

ФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ РАДІОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Іонізуюча радіація

Корпускулярна
(має масу спокою)

- ✓ Альфа-випромінювання
- ✓ Бета-випромінювання
- ✓ Потік частинок (протонів, нейтронів)
- ✓ Випромінювання- π -мезонів

Електромагнітні хвилі
(фотонна)

- ✓ Гама-випромінювання
- ✓ Рентгенівське випромінювання
- ✓ Ультрафіолетове випромінювання

$$v = 0,693/\lambda$$

Електромагнітне випромінювання являє собою сукупність змінних електричного й магнітного полів, які поширюються в просторі у формі хвиль.

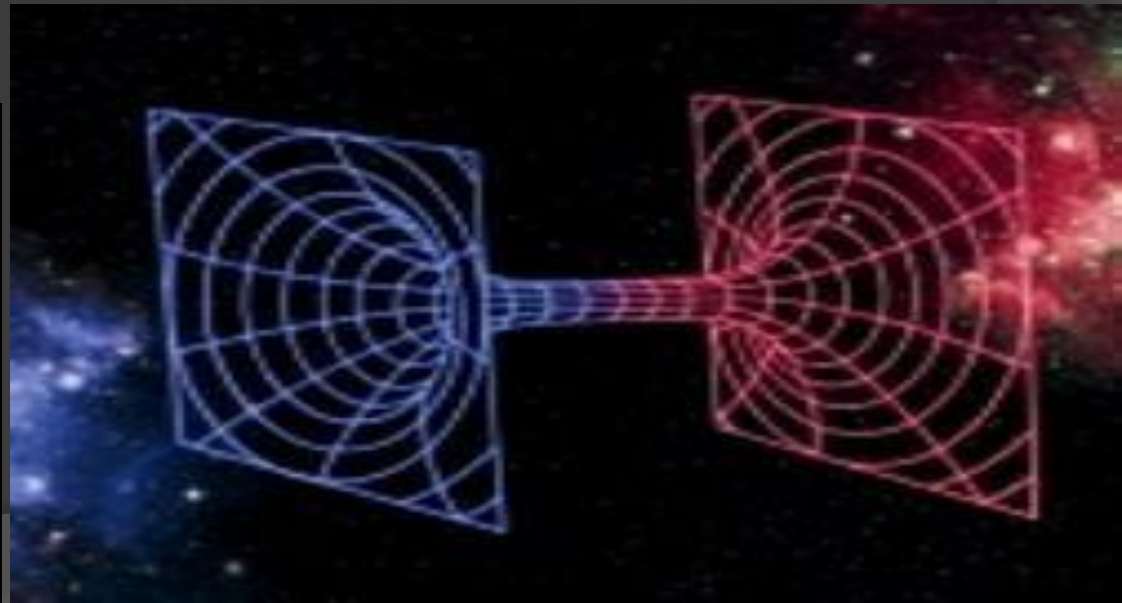
⊙ Електромагнітні хвилі характеризуються трьома векторними величинами – напруженостями електричного й магнітного полів і швидкістю, а також скалярними – частотою коливань ν або довжиною хвилі λ . Останні величини пов'язані між собою таким співвідношенням:

⊙ $\nu = 0,693/\lambda$

Швидкість поширення електромагнітних хвиль у вакуумі становить $2,998 \cdot 10^8$ м/с.

Електромагнітні хвилі можна описувати як потік квазічастинок – фотонів, енергія яких E пропорційна частоті коливань ν :

$E = h\nu$ де h – стала Планка (квант дії), $h = 6,626176 \cdot 10^{-34}$ с.



Рентгенівські промені – це електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 50...0,01 нм, чому відповідають значення енергії фотонів 0,12...1237 кеВ. Енергія фотонів рентгенівського випромінювання пов'язана з довжиною хвилі таким співвідношенням:

$$h\nu \approx 1,237/\lambda$$



Ультрафіолетові промені – отримуються від об'єктів які мають дуже високу температуру (сонце).



Гамма випромінювання

- ◎ це короткохвильове (завдовжки від 0,1 до 0,001 нм (10⁻¹²...10⁻¹⁰ см) електромагнітне випромінювання, яке виникає у випадку зміни енергетичного стану атомних ядер, що утворюються в результаті радіоактивного розпаду. Джерелами його є енергетичні переходи збуджених дочірніх ядер при альфа – та бета – перетвореннях ядер атомів, анігіляції електрон – позитронних пар, гальмуванні електронів високих енергій у речовині

Корпускулярне випромінювання

- ◎ це потік частинок, які мають ненульове значення маси спокою. До цього випромінювання належать потоки елементарних частинок (електронів, протонів), ядер різних елементів (гелію, кисню тощо), а також нейтронів – незаряджених елементарних частинок

радіоактивний розпад - це

- ⦿ Здатність ядер із збуджених станів переходити в інші стани, з меншою енергією, випускаючи частки
- ⦿ У результаті радіоактивного розпаду можуть випускатися γ -кванти (γ -розпад), електрони (β -розпад), позитрони (β^+ -розпад), α -частки (α -розпад).

- ⦿ При γ - розпаді відбувається спонтанне випусщення γ - кванта і перехід з одного збудженого стану ядра в інше, менш збуджене, чи основне.
- ⦿ При β^- - розпаді один з нейтронів ядра переходить у протон з утворенням електрона й антинейтрино.
- ⦿ При β^+ - розпаді один із протонів ядра переходить у нейтрон з утворенням позитрона й нейтрино

- ◎ **Бета-випромінювання** є потоком прискорених електронів (β^- -частинок) або античастинок електрона – позитронів (β^+ -частинок), які виникають під час розпаду відповідних радіоактивних ізотопів
- ◎ **Альфа-промені.** Випромінювання, що складається з альфа-частинок (α -частинок), які утворюються під час альфа-розпаду радіоактивних ізотопів, називають альфа-промені. Альфа-частинки – це ядра атомів гелію, що складаються з чотирьох нуклонів – двох протонів і двох нейтронів.
- ◎ **Мезони** – нестабільні заряджені чи нейтральні частки, що виникають при взаємодії первинного космічного випромінювання з атмосферою Землі чи прискорених часток з нуклідами.

- ⦿ Енергію, витрачену зарядженою частинкою або фотоном електромагнітного випромінювання на одиницю довжини їх пробігу в речовині, називають лінійною передачею енергії (ЛПЕ). В системі СІ її виражають в джоулях на метр, або в кілоелектронвольтах (кеВ) на мікрометр шляху у воді ($1\text{кеВ/мкм}=0,16\text{нДж/м}$).
- ⦿ Довжина пробігу залежить від енергії фотонного випромінювання, заряду, маси і швидкості частинок; причому ця залежність різко збільшується із зниженням швидкості і збільшенням маси частинки.

Для дослідження дії іонізуючих випромінювань потрібна точна специфікація радіаційного поля, тобто простору, в якому реєструється випромінювання. Цю специфікацію визначають методами **радіометрії**.

До головних радіометричних параметрів належать:

- *число частинок N , випромінених, перенесених або поглинутих опромінюваним об'єктом;*
- *потік іонізуючих частинок J_p – відношення числа dN іонізуючих частинок, що проходять крізь дану поверхню за інтервал часу dt , до цього інтервалу: $J_p = dN/dt$;*
- *енергія іонізуючого випромінювання E (без урахування енергії спокою частинок);*

- *потік іонізуючого випромінювання* J_r – відношення енергії dE іонізуючого випромінювання, що проходить крізь дану поверхню за інтервал часу dt до цього інтервалу: $J_r = dE/dt$;
- *перенесення (флюенс) іонізуючих частинок* Φ_r – відношення числа dN іонізуючих частинок, що проникають в елементарну сферу, до площі dS центрального перерізу цієї сфери: $\Phi_r = dN/dS$;
- *перенесення (флюенс) енергії іонізуючого випромінювання* Φ_r – відношення енергії dE іонізуючого випромінювання, що проникає в елементарну сферу, до площі dS центрального перерізу цієї сфери: $\Phi_r = dE/dS$; $[\Phi_r] = 1 \text{ Дж/м}^2$;

- ◎ *щільність потоку іонізуючих частинок ρ* – відношення потоку $dJ\rho$ іонізуючих частинок, що проникають в елементарну сферу, до площі dS центрального перерізу цієї сфери:
- ◎ $\varphi\rho = d\Phi\rho/dS = d\Phi\rho/dt = d^2N(dSdt)$;
- ◎ $[\varphi\rho] = 1 \text{ с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;
- ◎ *щільність потоку іонізуючого випромінювання r* – відношення потоку енергії Jr іонізуючого випромінювання, що проникає в елементарну сферу, до площі dS центрального перерізу цієї сфери:

Для розрахунку потужності експозиційної дози на певній відстані від точкового джерела іонізуючого випромінювання використовують співвідношення

$P_{\text{exp}} = \Gamma A / r^2$, де Γ – повна гамма-стала (Р/год); A – активність джерела (Бк); r – відстань від джерела до опромінюваного об'єкта.

Поглинута доза іонізуючого випромінювання (доза випромінювання) D_{ads} – відношення середньої енергії dE , переданої іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси dm речовини в цьому об'ємі:
 $D_{\text{ads}} = dE/dm$. $[D_{\text{ads}}] = 1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ Гр}$.

Відносна біологічна ефективність випромінювань різних типів

Відносна біологічна ефективність (ВБЕ) випромінювання – це коефіцієнт, який характеризує відносну ефективність дії радіації з різними значеннями ЛПЕ щодо певного біологічного ефекту.

$$\text{ВБЕ} = D_{st} / D_r$$

Крім ВБЕ, використовують також *коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання (КЯ)*, що показує, на яке число слід помножити значення поглинутої дози, аби врахувати ефективність дії різних типів випромінювань, котра варіює.

В разі рівномірного опромінення всього тіла організму інтенсивність прояву радіобіологічного ефекту інша, ніж у випадку, коли опромінення зазнає окремих органів чи тканин або коли опромінення окремих тканин неоднорідне (різні поглинуті дози).

В РАЗІ ОПРОМІНЕННЯ ОКРЕМОГО ОРГАНА ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ТАКОГО САМОГО ЕФЕКТУ, ЩО Й УНАСЛІДОК ОПРОМІНЕННЯ В ПЕВНІЙ ДОЗІ ВСЬОГО ТІЛА, ЗДЕБІЛЬШОГО ПОТРІБНІ БІЛЬШІ ДОЗИ РАДІАЦІЇ.

“ЕФЕКТИВНА ДОЗА” ТА “ЕКВІВАЛЕНТНА ЕФЕКТИВНА ДОЗА” ТОТОЖНІ.

Ефективна доза

Органи або тканини	K_{ef}
Гонади	0,20
Кістковий мозок (червоний)	0,12
Ободова кишка	0,12
Легені	0,12
Шлунок	0,12
Сечовий міхур	0,05
Молочна залоза	0,05
Печінка	0,05
Стравохід	0,05
Щитоподібна залоза	0,05
Шкіра	0,01
Поверхневий шар кісток	0,01
Решта органів	0,05

Дозиметричні величини, що характеризують умови опромінення людини, встановлюють дозові навантаження на людей для запобігання негативним наслідкам дії радіації на їхнє здоров'я. Із цих величин найчастіше використовуються:

- *очікувана еквівалентна доза*
 - результат сумації еквівалентних доз опромінення, які людина отримує за певний період її життя.
- *очікувана ефективна доза*
 - результат інтегрування потужності ефективної дози D_{ef} по часу з тими самими часовими інтервалами, що й у випадку очікуваної еквівалентної дози.

Класифікація потужностей доз опромінення

Традиційно умовно виділяють чотири групи потужностей доз опромінення:

- ❑ *надвисокі* (порядку $10^{11} \dots 10^9$ Гр/хв), коли доза передається організму за частки секунди;
- ❑ *високі* (порядку $10^4 \dots 1$ Гр/хв), коли доза передається за кілька хвилин;
- ❑ *низькі* (порядку $1 \dots 10^{-3}$ Гр/хв), коли доза передається протягом багатьох годин або днів;
- ❑ *дуже низькі* (порядку до 10^{-3} сГр/хв), коли передавання дози триває тижні, місяці й навіть роки.