

# Дисципліна: «Основи охорони праці»

**Лектор:**

к.т.н., доцент кафедри  
«Охорони праці і навколишнього  
середовища» КНУБА

**Викладацька:**  
ауд. 207 «С»

**Гунченко**

**Оксана Миколаївна**

ел. адреса:

[gunchenko.oksana@gmail.com](mailto:gunchenko.oksana@gmail.com)



# Дисципліна ООП. Лекція № 10

**Тема:** Електромагнітні випромінювання та радіаційна безпека.



## План лекційного заняття

Вступ.

1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.
2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності
3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

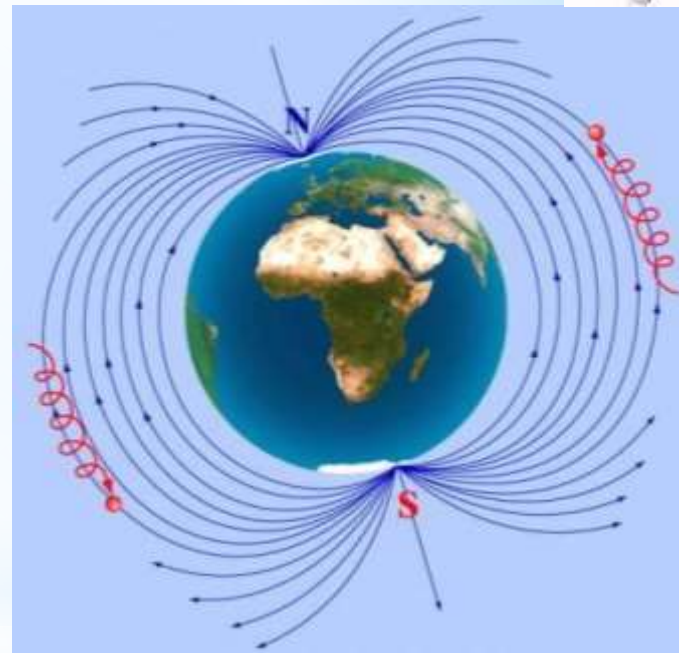


# Дисципліна ООП. Лекція № 10



У процесі науково-технічного розвитку людство додало до фонового (природного) випромінювання цілий ряд факторів, які підсилили біосферні електромагнітні поля (ЕМП) в декілька разів (антропогенні ЕМП).

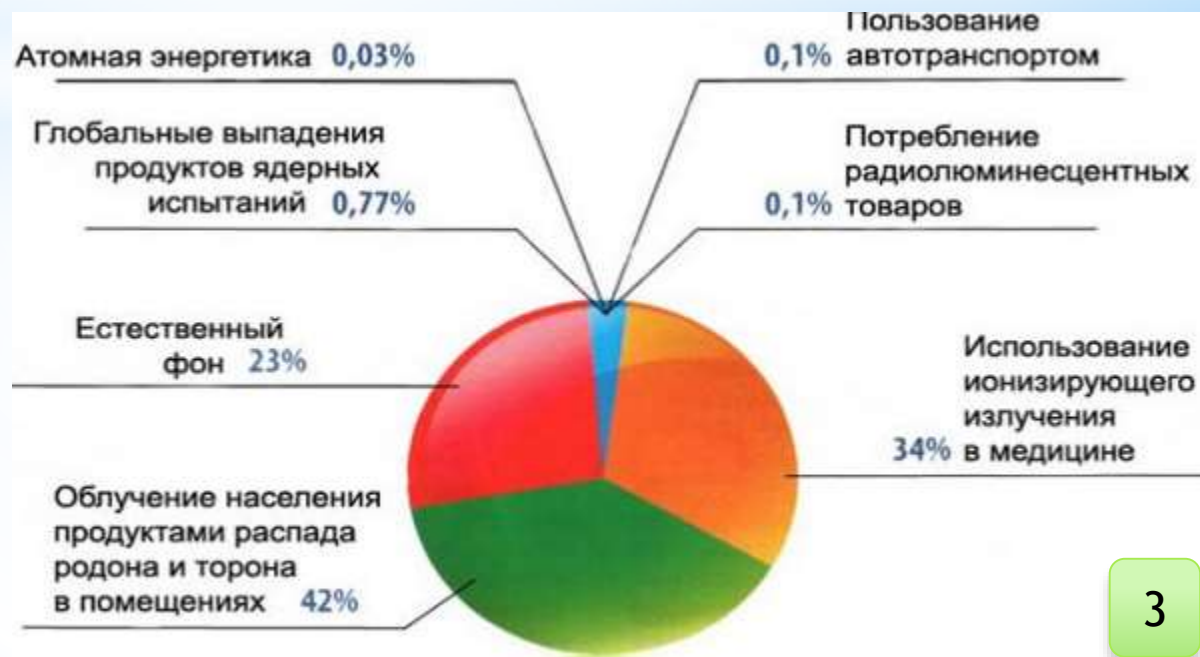
У побуті та промисловості набули масового застосування обладнання та прилади, робота яких пов'язана з утворенням електромагнітних випромінювань широкого діапазону частот, потужність та кількість яких постійно зростає.



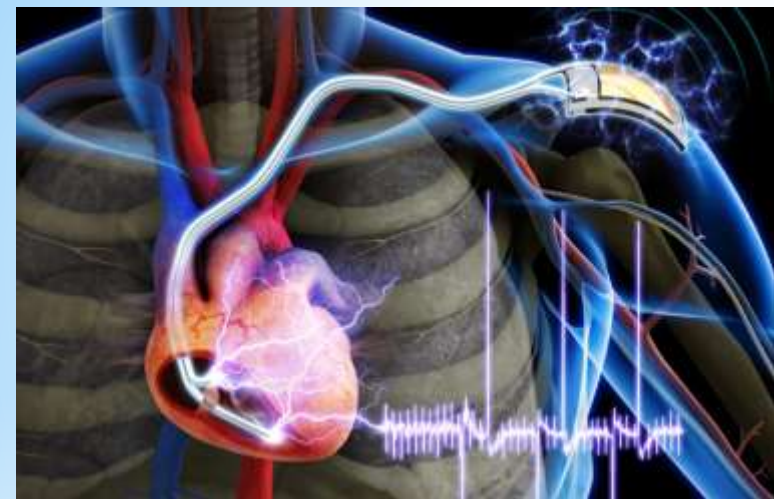


За 100 років, що пройшли після відкриття явища радіоактивності, практично не залишилося областей народного господарства, де не застосовувалися б джерела іонізуючих випромінювань.

**Майкл Фарадей** –  
вчений, що  
винайшов явище  
електромагнітної  
індукції



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



У промисловості та медицині, оборонному комплексі та транспорті, науці та сільському господарстві використовуються ядерні енергетичні установки, потужні і малі гамма-стаціонарні та пересувні установки, апарати променевої терапії, дефектоскопи, різні вимірювачі та сигналізатори, електрокардіостимулятори та лічильники предметів.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



Однією з найважливіших областей використання джерел іонізуючих випромінювань є атомна енергетика.

Сьогодні вже ні в кого не викликає сумніву значення атомної енергетики у світовому енергетичному балансі.



Нині у світі експлуатується близько 450 ядерних енергетичних реакторів (загальною потужністю приблизно 350 ГВт), на яких виробляється понад 20% усієї електричної енергії.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



За кількістю ядерних реакторів Україна посідає дев'яте місце у світі та п'яте в Європі.

Всі реактори типу ВВЕР (водо-водяний енергетичний реактор).

В Україні діють 4 атомних електростанцій :

**Запорізька АЕС (6 реакторів),**

**Південноукраїнська АЕС (3),**

**Рівненська АЕС (4),**

**Хмельницька АЕС (2) з 15**

енергоблоками,

одна з яких, Запорізька АЕС з 6 енергоблоками загальною потужністю в 6000 МВт є найпотужнішою в Європі.





# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Електромагнітна сфера нашої планети визначається, в основному, електричним і магнітним полями Землі, атмосферним електричним радіовипромінюванням Сонця і галактик, а також полями штучних джерел. Діапазон природних і штучних полів дуже широкий: починаючи від постійних магнітних та електростатичних полів і закінчуючи ренгенівським та гамма-випромінюванням. Кожний із діапазонів електромагнітних випромінювань по-різному впливає на розвиток живих організмів.

### ШКАЛА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Довжина хвилі, м:  $10^5$   $10^4$   $10^3$   $10^2$   $10^1$   $1$   $10^{-1}$   $10^{-2}$   $10^{-3}$   $10^{-4}$   $10^{-5}$   $10^{-6}$   $10^{-7}$   $10^{-8}$   $10^{-9}$   $10^{-10}$   $10^{-11}$   $10^{-12}$   $10^{-13}$   $10^{-14}$   $10^{-15}$

Частота, Гц:  $3 \cdot 10^2$   $3 \cdot 10^4$   $3 \cdot 10^6$   $3 \cdot 10^8$   $3 \cdot 10^{10}$   $3 \cdot 10^{12}$   $3 \cdot 10^{14}$   $3 \cdot 10^{16}$   $3 \cdot 10^{18}$   $3 \cdot 10^{20}$   $3 \cdot 10^{22}$







# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Джерелами електромагнітних випромінювань радіочастот є потужні радіостанції, генератори надвисоких частот, установки індукційного і діелектричного нагрівання, радари, вимірювальні і контролюючі пристрої, дослідницькі установки, високочастотні прилади і пристрої в медицині та побуті.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.



Джерелом електростатичного поля та електромагнітних випромінювань у широкому діапазоні частот (інфранизькочастотному, радіочастотному, інфрачервоному, видимому, ультрафіолетовому, рентгенівському)

є персональні електронно-обчислювальні машини (ПЕОМ) і відеодисплейні термінали (ВДТ) на електронно-променевих трубках, які використовуються як у промисловості та наукових дослідженнях, так і у побуті. Небезпеку для користувачів створює електромагнітне випромінювання монітора в діапазоні частот 20 Гц – 300 МГц і статичний електричний заряд на екрані.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Джерелами електромагнітних полів промислової частоти є будь-які електроустановки і струмопроводи промислової частоти. Чим більше струм, що протікає в них, тим вище інтенсивність полів.

Електромагнітні поля характеризуються певною енергією, яка поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль.





# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Основними параметрами електромагнітних хвиль є:

-  $I$  – *інтенсивність випромінювання*, Вт/м;

-  $E$  (В/м) та  $H$  (А/м) – відповідно *електрична і магнітна складові напруженості електромагнітного випромінювання*;

-  $\lambda$  – *довжина хвилі*, м;

-  $f$  – *частота коливання*, Гц.

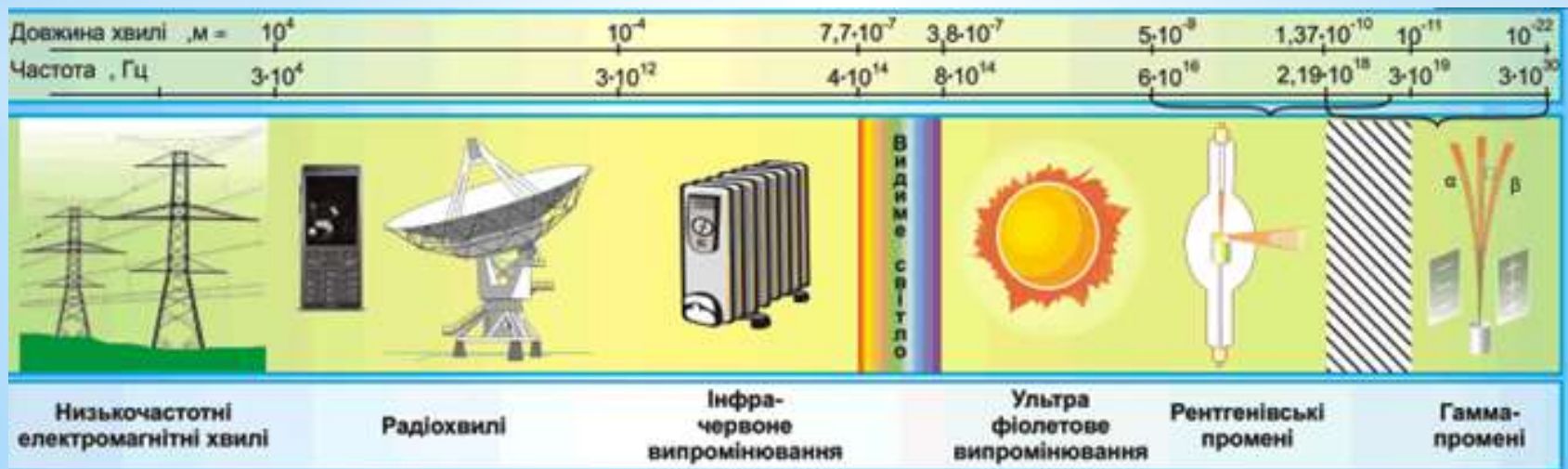
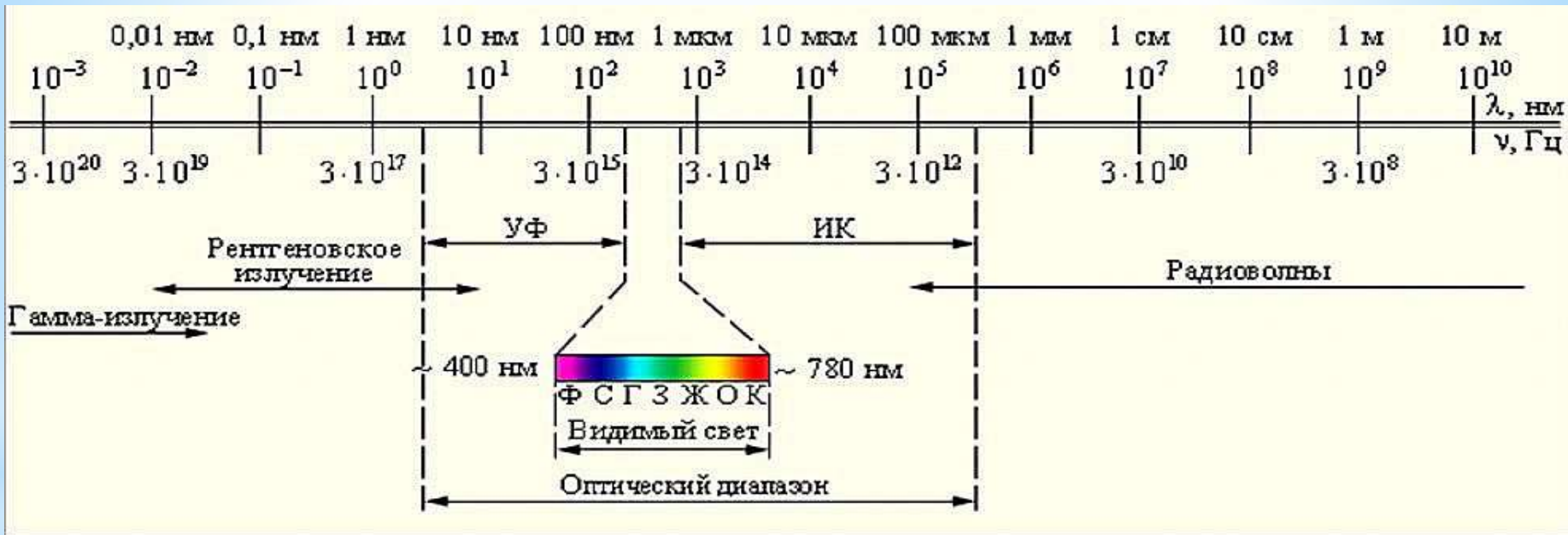
Розподіл випромінювань за довжиною хвилі наведено на рис. 1





# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.





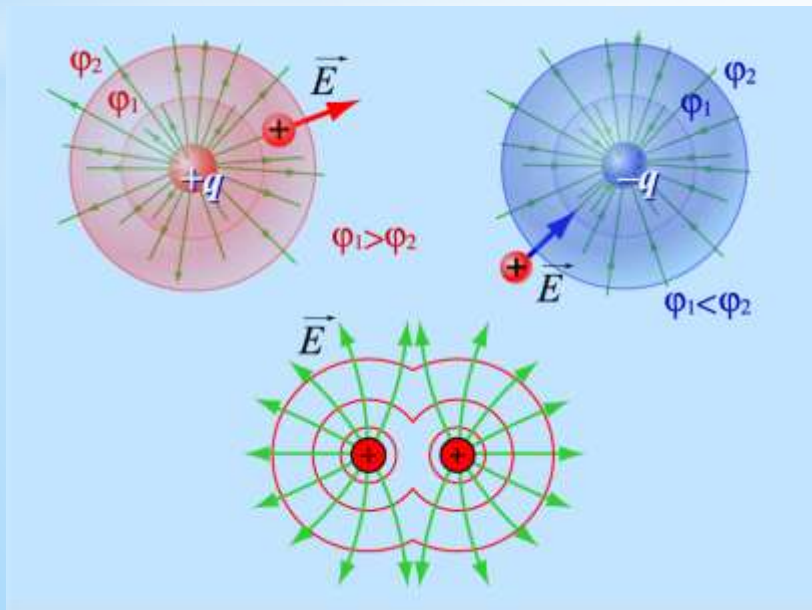
# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Електромагнітне поле представляє особливу форму матерії.

Будь-яка електрична заряджена частка оточена електромагнітним полем, що складає з нею єдине ціле.

Але електромагнітне поле може існувати й у відділеному від заряджених часток вигляді, як випромінювання фотонів, або випромінювання у вигляді електромагнітного поля (електромагнітних хвиль).



Електромагнітне поле (електромагнітне випромінювання) характеризується векторами напруженості *електричного*  $E$  (В/м) і *магнітного*  $H$  (А/м) полів, що характеризують силові властивості ЕМП.

*Залежно від частоти коливання (довжини хвилі) радіочастотні електромагнітні випромінювання поділяються на низку діапазонів (табл. 1).*

Таблиця 1

## Радіочастотний діапазон електромагнітного випромінювання

Назва діапазону частот	Номер діапазону	Діапазон частот	Діапазон довжин хвиль	Назва діапазону довжин хвиль
Дуже низькі частоти, ДНЧ	1	0,003...0,3 Гц	107...10 <sup>6</sup> км	Інфра низькі
	2	0,3...3,0 Гц	10 <sup>6</sup> ...10 <sup>4</sup> км	Дуже низькі
	3	3...300 Гц	10 <sup>4</sup> ...10 <sup>2</sup> км	Промислові
	4	300 Гц...30 кГц	10 <sup>2</sup> ...10 км	Звукові
Низькі частоти, НЧ	5	30...300 кГц	10...1 км	Довгі
Середні частоти, СЧ	6	300кГц...3МГц	1 км...100 м	Середні
Високі частоти, ВЧ	7	3...30 МГц	100...10 м	Короткі
Дуже високі частоти, ДВЧ	8	30...300 МГц	10...1 м	Метрові
Ультрависокі частоти, УВЧ	9	300МГц...3ГГц	100...10 см	Дециметрові
Надвисокі частоти, НВЧ	10	3...30 ГГц	10...1 см	Сантиметрові
Надзвичайно високі частоти, НЗВЧ	11	30...300 ГГц	10...1 мм	Міліметрові



# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Ступінь впливу ЕМП на організм людини залежить від:

*діапазону частот,  
інтенсивності та тривалості дії,  
характеру випромінювання (неперервне або  
модульоване),  
режиму опромінення,  
площі поверхні тіла, що опромінюється,  
індивідуальних особливостей організму.*

ЕМП можуть викликати біологічні та функціональні несприятливі ефекти в організмі людини.

Функціональні ефекти проявляються у передчасній втомлюваності, частих болях голови, погіршенні сну, порушеннях у роботі центральної нервової (ЦНС) та серцево-судинної систем.





# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

*Дози електромагнітного випромінювання, які отримує людина від різних джерел випромінювання*

Космическое излучение(14%)

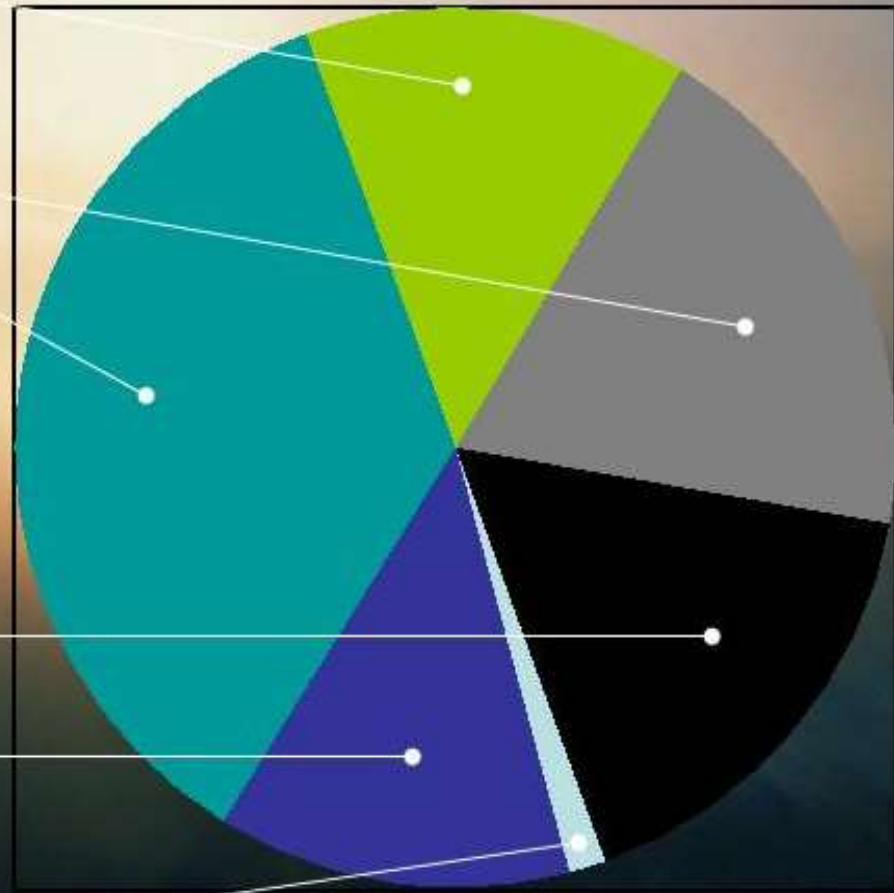
Радиоактивность почвы и строительных материалов(19%)

Радиоактивные газы(37%)

Внутреннее облучение радиоактивными веществами попадающими с пищей(17%)

Медицинские процедуры(11,5%)

Другие источники(транспорт, сжигание угля, ядерная промышленность)(1,5%)



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

При систематичному опроміненні ЕМП спостерігаються зміни кров'яного тиску, сповільнення пульсу, нервово-психічні захворювання, деякі трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів та ін.). Сучасні дослідження вказують на те, що радіочастотне випромінювання, впливаючи на ЦНС, є вагомим стрес-чинником.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Біологічні несприятливі ефекти впливу ЕМП проявляються у тепловій та нетепловій дії. Нині достатньо вивченою можна вважати лише теплову дію ЕМП, яка призводить до підвищення температури тіла та місцевого вибіркового нагрівання органів і тканин організму внаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову.

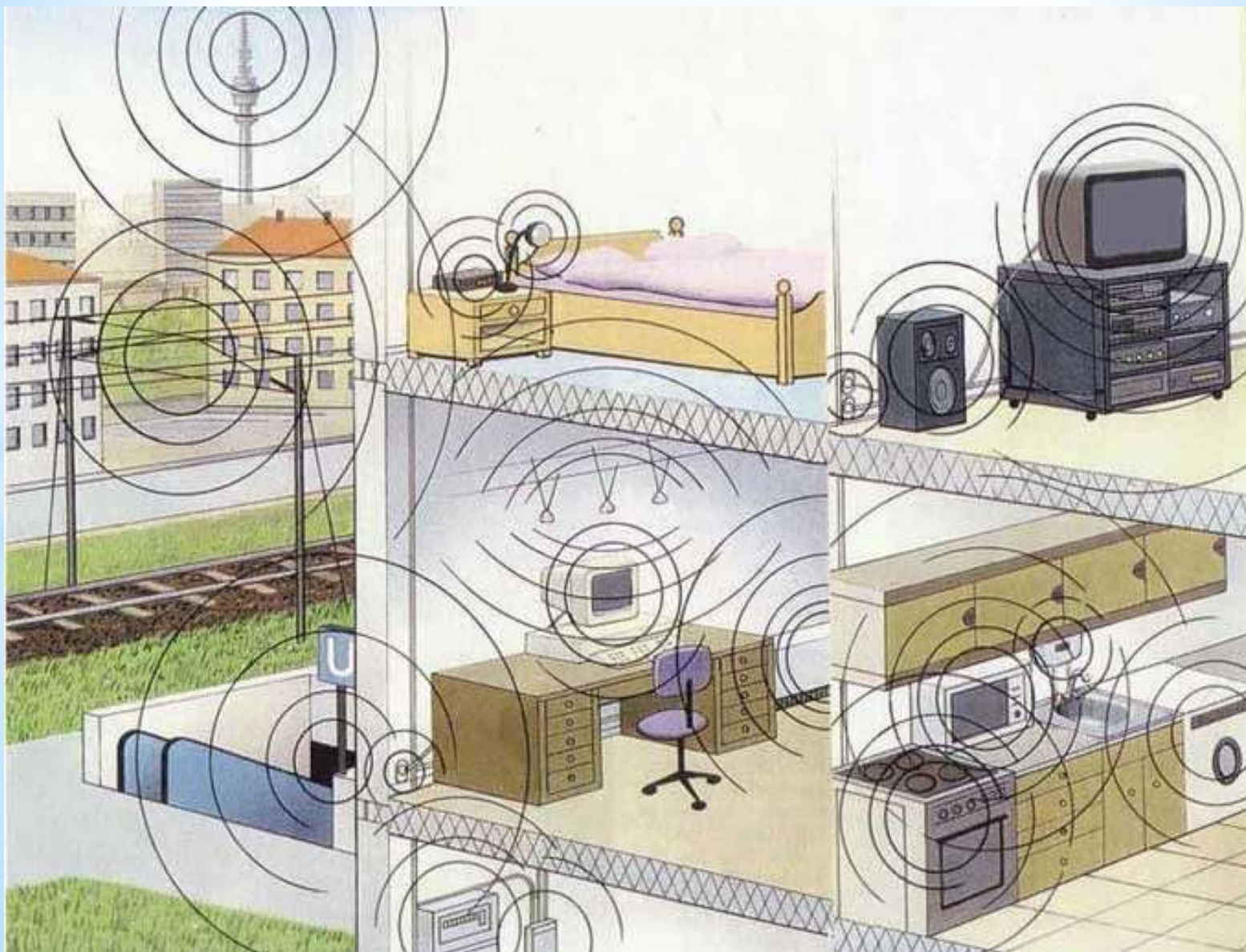


Таке нагрівання особливо небезпечне для органів із слабкою терморегуляцією (головний мозок, очі, нирки, шлунок, кішківник). Наприклад, випромінювання сантиметрового діапазону призводять до появи катаракти, тобто до поступової втрати зору.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## *Вплив електромагнітного випромінювання*





# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

### *Електромагнітне випромінювання побутових приладів*

#### Діапазон характеристик електромагнітного поля

(індукція, мкТл)

Тесла (Тл) — единица измерения индукции магнитного поля.



Согласно нормам, предельно допустимый уровень магнитного поля составляет 100 мкТл (при ежедневном 8-часовом воздействии)

30 см

0,01 – 7    0,08 – 9    2 – 20    0,5 – 2    4 – 8    1    0,04 – 2    0,15 – 0,5    0,15 – 3    0,12 – 0,3    < 0,01    0,6 – 3    0,01 – 0,25



3 см



Фен

Электробритва

Пылесос

Люминесцентные лампы

Микроволновая печь

Радиоприемник

Телевизор

Электрическая плита

Стиральная машина

Утюг

Компьютер

Посудомоечная машина

Холодильник



# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на *ближню зону* (зону індукції) та *дальню зону* (зону випромінювання).

Для оцінки ЕМП у цих зонах використовують різні підходи. *Ближня зона* охоплює простір навколо джерела ЕМП, що має радіус, який приблизно дорівнює  $1/6$  довжини хвилі. В цій зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складових поля. В ближній зоні, зазвичай, знаходяться робочі місця з джерелами електромагнітних випромінювань НЧ, СЧ, ВЧ, НВЧ.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Робочі місця, на яких знаходяться джерела електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою ніж 1 м знаходяться практично завжди у *дальній зоні*, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася.

В цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (потужності), що переноситься хвилею у напрямку свого поширення. Для кількісної характеристики цієї енергії застосовують значення поверхневої густини потоку енергії або інтенсивність, що визначається у Вт/м.

Раніше (25...30 років тому) проблема захисту від ЕМП стосувалася переважно персоналу у виробничих умовах, на сьогодні більшість населення в індустріально розвинутих країнах фактично живе в електромагнітних полях, що мають складну просторову, часову і частотну структуру.

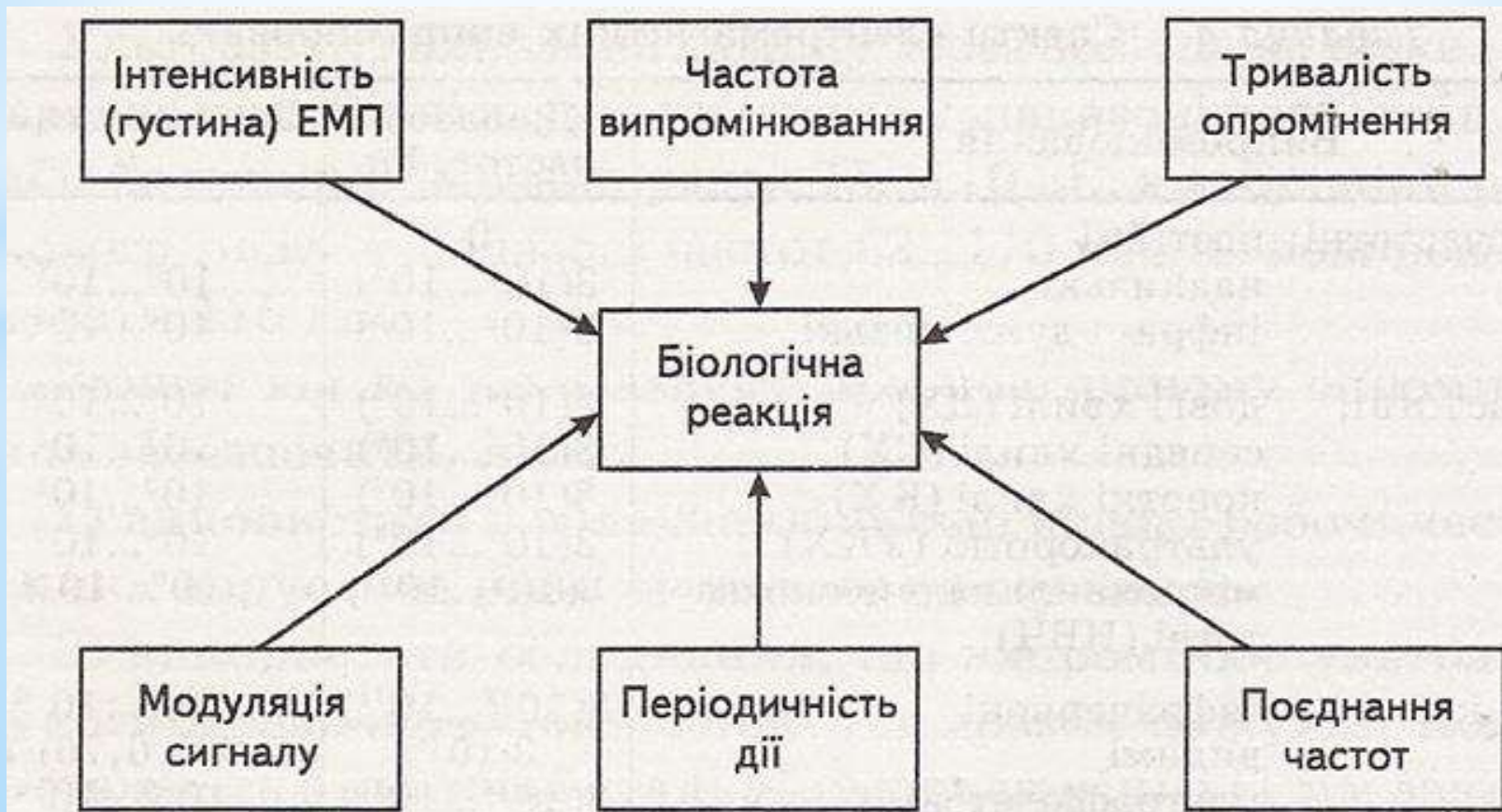


# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

ЕМП комплексно шкідливо впливає на організм людини, а саме на життєво важливі системи: нервову, серцево-судинну, імунну, ендокринну і репродуктивну, змінюючи їхні функції.

### *Параметри ЕМП, що впливають на організм людини*





# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

З'являється роздратування, знижується увага, порушується пам'ять. Спостерігаються загальна слабкість, підвищена втомлюваність, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль у ділянці серця.

Змінюється білковий обмін складу крові, з'являються антитіла, підвищується адреналін у крові, активізуються процеси згортання крові.

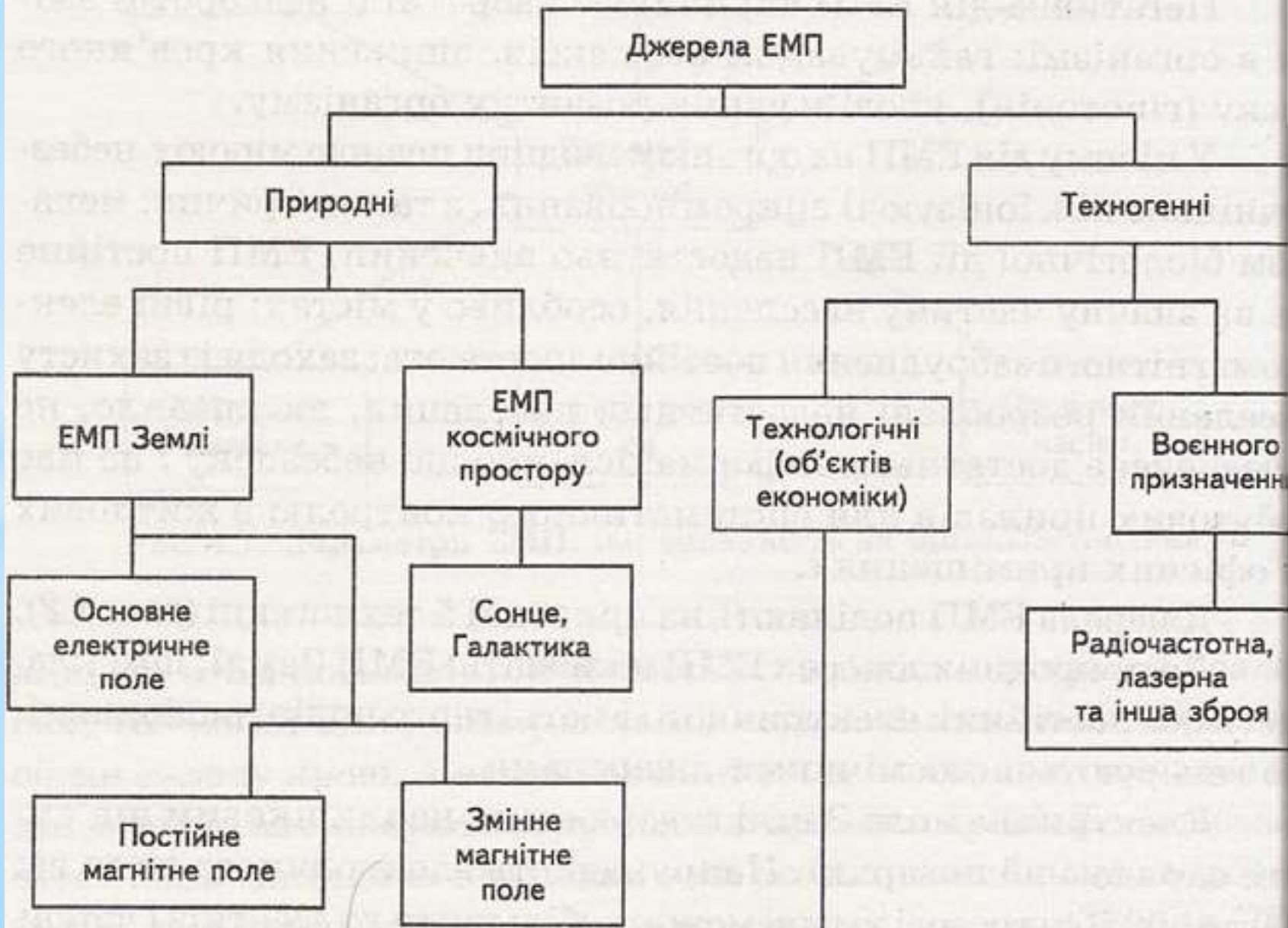
Електромагнітні поля шкідливо впливають на розвиток ембріона, зоровий і слуховий аналізатори, щитовидну залозу, шкіру обличчя.

Під час роботи з відеодисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин можливе захворювання шкіри, зору (комп'ютерний зоровий синдром), з'являється короткозорість.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

### Засоби захисту та профілактика від дії електромагнітних полів.

*Захист від електромагнітних полів.*

Допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону наведені у **ГОСТ 12.1.006-84**.

Згідно з ГОСТ 12.1.006-84 на робочих місцях у діапазоні частот 60 кГц-300МГц нормуються напруженості електричної ***E*** та магнітної ***H***, складових електромагнітного поля, а в діапазонах частот 300 МГц-300 ГГц ***поверхнева щільність потоку енергії***.

Гранично допустимі значення на робочих місцях визначають за допустимим ***енергетичним навантаженням та тривалістю дії***.

Для населення електромагнітне поле згідно ДСН239-96 оцінюється за електричною складовою напруженості поля та поверхневою щільністю потоку енергії.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів ( $E_{\text{гдр}}$ , В/м), які створюють телевізійні радіостанції в діапазоні частот від 48 до 1000 МГц, визначається за формулою:

$$E_{\text{гдр}} = 21 f^{-0,37};$$

де  $f$  – несуча частота каналу зображення або звукового супроводу, МГц.

Для електромагнітних полів промислової частоти (50 Гц) нормативи встановлюються згідно **ГОСТ 12.1.002-84** та **ДСН 239-96**. Нормативною є напруженість електричної складової поля. Гранично допустимий рівень на робочому місці становить 5 кВ/м. Припустимий час дії електромагнітного поля становить: при напруженості 5кВ/м – 8 год.

Санітарними нормативами також встановлюється захисні зони поблизу ліній електропередачі в залежності від їх напруги: 20 м для лінії з напругою 300 кВ, 30 м з напругою 500 кВ і 55 м для лінії з напругою 1150 кВ.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Вимірювання параметрів ЕМВ необхідно виконувати не рідше одного разу на рік, а також при введенні в дію нових установок, внесенні змін у конструкцію, розміщення або режим роботи установок, при організації нових робочих місць та внесенні змін у засоби захисту від дії ЕМВ. Для вимірювання інтенсивності ЕМВ застосовуються прилади – вимірювачі напруженості та вимірювачі малої напруженості електромагнітних полів.

Засоби та заходи захисту від ЕМВ радіочастотного діапазону поділяються на **індивідуальні** та **колективні**.

Останні можна розділити на **організаційні**, **технічні** та **лікувально-профілактичні**.



# Дисциплина ООП. Лекция № 10





# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 1. Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

До *організаційних* заходів колективного захисту належать:

- розміщення об'єктів, які випромінюють ЕМП таким чином, щоб звести до мінімуму можливе опромінення людей;
- «захист часом» – перебування персоналу в зоні дії ЕМП обмежується мінімально необхідним для проведення робіт часом;
- «захист відстанню» – віддалення робочих місць на максимально допустимі відстань від джерел ЕМП;
- «захист кількістю» – потужність джерел випромінювання повинна бути мінімально необхідною;
- виділення зон випромінювання ЕМП відповідними знаками небезпеки.

*Технічні* засоби колективного захисту передбачають:

- екранування джерел випромінювання ЕМП;
- екранування робочих місць;
- дистанційне керування установками, до складу яких входять джерела ЕМП;
- застосування попереджувальної сигналізації.

До *лікувально-профілактичних* заходів колективного захисту належать:

- попередній та періодичні медогляди;
- надання додаткової оплачуваної відпустки та скорочення тривалості робочої зміни;
- допуск до роботи з джерелами ЕМП осіб, вік яких становить не менше 18 років, а також таких, що не мають протипоказань за станом здоров'я.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

Як відомо, ядро атома складається з певного набору протонів, тобто заряджених часток, кожна з масою  $1,672 \cdot 10^{-24}$  г і електричним зарядом  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, і нейтронів.

Нейтрон є нейтральною часткою з масою  $1,674 \cdot 10^{-24}$  г.

Загальна назва цих часток – нуклони. Кількість нуклонів у ядрі може бути різною і ця кількість має назву – масове число  $A$ .

Число протонів позначається літерою  $Z$ , яка визначає заряд ядра, або число електронів в електронній оболонці атома. Число нейтронів позначається літерою  $N$ . Тому формулу ядра атома можна записати так:  $A = Z + N$ .

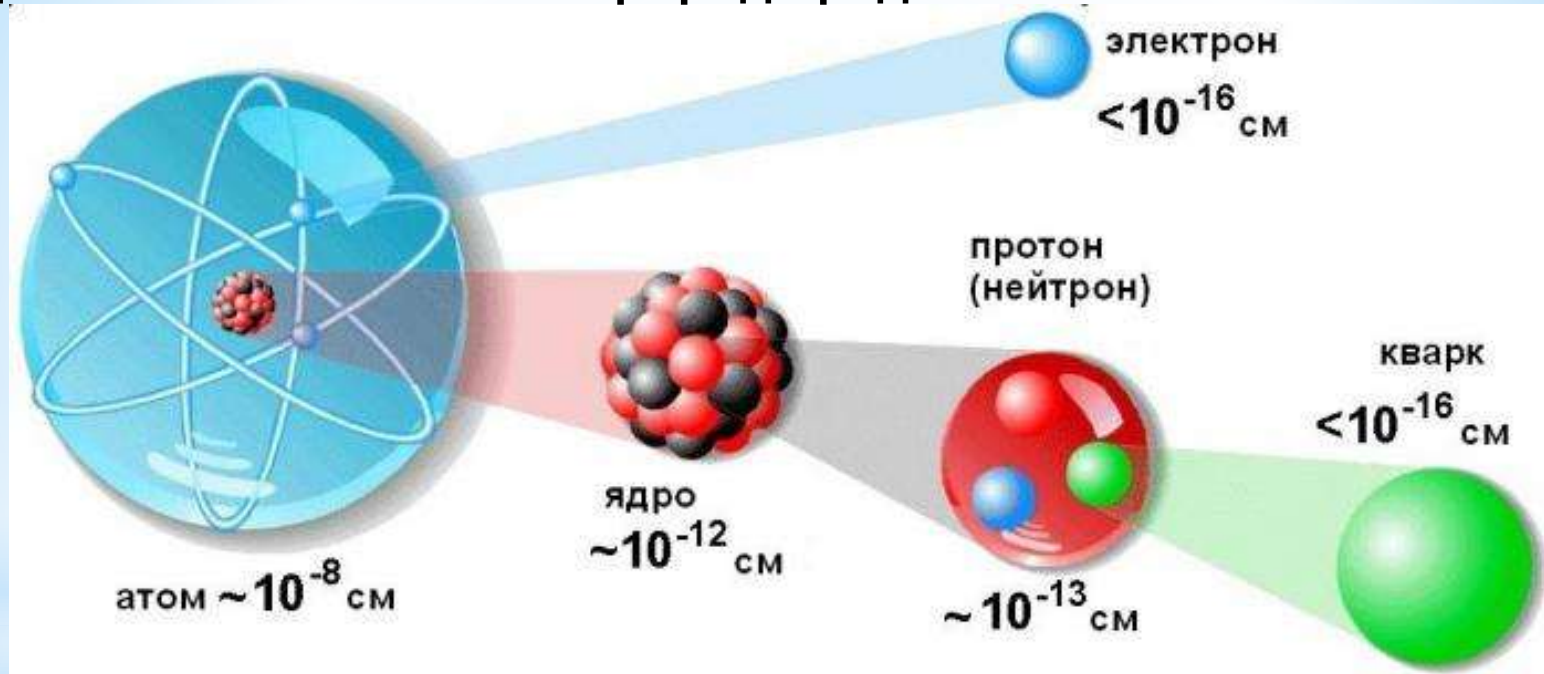
Число нейтронів у ядрах може бути різним. Найменше число нейтронів може дорівнювати нулю (ядро водню). Ядра різних елементів позначають хімічний символ  $X$ , угорі ліворуч якого ставиться масове число  $A$ , а ліворуч унизу атомний номер  $Z$ . Наприклад, у загальному випадку  ${}^A_Z X$ .



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.



Між протонами в ядрі діють сили відштовхування, що залежать від їхнього однойменного заряду. Але одночасно між протоном і нейтроном діють сили притягання, що не залежать від заряду часток. Ці сили називаються **ядерними**, діють у межах  $1,4 \cdot 10^{-13}$  см і на кілька порядків перевищують сили електричного відштовхування між частками, утримуючи ці частки у ядрі.

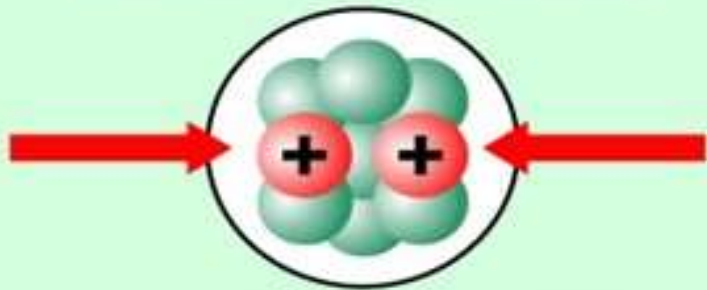
# Дисципліна ООП. Лекція № 10



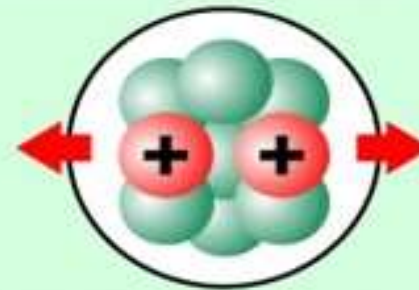
## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

### СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В ЯДРЕ

МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ, ВХОДЯЩИМИ В ЯДРО, ДЕЙСТВУЮТ ОСОБЫЕ СИЛЫ ВЗАИМНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ - ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ



МЕЖДУ ПРОТОНАМИ ЯДРА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИ ОДНОИМЕННО ЗАРЯЖЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ, ДЕЙСТВУЮТ СИЛЫ ВЗАИМНОГО ОТТАЛКИВАНИЯ



ПО СВОЕЙ ВЕЛИЧИНЕ ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ ВЗАИМНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ ОГРОМНЫ И ЗНАЧИТЕЛЬНО ПРЕВОСХОДЯТ СИЛЫ ВЗАИМНОГО ОТТАЛКИВАНИЯ ПРОТОНОВ

Зі збільшенням числа протонів у ядрі сили відштовхування значно збільшуються, а це може привести до ослаблення сил притягування настільки, що ядро може розпастися на частини, тобто такі ядра стають *нестійкими*.

Нестійкі ядра або розпадаються на частини, перетворюючись у ядра нових елементів, або випускають елементарні частки, перетворюючись у ядра нових елементів без усякого впливу із зовні.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

Такі ядра називаються **радіоактивними**, а випущення радіоактивним ядром елементарних часток називається **радіоактивністю** (від латинського слова *radiare* – випромінювати).

Розпад радіоактивних ядер не залежить від зовнішніх впливів, носить імовірнісний характер і визначається **законом радіоактивного розпаду**, що виражає зменшення кількості ядер атомів радіоактивної речовини в часі.

Характер радіоактивного розпаду такий, що час, протягом якого розпадається половина наявних спочатку ядер радіоактивної речовини, є постійним і називається **періодом напіврозпаду  $T$** . Залежність величини  $T$  від величини  $\lambda$  має вигляд:

$$T = 0,693/\lambda.$$

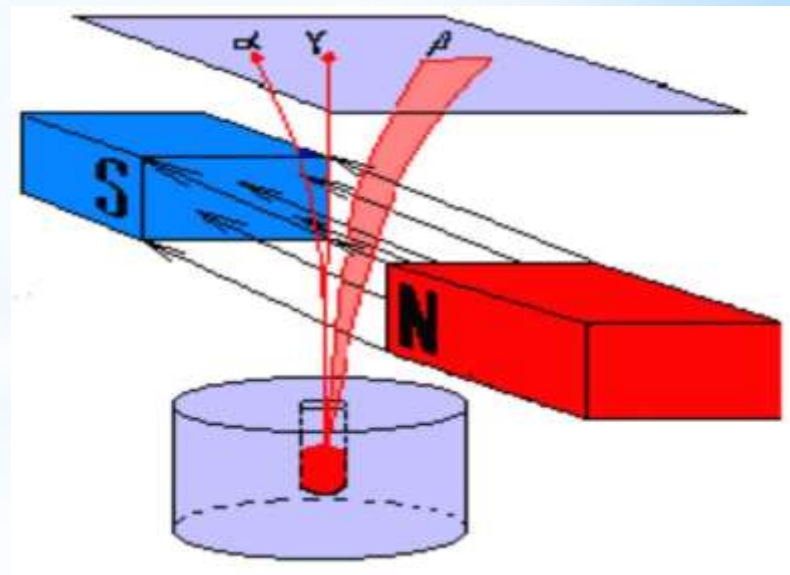
Постійна розпаду та відповідний їй період напіврозпаду залежить тільки від стійкості ядер і є різною для ядер різних радіоактивних елементів.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

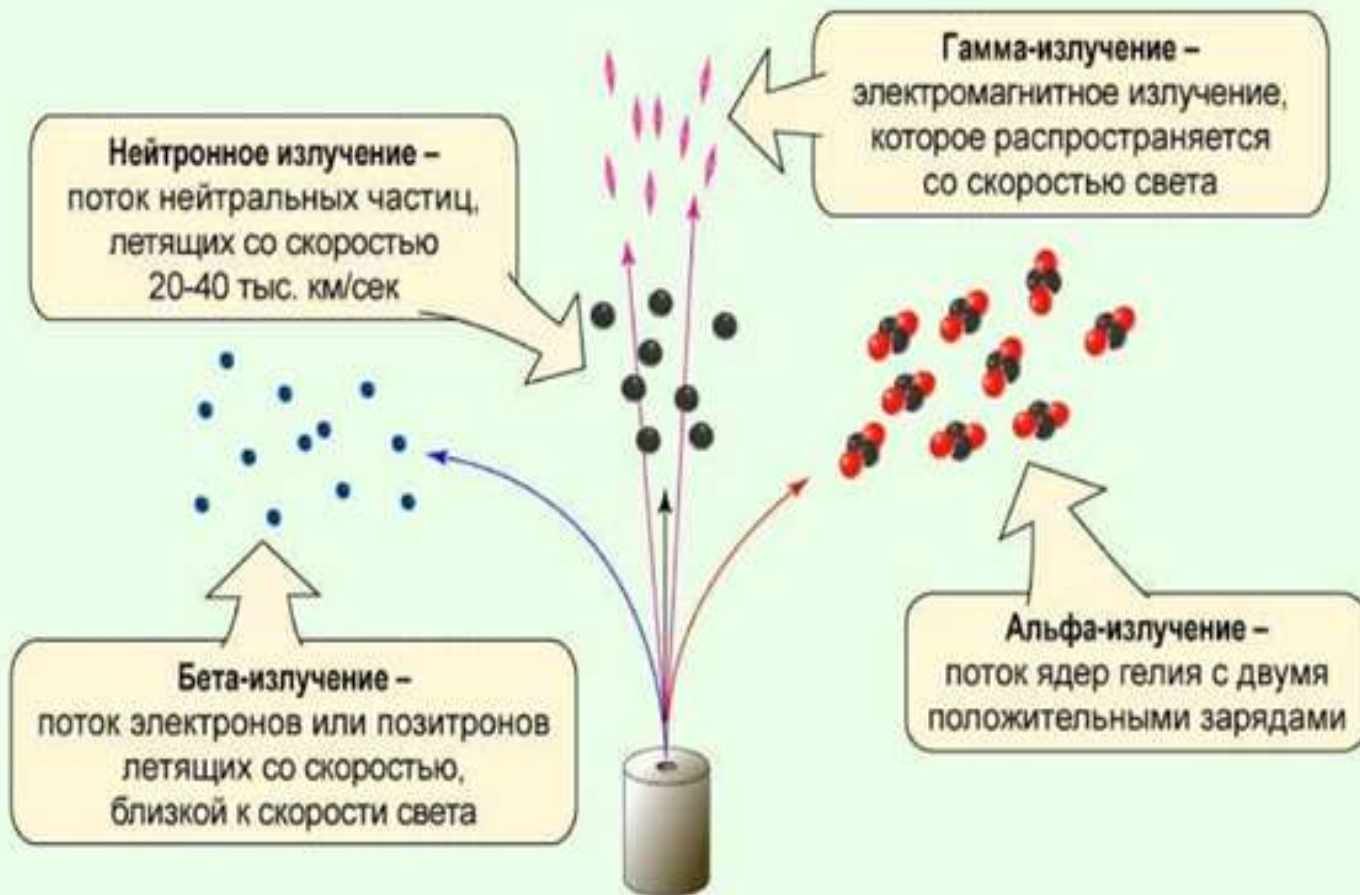
Перетворення ядер може відбуватися різними шляхами. Якщо помістити радій у свинцеву коробку з вузькою щілиною, то за допомогою приладів можна визначити, що через неї виходить пучок випромінювань, що розділяється в магнітному полі. Випромінювання, що відхиляються на Північ, називається  $\alpha$ - випромінюванням, на Південь  $\beta$ - випромінюванням; випромінювання, що не відхиляється магнітним полем, називається  $\gamma$ - випромінюванням (воно не має електричного заряду).





## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

### Виды ионизирующих излучений



# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

**$\alpha$ -випромінювання** – потік позитивно заряджених часток (ядер атомів гелію), що рухаються зі швидкістю близько 20 000 км/сек. Пробіг  $\alpha$ -частки в біологічній тканині незначний, тому поверхневий шар шкіри цілком забезпечує захист від зовнішніх потоків  $\alpha$ -часток.

**$\beta$ -випромінювання** – потік від'ємно заряджених часток (електронів). Їхня швидкість наближається до швидкості світла.

**$\gamma$ -випромінювання** являє собою короткохвильове електромагнітне випромінювання. За властивістю воно близьке до рентгенівського, але має значно більшу швидкість і енергію. Гамма-випромінювання розповсюджується зі швидкістю світла.

**Рентгенівське випромінювання** - електромагнітне випромінювання, що виникає при гальмуванні швидких електронів в речовині (безперервний спектр), та при переходах електронів з зовнішніх електронних оболонок атома на внутрішні (лінійчастий спектр).

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

Іонізуючі випромінювання мають ряд загальних властивостей, два з яких – здатність проникати через матеріали різної товщини та іонізувати повітря і живі клітини організму заслуговують особливо пильної уваги.

### **Іонізація**

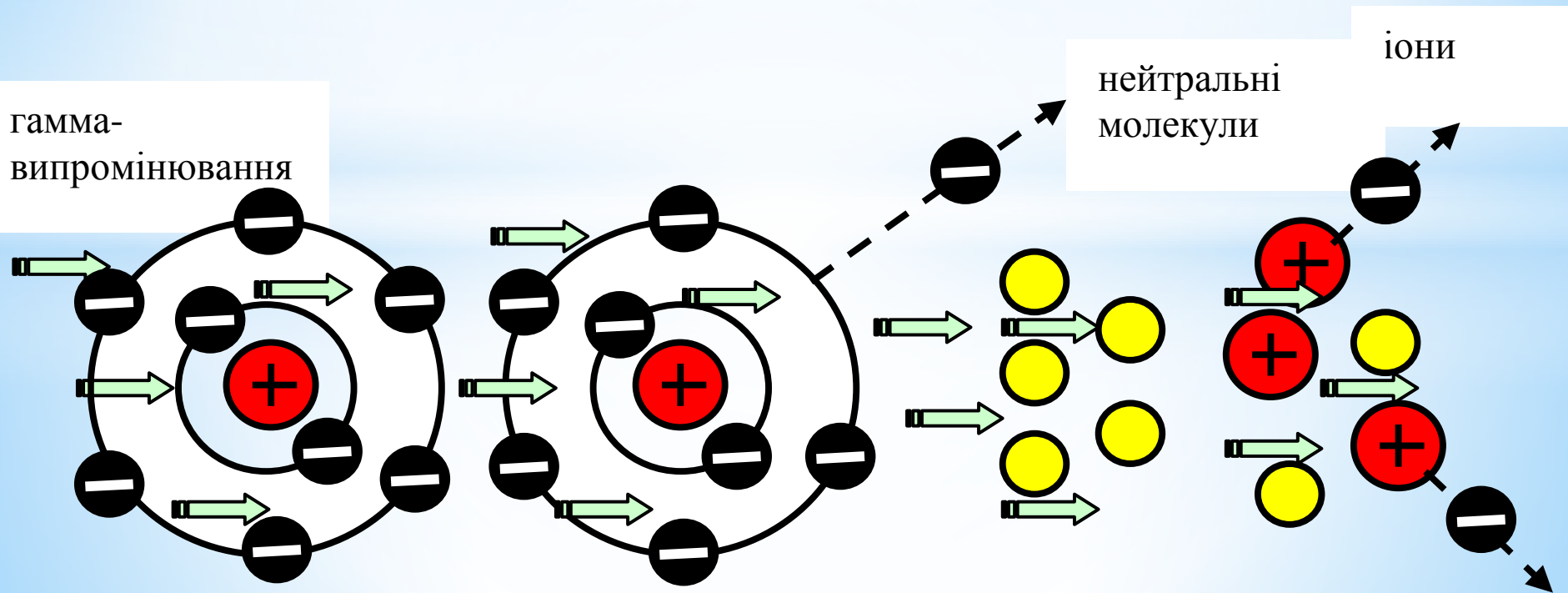
Іонізуюче випромінювання, яке проходить через різні речовини, взаємодіє з їхніми атомами і молекулами. Така взаємодія призводить до порушення атомів і відокремлення окремих електронів з електронних оболонок нейтрального атома. У результаті атом, позбавлений одного або декількох електронів, перетворюється у позитивно заряджений іон – відбувається первинна іонізація. Вибиті при первинній взаємодії електрони, що володіють певною енергією, самі взаємодіють із зустрічними атомами і також створюють нові іони – відбувається вторинна іонізація.



# Дисципліна ООП. Лекція № 10

## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

Електрони, що втратили в результаті багаторазових зіткнень свою енергію, залишаються вільними або приєднуються, «прилипають» (у газах) до якого-небудь нейтрального атома, утворюють негативно заряджені іони.





# Дисципліна ООП. Лекція № 10



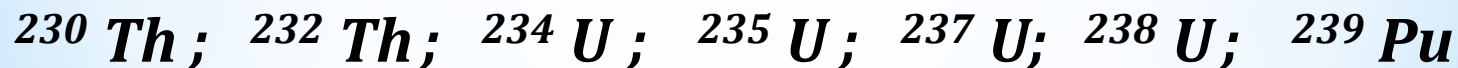
## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

### Джерела іонізуючого випромінювання

**Іонізуюче випромінювання** – випромінювання, що створюється при радіоактивному розпаді, ядерних перетвореннях, гальмуванні заряджених часток у речовині та утворюють при взаємодії із середовищем іони різних знаків.

Джерелом іонізуючих випромінювань є ядра радіоактивних речовин, що розпадаються. Для елементів таблиці Менделєєва відомо більше 1500 ізотопів. Частина із них є в природі, інші отримані штучним шляхом.

Спонтанне ділення ядер має місце у 26 ізотопів, у тому числі в 7 природних ізотопів:



(торій, уран, плутоній).

**Із усієї кількості ізотопів лише близько 300 стабільні та близько 90 є природними радіоактивними речовинами.**<sup>41</sup>

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

Потужним джерелом іонізуючого випромінювання є ядерний вибух, що виникає в результаті змушеного розподілу в ході ланцюгової реакції урану-235, урану-238 і плутонію-239.



При ядерному (термоядерному) вибуху з'являється потужний потік іонізуючого випромінювання, що виникає безпосередньо в процесі розподілу та синтезу речовини, що становлять заряд боєприпасів.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 2. Радіоактивність. Фізична природа радіоактивності.

Одним з найважливіших джерел іонізуючих випромінювань є транспортні та стаціонарні енергетичні ядерні реактори в момент аварії або катастрофи. При цьому в навколишнє середовище викидається велика кількість газоподібних речовин, що забруднюють навколишній простір і всі об'єкти, що перебувають на ньому.

Серйозним джерелом іонізуючого випромінювання є медичні препарати на основі радію, полонію, радону і рентгенівські установки, які широко використовуються в медичних установах, а також дослідницькі установки типу синхрофазотрон, лінійні прискорювачі та інші пристрої, що застосовуються в науково-дослідних установах.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

Усі види іонізуючого випромінювання (ІВ) надто руйнівні діють на живий організм. При вивченні дії іонізуючого випромінювання на організм були виявлені такі особливості:

1. Радіація не має смаку і запаху, її не можна побачити і почути, тому вплив іонізуючого випромінювання на організм людина не відчуває. У людей відсутні органи чуття, які б сприймали ІВ. Тому людина може проковтнути, вдихнути радіоактивні речовини (РР) без будь-яких первинних відчуттів.

2. Наявність прихованого (інкубаційного, або латентного) періоду виявлення дії іонізуючого випромінювання. Видиме ураження шкіряного покриву, нездужання, характерне для променевого захворювання, виявляється не відразу, а через деякий час. Тривалість його скорочується зі збільшенням дози опромінення.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

3. При систематичному попаданні в організм людини радіоактивних речовин відбувається накопичення малих доз, що призводить до променевої хвороби. Цей ефект називається *кумуляцією*.

4. Іонізуюче випромінювання на організм людини може впливати як безпосередньо – *соматичне ураження* (від грец. *soma* – «тіло»), так і виявлятися у нащадків – цей ефект називається *генетичним*.

5. Різні органи живого організму мають свою чутливість до опромінення. Так при щоденному впливі дози  $(0,2-0,5) \cdot 10^{-2}$  Зв можуть відбутися зміни в крові.

6. Радіоактивні речовини, потрапляючи до організму людини, відкладаються вибірково в органах і частинах тіла.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

Залежно від розподілу в тканинах організму виділяють такі радіонукліди (РН):

- ті, що розподіляються рівномірно – тритій, вуглець, залізо, полоній, інертні благородні гази;
- ті, що накопичуються в кістках – стронцій, кальцій, барій, радій, ітрій, цирконій, плутоній, торій, фосфор, вуглець;
- ті, що залишаються в м'язовій тканині – цезій, радій, рубідій, кобальт;
- ті, що відкладаються в шлунково-кишковому тракті – калій, натрій, тритій, полоній;
- ті, що відкладаються в нирках – рутеній, плутоній;
- ті, що відкладаються в селезінці і лімфатичних вузлах – рутеній, ніобій.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

7. Наслідки опромінення однаковими дозами для різних живих організмів неоднакові. Чим більш примітивна будова організму, тим більшу стійкість до впливу іонізуючого випромінювання він має.

*Бактерії, знайдені у воді, що омиває ядерний реактор у Лос-Анджелесі, при дозі 10 тис. Зв не тільки не гинуть, а продовжують розмножуватися, живлячись смолою іонообмінних фільтрів.*

8. Ефект опромінення залежить не тільки від дози випромінювання, але і від часу, протягом якого одержана ця доза. Виявлено, що для біологічних клітин, які містять  $O_2$ , тривале опромінення малими дозами більш небезпечно, ніж короткочасне великими дозами (до певного рівня).



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

**Опромінення** – вплив на людину іонізуючого випромінювання від джерел, що знаходяться поза організмом (*зовнішнє* опромінення), або від джерел, що знаходяться всередині організму (*внутрішнє* опромінення).

**Зовнішнє опромінення** – опромінення об'єкта (наприклад, тіла людини) від джерел іонізуючих випромінювань, які знаходяться поза цим об'єктом.

**Внутрішнє опромінення** – опромінювання тіла людини та окремих її органів і тканин від джерел іонізуючих випромінювань, що знаходяться в самому тілі.

Установлено, що дія радіації відбувається на атомному або молекулярному рівні незалежно від того, отримуємо ми зовнішнє опромінення, чи внутрішнє – через воду і їжу.





## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

Вільні радикали води  $H^\circ$ ,  $OH^\circ$ ,  $HO_2^\circ$ ,  $H_2O_2^\circ$ , що утворюються в процесі радіолізу води, маючи високу хімічну активність, вступають у хімічні реакції з молекулами білка, ферментів і інших структурних елементів біологічної тканини, що призводить до зміни біохімічних процесів в організмі.

У результаті порушуються обмінні процеси, пригнічується активність ферментних систем, сповільнюється і припиняється ріст тканин, виникають нові хімічні сполуки, не властиві організму – токсини.

Порушується життєдіяльність окремих функцій або систем і організму в цілому. Це призводить до незворотних процесів в організмі людини. Змінюється склад найважливіших тканин живого організму (зокрема, крові, кісткового і спинного мозку), починається переродження клітин.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

Специфіка дії ІВ на біологічні організми полягає в тому, що ефект, який викликається ним, зумовлений не стільки кількістю поглинутої енергії, скільки формою передавання цієї енергії.

Жодний інший вид енергії (теплової, електричної та ін.), поглиненої організмом у тій же кількості, не призводить до таких змін, як іонізуюче випромінювання.

Наприклад, смертельна доза іонізуючого випромінювання, яка для ссавців дорівнює 5 Гр (500 рад), відповідає поглинутій енергії випромінювання 5 Дж/кг. Якщо цю енергію перетворити у теплову, то вона нагріла б тіло на  $0,001^{\circ}\text{C}$ . Це теплова енергія склянки гарячого чаю.

Саме іонізація і збудження атомів і молекул середовища зумовлює специфіку дії ІВ.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10

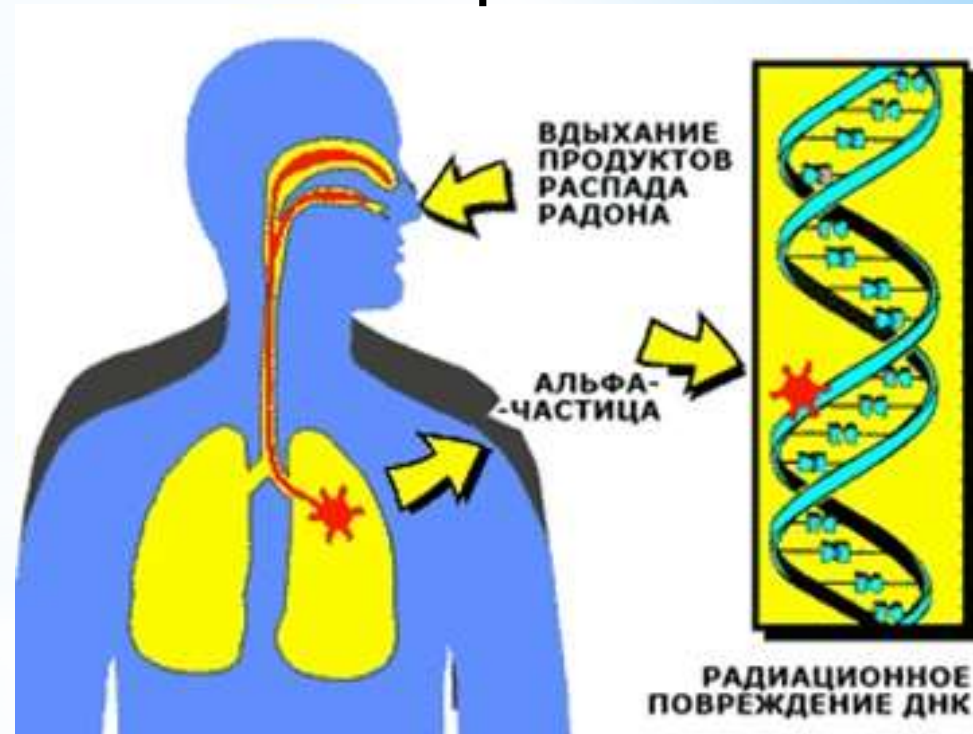


## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

Кожна клітина містить молекулу ДНК, яка несе інформацію, потрібну для правильного утворення нових клітин.

Радіаційне опромінення може вбити клітини або змінити інформацію в ДНК так, що з часом в організмі почнуть з'являтися дефектні клітини.

Зміна генетичного коду клітини організму називається *мутацією*. Мутація може привести до значних змін, у тому числі й розвитку раку. Найбільш небезпечним є те, що дитина з такими клітинами може досягти зрілого віку, а потім передати змінений генетичний код своїм дітям.





## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

*Радіаційні ураження прийнято ділити на соматичні і генетичні.*

До **соматичних уражень** відносяться **гостра і хронічна променеві хвороби (ПХ)**, локальні променеві ураження організму.

Установлено, що при одноразовому рівномірному гамма-опроміненні всього тіла (доза – до 0,25 Зв) не можна виявити якихось змін стану здоров'я людини. При еквівалентній дозі 0,25-0,5 Зв також відсутні зовнішні ознаки променевого ураження. В інтервалі доз 0,5-1,0 Зв виникає відчуття втоми без втрати працездатності. Менше ніж у 10% опромінених можуть з'явитися блювання, зміни крові. Різні форми променевої хвороби розвиваються при дозах одноразового опромінення вище 1 Зв.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

**Гостра променева хвороба (ГПХ).** Виникає при отриманні дози опромінення від 1 до 10 Зв (кістково-мозкова форма), 10 - 20 Зв (кишкова форма), 20 -50 Зв (токсемічна форма), понад 50 Зв (церебральна). При одноразовому впливі зниження кровотворення в кістковому мозку організму людини викликає отримана доза 500 мЗв (50 бер).

**Розрізняють 4 ступені гострої променевої хвороби.**

**1 ступінь** – легкий (1-2 Зв), характеризується відсутністю або слабкою вираженістю первинної реакції на опромінення. Прихований період продовжується 3-5 тижнів, після чого з'являються нездужання, загальна слабкість, нудота, підвищена температура. У першу добу після опромінення в 30-50% випадків спостерігається блювання. Після видужання працездатність людей, як правило, зберігається. Смертельні випадки відсутні.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



**2 ступінь** – середньої важкості (2-4 Зв), протягом перших двох-трьох днів спостерігається бурхлива первинна реакція організму (нудота і блювання, різко знижується вміст лейкоцитів у крові). Далі настає прихований період (симптоми хвороби зникають), який триває від 5 до 20 днів, після чого загальний стан різко погіршується. У 20% випадків можливий смертельний наслідок. Смерть настає через 2-6 днів після опромінення. У кращому випадку при активному лікуванні видужання може початися через 2-6 місяців.

**3 ступінь** – важкий (4-6 Зв), протягом місяця після опромінення смертельний наслідок настає в 50% випадків.

**4 ступінь** – дуже важкий (понад 6 Зв). Прихований період хвороби відсутній. У перші години з'являється блювання, сильний розлад шлунково-кишкового тракту (ШКТ) і порушення кровообігу. Наприкінці другого тижня настає смерть. Видужання можливе у 30-50% за умови невідкладного початку лікування у спеціалізованій клініці.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

Хронічна променева хвороба розвивається поступово, триває довго. У цьому разі опромінення систематично повторюється дозами нижче тих, що викликають ПХ, але в сумі набагато більшими за гранично допустимі, її ознаками є зміни складу крові (недокрів'я) і ряд симптомів розладу нервової системи.

Хронічна променева хвороба розвивається при отриманні наступних доз:

- перша ступінь: *легка - до 2 Зв.*
- друга ступінь: *середньої тяжкості - 2,0-2,5 Зв.*
- третя ступінь: *важка -2,5 - 3 Зв.*
- четверта ступінь: *вкрай важка - понад 3 Зв.*

За встановленими даними, реакція організму на вплив ІВ може проявитись і у віддалений період (через 10-29 років і більше). Такими реакціями можуть бути лейкози, злоякісні пухлини різних органів і тканин, катаракти, ураження шкіри, скорочення тривалості життя.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

При попаданні РР усередину організму, людина зазнає постійного опромінення до того часу, поки РР не виведеться з організму в результаті розпаду або фізіологічного обміну. Це опромінення дуже небезпечне, тому що викликає ураження різних органів, які довго не заживають.

Можливі чотири *шляхи проникнення РР в організм*: через *органи дихання*, через *ШКТ*, через *ушкодження і розриви на шкірі* і *шляхом абсорбції через здорову шкіру*.

Найбільш небезпечний перший шлях, оскільки об'єм споживаного повітря становить 20 м<sup>3</sup> добу, а з їжею людина споживає тільки 2,2 л води за добу (800 л/рік).

Якщо радіонукліди не закріпилися в тканинах і органах тіла, вони через деякий час проходять через нирки і виходять з сечею.





## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

У літніх людей відновні процеси сповільнюються, мають меншу ефективність, що і визначає підвищену уражуваність осіб цього віку. Період напіввиведення цезію-137 у дорослих – близько 140 діб, а в дітей залежно від віку – від 50 до 20 діб. Чим молодший організм, тим швидше (за інших однакових умов) він очищається від радіонуклідів.

### *Принципи захисту людини від дії іонізуючого випромінювання*

**Радіаційна безпека** – це стан радіаційно-ядерних об'єктів та навколишнього середовища, що забезпечує *неперевищення* основних дозових лімітів, виключення будь якого *невиправданого* опромінення та *зменшення* доз опромінення персоналу і населення нижче за встановлені дозові ліміти настільки, наскільки це може бути досягнуто і економічно обґрунтовано.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

**Радіаційний захист** – це сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-конструкторських, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки.

*Радіаційна безпека* при проведенні робіт із джерелами іонізуючих випромінювань ґрунтується на наступних основних *принципах*:

по-перше – принцип виправданості.

по-друге – принцип неперевищення.

по-третє – принцип оптимізації.

**Принцип виправданості** – принцип радіологічного захисту, який вимагає, щоб користь від вибраної людської діяльності перевищувала пов'язаний з цією діяльністю сумарний збиток для суспільства чи людини.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

**Принцип неперевищення** – принцип радіологічного захисту, який вимагає обмеження (неперевищення) величин опромінення, пов'язаних з вибраною людською діяльністю, встановлених рівнів.

Тобто принцип неперевищення полягає у тому, що доза фактична не повинна перевищувати встановлений ліміт дози.

**Принцип оптимізації** – принцип радіологічного захисту, який вимагає, щоб користь від вибраної людської діяльності не тільки перевищувала пов'язаний з нею збиток, але й була максимальною.

Принцип оптимізації вимагає, щоб рівні фактичних доз опромінення людини були настільки знижені, на скільки дозволяє технологічний прогрес. Тобто:  $D_{\text{фактична}}$  повинна  $\downarrow\downarrow\downarrow$  знижуватися постійно – за рахунок: активностей радіонуклідів; часу; відстані (захист відстанню - дистанційне управління тощо); екранів.



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

### Нормування іонізуючих випромінювань

Допустимі рівні іонізуючого випромінювання регламентуються «*Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97)*», який є основним документом, що встановлює радіаційно-гігієнічні регламенти для забезпечення прийнятих рівнів опромінення як для окремої людини, так і суспільства взагалі.

Нормами радіаційної безпеки встановлюються такі категорії осіб які зазнають опромінювання:

*Категорія А (персонал)* – особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

*Категорія Б (персонал)* – особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення.

*Категорія В* – все населення.

# Дисципліна ООП. Лекція № 10



## 3. Вплив іонізуючого випромінювання на живі організми.

### Нормування іонізуючих випромінювань

Допустимі рівні іонізуючого випромінювання регламентуються «*Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97)*», які є основним документом, що встановлює радіаційно-гігієнічні регламенти для забезпечення прийнятих рівнів опромінення як для окремої людини, так і суспільства взагалі.

Нормами радіаційної безпеки встановлюються такі категорії осіб які зазнають опромінювання:

*Категорія А (персонал)* – особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

*Категорія Б (персонал)* – особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення.

*Категорія В* – все населення.