

Йонізаційна дія радіоактивного випромінювання

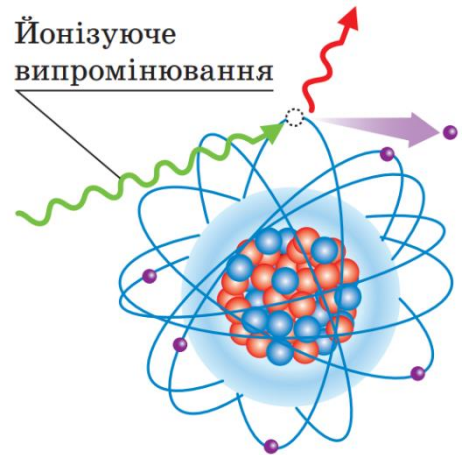
Як впливають радіоактивні речовини на організм людини?

1. Вплив йонізуючого випромінювання на організм

Потрапляючи в речовину, радіоактивне випромінювання передає їй енергію.

Йонізуюче випромінювання – це випромінювання, взаємодія якого з речовиною призводить до йонізації її атомів і молекул.

Унаслідок поглинання енергії йонізуючого випромінювання електрон вилітає з атома й атом перетворюється на позитивний йон.



Йонізація атомів і молекул тканин призводить до пошкодження клітин і зміни структури тканин.

Радіоактивне опромінення призводить до порушень функцій органів:

- зростають крихкість і проникність судин;
- знижується опірність організму;
- відбувається розлад діяльності шлунково-кишкового тракту;
- порушуються функції кровотворних органів;
- нормальні клітини перероджуються на злоякісні.

2. Характеристика йонізуючого випромінювання

Проблемне питання

- Як охарактеризувати йонізуюче випромінювання?

Поглинута доза йонізуючого випромінювання (D) – це відношення енергії W йонізуючого випромінювання, поглинутої речовиною, до маси m цієї речовини.

$$D = \frac{W}{m}$$

Одиниця поглинутої дози в СІ – **грей** (на честь англійського фізика Льюїса Гарольда Грея (1905–1965))

$$[D] = 1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Проблемне питання

• Чи однаковим є біологічний вплив різних видів випромінювання на організми за однакової поглинутої дози? (Неоднаковий. Наприклад, за однакової енергії α -випромінювання значно небезпечніше, ніж β - або γ -випромінювання.)

Еквівалентна доза йонізуючого випромінювання (H) – це фізична величина, яка характеризує біологічний вплив поглинутої дози йонізуючого випромінювання.

$$H = KD$$

D – поглинута доза;

K – коефіцієнт якості (характеризує небезпечність даного виду випромінювання: чим більший коефіцієнт якості, тим небезпечнішим є випромінювання).

Одиниця еквівалентної дози в СІ – **зіверт** (на честь шведського вченого Рольфа-Максиміліана Зіверта (1896–1966))

$$[H] = 1 \text{ Зв}$$

Коефіцієнти якості деяких видів йонізуючого випромінювання

Вид випромінювання	Коефіцієнт якості (K)
α -випромінювання	20
β -випромінювання	1
γ -випромінювання	1
Нейтрони	5 – 10
Протони	5

Доза йонізуючого випромінювання залежить від часу опромінення: чим більший час опромінення, тим більшою є доза випромінювання.

Потужність дози йонізуючого випромінювання (P_D) – це відношення дози йонізуючого випромінювання D до часу опромінення t .

$$P_D = \frac{D}{t}$$

Одиниця потужності дози йонізуючого випромінювання в СІ – **грей на секунду**

$$[P_D] = \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

3. Особливості впливу радіації

Особливості впливу радіації (зовнішнє опромінення):

- Найбільш чутливими до радіації є ті клітини, що швидко діляться (першим відчуває дію радіоактивного випромінювання кістковий мозок, унаслідок чого порушується процес кровотворення).
- Різні типи організмів мають різну чутливість до радіоактивного випромінювання (найстійкішими до радіації є одноклітинні).
- Наслідки впливу однакової поглинутої дози випромінювання залежать від віку організму.

Особливості впливу радіації (внутрішнє опромінення):

- Деякі радіонукліди здатні вибірково накопичуватися в окремих органах (30 % йоду накопичується в щитоподібній залозі, маса якої становить лише 0,03 % маси тіла людини. Радіоактивний йод, таким чином, усю свою енергію віддає невеликому об'єму тканини).
- Внутрішнє опромінення є тривалим (радіонуклід, який потрапив в організм, не відразу виводиться з нього, а зазнає низки радіоактивних перетворень

усередині організму. При цьому виникає радіоактивне випромінювання, яке йонізує молекули й цим змінює їхню біохімічну активність).

4. Радіаційний фон

Радіаційний фон – йонізуюче випромінювання земного та космічного походження. (будівельні матеріали 1,4 мЗв; ядерні випробування 0,025 мЗв; атомна енергетика 0,002 мЗв; медичні дослідження 1,4 мЗв; телевізори та монітори 0,001 мЗв; космічне випромінювання 0,35 мЗв; зовнішнє природне опромінення 0,35 мЗв).

Природний радіаційний фон – це випромінювання природних радіонуклідів і космічне випромінювання.

У результаті діяльності людини радіаційний фон Землі значно змінився – відбулося *техногенне підвищення радіаційного фону*.

5. Дозиметр

Дозиметр – прилад для вимірювання дози йонізуючого випромінювання, отриманого приладом (і тим, хто ним користується) за деякий інтервал часу.

Радіометр (або дозиметр другого типу) – прилад для вимірювання інтенсивності радіоактивного випромінювання від певного джерела (рідини, газу, забрудненої поверхні).



Будова дозиметра:

Детектор – пристрій, що слугує для реєстрації йонізуючого випромінювання. У разі потрапляння йонізуючого випромінювання на детектор виникають електричні сигнали (імпульси струму або напруги), які зчитує *вимірювальний пристрій*. Дані про дозу йонізуючого випромінювання подаються на *вихідний пристрій* (виводяться на дисплей дозиметра); інформація про підвищення радіації може подаватися світінням, звуковим сигналом.



Розв'язування вправ

1. Чи є на Землі місця, де немає природного радіоактивного фону?

Таких місць на поверхні Землі немає, тому що природний радіоактивний фон переважно створюється за рахунок космічного випромінювання.

2. Де природний радіоактивний фон вищий: поблизу гранітних кар'єрів чи на поверхні моря?

Поблизу гранітних кар'єрів природний радіоактивний фон вищий. Над поверхнею морів і океанів середній радіаційний фон зменшується більш ніж удвічі в порівнянні з поверхнею суші за рахунок екрануючих властивостей шару води.

3. Як буде змінюватися природний радіоактивний фон в міру підняття на повітряній кулі?

Природний радіоактивний фон в міру підняття на повітряній кулі буде збільшуватися за рахунок космічного випромінювання.

4. Тіло людини масою 75 кг протягом року поглинуло радіоактивне випромінювання з енергією 0,3 Дж. Визначте поглинуту дозу випромінювання.

Дано:

$$m = 75 \text{ кг}$$

$$W = 0,3 \text{ Дж}$$

$$D = ?$$

Розв'язання

$$D = \frac{W}{m}; \quad [D] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{Гр}$$

$$D = \frac{0,3}{75} = 0,004 \text{ (Гр)}$$

Відповідь: $D = 4 \text{ мГр}$.

5. Під час роботи з радіоактивними препаратами лаборант піддається опроміненню з потужністю поглиненої дози 0,02 мкГр/с. Яку дозу опромінення отримує лаборант впродовж робочої зміни тривалістю 4 години?

Дано:

$$P_D = 0,02 \frac{\text{мкГр}}{\text{с}}$$

$$= 2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$t = 4 \text{ год}$$

$$= 14,4 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$D = ?$$

Розв'язання

$$P_D = \frac{D}{t} \Rightarrow D = P_D t;$$

$$[D] = \frac{\text{Гр}}{\text{с}} \cdot \text{с} = \text{Гр}$$

$$D = 2 \cdot 10^{-8} \cdot 14,4 \cdot 10^3 = 28,8 \cdot 10^{-5} (\text{Гр})$$

Відповідь: $D = 0,29 \text{ мГр}$.

6. Безпечною еквівалентною дозою йонізуючого опромінення є 15 мЗв за 1 рік. Якій потужності поглиненої дози для γ -випромінювання це відповідає?

Дано:

$$H = 15 \text{ мЗв}$$

$$= 15 \cdot 10^{-3} \text{ Зв}$$

$$t = 1 \text{ рік}$$

$$= 3,1536 \cdot 10^7 \text{ с}$$

$$K = 1$$

$$P_D = ?$$

Розв'язання

$$1 \text{ рік} = 365 \text{ діб} = 365 \cdot 24 \text{ год} = 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}$$

$$= 31536000 \text{ с} = 3,1536 \cdot 10^7 \text{ с}$$

$$P_D = \frac{D}{t}; \quad H = KD \Rightarrow D = \frac{H}{K}$$

$$P_D = \frac{H}{Kt}; \quad [P_D] = \frac{\text{Зв}}{1 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

$$P_D = \frac{15 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 3,1536 \cdot 10^7} \approx 4,76 \cdot 10^{-10} \left(\frac{\text{Гр}}{\text{с}} \right)$$

Відповідь: $P_D \approx 4,76 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$.