



FARABI UNIVERSITY

**Дәріс №8**

# **Иондаушы сәулелер және олардың биологиялық әсері**

Дәріскер: **Қайрат Бақытжан Қайратұлы**  
философия докторы (PhD), биофизика, биомедицина және  
нейроғылым кафедрасы меңгерушісінің ғылыми-  
инновациялық және халықаралық байланыстар жөніндегі  
орынбасары

# Жоспар

## **Кіріспе:**

- Радиациялық биофизика туралы түсінік және оның даму тарихы.

## **Негізгі бөлім:**

- Радиобиология ғылымына шолу.
- Иондаушы сәулелердің әсерінен ағзада жүретін процестер.
- Иондаушы сәулелердің тікелей әсері.
- Иондаушы сәулелердің жанама әсері.
- Иондаушы сәулеленудің денсаулыққа әсері.

## **Қорытынды.**

**Пайдаланылған әдебиеттер.**

# Радиациялық биофизика

**Радиациялық биофизика** – радиацияның биологиялық жүйелермен өзара әрекеттесуін және әсерін зерттейтін ғылым. Ол радиацияның тірі организмдерге әсер ету механизмдерін түсіну үшін физика мен биологияның білімі мен әдістерін біріктіреді.

**Радиация** – бұл толқындар немесе бөлшектер түрінде берілетін энергия. Ол *иондаушы және иондаушы емес* болуы мүмкін

Иондаушы сәулелену

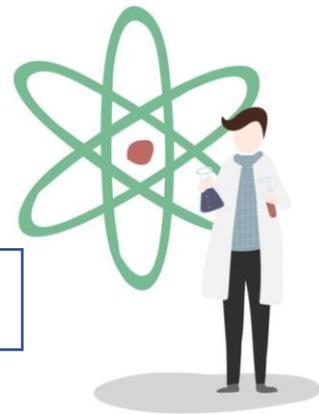
Рентген сәулелері, гамма сәулелері және альфа және бета бөлшектері

Атомдар мен молекулаларды иондап, әртүрлі биологиялық әсерлерді тудыруы мүмкін.

Иондаушы емес сәулелену

Ультракүлгін және радиотолқындар

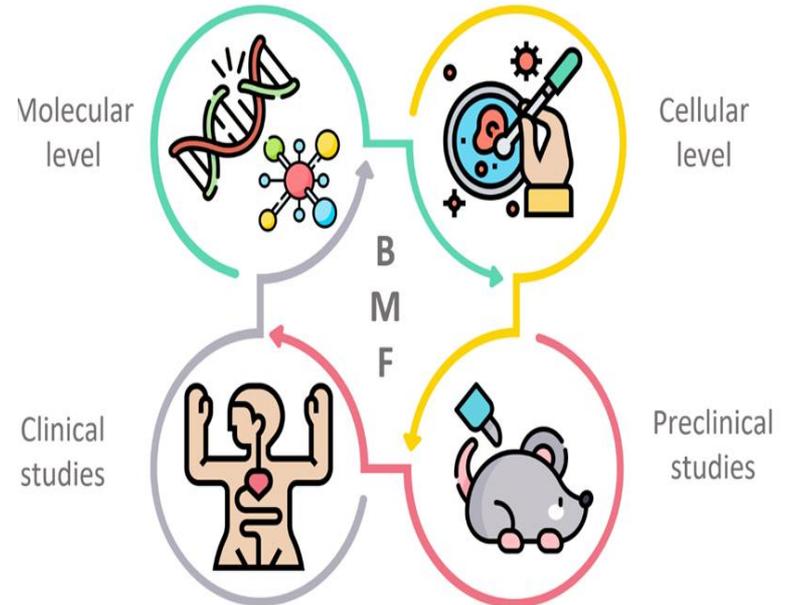
Затты иондай алмайды, бірақ басқа биологиялық әсерлерді тудыруы мүмкін.



# Радиациялық биофизика

Радиациялық биофизика радиацияның биологиялық жүйелермен өзара әрекеттесуін молекулалық дейгейден ағзалық деңгейге дейін зерттейді. Ол радиацияның ДНҚ-ға, ақуыздарға, жасушаларға және мүшелерге қалай әсер ететінін және оның ағзаның денсаулығына қандай салдары болуы мүмкін екенін зерттейді.

Радиациялық биофизиканың негізгі мақсаты – *радиациядан қорғау әдістерін әзірлеу* және оны *медицинада* және басқа салаларда қолдануды оңтайландыру үшін *радиацияның биологиялық жүйелерге әсер ету механизмдерін* түсіну. Бұл ғылым радиациялық қауіпсіздікке, қатерлі ісік ауруын емдеудің жаңа әдістерін жасауға және радиацияның қоршаған ортаға әсерін зерттеуге үлкен мән береді.



# Радиациялық биофизиканың даму тарихы

**I кезең.** 1890-1921 жж. Деректердің жинақталуымен және сәулеленуге биологиялық реакцияларды түсінудің алғашқы әрекеттерімен байланысты **сипаттамалық кезең.**

**II кезең.** 1922-1944 жж. Сандық радиобиологияның фундаментальді принциптерінің қалыптасуы, әсерлердің сіңірілген доза мөлшерімен байланысы; иондаушы сәулеленудің мутагендік әсерінің ашылуы, радиациялық генетиканың дамуы.

**III кезең.** 1945-1985 жж. Биологиялық ұйымның барлық деңгейлерінде сандық радиобиологияны одан әрі дамыту: молекулалық және жасушалық радиобиология, сәулеге қарсы қорғаудың биологиялық әдістерін әзірлеу, сәулелік зақымдануларды емдеу, зарядталған бөлшектердің үдеткіштерін радиобиологияда қолдану, радиосенсибилизациялаушы агенттерді әзірлеу, ісіктерді сәулелік емдеудің радиобиологиялық принциптерін дамыту.

**IV кезең.** 1986 жылдан қазіргі уақытқа дейін. Сәулеленудің аз дозадағы биологиялық әсерін және сәулеленудің алыс салдарын зерттеу; радионуклидтердің кең спектрінің қоршаған ортаны химиялық ластаушылармен аралас әсерін зерттеу; созылмалы сәулеленуден түбегейлі жаңа қорғаныс құралдарын іздеу

## Радиациялық биофизиканың даму тарихы

1895 жылы неміс физигі В.К.Рентген катод сәулелерінің әсерінен шынының жарқырауын зерттей отырып, рентген сәулелері деп аталатын сәулеленудің жаңа түрін — X-сәулелерін ашты. Бұл сәулелер олардың фотопластинкаға әсері және көптеген заттардың жарқырауын **(флуоресценциясын)** тудыру қабілеті арқылы анықталды. Рентген сәулелері әйнектен, ағаш қабатынан, матадан және басқа да материалдардан қарапайым жарық сәулелерін өткізбейтін кедергісіз өтеді. Тек ауыр металдар оларды қатты сіңіреді.

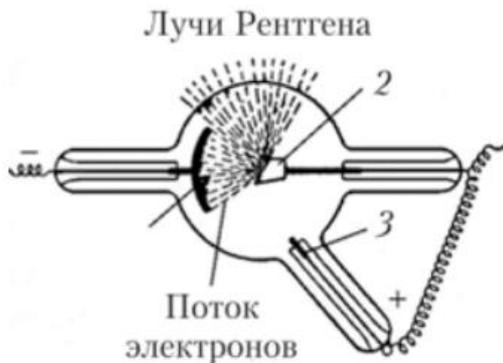


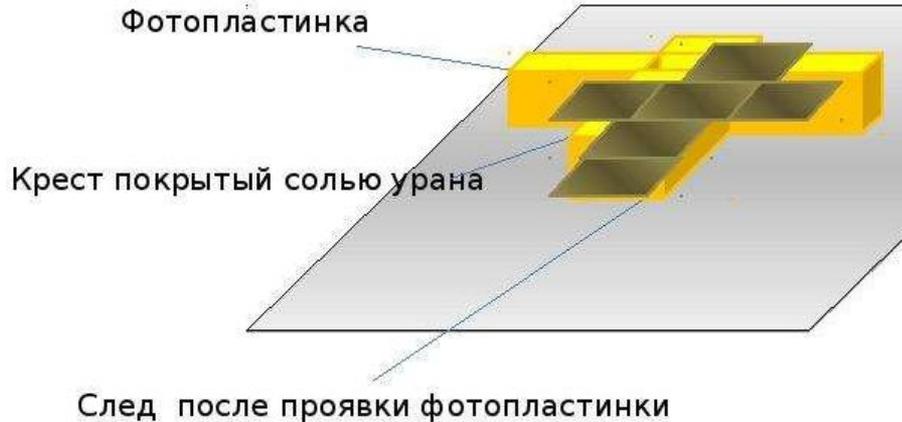
Рис. 4.2. Рентгеновская трубка:

1 — катод; 2 — антикатод; 3 — анод

Рентген сәулелерінің көзі катодтық сәулелерге ұшыраған кез-келген қатты зат бола алады, бірақ кейбір ауыр металдар **(молибден, вольфрам, платина)** қарқынды рентген сәулелерін шығарады. Сондықтан рентген сәулелерін алу, зерттеу және қолдану үшін арнайы **рентген түтіктері** жасалады. Онда **катодты сәулелер** шоғыры металл **антикатодқа** түседі. Электрондардың әсерінен металл рентген сәулелерін шығарады. Бұл сәулелер магниттік немесе электр өрісінде ауытқымайды.

1896 жылы **Анри Беккерель** **заттың радиоактивтілігін** анықтады. Ол уран тұздарындағы фосфоресценцияны зерттеу жұмыстары кезінде кездейсоқ уран мен радий сияқты кейбір заттардың денеге еніп, әртүрлі әсерлер тудыруы мүмкін кездейсоқ сәуле шығаратынын анықтады.

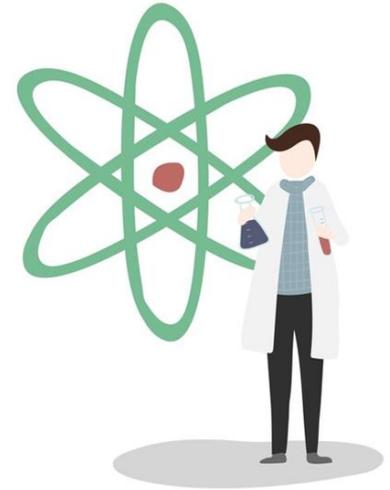
Рентген жұмысын зерттей отырып, ол флуоресцентті материалды – **калий уранил сульфатын** – ашық күн сәулесін қажет ететін экспериментке дайындау үшін фотопластинкалармен бірге мөлдір емес материалға орады. Алайда, эксперимент жүргізілгенге дейін Беккерель фотопластинкалардың толық жарықтандырылғанын анықтады. Басқа тәжірибелерден кейін ол сыртқы энергия көзін қоздырмай, енетін сәулелену уранның өзінен шыққанын дәлелдеді.



XX ғасырдың басында **Мария** мен **Пьер Кюри** радиоактивтілік бойынша зерттеулер жүргізіп, 1903 жылы физика бойынша Нобель сыйлығын алды. Олар **полоний** және **радий** сияқты жаңа радиоактивті элементтерді тауып, олардың қасиеттерін зерттеді.

1927 жылы **Герман Мюллер** шыбындарға **рентген сәулелерінің мутагендік әсерін** ашты. Бұл жаңалық радиацияның генетикалық материалда өзгерістер тудыруы және организмдердің тұқым қуалаушылығына ұзақ мерзімді әсер етуі мүмкін екенін түсінуге мүмкіндік берді.

Технологияның дамуымен және ядролық реакторлар мен радиоактивті заттар сияқты радиацияның жаңа көздерінің пайда болуымен радиациялық биофизика одан да өзекті бола бастады. Осы саладағы заманауи зерттеулер радиацияның жасушалар мен организмдерге әсер ету механизмдерін зерттеуге, қатерлі ісік ауруын емдеудің жаңа әдістерін жасауға және радиацияның қоршаған ортаға әсерін бағалауға бағытталған.



# Радиация түрлері

**ЭМ сәулелену**  
ЭМ толқындар  
түріндегі  
энергияның  
сәулеленуі

*радиотолқындар,  
микротолқындар,  
ИҚ сәулелену,  
көрінетін жарық,  
УК сәулелену,  
рентген  
сәулелері*

**Радиация  
бөлшектері**  
жоғары  
энергиямен  
қозғала алатын  
зарядталған,  
зарядталмаған  
бөлшектер

*альфа, бета  
бөлшектері,  
нейтрон,  
протон*

**Ядролық  
радиация**  
ядролық  
реакциядан,  
РА заттардың  
ыдырауынан  
пайда болатын  
сәуле

*жоғары ену  
қабілетіне ие,  
альфа, бета  
бөлшектері,  
гамма  
сәулелері,  
нейтрондар*

**Оптикалық  
сәулелену**  
көрінетін  
жарық пен  
ИҚ  
сәулеленуді  
қамтитын  
сәулелену

*сыну және  
шағылысу  
қасиеттері  
бар; оптика,  
байланыс  
технологиясында  
қолданылады*

**Акустикалық  
сәулелену**  
дыбыс  
толқындарының  
сәулеленуі

*ауа немесе су  
сияқты ортада  
таралуы мүмкін  
әртүрлі  
жиіліктер мен  
амплитудаларды  
ң дыбыстық  
толқындарын  
қамтиды*

# Радиобиология

**Радиобиология** – иондаушы сәулелердің барлық түрінің тірі организмдер мен оның қауымдастығына тигізетін әсерін зерттейтін ғылым.

## Радиобиология пәнін құрайтын негізгі міндеттер:

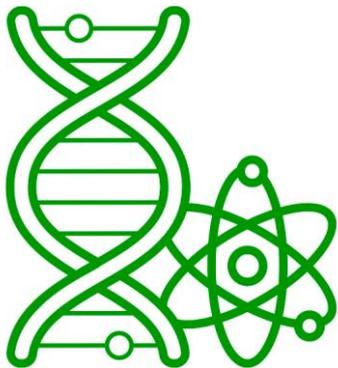
- иондаушы сәулелену әсеріне биологиялық жауаптың жалпы заңдылықтарын ашу, оның ішінде радиобиологиялық парадоксты түсіндіру
- радиобиологиялық әсерлерді бақылау.



## Радиобиологияның объектілері мен әдістері

Радиобиологиялық зерттеу объектілеріне сәйкес (тірі заттардың ұйымдасу деңгейлері) радиобиология 3 бөлімге бөлінеді:

- Күрделі жүйелердің радиобиологиясы (экологиялық жүйелер, популяциялар, көп жасушалы организмдер, мүшелер мен ұлпалар)
- Жасушалық радиобиология (жасушалар, жасушалық органеллалар, биологиялық мембраналар)
- Молекулярлық радиобиология (макромолекулалар, «кіші молекулалар»).



# Иондаушы сәулелену

Иондаушы сәулелену – сәулеленетін объектідегі атомдар мен молекулалардың қозуын және иондануын тікелей немесе жанама түрде тудыруы мүмкін бөлшектер немесе кванттар ағыны. Ионизация – атомнан электрондардың жұбын (+ және -) түзетін электрондар.

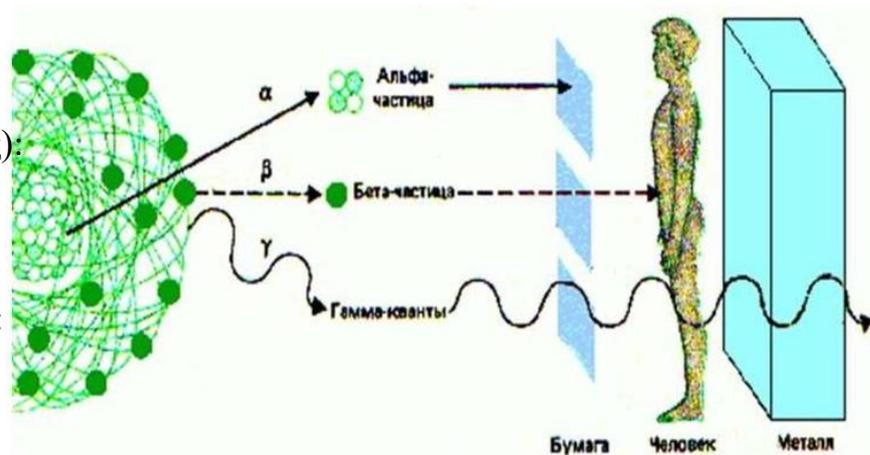
**Иондаушы сәулеленудің келесі түрлері бөлінеді.**

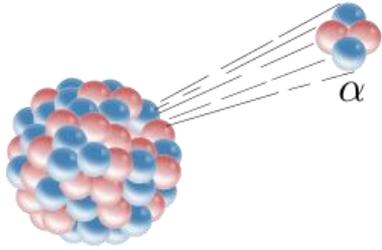
**1. Электромагниттік сәулелену (тыныштық массасы жоқ):**

- рентген сәулелері,
- гамма-сәулелену.

**2. Корпускулярлық сәулелену (тыныштық массасы бар):**

- бета бөлшектер (электрондар);
- протондар (сутегі ядролары);
- альфа бөлшектері (гелий атомының ядролары);
- нейтрондар;

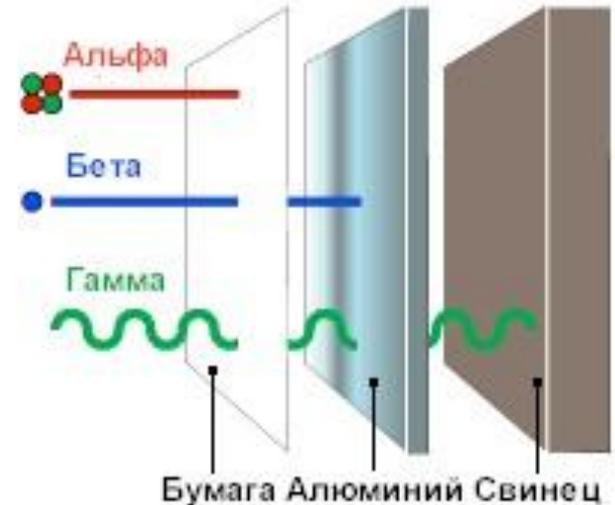




**Альфа-сәулелену ( $\alpha$ -сәулелену)** – иондаушы сәулелену, ол салыстырмалы түрде ауыр бөлшектердің (екі протон мен екі нейтроннан тұратын гелий ядролары) ядролық түрленулер кезінде шығарылатын ағыны.  $\alpha$  бөлшектерінің энергиясы бірнеше мегаэлектрондық вольтқа тең және әртүрлі радионуклидтер үшін өзгереді. Бұл жағдайда кейбір радионуклидтер бірнеше энергияның  $\alpha$ -бөлшектерін шығарады.

**Бета-сәулелену** - бұл  $\alpha$ -сәулеленумен салыстырғанда үлкен ену қабілеті бар  $\beta$ -бөлшектердің (электрондар мен позитрондар) ағыны. Шығарылатын бөлшектер үздіксіз энергетикалық спектрге ие, энергияда нөлден белгілі бір радионуклидке тән ең жоғары мәнге дейін таралады. Әртүрлі радионуклидтердің  $\beta$  спектрінің максималды энергиясы бірнеше кеВ-тен (килоэлектронвольт) бірнеше МэВ-қа (мегаэлектронвольт) дейінгі диапазонда жатыр.

**Гамма-сәулелену** – өте қысқа толқын ұзындығымен –  $2 \cdot 10^{-10}$  м-ден аз – және соның нәтижесінде айқын корпускулярлық және әлсіз өрнектелген толқындық қасиеттермен сипатталатын электромагниттік сәулеленудің түрі. Иондаушы сәулеленуге жатады, яғни затпен әрекеттесуі әртүрлі таңбалы иондардың түзілуіне әкелетін сәулелену.



# Иондаушы сәулелердің биологиялық әсер ету механизмдері

Радиация биосубстратқа әсер еткенде, соңғы радиациялық энергияны сіңіреді. Бұл атомдар мен молекулалардың иондалуына (яғни атомның электронның жоғалуы, атомның қалған бөлігі оң зарядқа ие болады) немесе атомдар мен молекулалардың қозуына (атом ішіндегі энергия деңгейі электронның жоғарырақ зарядқа ауысуына) әкеледі.

Иондаушы сәулелер мен судың радиолиз өнімдерінің әсерінен жасушаның негізгі биологиялық маңызды органикалық заттарының (**ДНҚ, нуклеотидтер, аминқышқылдары, белоктар, көмірсулар, фосфолипидтер және т.б.**) молекулаларының радиолизі бар органикалық радикалдардың түзілуімен жүреді, тіндерге зиянды әсер етеді. Оттегінің қатысуымен органикалық радикалдар онымен әрекеттеседі.

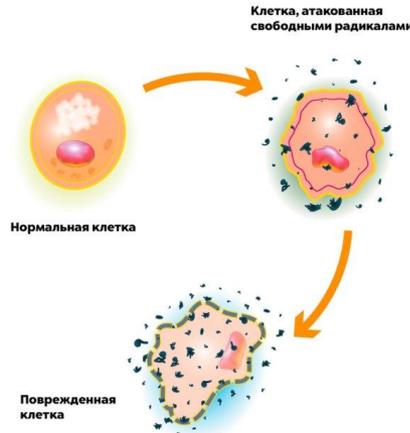
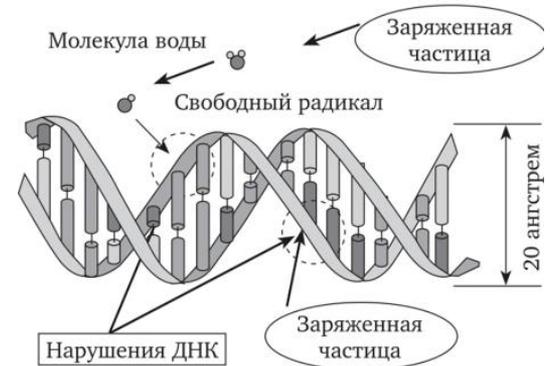
Сәулеленген жасушаның одан әрі тағдыры үшін **белоктарда, ДНҚ және фосфолипидтерде** болатын процестердің маңызы зор:

- Белоктардың құрылымы бұзылады (дисульфидті көпірлердің, сутектік байланыстардың, пептидтік тізбектердің үзілуі, сульфгидрильді топтардың тотығуы және т.б.).
- Жасуша мембранасының липидті қос қабатындағы фосфолипидтердің бұзылуы.
- ДНҚ-ның радиациялық зақымдануы азотты негіздердің құрылымының бұзылуы, ДНҚ үзілістерінің пайда болуы, ДНҚ-ДНҚ және ДНҚ-ақуыз айқаспалы байланыстары және басқа молекулалармен ДНҚ комплекстерінің бұзылуы түрінде көрінеді.

# Радиация әсерінен жасушалардың өлуінің екі түрі бар:

- 1) *интерфаза;*
- 2) *репродуктивті.*

Репродуктивті жасушалардың өлуі барлық тез көбейетін тіндерге тән, ол сәулеленуден кейін бірден болмайды, бірақ бірнеше бөліну циклі кезінде болады. Репродуктивті өлімнің негізгі себебі - **құрылымдық ДНҚ зақымдануы**.



Жасушаның интерфазалық өлімі **жасуша митозға өткенге дейін** болады. Жануарлар мен адамдардың соматикалық тіндерінің көптеген жасушалары үшін интерфазалық өлім жоғары дозаларда сәулелену кезінде тіркеледі, ядро мен цитоплазмада әртүрлі дегенеративті өзгерістер түрінде көрінеді және тікелей «сәуле астында» немесе одан кейінгі алғашқы сағаттарда пайда болады. Ерекшелік лимфоциттер болып табылады, олар үшін радиациядан кейінгі өлімнің фазалық түрі негізгі болып табылады және 1-2 Гр дозада сәулеленуден кейін тіркеледі.

# Тірі затқа иондаушы сәулелер әсер еткенде келесі процестер жүреді:

- **физикалық** — энергияның жұтылуы және қозғалған иондаушы молекулалардың пайда болуы;
- **физика-химиялық**—қозған молекулалардың жұтылатын сәулелену энергиясын қайта бөлу;
- **химиялық** – бос радикалдардың түзілуі. Радикалдар – химиялық активтілігі жоғары жұпталмаған электрондары бар атомдар немесе атомдық топтар;
- **молекулярлық биологиялық** – биологиялық молекулалар мен жасушалардың құрылымындағы өзгерістер, олар орындайтын функциялардың бұзылуына әкелуі мүмкін;

Иондаушы сәулелену қоршаған ортаның басқа факторларымен салыстырғанда ерекше. Біздің сезім мүшелеріміз (көру, иіс, дәм, есту, рецепторлық сезімталдық) иондаушы сәулеленудің кішкентай, үлкен немесе тіпті өлімге әкелетін қарқындылығын сезбейді. Оларды тіркеу тек радиометриялық және дозиметрлік аспаптармен жүргізіледі.

## Биологиялық әрекеттің сипаты мыналарға байланысты:

- сәулелену дозасы бойынша;
- ену дәрежесі (а-, Р-, у-сәулелену);
- ортаның иондану қабілеті;
- әсер ету ұзақтығы және сәулеленген тіннің жағдайы.



# Радиобиологиялық әсерлердің екі түрі бар: детерминирленген (стохастикалық емес) және стохастикалық.

**1. Детерминистік** – иондаушы сәулеленуден туындаған клиникалық анықталатын зиянды биологиялық әсерлер, жоғары әсердің ауырлығы қабылданған дозаға байланысты болады. Клиникалық тудыратын ауруларға мыналар жатады: сәуле ауруы, сәулелік дерматит, радиациялық катаракта, сәулелік бедеулік, ұрықтың дамуындағы ауытқулар және т.б.



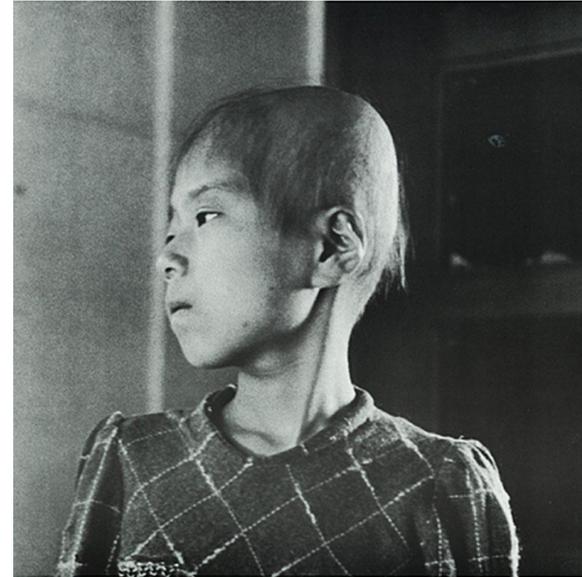
**2. Стохастикалық радиобиологиялық әсерлер** – иондаушы сәулелену әсерінен болатын, пайда болу үшін доза шегі жоқ және көрінісінің ауырлығы дозаға тәуелді емес зиянды биологиялық әсерлер. Клиникалық түрде шекті емес әсерлер қатерлі ісіктер, лейкоздар және тұқым қуалайтын аурулар ретінде диагноз қойылады.

# Сәулелік ауру

**Сәулелік ауру** – қысқа мерзімді иондаушы сәулелердің әсерінен дененің ең көп бөлінетін клеткаларының өлуі нәтижесінде дамидын дербес ауру.

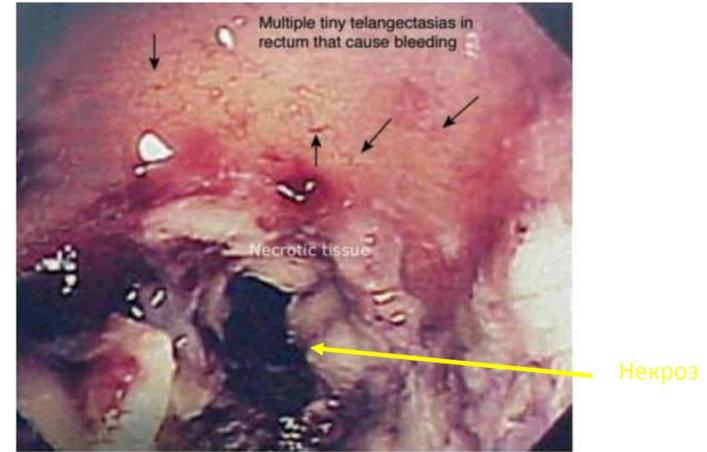
**Аурудың клиникалық бейнесі сәулеленудің дозасы мен сәулеленуден кейін өткен мерзімге тікелей байланысты. Аурудың дамуы бірнеше кезеңнен тұрады:**

- Бастапқы сағаттарды алғашқы реакцияның пайда болуы (құсу, безгек, бас ауруы)
- Бірнеше күннен соң сүйек кемігінің сарқылуы орын алады. Стоматит, қан құйылу сияқты әртүрлі инфекциянды процесстер пайда болады.
- Бастапқы реакция мен аурудың дамуы арасындағы сәулелену дозасы 5-6 гр-ден аз болады. Бұл кезең – латентті кезең деп аталады.



# Сәулелі энтерит және дерматит

5 гр-ден жоғары доза болған кезде энтериттің ауыр формасы бақыланады: *іш өту, гипертемия, іш ауру, оның үрленуі*. Ішек синдромы әдетте тоқ ішектің зақымдануы, сәулелі гастрит және сәулелі эзофагитпен сипатталады. Сәулелі гастрит пен эзофагит сүйек кемігінің зақымдалуы тоқтағанда, аурудың екінші айында байқала бастайды.



Сәулелі дерматит (терінің зақымдалуы) – бірнеше фазада жүреді: біріншілік эритема, ісіну, екіншілік эритема, жаралар мен көпіршіктердің пайда болуы, эпителизация. Терінің зақымдалу дәрежесі бірнеше факторларға байланысты сипатталады, яғни ол тек терідегі өзгерістерге ғана емес, тері тамырларының зақымдалуына, ірі артериялық өзектерге де тікелей байланысты. Пайда болған сәулелік жаралар жазылған соң ұзақ уақыттан кейін қайталама некроз орын алуы мүмкін. Ал оның нәтижесі ампутацияға әкеліп соғады.

# Ұрыққа төнетін радиациялық қауіп

Жүктілік кезінде жүктілік мерзімі мен әсер ететін дозаға байланысты ұрыққа төнетін радиациялық қауіп болады.

- Радиациялық қауіп органогенез сатысында максималды түрде, екінші триместрде орта деңгейде, ал үшінші триместрде минималды деңгейде болады.
- Ұрықтың радиациялық сезімталдығы ересек организммен салыстырғанда 10-300 есе көп



**Наибольший  
риск**

**Меньший  
риск**

**Минимальный  
риск**

- 100 мГр-ден жоғары доза, баланың IQ төмендеуіне әкеліп соғады
- 1Гр-ге дейінгі доза жүктіліктің 8-15 аптасында баланың ақыл-ойының кемістігіне әкеледі.

# Соматикалық және генетикалық әсерлер

**Соматикалық зақымдану** – сәуле әсер ететін организмде болатын зақымданулар (денеде).

**Генетикалық зақымдану** – жыныс клеткаларына әсер ететіндіктен, болашақ ұрпаққа зардабын тигізеді.

## Соматикалық әсер

- Сәулелік аурулар
- Локальді сәулелік зақымданулар
  - Лейкоз
- Қатерлі ісік

## Генетикалық әсер

- Гендік мутация
- Хромосомдық аберрация

# Генетикалық әсер

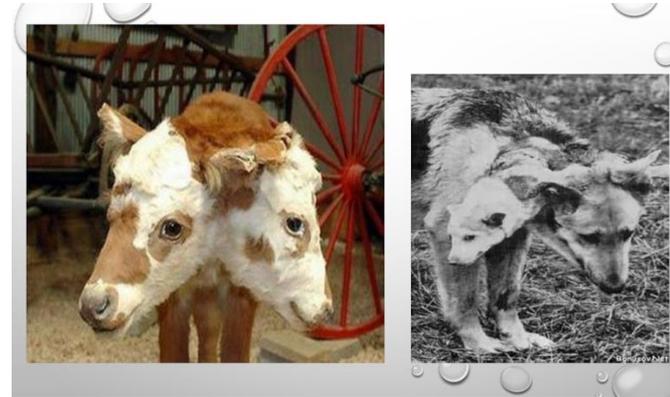
Теориялық тұрғыда ең аз дозаның өзі қатерлі ісік немесе генетикалық ақпараттың зақымдалуы сынды нәтижеге әкеліп соғуы мүмкін. Бірақ, дәл сол уақытта ешқандай доза ешқандай ауытқуға ешқандай ситуацияда әкеліп соқпауы да мүмкін.

Сәулеленудің ең үлкен дозасы болған кездің өзінде де барлық адам ол ауруларға шалдықпайды. Себебі адам организміндегі репарационды механизмдер барлық зақымдалуларды уақытылы жойып отырады.

Бірақ, осыған дейін сәулеленуге ұшыраған адамның ауруларға шалдығу ықтималдығы жоғарырақ.

## Генетикалық зақымдалу нәтижесінде:

- Көп жағдайда мутацияға ұшыраған эмбриондар тіршілігін тоқтатады.
- Мутант эмбриональды кезеңнен тірі өтуі мүмкін, бірақ онда физикалық жетіспеушіліктер дамуы мүмкін. Бұндай мутацияның көпшілігі организмнің өмір сүру уақытын айтарлықтай қысқартады.
- Мутация ұрпақтан-ұрпаққа бірнеше ұрпақ (поколение) бойы беріліп отырады.



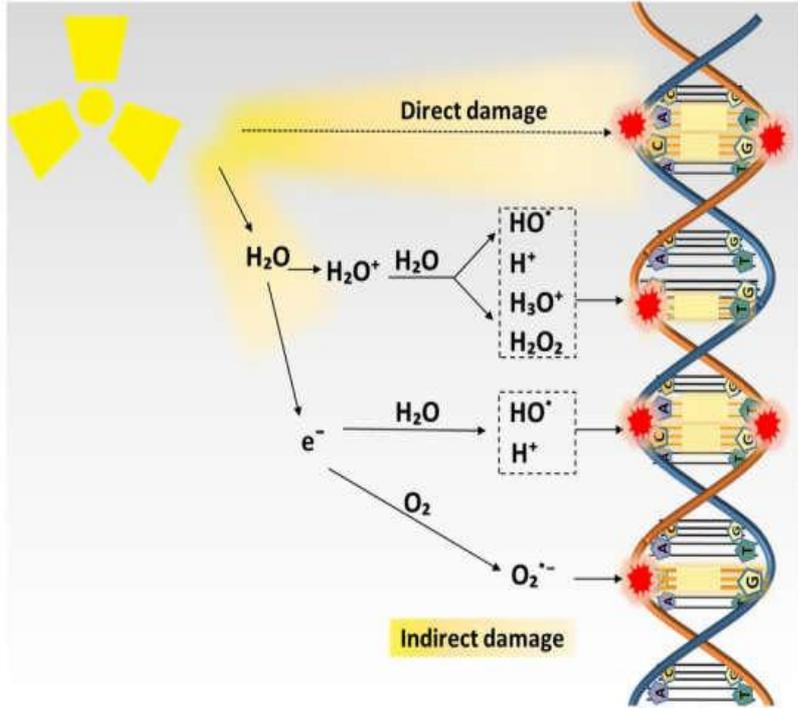
# Иондаушы сәулелердің тікелей әсері

- Атом және молекулалардың ионизациясы
- Олардың қозуы
- Радикалдардың қалыптасуы

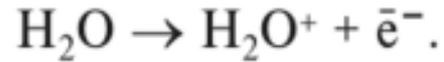
Пайда болатын өнімдер қатысында биологиялық молекулалардың химиялық түрде қайта түзілуі

Клетканың зақымдануы

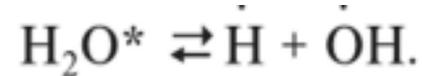
# Иондаушы сәулелердің жанама әсері



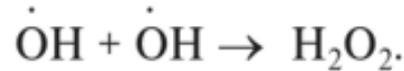
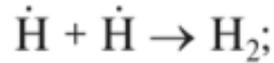
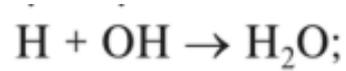
Жанама сәулелену негізінен судың радиолизімен – иондаушы сәулеленудің әсерінен оның химиялық түрленуімен байланысты. Су молекуласы оң зарядталған ион түзе отырып электронын жоғалтуға қабілетті:



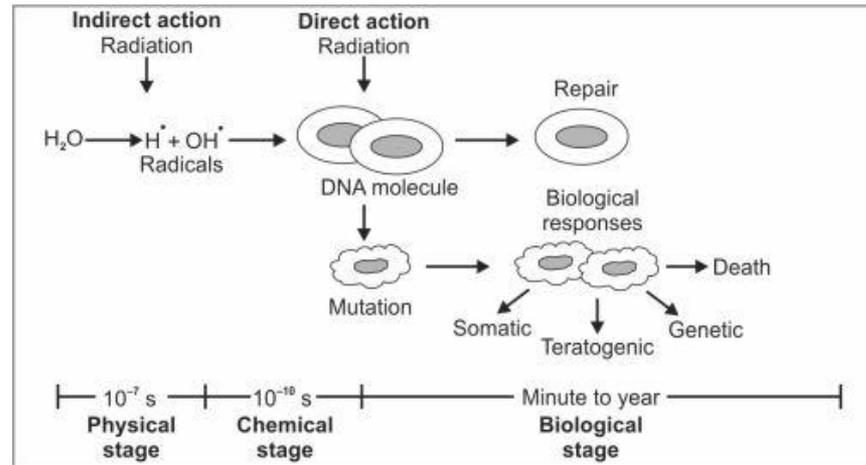
Қозған су молекулалары диссоциацияланып **H** және **OH** радикалдарын түзеді:



Алынған бос радикалдар Н және ОН химиялық белсенді және бір-бірімен оңай әрекеттесіп, су, сутегі және сутегі асқын тотығы молекулаларын түзе алады:

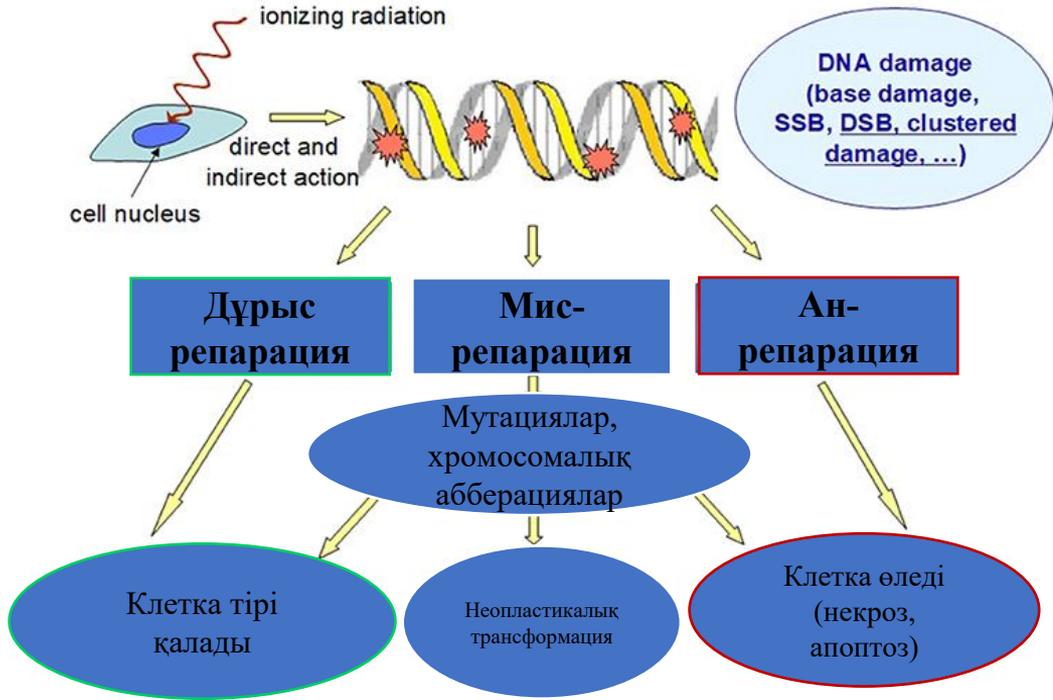


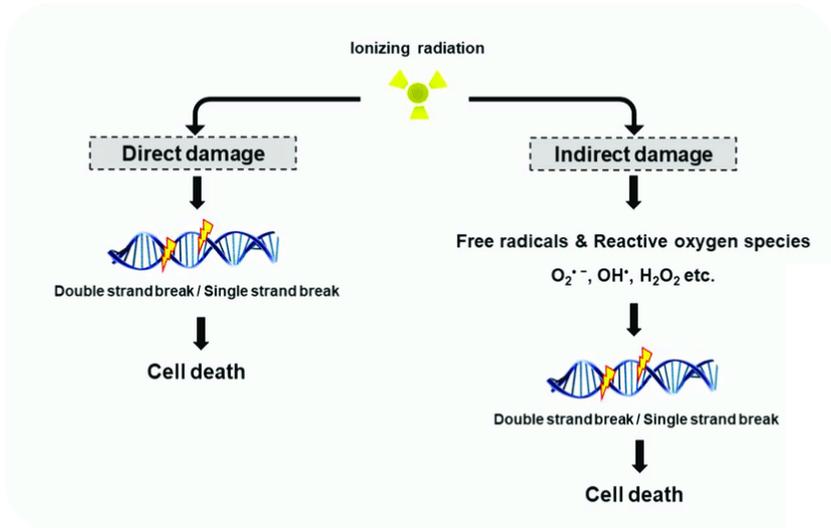
Органикалық радикалдар R, сондай-ақ су радиоллизінде пайда болатын бос радикалдар басқа молекулалармен әрекеттесуі мүмкін, нәтижесінде **биологиялық бұзылулар** пайда болады. R радикалдары тыныс алу процесінде келетін **оттегімен** де әрекеттесе алады, яғни организмде биологиялық бұзылулар тудыруы мүмкін **RO2** пероксидті радикалдар түзіледі.



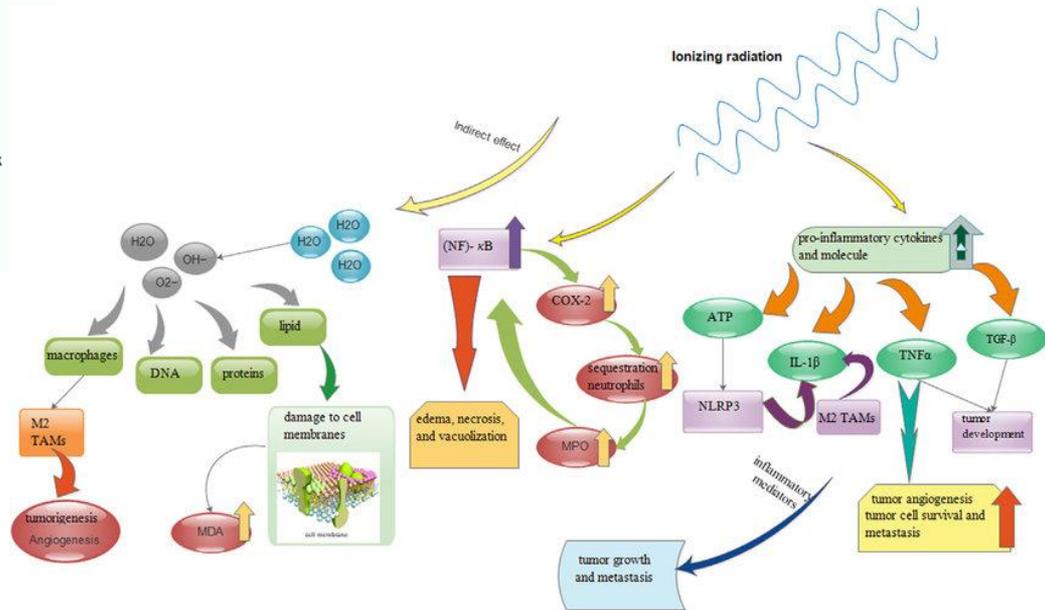
Репарция орындалмаса, бұзылған ДНҚ-сы бар клетка бөліне бастайды. Нәтижесінде лейкоздар мен ісік клеткалары дамиды.

Радиацияға аз сезімтал – бірклеткалы организмдер, соның ішінде бактериялар.



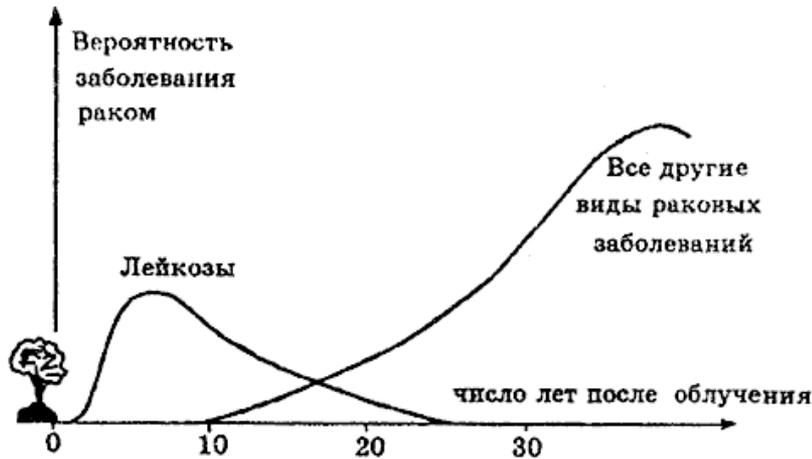


Радиациялық мутациялардың **70%-ы** иондаушы сәулелердің жанама әсерінен туады. Бұл организмнің біршама бөлігін су алып жатқанына байланысты.



NOD-like receptor family pyrin domain containing 3 (NLRP3)  
 Cyclooxygenase-2 (COX-2)  
 Tumor-associated macrophages (TAMs)  
 Myeloperoxidase (MPO)  
 Malondialdehyde (MDA)  
 Nuclear factor (NF)-κB

# Иондаушы сәулеленудің денсаулыққа әсері



Тіндердің және/немесе мүшелердің радиациялық зақымдануы алынған сәулелену дозасына немесе **греймен (Гр)** көрсетілген сіңірілген дозаға байланысты.

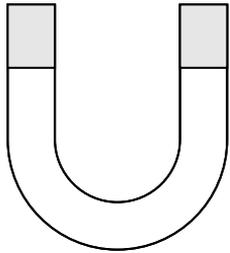
Иондаушы сәулеленудің зиян келтіру қабілеті тиімді дозаның көмегімен бағаланады. Сәулелену түрі мен тіндер мен мүшелердің сезімталдығын ескеретін тиімді доза бірлігі – **зиверт (Зв)**. Радиация мөлшерінен (доза) басқа маңызды параметр дозаның қабылдау жылдамдығы (қуаты) болып табылады, ол сағатына **мкЗв/сағ** микрозиверттермен немесе жылына миллизиверттермен (**мЗв/жыл**) көрсетіледі.

Жедел радиациялық синдромның шекті дозасы шамамен **1 За (1000 мЗв)** құрайды.

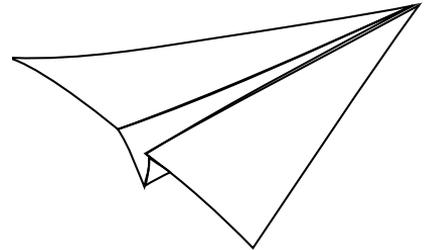
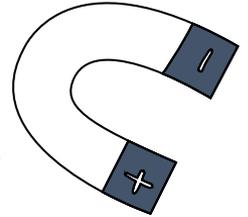
## Сәулеленудің әртүрлі дозаларының адам ағзасына әсері

Доза, Гр	Әсердің себебі мен нәтижесі
$(0.7 - 2) \cdot 10^{-3}$	Табиғи көздерден бір жыл ішінде
0.05	Профессионалды сәулеленудің бір жылдағы дозасының шекті мөлшері
0.1	Гендік мутациялар ықтималдығы екі еселенеді
0.25	Төтенше жағдай кезіндегі бір реттік доза
1.0	Жедел сәуле аруының пайда болу дозасы
3- 5	Емделусіз 50% сәулеленгендер 1-2 ай ішінде қаза болады
10 - 50	Негізінен асқазан-ішек жолы зақымданып, 1-2 апта ішінде қайтыс болады
100	ОЖЖ зақымдалғандықтан бірнеше сағат немесе күннен кейін өледі

# Қорытынды



Қорытындылай келе, радиацияның биологиялық жүйелермен өзара әрекеттесуін және әсерін зерттейтін ғылымды радиациялық биофизика деп атаймыз. Радиацияның ЭМ сәулелену, радиациялық бөлшектер, ядролық радиация, оптикалық сәулелену, акустикалық сәулелену дейтін түрлері бар. Ал радиобиология иондаушы сәулелердің барлық түрінің тірі организмдер мен оның қауымдастығына тигізетін әсерін зерттейтін ғылым. Иондаушы сәулелер ағзаға тікелей және жанама әсер етеді. Тікелей әсер ағзадағы ДНК, белок және липидтерге иондардың тікелей әсер етуі, ал жанама әсер кезінде алдымен фотондар ағзадағы молекулаларға әсер етіп, радикалдар түзеді, сол радикалдар биологиялық молекулалармен әсерлесіп, түрлі соматикалық және генетикалық бұзылыстар тудырады.



# Сұрақтар

1. Радиациялық биофизика нені зерттейді, қандай ашылуларды білесіз?
2. Рентген түтіктерінде рентген сәулелерін қарқынды шығаратын қандай металлдар?
3. Радиация түрлерін атап, әр түріне сипаттама беріңіз.
4. Радиация әсерінен жасушалардың өлуінің қандай түрлері бар және қалай жүреді?
5. Радиобиологиялық әсерлердің қандай түрлері бар?
6. Радиобиологиялық зерттеу объектілеріне не жатады?
7. Сәулелік ауру қандай кезеңдерден тұрады?
8. Генетикалық зақымданудың нәтижесі қандай болуы мүмкін?
9. Радиация ұрыққа қандай қауіп төндіреді?
10. Иондаушы сәулелердің жанама әсерінің орындалу механизмі қандай?
11. Бұзылған ДНҚ молекуласы қайта қалпына келуі үшін қандай процесс орын алады?
12. Иондаушы сәулелер әсер ететін клеткадағы биологиялық объектілерді атаңыз.

# Әдебиеттер

- Открытие рентгеновских лучей
- Радиационная биофизика: основные принципы и перспективы исследований
- Открытие радиоактивности
- Biophysics and medical physics
- А.Осипов – Радиационный фон: как излучение влияет на живые организмы  
// ПостНаука, 15 октября 2020.
- Ионизирующее излучение — Википедия (wikipedia.org)
- Слайд 1 (nanoscience.by)
- ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ  
ЧЕЛОВЕКА
- Functional Response Difference between Diabetic/Normal Cancerous Patients to  
Inflammatory Cytokines and Oxidative Stresses after Radiotherapy // June 2020.
- Targeted and non-targeted effects of ionizing radiation // April 2015.
- 10. Воздействие радиации на человека

**Назар қойып  
тыңдағандарыңызға рахмет!**