



ННЦ «ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ»

Київського національного університету імені Тараса  
Шевченка

# РАДІОБІОЛОГІЯ

д.б.н., професор кафедри  
біофізики

Мартинюк Віктор Семенович



Київ  
2014

© В.С. Мартинюк



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Радіобіологія організму людини і тварин.**
- **Радіочутливість тканин і органів організму людини і тварин.**
- **Гостра відповідь тканин.**
- **Радіаційний синдром і променева хвороба людини і тварин.**
- **Летальні дози для організму людини і тварин.**
- **Відновлення організму після дії іонізуючого опромінення.**
- **Біологічна дія радіоактивних ізотопів.**
- **Вплив іонізуючої радіації на ембріогенез.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Радіобіологія організму людини і тварин.**
- **Радіочутливість тканин і органів організму людини і тварин.**

**Радіаційне ураження організму людини залежить від декількох головних факторів:**

- 1. Величини поглинутої дози випромінювання.**
- 2. Розподілення поглинутої дози в об'ємі, що опромінюється, і у часі.**
- 3. Радіочутливістю окремих тканин, органів і функціональних систем, головним чином критичних з точки зору виживання організму.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



***Критичними органами*** є життєво важливі органи і фізіологічні системи, функції яких порушуються в першу чергу при певній дозі радіації, що призводить до незворотних змін і загибелі організму.

На органно-тканинному рівні має виконуватися ***правило Бергоньє-Трибондо***: радіочутливість тканини прямо пропорційна проліферативної активності та обернено пропорційна ступеню диференціювання складових її клітин.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



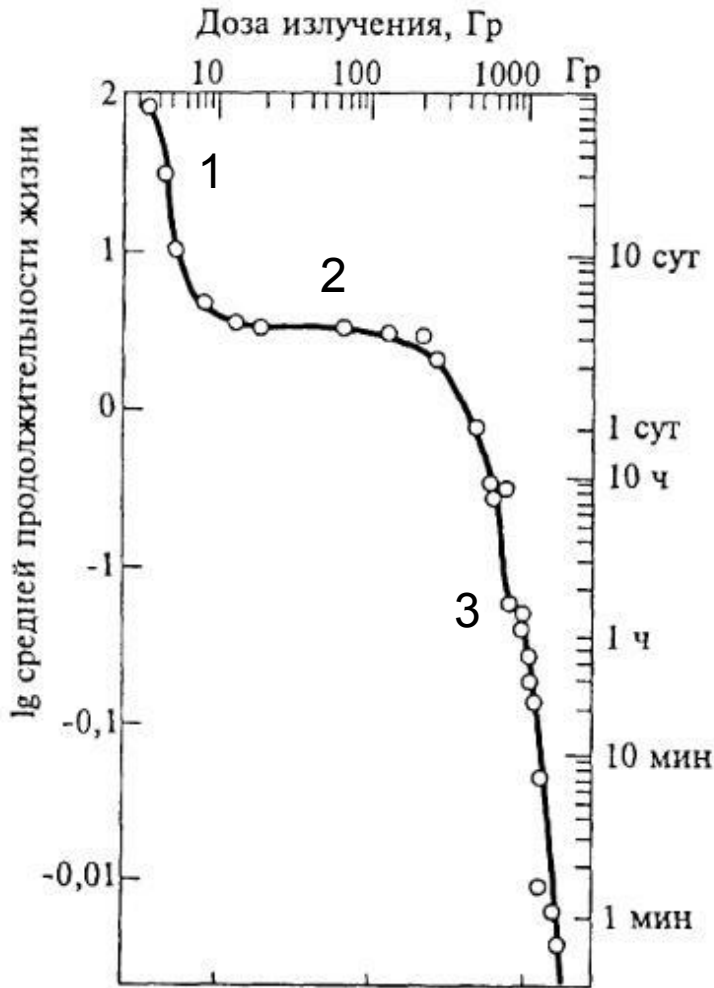
***Критичними органами*** є життєво важливі органи і фізіологічні системи, функції яких порушуються в першу чергу при певній дозі радіації, що призводить до незворотних змін і загибелі організму.

За радіочутливістю всі тканини розділяють на три групи:

**1 група** - гонади , червоний кістковий мозок, епітелій кишечника.

**2 група** – ендокринні залози, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт (за виключенням епітелію кишечника), легені , кришталіки очей та інші органи і тканини, що не відносяться до 1-ї і 3-ї груп.

**3 група** - м'язи, шкірний покрив, кісткова тканина, нервова система.



Розрізняють три види радіаційного синдрому:

1. кістково-мозковий (кровотворний);
2. шлунково-кишковий;
3. церебральний.

Рис. 12.1. Зависимость средней продолжительности жизни мышей после однократного рентгеновского облучения от дозы (в логарифмическом масштабе) (по Б. Раевскому, 1954)



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Гостра відповідь тканин.**

## **Кровотворна система і кров**

1. Кровотворна тканина є однією з найбільш швидко регенеруючих ( $\sim 5 \cdot 10^{11}$  клітин за добу). Мітотичний індекс кістковомозкових клітин, здатних до поділу, становить 20-25%, що характеризує високу радіочутливість цієї тканини.

2. Функціональні та структурні зміни у кістковому мозку після впливу іонізуючого випромінювання з'являються рано і виражені дуже сильно. Показники кровотворення використовуються для розпізнавання і прогнозування ступеня тяжкості променевого ураження. За змінами у хромосомах перші ознаки ураження гемопоезу виявляються при впливі на кістковий мозок іонізуючих випромінювань

В

Дозі



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Гостра відповідь тканин.**

## **Кровотворна система і кров**

**Пострадіаційні зміни кісткового мозку характеризуються чотирма стадіями:**

**I стадія** – стадія раннього некробіозу кровотворних клітин (короткий період);

**II стадія** – стадія подальшого спустошення кісткового мозку (більш тривалий період);

**III стадія** – стадія короткого абортивного підйому мієлокаріоцитів (внаслідок активізації поділу клітин, які залишились);

**IV стадія** - системна регенерація кісткового мозку. Регенерація еритроїдної ланки починається раніше, ніж мієлоїдної.





# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

**Відновлення гемопоезу до рівня, що забезпечує виживання організму, можливо при збереженні активності 1% стовбурових клітин.**

**Відновлення клітин у периферичній крові відбувається в певній послідовності: спочатку підвищується число ретикулоцитів, гранулоцитів і тромбоцитів, потім - еритроцитів і наприкінці лімфоцитів.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Гостра відповідь тканин.**

## **Шлунково-кишковий тракт**

**«Критичним» органом ШКТ в ранній реакції на опромінення є тонкий кишечник. Його радіаційне ураження пов'язано з пошкодженням епітелію, який характеризується високою мітотичної активністю (протягом доби в ньому утворюється  $\sim 5,6 \cdot 10^{10}$  клітин).**

**При сублетальними дозах порушується регенерація епітелію слизової оболонки внаслідок пригнічення мітотичної активності камбіальних клітин, розташованих в глибині крипт. Це призводить до порушення всмоктувальної, бар'єрної та інших функцій слизової оболонки і до диспепсичних розладів.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- Гостра відповідь тканин.

## Нервова система

При радіаційних ураженнях нервової системи спостерігаються судинні зміни як один із проявів загального геморагічного синдрому: переповнення судин кров'ю, стази, спазми, плазморагії, точкові і великі крововиливи в мозок і оболонки.

Виражені морфологічні прояви радіаційного ураження клітин центральної нервової системи спостерігаються, як правило, тільки після впливу великих доз ~ 50 Гр (!) і вище.

Найбільш ранні зміни виявляються у синапсах у вигляді злипання синаптичних бульбашок в центральній частині пресинаптичних терміналей або в активній зоні.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Гостра відповідь тканин.**

## **Нервова система**

**В момент опромінення формується первинна рефлекторна реакція нервової системи. Вона пов'язана з впливом на хеморецептори, що контролюють утворення в тканинах хімічно активних речовин, і спазмом мозкових судин.**

**Під впливом токсинів виникає потужна аферентна пульсація, що викликає відповідну реакцію ЦНС у вигляді нудоти, блювоти і адинамії.**

**Після закінчення дії на організм іонізуючих випромінювань припиняється утворення токсинів і створюються умови для нормалізації функцій нервової системи. У подальшому неврологічні розлади розвиваються у період розвитку променевої хвороби.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Радіаційний синдром і променева хвороба людини і тварин.**

**Гостра променева хвороба** - полісиндромне захворювання, що розвивається після одноразового нетривалого впливу зовнішнього гамма-, нейтронного і рентгенівського опромінення в дозі, що перевищує 1 Гр, при умові рівномірного опромінення всього тіла.

Патогенез гострого променевого ураження складний і не однозначний. Тут інтегруються різні за своєю природою порушення. Прояви цих порушень і їх поєднання визначають клінічну картину гострої променевої хвороби, її тяжкість і кінцевий результат.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

## Головні патологічні механізми променевої хвороби:

1. первинний вплив іонізуючого випромінювання на клітини, тканини, органи;
2. опосередкований вплив опромінення через нервову та ендокринну системи і зміна нейроендокринної регуляції.
3. зміна обміну речовин;
4. інтоксикація організму;
5. порушення гемопоезу (гостра променева аплазія кісткового мозку і цитопенія в периферичній крові);
6. функціональні та морфологічні порушення шлунково-кишкового тракту (гострий радіаційний стоматит, гастроентерит, зміна водного та електролітного балансу, радіаційний гепатит);



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

## Головні синдроми променевої хвороби:

7. пригнічення імунологічної реактивності з розвитком інфекційних ускладнень;
8. порушення функцій серцево-судинної системи;
9. порушення гемо- та ліквородинаміки з розвитком набряку головного мозку і прояв симптомів радіаційного енцефаломієлоза.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

## Головні патологічні механізми променевої хвороби:

1. Гематологічний синдром.
2. Геморагічний синдром.
3. Синдром інфекційних ускладнень.
4. Синдром функціонального і органічного ураження центральної нервової системи.
5. Синдром ендокринних порушень.
6. Синдром ендогенної токсемії.
7. Синдром кишкових розладів.
8. Дистрофічний синдром.





# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

## Основні фази променевої хвороби:

1. Первинна реакція.
2. Скритий період.
3. Фаза розпалу.
4. Фаза відновлення.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Летальні дози для організму людини і тварин.**

**3 - 6 Гр**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Біологічна дія радіоактивних ізотопів**

**В кінетиці надходження в організм радіонуклідів можна виділити 4 етапи:**

- 1) утворення на місці надходження первинного депо (шкіра, рани, слизові оболонки шлунково-кишкового тракту, верхніх дихальних шляхів);**
- 2) всмоктування з місць надходження в кров або лімфу;**
- 3) надходження в критичний орган (утворення вторинних депо);**
- 4) виведення різними шляхами, в тому числі і з явищами рециркуляції.**

**Тривалість перерахованих етапів істотно розрізняється для різних радіонуклідів, їх сполук, шляхів надходження**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



## PERIODIC TABLE Atomic Properties of the Elements

**NIST**  
National Institute of Standards and Technology  
Technology Administration, U.S. Department of Commerce

**Frequently used fundamental physical constants**  
For the most accurate values of these and other constants, visit [physics.nist.gov/constants](http://physics.nist.gov/constants)  
1 second = 9 192 631 770 periods of radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of  $^{133}\text{Cs}$

speed of light in vacuum	$c$	299 792 458 m s <sup>-1</sup> (exact)
Planck constant	$h$	6.6261 × 10 <sup>-34</sup> J s ( $h = h/2\pi$ )
elementary charge	$e$	1.6022 × 10 <sup>-19</sup> C
electron mass	$m_e$	9.1094 × 10 <sup>-31</sup> kg
proton mass	$m_p$	0.5110 MeV
fine-structure constant	$\alpha$	1.6726 × 10 <sup>-27</sup> kg
Rydberg constant	$R_\infty$	1/137.036
	$R_\infty c$	10 973 732 m <sup>-1</sup>
	$R_\infty h c$	3.289 842 × 10 <sup>15</sup> Hz
Boltzmann constant	$k$	13.6057 eV
		1.3807 × 10 <sup>-23</sup> J K <sup>-1</sup>

- Solids
- Liquids
- Gases
- Artificially Prepared

Physics Laboratory <a href="http://physics.nist.gov">physics.nist.gov</a>		Standard Reference Data Group <a href="http://www.nist.gov/srd">www.nist.gov/srd</a>															
13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA												
5 <b>B</b> Boron 10.811 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> 8.2980	6 <b>C</b> Carbon 12.0107 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> 11.2603	7 <b>N</b> Nitrogen 14.0067 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> 14.5341	8 <b>O</b> Oxygen 15.9994 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> 13.6181	9 <b>F</b> Fluorine 18.9984032 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> 17.4228	10 <b>Ne</b> Neon 20.1797 1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 21.5645												
13 <b>Al</b> Aluminum 26.981538 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	14 <b>Si</b> Silicon 28.0855 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> 8.1517	15 <b>P</b> Phosphorus 30.973761 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> 10.4807	16 <b>S</b> Sulfur 32.065 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 10.3600	17 <b>Cl</b> Chlorine 35.453 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 12.9670	18 <b>Ar</b> Argon 39.948 [Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 15.7596												
19 <b>K</b> Potassium 39.0983 [Ar]4s <sup>1</sup> 4.3407	20 <b>Ca</b> Calcium 40.078 [Ar]4s <sup>2</sup> 6.1132	21 <b>Sc</b> Scandium 44.955910 [Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> 6.5615	22 <b>Ti</b> Titanium 47.887 [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> 6.8281	23 <b>V</b> Vanadium 50.9415 [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> 6.7462	24 <b>Cr</b> Chromium 51.9961 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> 6.7685	25 <b>Mn</b> Manganese 54.938049 [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> 7.4340	26 <b>Fe</b> Iron 55.845 [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 7.9024	27 <b>Co</b> Cobalt 58.933200 [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 7.8810	28 <b>Ni</b> Nickel 58.6934 [Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 7.6398	29 <b>Cu</b> Copper 63.546 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 7.7264	30 <b>Zn</b> Zinc 65.409 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 9.2942	31 <b>Ga</b> Gallium 69.723 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> 4p <sup>1</sup> 5.9993	32 <b>Ge</b> Germanium 72.64 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> 7.8904	33 <b>As</b> Arsenic 74.92160 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> 9.7886	34 <b>Se</b> Selenium 78.96 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> 9.7524	35 <b>Br</b> Bromine 79.904 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> 9.8710	36 <b>Kr</b> Krypton 83.798 [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> 13.9996
37 <b>Rb</b> Rubidium 85.4678 [Kr]5s <sup>1</sup> 1.771	38 <b>Sr</b> Strontium 87.62 [Kr]5s <sup>2</sup> 5.9949	39 <b>Y</b> Yttrium 88.90585 [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> 6.2173	40 <b>Zr</b> Zirconium 91.224 [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> 6.6339	41 <b>Nb</b> Niobium 92.90638 [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> 6.7589	42 <b>Mo</b> Molybdenum 95.94 [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> 7.0924	43 <b>Tc</b> Technetium (98) [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> 7.28	44 <b>Ru</b> Ruthenium 101.07 [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> 7.3605	45 <b>Rh</b> Rhodium 102.90550 [Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> 7.4589	46 <b>Pd</b> Palladium 106.42 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup> 8.3369	47 <b>Ag</b> Silver 107.8682 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> 7.5762	48 <b>Cd</b> Cadmium 112.411 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 8.9938	49 <b>In</b> Indium 114.818 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> 7.3439	50 <b>Sn</b> Tin 118.710 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> 7.3439	51 <b>Sb</b> Antimony 121.760 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> 8.6084	52 <b>Te</b> Tellurium 127.60 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> 9.0096	53 <b>I</b> Iodine 126.90447 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> 10.4513	54 <b>Xe</b> Xenon 131.293 [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> 12.1298
55 <b>Cs</b> Cesium 132.90545 [Xe]6s <sup>1</sup> 8.9339	56 <b>Ba</b> Barium 137.327 [Xe]6s <sup>2</sup> 5.2117	72 <b>Hf</b> Hafnium 178.49 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> 6.8251	73 <b>Ta</b> Tantalum 180.9479 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> 7.4640	74 <b>W</b> Tungsten 183.84 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> 7.8640	75 <b>Re</b> Rhenium 186.207 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> 7.8335	76 <b>Os</b> Osmium 190.23 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 8.4382	77 <b>Ir</b> Iridium 192.217 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> 8.9670	78 <b>Pt</b> Platinum 195.078 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> 8.9588	79 <b>Au</b> Gold 196.96655 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> 9.2255	80 <b>Hg</b> Mercury 200.59 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 10.4375	81 <b>Tl</b> Thallium 204.3833 [Xe]6p <sup>1</sup> 6.1082	82 <b>Pb</b> Lead 207.2 [Xe]6p <sup>2</sup> 7.1670	83 <b>Bi</b> Bismuth 208.98038 [Xe]6p <sup>3</sup> 7.2855	84 <b>Po</b> Polonium (209) [Xe]6p <sup>4</sup> 8.414	85 <b>At</b> Astatine (210) [Xe]6p <sup>5</sup> 8.414	86 <b>Rn</b> Radon (222) [Xe]6p <sup>6</sup> 10.7485	
87 <b>Fr</b> Francium (223) [Rn]7s <sup>1</sup> 4.0727	88 <b>Ra</b> Radium (226) [Rn]7s <sup>2</sup> 5.2784	104 <b>Rf</b> Rutherfordium (261) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	105 <b>Db</b> Dubnium (262) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	106 <b>Sg</b> Seaborgium (266) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	107 <b>Bh</b> Bohrium (264) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	108 <b>Hs</b> Hassium (277) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	109 <b>Mt</b> Meitnerium (268) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	110 <b>Uun</b> Ununnilium (261) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	111 <b>Uuu</b> Unununium (272) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	112 <b>Uub</b> Unbinilium (285) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0 ?	114 <b>Uuq</b> Ununquadium (289) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 7p <sup>1</sup> 6.0 ?	116 <b>Uuh</b> Ununhexium (292) [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 7p <sup>3</sup> 6.0 ?					

Period

Group  
1  
IA

3 IIIB 4 IVB 5 VB 6 VIB 7 VIIB 8 VIII 9 VIII 10 VIII 11 IB 12 IIB

Atomic Number: 58  
Ground-state Level:  $4f^7 5d^1 6s^2$   
Symbol: **Ce**  
Name: Cerium  
Atomic Weight: 140.116  
Ground-state Configuration: [Xe]4f<sup>7</sup>5d<sup>1</sup>6s<sup>2</sup>  
Ionization Energy (eV): 5.5387

Lanthanides  
Actinides

57 <b>La</b> Lanthanum 138.9055 [Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 5.5769	58 <b>Ce</b> Cerium 140.116 [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 5.5387	59 <b>Pr</b> Praseodymium 140.90765 [Xe]4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> 5.473	60 <b>Nd</b> Neodymium 144.24 [Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> 5.5250	61 <b>Pm</b> Promethium (145) [Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> 5.582	62 <b>Sm</b> Samarium 150.36 [Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 5.6437	63 <b>Eu</b> Europium 151.964 [Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> 5.6704	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157.25 [Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 5.6498	65 <b>Tb</b> Terbium 158.92534 [Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> 5.6638	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162.500 [Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 5.9389	67 <b>Ho</b> Holmium 164.93032 [Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup> 6.0215	68 <b>Er</b> Erbium 167.259 [Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup> 6.1077	69 <b>Tm</b> Thulium 168.93421 [Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup> 6.1843	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173.04 [Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup> 6.2542	71 <b>Lu</b> Lutetium 174.967 [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 5.4259
89 <b>Ac</b> Actinium (227) [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 5.17	90 <b>Th</b> Thorium 232.0381 [Rn]6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> 6.3067	91 <b>Pa</b> Protactinium 231.03688 [Rn]5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 5.89	92 <b>U</b> Uranium 238.02891 [Rn]5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 6.1941	93 <b>Np</b> Neptunium (237) [Rn]5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 6.2657	94 <b>Pu</b> Plutonium (244) [Rn]5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> 6.0260	95 <b>Am</b> Americium (243) [Rn]5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> 5.9738	96 <b>Cm</b> Curium (247) [Rn]5f <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup> 5.9914	97 <b>Bk</b> Berkelium (247) [Rn]5f <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup> 6.1979	98 <b>Cf</b> Californium (251) [Rn]5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 6.2817	99 <b>Es</b> Einsteinium (252) [Rn]5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup> 6.42	100 <b>Fm</b> Fermium (257) [Rn]5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup> 6.50	101 <b>Md</b> Mendelevium (258) [Rn]5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup> 6.58	102 <b>No</b> Nobelium (259) [Rn]5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup> 6.65	103 <b>Lr</b> Lawrencium (262) [Rn]5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup> 7p <sup>1</sup> 4.9 ?

<sup>1</sup>Based upon  $^{12}\text{C}$ . () indicates the mass number of the most stable isotope.

For a description of the data, visit [physics.nist.gov/data](http://physics.nist.gov/data)

NIST SP 966 (September 2003)



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Цезій-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )** є одним з головних компонентів радіоактивного забруднення біосфери.

Період напіврозпаду – 30.167 років.



Ітрій  ${}^{90}\text{Y}$  є також радіоактивним, має період напіврозпаду 64 години і в процесі  $\beta$ -розпаду з енергією 2,28 MeV перетворюється на стабільний цирконій  ${}^{90}\text{Zr}$ .

Інтенсивно сорбується в ґрунтах і донних відкладеннях.

У воді знаходиться переважно у вигляді іонів.

Коефіцієнт накопичення  ${}^{137}\text{Cs}$  найбільш високий у прісноводних водоростей і арктичних наземних рослин, особливо лишайників. Накопичується в грибах (маслюки, моховики, польський гриб та інші)

В організмі тварин  ${}^{137}\text{Cs}$  накопичується головним чином у м'язах і печінці.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Стронцій-90** - радіоактивний нуклід з періодом напіврозпаду 28.796 років.

Утворюється переважно при поділі ядер в ядерних реакторах і при вибухах ядерної зброї.

Стронцій є аналогом кальцію і здатний міцно фіксуватись в кістках. Тривале радіаційний вплив  $^{90}\text{Sr}$  і продуктів його розпаду вражає кісткову тканину і кістковий мозок, що призводить до розвитку променевої хвороби, пухлин кровотворної тканини і кісток.

Є найбільш небезпечним для дітей у зв'язку з його активним поглинанням кістками, що ростуть.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



- **Йод-131 ( $^{131}\text{I}$ )** - радіоактивний нуклід хімічного елемента йоду з атомним номером 53 і масовим числом 131.

Період напіврозпаду становить близько 8 діб.

Йод-131 є продуктом розпаду урану, плутонію і торію, складаючи до 3% продуктів поділу ядер.

У зв'язку з бета-розпадом йод - 131 викликає мутації і загибель клітин, в які він проникає, і оточуючих тканин на глибину кількох міліметрів.

Йод-131 в значній кількості утворювався після ядерних випробувань, аварії в Чорнобилі, Фукусімі та на інших об'єктах.

Основне застосування знайшов в медицині і фармацевтиці для боротьби з раком щитовидної залози.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

- **Вплив іонізуючої радіації на ембріогенез**

Дані про дію іонізуючих випромінювань на ембріогенез у людини отримані в результаті вивчення наслідків променевої терапії (при опроміненні області живота вагітних жінок) і досліджень дітей, які зазнали внутрішньоутробного опромінення в Хіросімі і Нагасакі, при аваріях на АЕС та на інших об'єктах .

Загальна закономірність - радіочутливість плоду тим вище, чим менше вік плоду.

Іонізуюча радіація надає *тератогенний ефект* - це виникнення вад розвитку внаслідок дії іонізуючого випромінювання *in utero*.

У дітей, що вижили шкідливу дію радіації проявляється у вигляді різних каліцтв, затримки фізичного та розумового розвитку або їх поєднань. Найбільш часті каліцтва - мікроцефалія, гідроцефалія, аномалії розвитку серця, імунної і ендокринної систем.





# РАДІОБІОЛОГІЯ



**Тератогенні ефекти спостерігаються навіть при малих дозах, починаючи приблизно з 0.1 Гр.**

**Період найбільшою радіочутливості ембріона людини сильно розтягнутий у часі. Він починається, ймовірно, з зачаття і закінчується приблизно через 38 днів після імплантації.**

**Протягом 38 днів розвитку у ембріона людини починають формуватися зачатки всіх органів з клітин первинних типів.**

**Інтенсивні перетворення у ембріона людини в період між 18-ю і 38-ю днями відбуваються в кожній з тканин.**

**Перехід будь-якої клітини з ембріонального стану в стан зрілості є найбільш радіочутливим періодом її формування та життя. Всі тканини в цей час є високо радіочутливими.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



Кафедра Біофізики

**Опромінення на ранніх стадіях (до імплантації і на початку органогенезу), як правило, закінчується внутрішньоутробної загибеллю або загибеллю новонародженого.**

**Вплив іонізуючої радіації у період основного органогенезу викликає суттєві вади розвитку ембріону, а опромінення сформованого плоду призводить до розвитку променевої хвороби новонародженого.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



**Мозаїчність процесу диференціювання ембріона і пов'язане з цим процесом зміна числа найбільш радіочутливих клітин визначають ступінь радіочутливості тієї чи іншої системи або органу і ймовірність появи специфічної аномалії в кожен момент часу.**

**Фракціоноване опромінення плоду призводить до більш важких пошкоджень, так як вплив охоплює різноманітні типи зародкових клітин у різний час, що викликає пошкодження великої кількості зачатків органів, що знаходяться в критичних стадіях розвитку. У цей період максимальне ураження може бути спровоковано дуже малими дозами іонізуючого випромінювання.**

**Для отримання аномалій в більш пізній період ембріонального розвитку потрібно вплив великих доз.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



**Приблизно через 40 діб після зачаття суттєві вади ембріонального розвитку викликати важко, а після народження - неможливо.**

**Але, окремі зародкові клітини, здатні акумулювати дію випромінювання.**

**Найбільший ризик розвитку розумових розладів спостерігається при опроміненні плоду в період від 8 до 15 тижнів після запліднення.**



# РАДІОБІОЛОГІЯ



## Експериментальні дані на савцях

Деякі наслідки опромінення плоду ссавців ( по: Ярмоненко , 1988 )

1. Загибель плоду або новонароджених.

2. Ураження нервової системи:

- відсутність (анцефалія) і/або зменшення розмірів головного мозку (мікроцефалія) і черепно-мозкових нервів;
- відсталість у розвитку нервової системи (ідіотія у людини);
- захворювання мозку (нейробластома, водянка)

3. Ураженні органів зору: відсутність одного або обох очей (ан офтальмія); недорозвинення очей (мікрофтальмія); поразка (аж до відсутності) кришталіка; деформація райдужної оболонки; ураження (аж до відсутності) сітківки; вроджена глаукома та інші.



# РАДІОБІОЛОГІЯ



## Експериментальні дані на савцях

### Порушення росту і форми тіла:

- карликовість;
- затримка росту і зниження маси тіла;
- зміна форми черепа;
- воронкообразная груди;
- врожденний вивих стегна;
- деформація і атрофія кінцівок;

### Порушення у розвитку зубної системи.

Порушення у розвитку внутрішніх органів (серця, нирок, яєчників, сім'яників та ін.)

Підвищена ймовірність розвитку лейкемії (раку крові) у подальшому житті.

A silhouette of a person stands in the center of the frame, facing forward. Behind them, numerous bright green laser beams radiate outwards in all directions, creating a starburst effect against a dark background. The beams are sharp and vibrant, contrasting with the dark surroundings.

**Дякую за увагу**