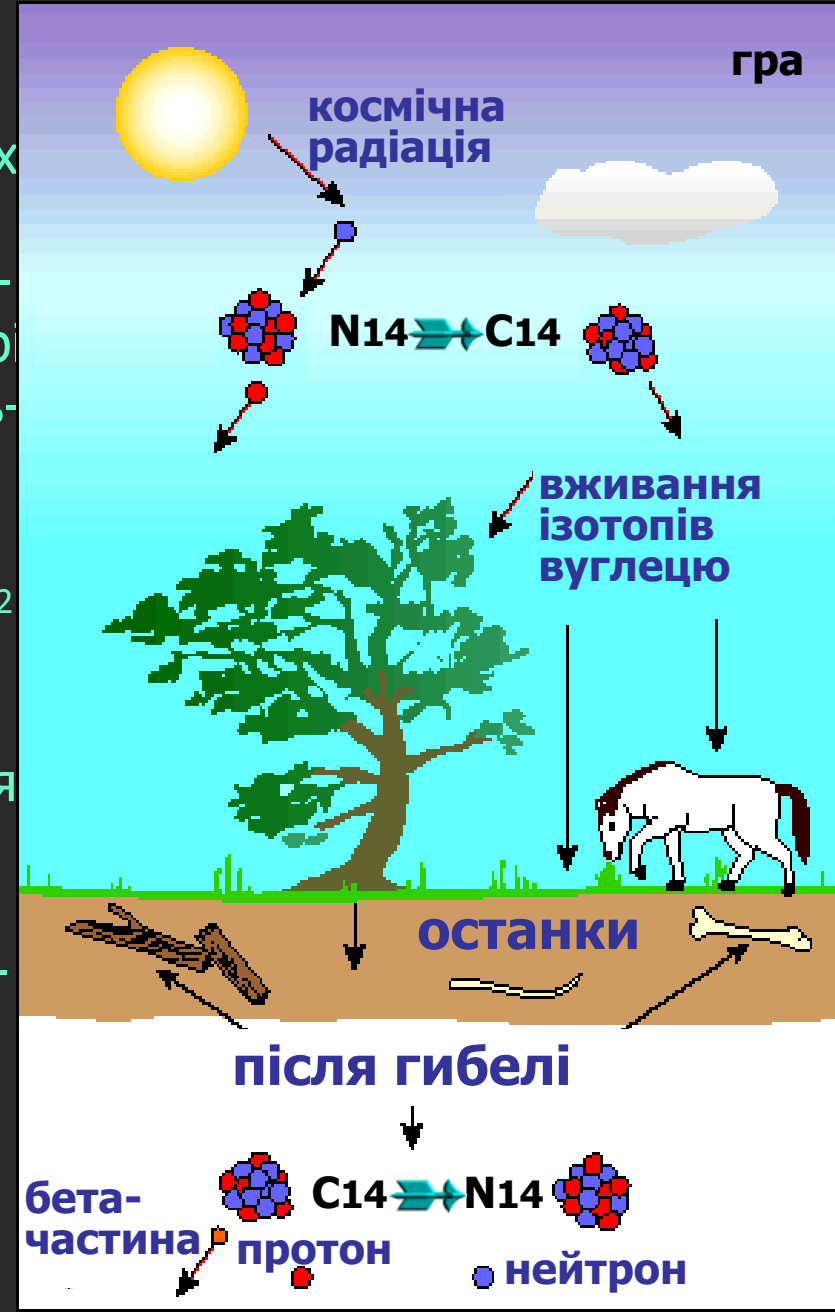
$$N = N_0 2^{-t/T}$$
 Т у цьому рівнянні називається періодом напіврозпаду тому, що це є час, за який розпадається половина наявних ядер, що не розпалися. N_0 - початкове число ядер. Період напіврозпаду – зручна величина,

яка характеризує швидкість радіоактивного розпаду. Чим менше період напіврозпаду, тим інтенсивніше протікає розпад. Так, для урану $T \approx 4,5$ мільярда років, а для радія $T \approx 1600$ років. Тому активність радію значно вище, ніж урану. Існують радіоактивні елементи з періодом напіврозпаду в долі секунди.



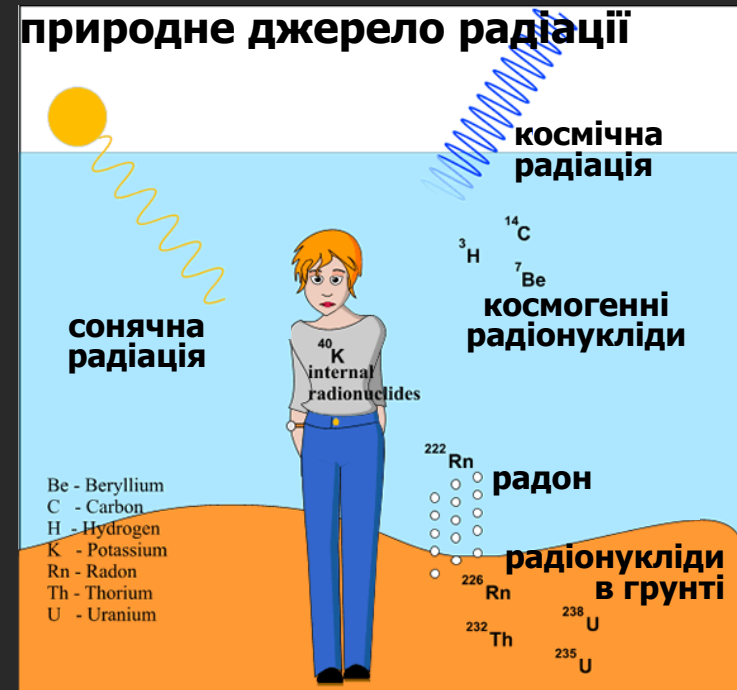
ВУГЛЕЦЕВЕ ДАТУВАННЯ

Цікавим застосуванням радіоактивності є метод датування археологічних і геологічних знахідок по концентрації радіоактивних ізотопів. Найчастіше використовується радіовуглецевий метод датування. Нестабільний ізотоп вуглецю C_{14} виникає в атмосфері унаслідок ядерних реакцій, що викликаються космічними променями, тому невеликий відсоток цього ізотопу міститься в повітрі разом із звичайним стабільним ізотопом C_{12} . Рослини і організми споживають вуглець з повітря, і в них накопичуються обидва ізотопи в тій же пропорції, як і в повітрі. Після загибелі вони перестають споживати вуглець і нестабільний ізотоп C_{14} в результаті β -розпаду поступово перетворюється в ізотоп азоту N_{14} з періодом напіврозпаду 5730 років. Шляхом вимірення в залишках організмів відносної концентрації ізотопів вуглецю C_{14}/C_{12} визначає час, який пройшов з дня їх загибелі.



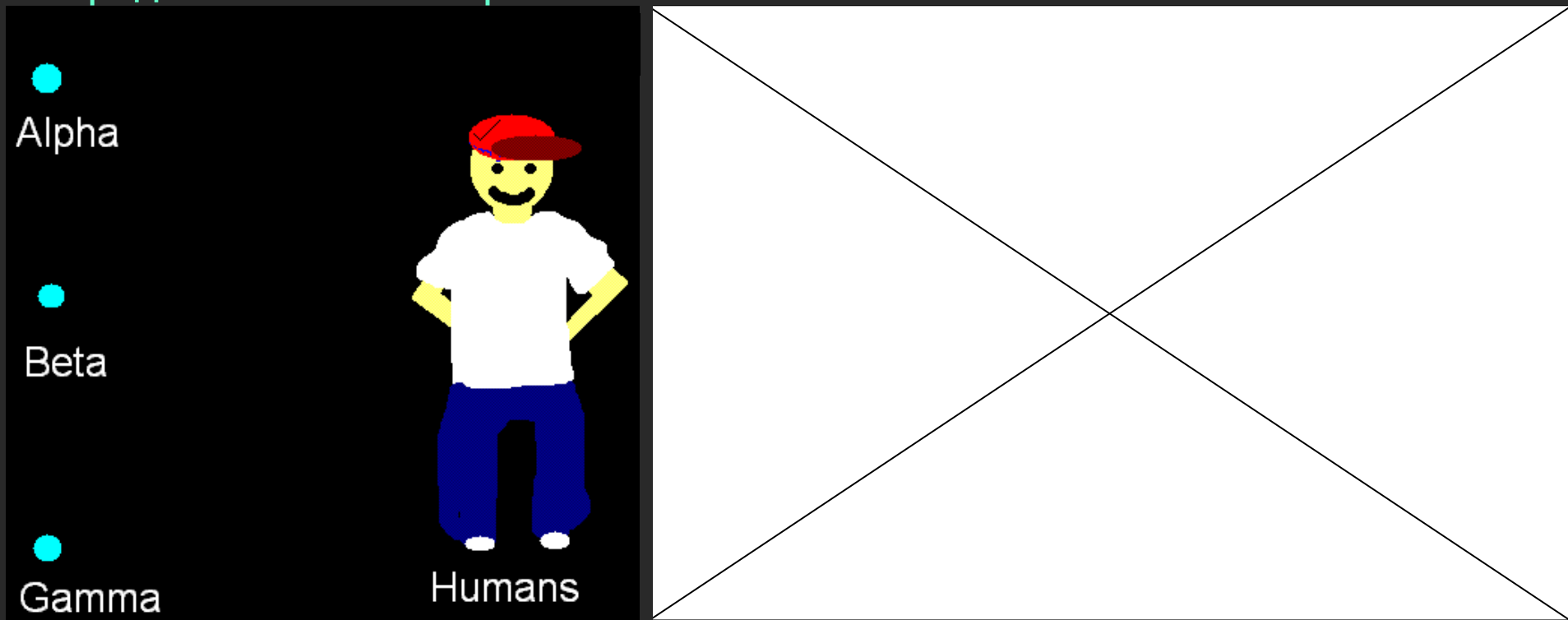
ВНУТРІШНЄ ТА ЗОВНІШНЄ ОПРОМІНЕННЯ

Людина може піддаватися опромінюванню двома способами. Якщо радіація діє зовні, то це зовнішнє опромінювання. Якщо ж радіоактивні речовини, що знаходяться в повітрі, їжі, воді, потрапляють всередину організму - це внутрішнє опромінювання. Зовнішнє опромінювання пов'язане головним чином з космічною радіацією, радіацією від ґрунту і будівельних матеріалів (природні джерела), а також з медичними процедурами. Внутрішнє опромінювання обумовлене попаданням радіонуклідів всередину організму з їжею і вдихуванням повітрям. Особливу небезпеку в цьому плані представляє безбарвний газ, що не має запаху, радон-222, який є проміжним продуктом розпаду урану-238 і може в значних кількостях накопичуватися в закритих приміщеннях.



БІОЛОГІЧНА ДІЯ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Радіоактивне випромінювання всіх видів, як і рентгенівське випромінювання створює дуже сильну біологічну дію на живі організми, яка ініціюється процесами збудження і іонізації атомів і молекул, що входять до складу живих клітин. Під дією іонізуючої радіації руйнуються складні молекули і клітинні структури, що приводить до променевого ураження організму. Найбільшу небезпеку при зовнішньому опромінюванні представляють β - і γ -випромінення, а при внутрішньому опромінюванні – істотну роль грає і α -випромінення. Зв'язано це з відмінностями в проникаючій здатності трьох типів радіоактивного випромінювання.



ДОЗИМЕТРІЯ

Дозиметрія – це область прикладної ядерної фізики, що вивчає фізичні величини, які характеризують вплив іонізуючих випромінювань на різні об'єкти, а також методи і прилади для їх вимірювання. Як видно з схеми, яка наведена нижче, система дозиметричних величин включає в себе характеристику джерела радіації, характеристику створюваного ним поля і характеристику дії радіації на неживі і живі об'єкти.



ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАНЬ РАДІОАКТИВНОСТІ

Беккерель (Бк, Bq) Кюри (Ки, Ci)	1 Бк = 1 розпад в сек 1 Ки = $3,7 \times 10^{10}$ Бк	активність радіонукліда – число розпадів в одиницю часу
Кл/кг Рентген (Р)	1 Кл/кг = $6,24 \times 10^{24}$ пар іонів/кг 1 Р = $2,08 \times 10^{15}$ пар іонів/м ³	експозиційна доза – кількість зарядів, утворених в одиниці об'єма або маси повітря за рахунок його іонізації
Грей (Гр, Gy) Рад (рад, rad)	1 Гр = 1 Дж/кг 1 рад = 0.01 Гр	поглинена доза – кількість енергії іонізуючого випромінення, поглинене одиноцею маси якого-небудь фізичного тіла, наприклад тканинами організма
Зиверт (Зв, Sv) Бэр (бер, rem) - "біологічний еквівалент рентгена"	1 Зв = 1 Гр = 1 Дж/кг (для бета і гамма) 1 бер = 0.01 Зв = 10 мЗв	еквівалентна доза -поглинена доза, помножена на коефіцієнт, враховуючий неоднакову небезпеку різних видів іонізуючого випромінення

ЕКВІВАЛЕНТНА ДОЗА

Поняття еквівалентної дози виникло тому, що іонізуючі випромінювання різної природи при одній і тій же поглиненій дозі надають різний вплив на біологічні об'єкти. До недавнього часу при розрахунку еквівалентної дози використовувалися "коефіцієнти якості випромінювання" - поправочні коефіцієнти, що враховують різну здатність випромінювань ушкоджувати тканини організму. Зараз вони називаються «вагові коефіцієнти для окремих видів випромінювання при розрахунку еквівалентної дози». Вони рівні відповідно:

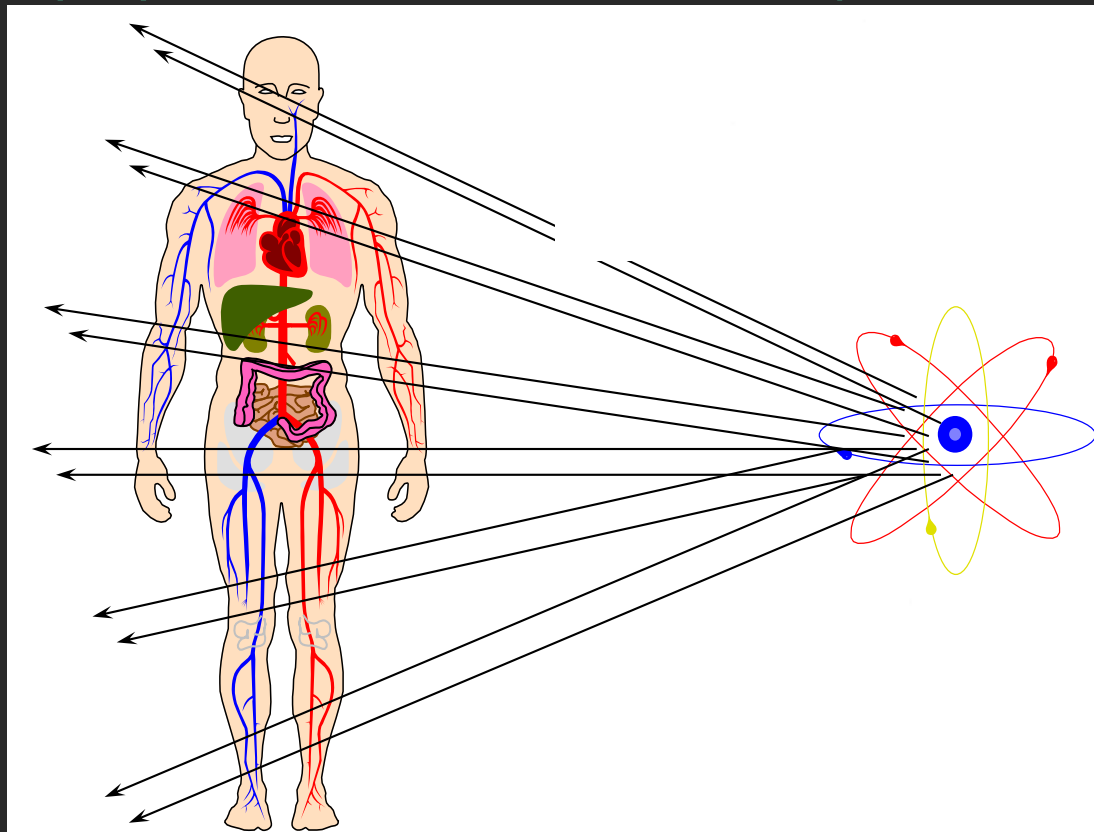
рентгенівське, гамма-
бета-випромінювання
електрони і позитрони – 1

протони з енергією
більше 2 Мев – 5

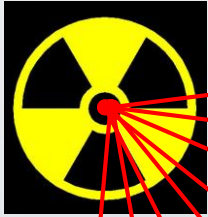
нейтрони з енергією
менше 10 кев – 5

нейтрони з енергією від
10 кев до 100 кев – 10

альфа-частки, осколки
ділення, важкі ядра - 20



ЕФЕКТИВНА ЕКВІВАЛЕНТНА ДОЗА



Ефективна еквівалентна доза – еквівалентна доза, розрахована з урахуванням різної чутливості різних тканин організму до опромінювання - рівна еквівалентній дозі, отриманій конкретним органом, тканиною (з урахуванням їх ваги), помноженою на відповідний "коефіцієнт радіаційної ризику". Для організму в цілому цей коефіцієнт рівний 1, а для органів має наступні значення:

- червоний кістковий мозок - 0,12
- кісткова тканина – 0,03
- молочна залоза – 0,15
- щитовидна залоза - 0,05
- легені - 0,12
- шлунок – 0,12
- товстий кишечник – 0,12
- гонади (яєчники, сім'яники) - 0,20
- шкіра - 0,01

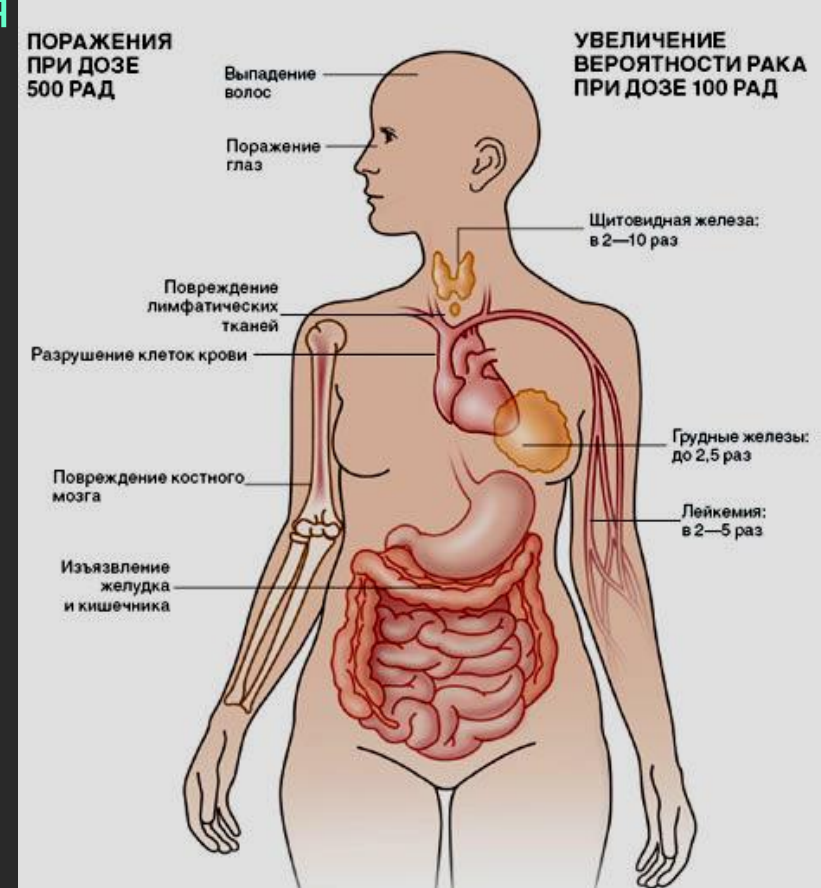
БІОЛОГІЧНА ДІЯ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Специфіка дії іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти полягає в тому, що ефект обумовлений не стільки кількістю поглиненої енергії, скільки формою, в якій ця енергія передається (індуковані іонами і радикалами хімічні реакції залучають до цього процесу багато тисяч молекул, не зачеплених випромінюванням). Ніякий інший вид енергії, поглиненої біологічним об'єктом в тій же кількості, не приводить до таких змін, які викликає іонізуюче випромінювання. Наприклад, летальна доза іонізуючого випромінювання для людини відповідає такій поглиненій енергії, що якщо цю енергію підвести у вигляді тепла, то вона нагрівала б тіло всього на $0,001^{\circ}\text{C}$. Це теплова енергія, яка міститься в стакані гарячого чаю. Тяжкість поразки організму, викликаного дозою радіації, залежить від того, чи отримує її організм відразу або в декілька прийомів. Більшість органів встигає в тому або іншому ступені залікувати радіаційні пошкодження, тому вони краще переносять серію дрібних доз, ніж таку ж сумарну дозу опромінювання, отриману за один прийом. Крім того, чутливість різних органів і тканин людини до опромінювання неоднакова, причому відмінності дуже великі.



БІОЛОГІЧНА ДІЯ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

В цілому, дія радіації на організм людини викликає три різні негативні ефекти. Перший - це генетичний ефект для спадкових (статевих) клітин організму. Він виявляється тільки в потомстві. Це народження дітей з різними відхиленнями від норми (потворність, недоумство і т. д.), народження повністю нежиттєздатного плоду, - з відхиленнями, не сумісними з життям. Другий - це теж генетичний ефект, але для спадкового апарату соматичних клітин - виявляється за життя конкретної людини у вигляді різних (переважно ракових) захворювань. Третій ефект - це ефект імунний - ослаблення імунної системи організму за рахунок руйнування клітинних мембран і інших структур. Він виявляється у вигляді самих різних, зокрема, здавалося б абсолютно не пов'язаних з радіаційним дією захворювань, оскільки ослаблення імунітету провокує виникнення будь-яких захворювань, у тому числі і ракових, при цьому всі захворювання супроводжуються ослабленням розумових здібностей, пам'яті, інтелекту.



РАДІАЦІЙНІ ЕФЕКТИ

В таблиці наведені радіаційні ефекти, які виникають при однократному рівномірному гамма - опроміненні всього тіла людини:

10000 бер	смерть настає через декілька годин або днів внаслідок пошкодження центральної нервової системи
1000 - 5000 бер	смерть настає через один - два тижні внаслідок внутрішніх крововиливів
400 - 500 бер	50% опромінених помирає на протязі одного - двох місяців внаслідок пошкодження клітин кісткового мозку
100 бер	нижній рівень розвитку променевої хвороби
75 бер	короточасні незначні зміни складу крові
30 бер	опромінення при рентгеноскопії шлунка
25 бер	допустиме аварійне опромінення персоналу (разове)
10 бер	допустиме аварійне опромінення населення (разове)
5 бер	допустиме опромінення персоналу в нормальних умовах за рік
0,5 бер	допустиме опромінення населення в нормальних умовах за рік
0,350 бер	річна еквівалентна доза опромінення за рахунок всіх джерел опромінення в середньому для жителя України або Росії

РАДІОІЗОТОПНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методи діагностики, засновані на реєстрації випромінювання радіоактивних ізотопів, введених в організм як індикатор. Після введення індикатора він розподіляється по тілу людини залежно від функціонування його органів і систем. Реєструючи розподіл, переміщення, перетворення і виведення з організму радіоактивних індикаторів, можна судити про участь відповідних елементів в біохімічних і фізіологічних процесах. Сучасна апаратура дозволяє зареєструвати іонізуюче випромінювання укрій малої кількості радіоактивних ізотопів, які практично нешкідливі для організму людини. Радіоізотопні методи дослідження застосовуються для вивчення функціональної здатності різних внутрішніх органів. При цьому використовується властивість органів і тканин накопичувати певні радіоактивні препарати. Залежно від вигляду дослідження розрізняють лабораторні і клінічні радіологічні методи, а також радіоізотопне сканування. У першому випадку вивчається швидкість накопичення або виведення речовини певним органом, що відображає функціонування даного органу в цілому. Радіоізотопне сканування дозволяє виразно визначити межі органу, розміри, форму, розташування, а також оцінити розподіл речовини в тканині органу, виявити гіперфункціональні і гіпофункціональні зони, виявити новоутворення і ін. Випромінювання індикаторів реєструється спеціальними приладами, що перетворюють імпульси випромінювання в електричні імпульси, які фіксуються на моніторі або на папері. Останнім часом розроблений метод кольорового сканування, при якому різні ступені накопичення індикатора відбиваються різними кольорами, що дозволяє отримати чітку наочну картину органу, що вивчається.

НАКОПИЧЕННЯ ІЗОТОПІВ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

М'ЯЗИ

цезій - 134, 137
європій - 154, 155
калій - 40, 42

легені

криптон - 85
плутоній - 238, 239
радон - 222
уран - 233
ксенон - 133, 135

КІСТКИ

барій - 140
вуглець - 14
європій - 154, 155
фосфор - 32
плутоній - 238, 239, 241
прометій - 147
радій - 226
стронцій - 89, 90
торій - 234
уран - 233
іттрій - 90
цинк - 65

шкіра

сірка - 35



щитоподібна залоза

йод-129, 131
технецій - 99

печінка

цезій - 137
кобальт - 58, 60
нептуній - 239
плутоній - 238, 239, 241

нирки

цезій - 134, 137
рутеній - 106

селезінка

полоній - 210

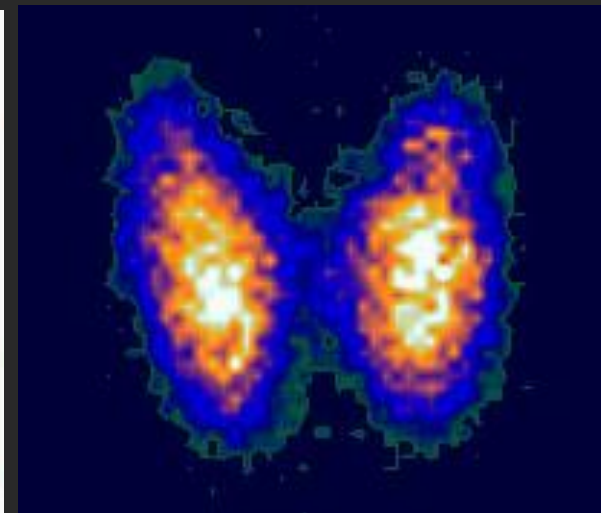
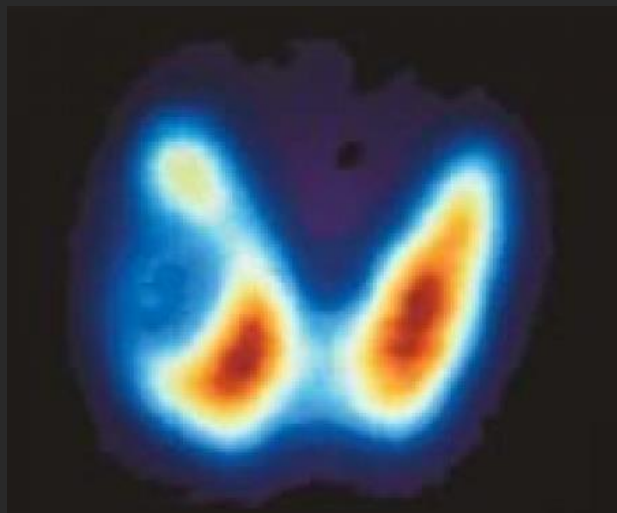
яєчники

барій - 140
цезій - 134, 137
кобальт - 58, 60
йод - 131
криптон - 85
плутоній - 239
калій - 40, 42
рутеній - 106
іттрій - 90
цинк - 65

СКАНУВАННЯ ТІЛА ЛЮДИНИ В ВИПРОМІНЮВАННЯХ РІЗНИХ РАДІОІЗОТОПІВ

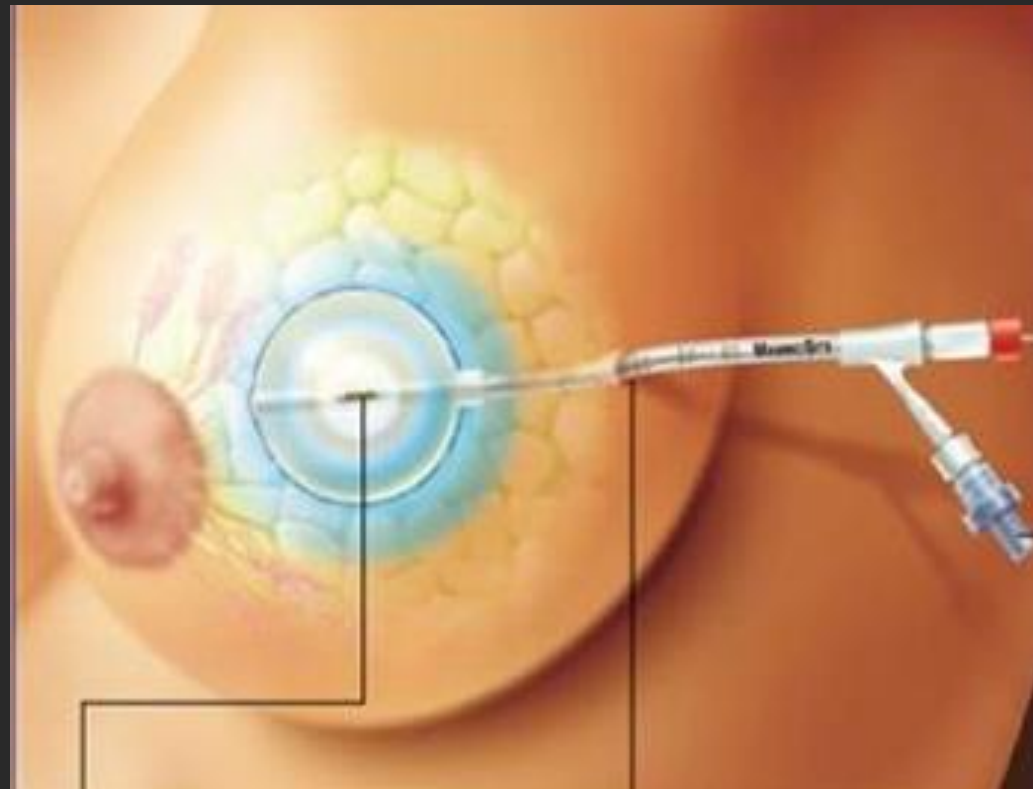
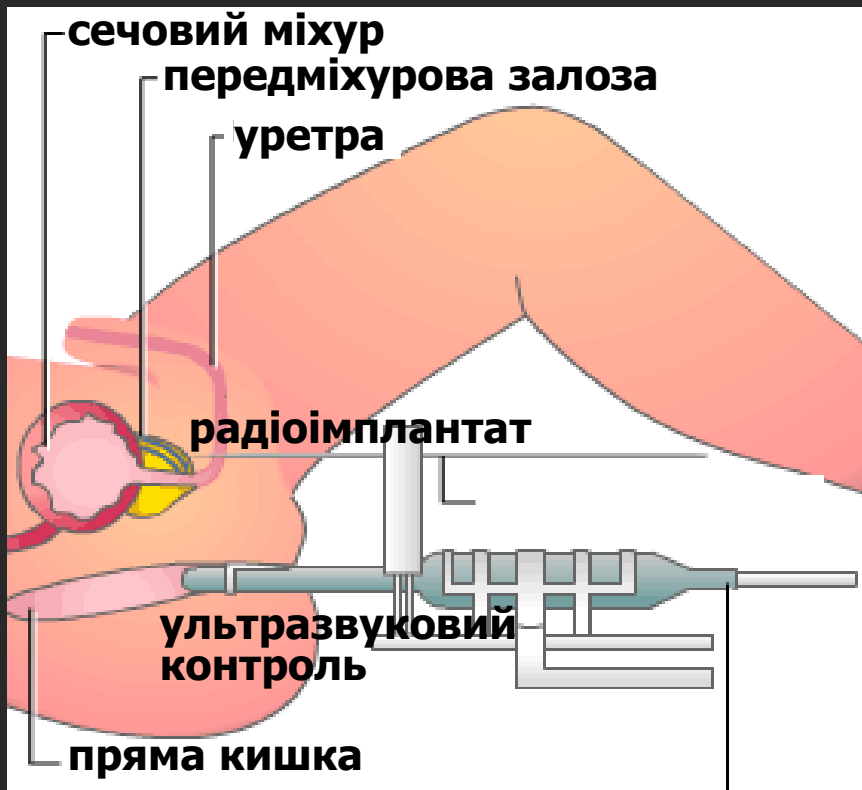


РАДІОДІАГНОСТИКА ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ



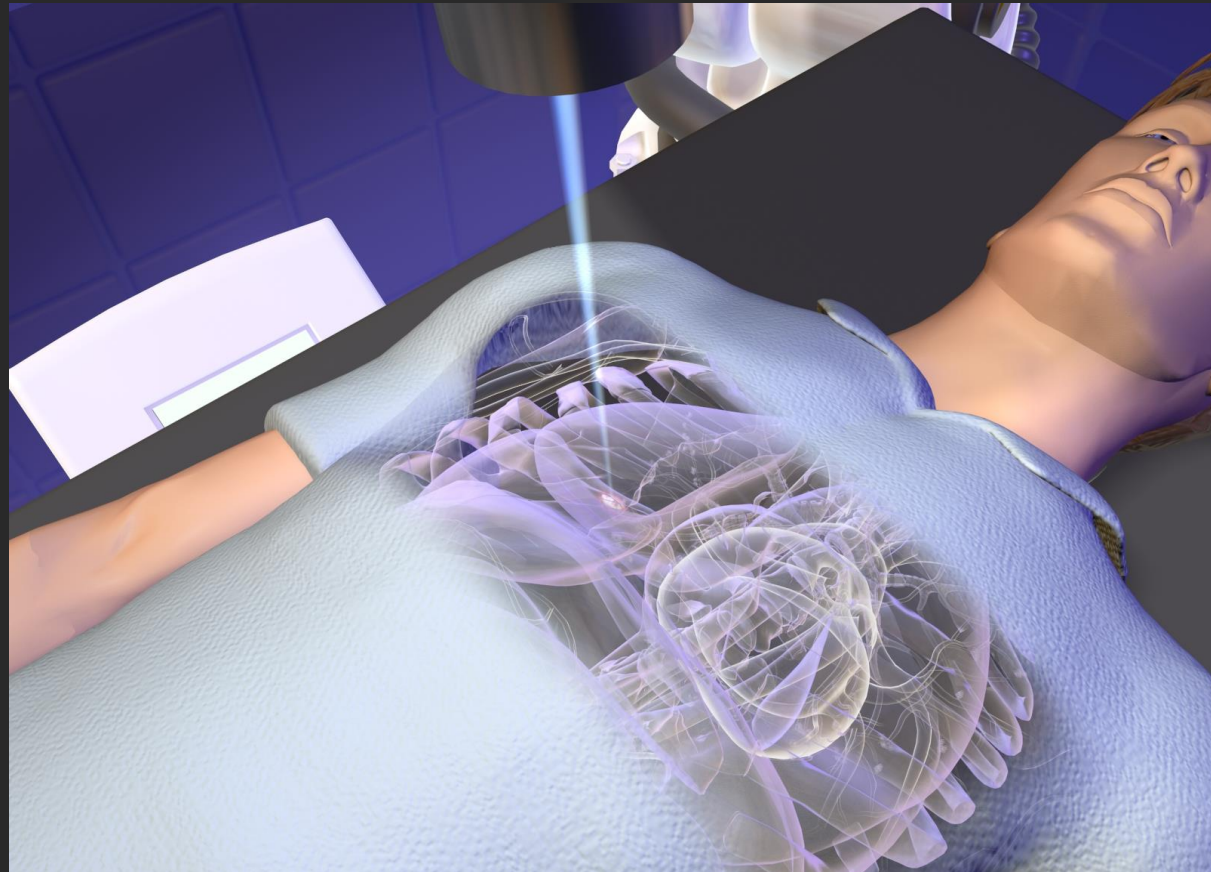
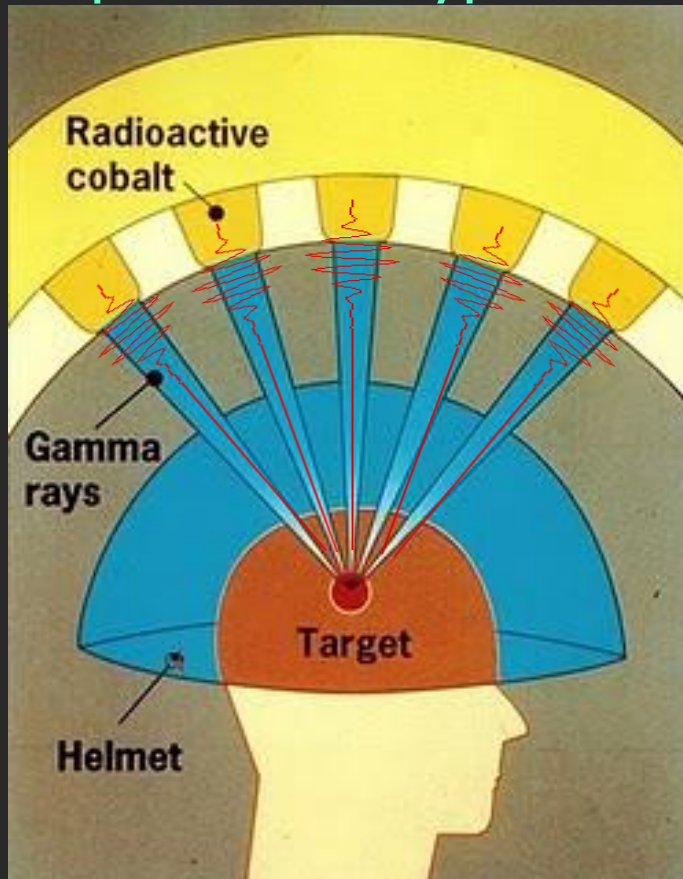
ВНУТРІШНЯ РАДІОТЕРАПІЯ

Внутрішня радіотерапія, так звана брахітерапія, здійснюється за допомогою імплантації радіоактивних матеріалів на пухлину або поряд з нею, а також шляхом закладки радіоактивних речовин в її порожнині. Це може бути тимчасовий або постійний імплантат. Сенс методу полягає в можливості підведення максимальних доз променевої терапії безпосередньо на пухлинне вогнище і в зону інтересу при мінімізації дії на критичні органи і суміжні тканини. Широко використовується в лікуванні пухлин шийки матки, тіла матки, піхви, стравоходу, прямої кишки, язика, передміхурової залози, молочної залози і ін.



ЗОВНІШНЯ РАДІОТЕРАПІЯ

Для зовнішньої радіаційної терапії використовуються зовнішні джерела радіоактивного випромінювання, за допомогою яких опромінюють уражені ділянки.



ЗОВНІШНЯ РАДІОТЕРАПІЯ

При зовнішній радіотерапії вельми суттєвим є недопущення переопромінення тих органів і тканин, що знаходяться на шляху проходження радіоактивного випромінювання до ураженої ділянки, яка підлягає безпосередньому радіотерапевтичному впливу. Для цього опромінення проводять за допомогою декількох джерел, які діють по різних напрямках.

