

# Лекція-1

- Фізико-технічні основи променевої діагностики

# Фізико-технічні основи променевої діагностики

- Фізико-технічні основи різних променевих методів дослідження.
- Рентгенологічні методи дослідження.
- Рентгенівська фототехніка.
- Закони скіалогії.

# Рентгенівське (X-променеве) дослідження

- В спектрі електромагнітних коливань, залежно від довжини хвилі, рентгенівське проміння знаходиться між ультрафіолетовим та гамма-промінням:
- радіохвилі: 1 мм - 10 000 м
- інфрачервоне проміння: 0,76 мкм - 1 мм
- видиме світло: 0,38 мкм - 0,76 мкм
- ультрафіолетове проміння: 2 нм - 400 нм
- ***рентгенівське проміння: 0,003 нм - 2 нм***
- гамма-проміння: 5-Ю13 м - 0,17 нм.

# Фізичні основи методів променевого дослідження

- Рентгенівські апарати, що використовуються для діагностичних цілей, називаються рентгенодіагностичними,
- а для лікування - рентгенотерапевтичними.
- Основною частиною цих апаратів є рентгенівська трубка,
- інші частини являють собою допоміжне устаткування.

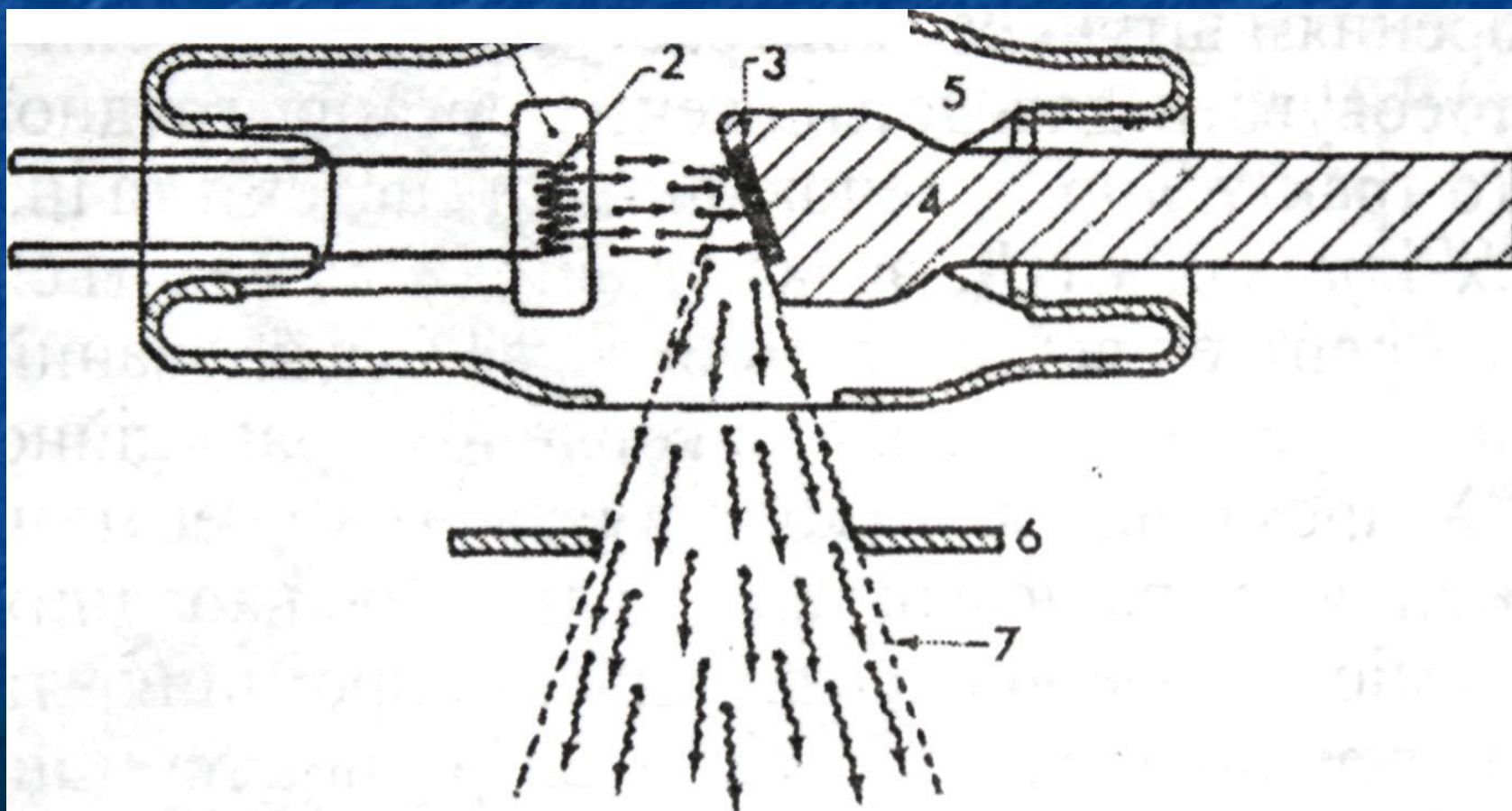
# Допоміжне устаткування

- До допоміжного устаткування рентгенодіагностичного апарату належать:
- штатив,
- приймач рентгенівського випромінювання (флуоресціюючий екран або касета з плівкою),
- перетворювачі струму (трансформатори),
- реостати,
- пульт керування,
- кабелі для з'єднання рентгенівської трубки з трансформаторами та пультом керування тощо.

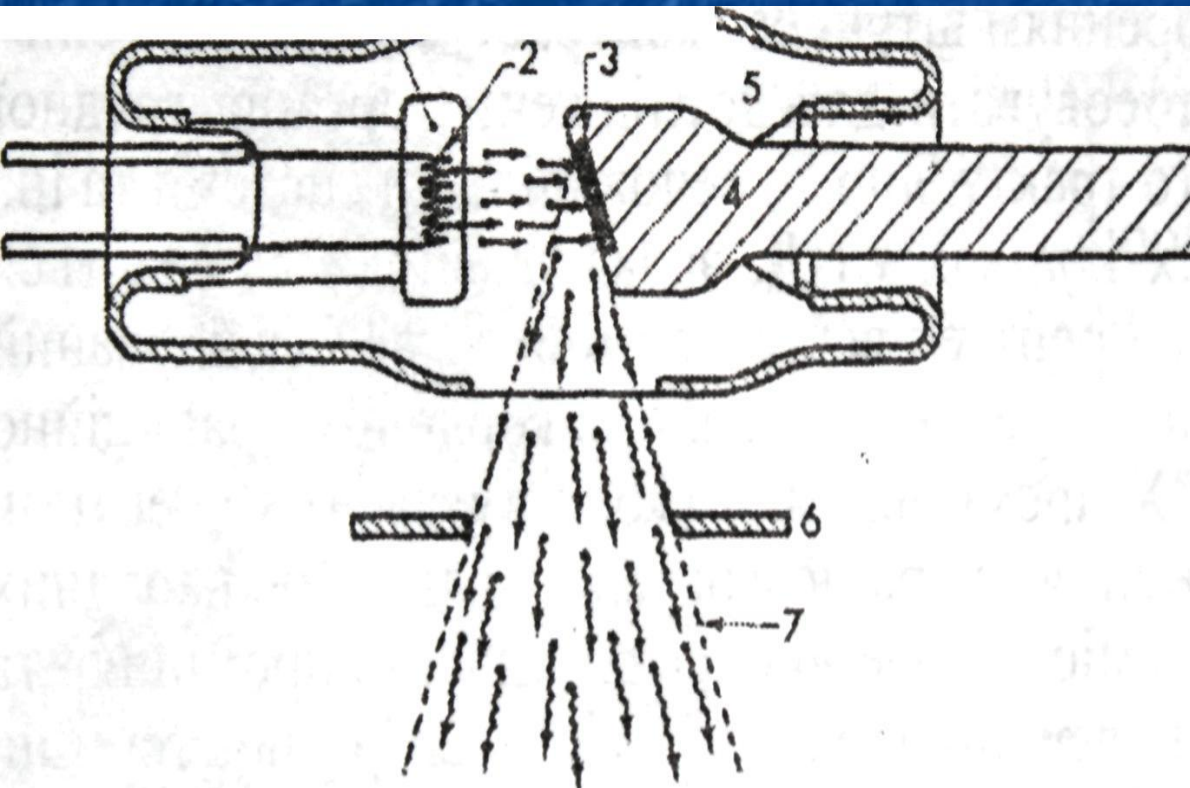
# "Рентгенівська трубка"

- Рентгенівська трубка є генератором рентгенівського проміння. Вона розміщена всередині захисного металічного кожуха.
- Трубка являє собою герметичний скляний балон з глибоким вакуумом.
- Всередині балону є два електроди - **катод і анод**
- **Катод** являє собою спіралеподібну вольфрамову нитку завдовжки близько 10-15 мм.
- **Анодом** служить масивний мідний стрижень зі скошеною під кутом  $45^\circ$  або  $70^\circ$  поверхнею, що вкрита вольфрамовою пластинкою — дзеркалом аноду.

# “Рентгенівська трубка”



# Будова рентгенівської трубки.



- - катод;
- - спіраль катоду;
- - дзеркало аноду;
- - анод;
- - вакуум;
- - діафрагма;
- - рентгенівське випромінювання.
-



# Рентгенологічні методи дослідження

- Підведення електричного струму низької напруги (4-15 вольт) до спіралі катоду призводить до її розжарювання і утворення навколо неї хмарки вільних електронів. Подача струму з високою напругою (40-150кВ) до обох електродів трубки змушує електрони рухатись до анода з великою швидкістю (до 200000 км/с).

# Рентгенологічні методи дослідження

- Взаємодія потоку електронів з металом аноду призводить до утворення електромагнітного рентгєнівського випромінювання внаслідок швидкого гальмування потоку електронів атомами речовини (гальмівне випромінювання) та переходу частини електронів атомів речовини з високого на низький енергетичний рівень (характеристичне випромінювання).

# Рентгенологічні методи дослідження

- Гальмівне випромінювання має безперервний спектр,
- а характеристичне - дискретний спектр, характерний для кожної окремої речовини.
- Близько 1 % кінетичної енергії потоку електронів перетворюється в енергію рентгенівського проміння, а решта-в тепло.
- Для відведення тепла від аноду використовують повітря або трансформаторне масло, яким залитий металічний кожух рентгенівської трубки.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Місце на дзеркалі аноду, на яке попадають електрони, називається фокусом трубки. Чим менший фокус трубки, тим чіткіше можна отримати зображення досліджуваного об'єкта, проте водночас анод більше нагрівається і трубка має меншу допустиму потужність, яку вимірюють у кіловатах за 0,1 с.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Залежно від величини фокусу та допустимої потужності виділяють рентгенодіагностичні трубки:
- з великим фокусом розміром 2x2 мм і потужністю 50-100 кВт,
- малим фокусом розміром 1x1 мм і потужністю 20-40 кВт,
- мікрофокусом розміром 0,3x0,3 мм і потужністю до 20 кВт.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Зміна напруги між катодом та анодом призводить до зміни швидкості руху електронів до анода, що змінює довжину хвилі рентгенівського проміння. Збільшення напруги робить випромінювання більш жорстким, що дозволяє використовувати його для дослідження товстіших об'єктів.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Підвищуючий трансформатор збільшує напругу у 220 В електричного струму міської мережі до високої напруги у 40-150 кВ, що подається на електроди рентгенівської трубки. Підвищуючий трансформатор вміщується в металевий бак і заливається трансформаторним маслом, яке запобігає його перегріванню і виконує роль ізолятора. Знижуючий трансформатор служить для розжарювання спіралі катоду рентгенівської трубки

# Рентгенологічні методи дослідження

- Для випрямлення змінного струму високої напруги у малопульсуючий струм використовують напівпровідники - кремнієві діоди. Найефективнішими схемами випрямлення струму є трифазні схеми -шестинапівперіодна та дванадцятинапівперіодна, що дозволяє отримувати майже постійний струм.



# Рентгенологічні методи дослідження

- Усі рентгенодіагностичні апарати поділяють на стаціонарні, пересувні та переносні.
- *Стаціонарні* апарати мають великі розміри і встановлюються в спеціально обладнаних кабінетах.
- *Пересувні (палатні)* апарати мені і потужні, мають порівняно невеликі розміри та вагу; вони монтується на площадках з коліщатами і їх може переміщувати одна людина.
- *Переносні* рентгенодіагностичні апарати компактно розміщені в чемоданах і їх може переносити одна людина.

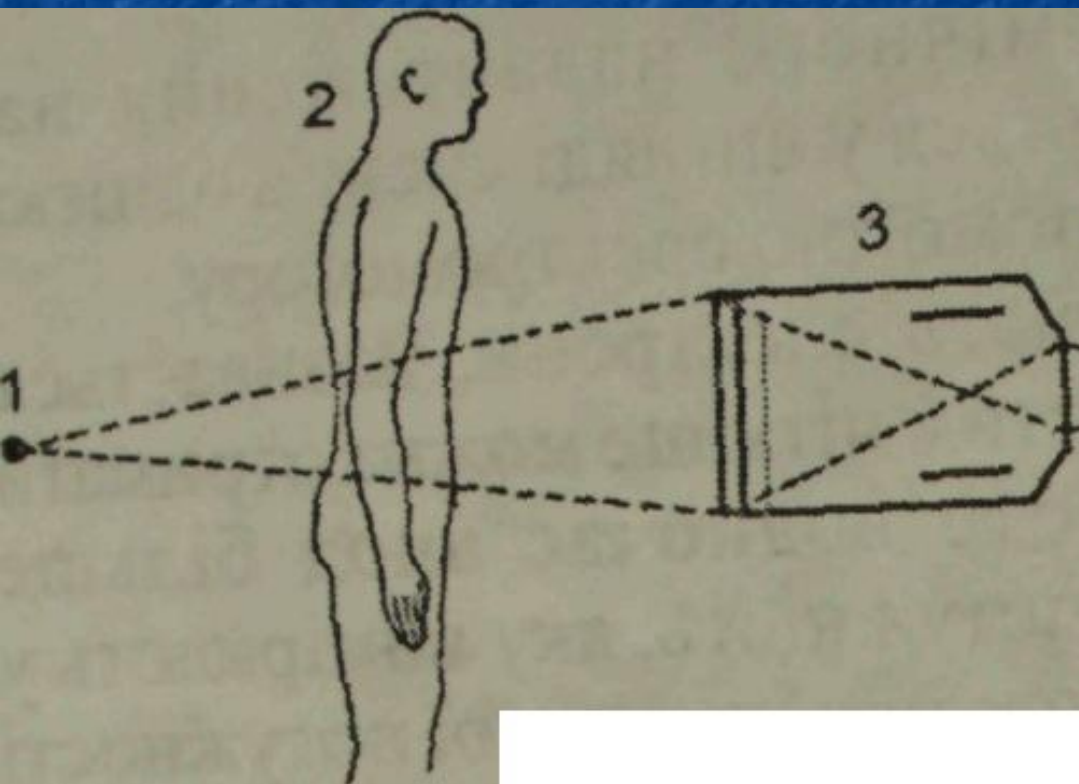
# Рентгенологічні методи дослідження

- Штатив стаціонарного рентгенодіагностичного апарата виконує роль опори для хворого при дослідженні його у вертикальному, похилому та горизонтальному положеннях. Рама штатива зроблена з матеріалу, що не затримує рентгенівське проміння, і переміщується під різними кутами електромотором, вмонтованим у станині штатива.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Рентгенівська трубка та приймач рентгенівського випромінювання укріплені на штативі. Приймачем може бути касета з рентгенівською плівкою або флуоресціюючий екран.

# Схема рентгено- скопичного дослідження.



- - рентгенівська трубка;
- - досліджуваний об'єкт;
- - електронно-оптичний перетворювач;
- - телекамера;
- - телевізор.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Розсіюючий екран являє собою лист картону, розміром 30x40 або 35x35 см на який внесено шар солі, що флуоресціює під дією рентгенівського проміння - сульфід цинку, сульфід кадмію та ін. Екран знаходиться у металевій рамці і з боку лікаря закритий свинцевим склом.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Пульт керування призначений:
- для регулювання і стабілізації напруги та сили струму рентгенівської трубки,
- часу ввімкнення струму високої напруги,
- захисту трубки від перевантажень.
- Пульт має вольтметр, амперметр, реле часу експозиції, реостат для регулювання силу струму, що надходить на катод рентгенівської трубки, а також ручки керування режимами апарата, що перемикають його у режим просвічування і рентгенографії.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Металевий кожух рентгенівської трубки має вікно, через яке виходить пучок променів. До вікна прикріплений коліматор - свинцева діафрагма, що складається з чотирьох стулок, які можуть рухатись назустріч одна одній і обмежувати рентгенівський пучок.

# Рентгенологічні методи дослідження

- **Пульт має:**
- вольтметр,
- амперметр,
- реле часу експозиції,
- реостат для регулювання силу струму, що надходить на катод рентгенівської трубки,
- також ручки керування режимами апарата, що перемикають його у режим просвічування і рентгенографії.



# Рентгенологічні методи дослідження

- Променеве навантаження на хворого і лікаря-рентгенолога знижують також за допомогою екрануючих пристроїв, які поділяються на стаціонарні (стіни, двері, перекриття стелі), пересувні (ширми, листи з просвинцьованої гуми), та індивідуальні (фартухи, рукавички). Для зниження дози опромінення застосовують підсилення яскравості зображення на екрані за допомогою електронно-оптичного перетворювача (ЕОП),

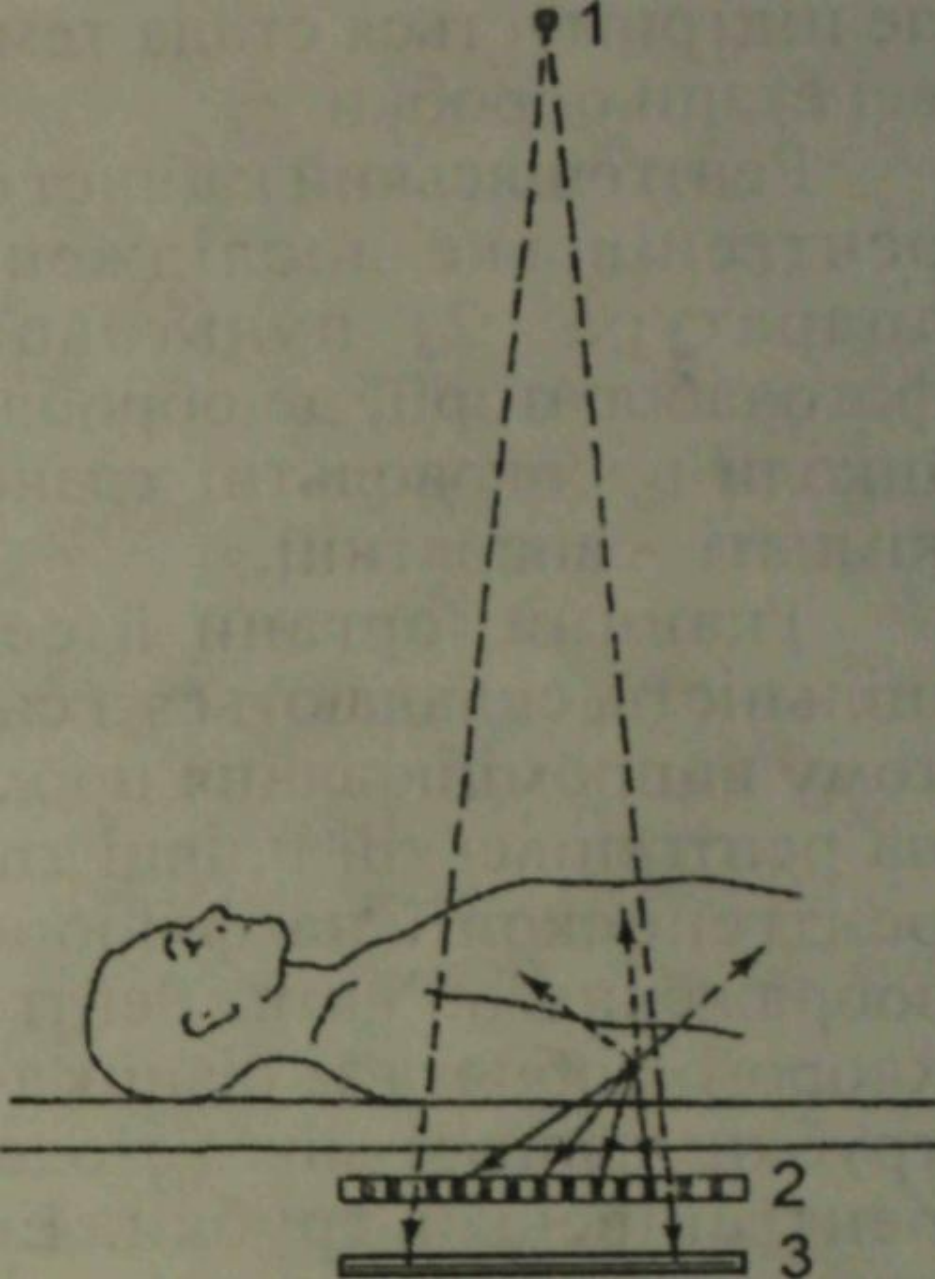
# Рентгенологічні методи дослідження

- За допомогою телевізійної камери таке підсилене зображення можна передавати на монітор, розміщений за межами процедурного кабінету.
- Рентгенографію виконують на рентгенівській плівці розміром від 13x18, 34x40 см в касеті між двома підсилюючими екранами.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Основою рентгенівської плівки є нітроцелюлозний аркуш вкритий з обох боків фотоемульсійним шаром з желатини та галогенату (броміду чи хлориду) срібла.
- Підсилюючі (флуоресцентні) екрани зроблені з листа поліетіленового пластику, вкритого шаром люмінофору (вольфрамат кальцію).

# Схема рентгенографічного дослідження.



- - рентгенівська трубка;
- - відсіювальна решітка;
- - рентгенівська плівка у касеті.

- Вольфрамат кальцію світиться під впливом рентгенівського випромінювання і додатково засвічує рентгенівську плівку в місці падіння променя.
- Два підсилюючих екрани підвищують чутливість до рентгенівського проміння, проте різкість зображення знижується.
- Тому у випадках, коли необхідна висока чіткість зображення, наприклад при мамографії, застосовують тільки один підсилюючий екран.
- Для збільшення чіткості зображення перед касетою розміщують відсіювальну решітку, яка побудована з низки близько розташованих свинцевих пластинок.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Під дією рентгенівського опромінення у фотоемульсійному шарі плівки відбувається часткове відновлення галоїдних сполук срібла. У проявнику опромінені мікрокристали галоїду срібла відновлюються до металевого срібла значно швидше, ніж неопромінені. В місці, де крізь об'єкт пройшло багато проміння, більша кількість галогенату срібла розкладеться, відновиться в проявнику до металевого, і плівка в цьому місці почорніє.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Рентгенівський кабінет складається з: 1) процедурної, в якій проводять рентгенівське дослідження, і може розміщуватись високовольтна апаратура, 2) пультової, де встановлено пульт керування, 3) фотолабораторії, де обробляються рентгенплівки, 4) кімнати для лікаря. Інколи високовольтні трансформатори та кабелі знаходяться в окремій кімнаті - апаратній.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Основними методами рентгенологічного дослідження є рентгеноскопія і рентгенографія.



# *Рентгеноскопія*

- Це найпростіший і найекономічніший метод променевого дослідження, що дає можливість проводити багатоосьове дослідження,
- дає уяву про розташування та об'ємну форму патологічного процесу,
- функціональний стан досліджуваних органів.
- При цьому методі лікар-рентгенолог досліджує хворого за флюоресціюючим екраном з можливістю контрастування, пальпації та іншими необхідними діагностичними втручаннями у реальному часі.
- Недоліками рентгеноскопії є неможливість виявлення дрібних деталей та порівняно висока доза опромінення хворого і лікаря.

# Рентгенографія

- дозволяє протягом довгого часу вивчати дрібні деталі, на повторних рентгенограмах слідкувати за розвитком патологічного процесу.
- Перевагами, у порівнянні з рентгеноскопією, є також незначна доза опромінення хворого та наявність рентгенограми,
- що служить об'єктивним документом тривалого зберігання, з яким можуть ознайомитись інші лікарі.

# Цифрова рентгенографія

- В кінці минулого сторіччя з'явилась технологія *цифрової(дигітальної) рентгенографії*, яка дозволяє отримувати рентгенограми у пристосованій до комп'ютерної обробки та зберігання формі.
- Для цього у рентгендіагно-стичному апараті використовується екран із запам'ятовуючим люмінофором, і пристроями перетворюється в електронну форму.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Навпаки, для запобігання проєкційного збільшення застосовують *телерентгенографію*, при якій досліджуваний об'єкт розміщується на відстані 150 см і більше від фокуса рентгенівської трубки і впритул зближується з касетою. Тоді масштаб рентгенограми приблизно співпадає з реальними розмірами.

# Рентгенологічні методи дослідження

- *Прицільною* називається рентгенографія центральним пучком випромінювання, або по дотичній з виведенням об'єкта дослідження в центр чи на крайовий контур, уникаючи сумації в зображенні різних структур об'єкта.

# Флюорографія

- *Флюорографія* використовується для профілактичних досліджень великих груп населення. Суть методу полягає в тому, що з флюоресціюючого екрана роблять великокадрові фотознімки (70x70, 100x100, або 110x1 Ю мм). Флюорографія застосовується переважно для дослідження органів грудної клітки та опорно-рухового апарату. На Україні флюорографія є основним методом раннього виявлення раку та туберкульозу легенів.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Особам декретованої групи (робітникам медичних установ, закладів освіти, громадського харчування, студентам та ін.) флюорографію проводять не рідше 1 разу на рік. Профілактичні флюорографічні обстеження дітей до 15 років не проводяться.

# Рентгенологічні методи дослідження

- Якщо знімки з просвічуючого екрана роблять спеціальною кінокамерою, такий метод рентгенологічного дослідження називають *рентгенокінематографією*. Він є цінним для наукових і педагогічних цілей.



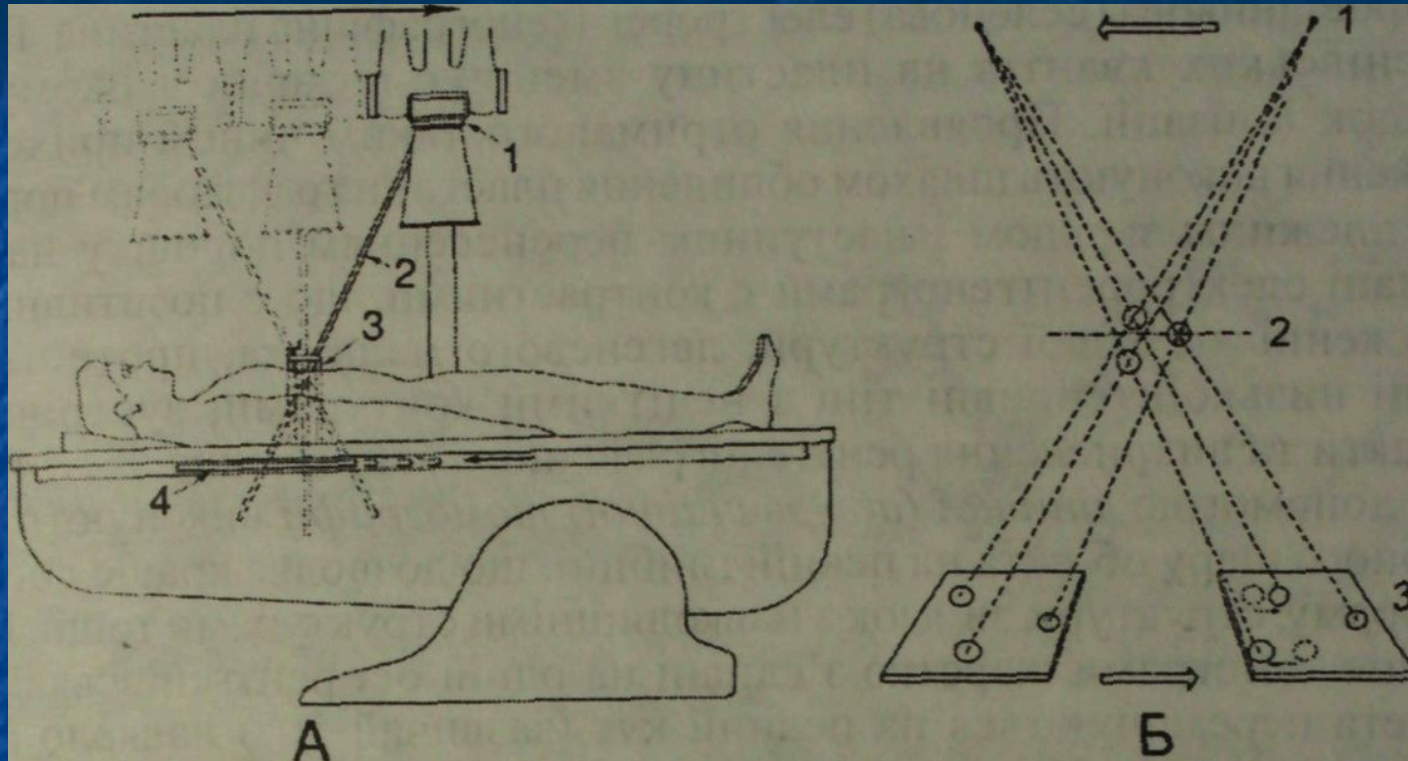
# Рентгенологічні методи дослідження

- рентгенівського випромінювання є заряджена статичним зарядом напівпровідникова (селенова) електрорентгенографічна пластина.

# Рентгенологічні методи дослідження

- За допомогою *лінійної (або звичайної) томографії* виконують знімки потрібного шару об'єкта на певній глибині, що дозволяє краще дослідити його форму, структуру, зв'язок з навколишніми структурами трощо. Під час знімання томограми жорстко з'єднані на одній осі рентгенівська трубка та касета переміщуються на певний кут (зазвичай  $50^\circ$ ) навколо центру, розташованого на рівні дослідження (мал. 4). При цьому вище та нижче розміщені шари об'єкта дослідження "розмазуються" і створюють стертий нечіткий фон.

# Лінійна томографія.



- А - схема лінійного томографічного дослідження: 1 - рентгенівська трубка; 2 - ось;
- 3 - центр повороту системи трубка-касета; 4 - касета з рентгенівською плівкою; Б - принцип томографії: 1 - рентгенівська трубка; 2 - об'єкт на рівні дослідження;
- 3 - касета з рентгенівською плівкою.

# Рентгенологічні методи дослідження

- На Україні для кардіоангіологічних та урологічних досліджень випускаються іонні йодовмісні рентгенконтрастні речовини - тріомбраст та иодамід.
- Емульсії йодистих сполук у рослинній олії (йодоліпол, ліпоідол) використовується при бронхографії, фістулографії.

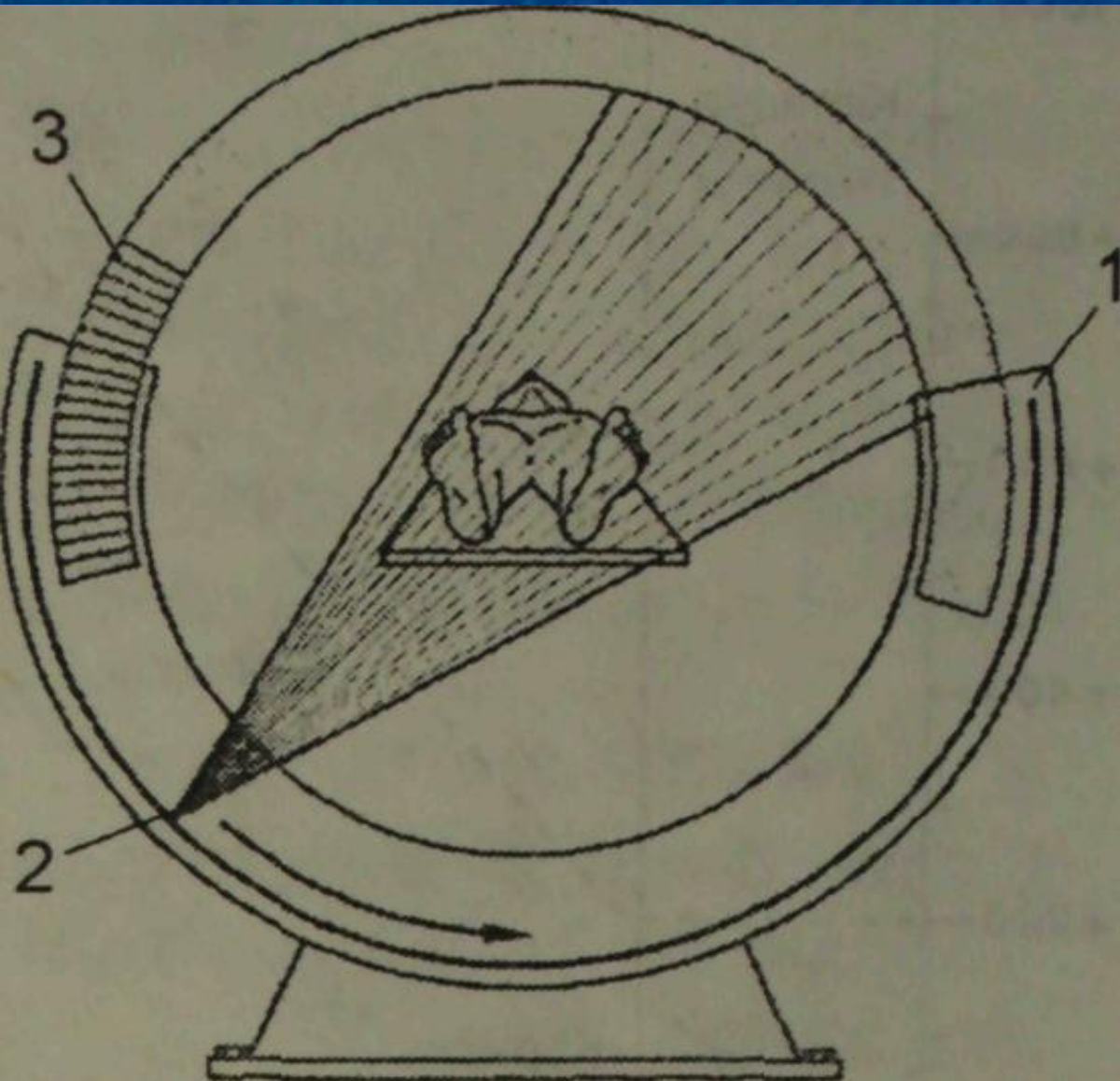
# Рентгенологічні методи дослідження

- Для дослідження шлунково-кишкового тракту найчастіше застосовується сірчаноокислий барій ( $\text{BaSO}_4$ ) у вигляді водної суспензії в концентрації від 1:1 до 1:5. Сульфат барію є інертним і не токсичним препаратом, не розчиняється у воді, шлунковому та кишковому соках.

# Рентгенівська комп'ютерна томографія

- Суть методу рентгенівської комп'ютерної томографії (РКТ, або скорочено КТ) полягає у цифровій реконструкції зображення поперечних пошарових зрізів тіла людини, отриманих внаслідок аналізу комп'ютером ступеня ослаблення вузького пучка рентгенівського випромінювання.
- В основі методу, як і при рентгенографії, лежить властивість різних за щільністю та атомною вагою тканин неоднаково поглинати рентгенівське випромінювання.

# Схема будови рентгенівського комп'ютерного томографа.



- - рама-гентрі;
- - рентгенівська трубка;
- - детектори.

# Рентгенівська комп'ютерна томографія

- Рентгенівська трубка, що дає вузький пучок рентгенівського випромінювання, завдяки системі щілинних коліматорів, рухається по колу навколо об'єкта і робить повний оберт у  $360^\circ$ .
- Колова система змонтованих у рамі-гентрі детекторів перетворює енергію випромінювання в електричні сигнали, що потім математично обробляються і подаються у наглядній візуальній формі на екрані монітору у вигляді чорно-білого зображення.
- Це зображення можна зберегти у цифровій формі або віддрукувати на фотоплівку.



# Рентгенівська комп'ютерна томографія

- В сучасних комп'ютерних томографах рентгенівська трубка переміщуються навколо пацієнта вздовж спіралі, що дозволяє збільшити чіткість зображення. Завдяки появі спіральних комп'ютерних томографів з'явилась можливість побудови об'ємного (тривимірного, або ЗД) зображення органа, виконання комп'ютерної ангіографії та віртуальної ендоскопії. Контрастування йодистими сполуками покращує візуалізацію окремих органів та певної патології під час проведення *комп'ютерної томографії з контрастним підсиленням зображення.*