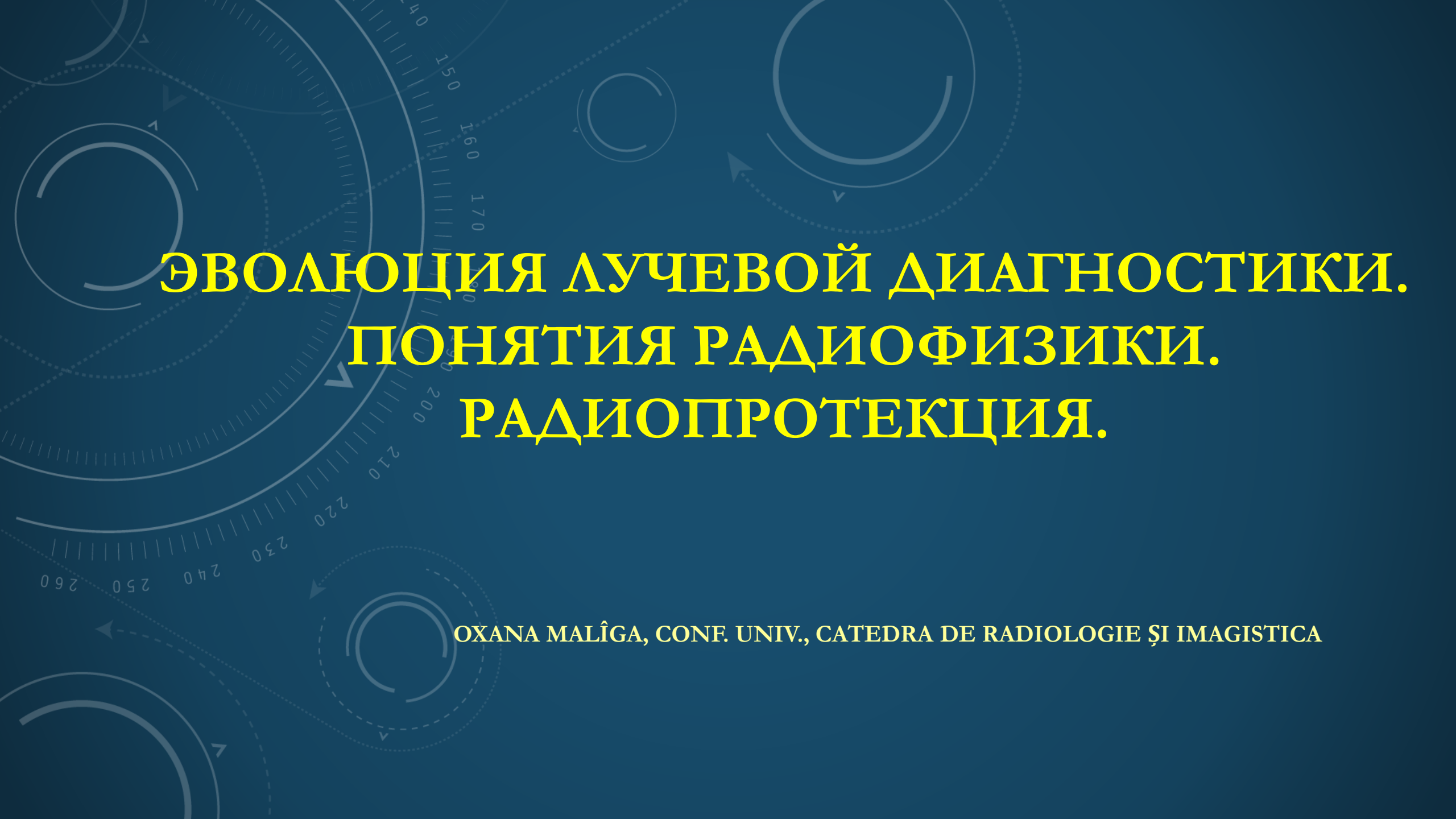


The background is a dark blue gradient with several faint, light blue circular patterns. These include concentric circles, arcs, and dashed lines, some of which are accompanied by numerical scales (e.g., 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260).

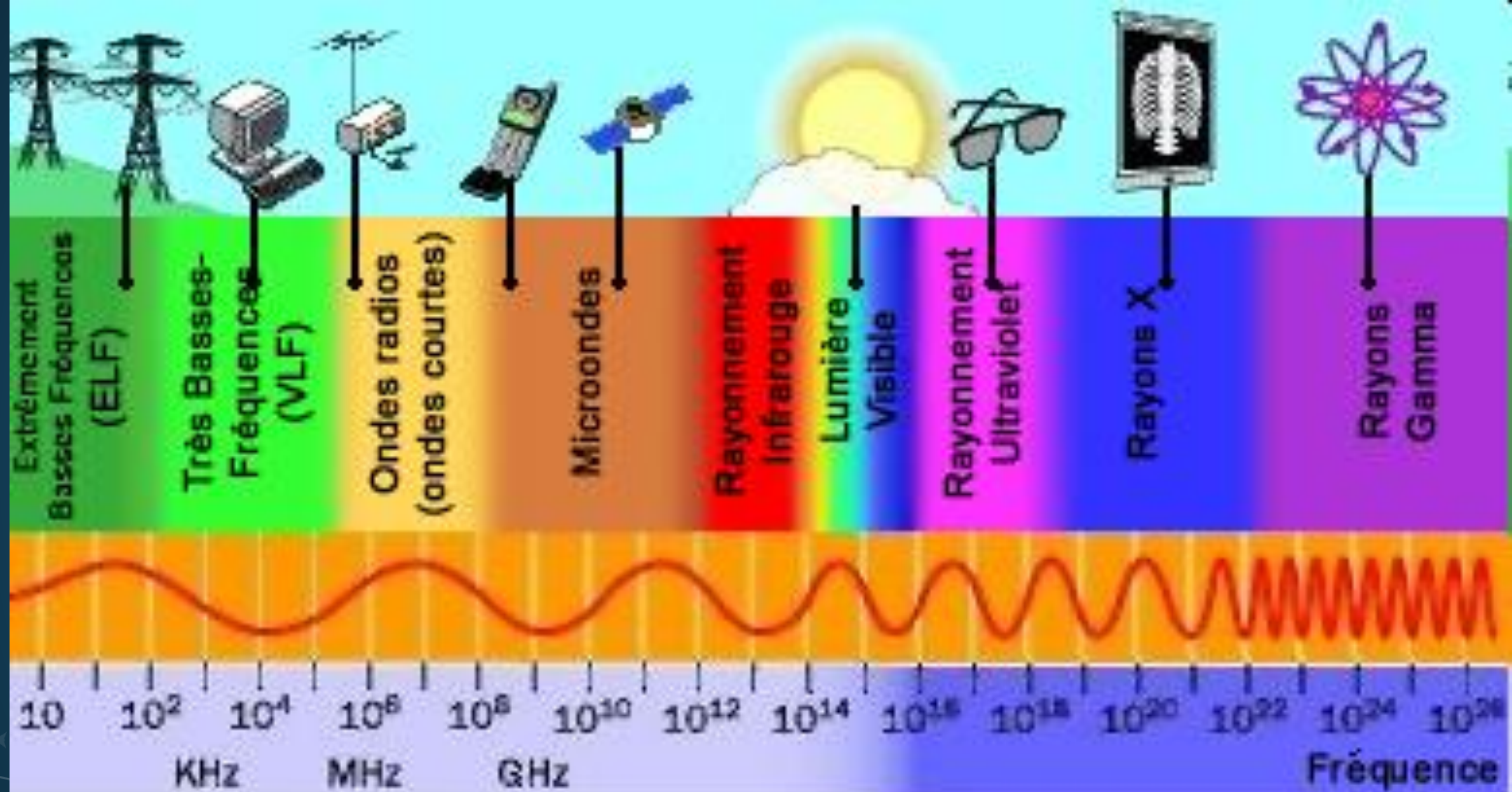
ЭВОЛЮЦИЯ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ. ПОНЯТИЯ РАДИОФИЗИКИ. РАДИОПРОТЕКЦИЯ.

OXANA MALÎGA, CONF. UNIV., CATEDRA DE RADIOLOGIE ȘI IMAGISTICA

- Лучевая диагностика — наука о применении излучений для исследования строения и функций нормальных и патологически измененных органов и систем человека с целью профилактики и распознавания заболеваний.

В СОСТАВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ВХОДЯТ:

- Рентгенодиагностика
- Радионуклидная диагностика (ядерная медицина)
- Ультразвуковая диагностика (ультрасонография)
- Магнитно-резонансная визуализация (ядерно-магнитный резонанс)
- Термография



Rayonnements non ionisants

Rayonnements ionisants

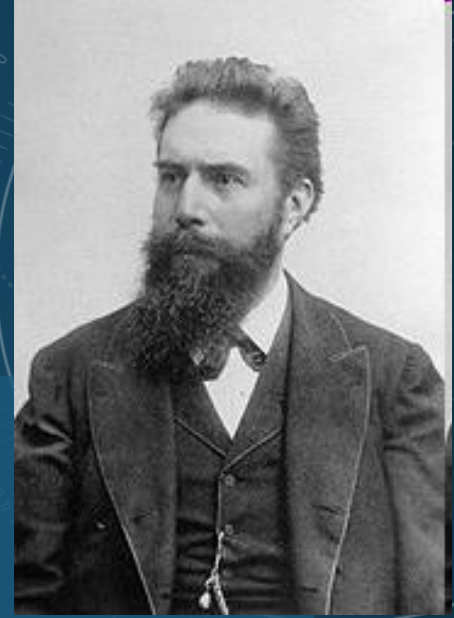
СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Составная часть \ Характеристика	Рентгенология	Ультрасонография	Магнитно-резонансная томография	Радионуклидная диагностика	Термография
Используемое излучение	Рентгеновские лучи	Акустические волны	Волны с радиочастотой	Гамма-лучи	Инфракрасное излучение
Источник излучения	Рентгеновская трубка	Пьезоэлектрический кристалл	Магнит и бобины (антенны)	Радиоактивный изотоп	Человеческое тело
Морфологическое исследование	+++	+++	+++	+	++
Динамическое исследование	+	++	+	+++	-
Терминология	Затемнение Просветление (повышенная или пониженная плотность в случае КТ)	Гиперэхогенный Гипозоногенный	Гиперинтенсивный (гиперсигнал) Гипоинтенсивный (гипосигнал)	Горячий узел (очаг) Холодный узел (очаг)	Гипертермия Гипотермия
Ионизирующий эффект	+	-	-	+	-
Абсолютные противопоказания		-	Металлические и электронные импланты	Беременность	-
Относительные противопоказания	Беременность Профилактические исследования детей	-	Некоторые металлосодержащие импланты (протезы)		-
Используемые контрастные вещества	Вещества, отличающиеся по плотности	Вещества с микропузырьками	Парамагнетики		

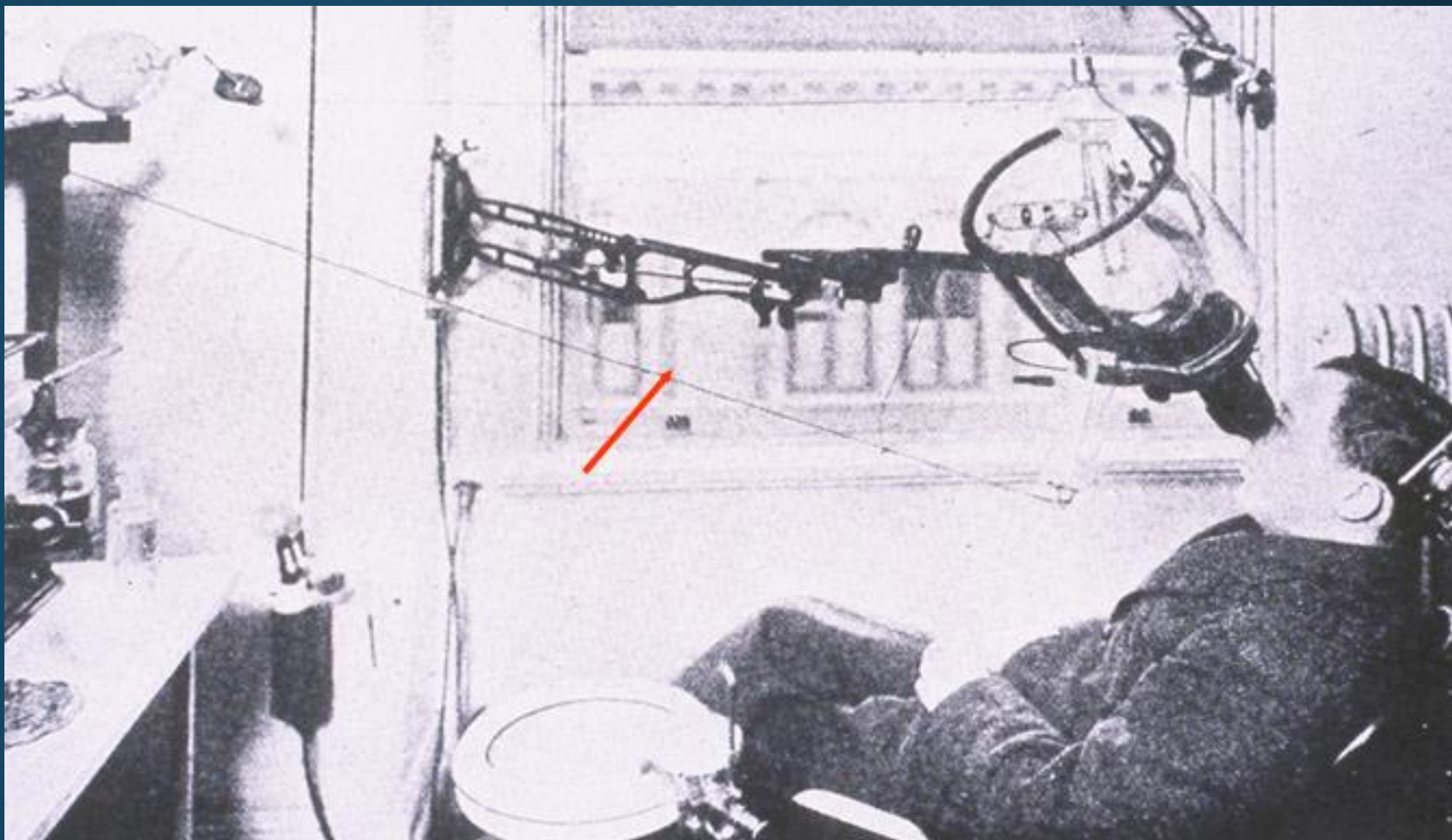
- Рентгенология с точки зрения медицинской диагностики — раздел медицины, занимающийся исследованием организма человека с помощью рентгеновских лучей.
- Рентгеновские лучи — это невидимое ионизирующее электромагнитное излучение с короткими длинами волн от 0,01 до 100 Å (ангстрем), причем ангстрем соответствует 10 000-й микрона или 10^{-10} м.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ

- Рентгеновские лучи были открыты в 1895 году немецким физиком Вильгельмом Конрадом Рентгеном (Wilhelm Conrad Röntgen) случайно, когда он экспериментировал с катодными лучами (пучком электронов), исходящими из вакуумной стеклянной трубки с двумя электродами.
- В.К.Рентген назвал их X-лучами, поскольку их природа была неизвестна. Позже их стали называть также Рентгеновыми или Рентгеновскими лучами (излучением), в честь открывшего их физика.
- За это открытие в 1901 году была присуждена первая Нобелевская премия по физике.



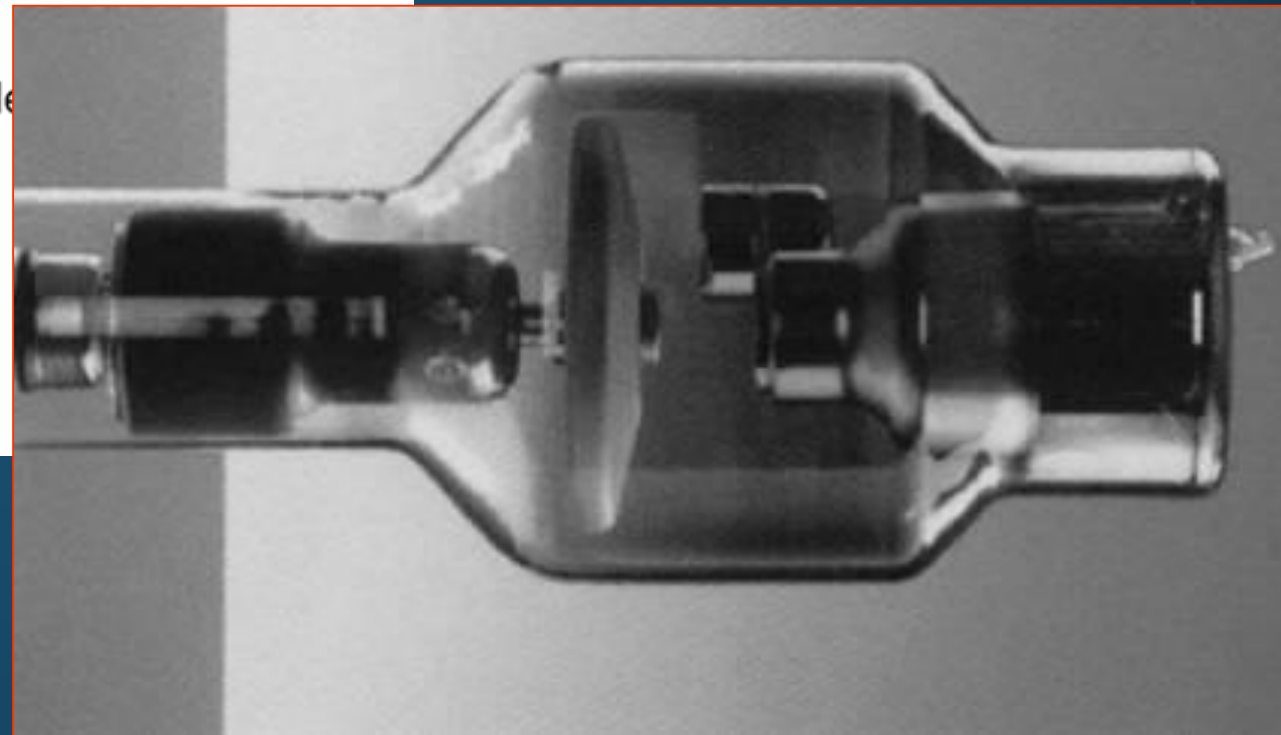
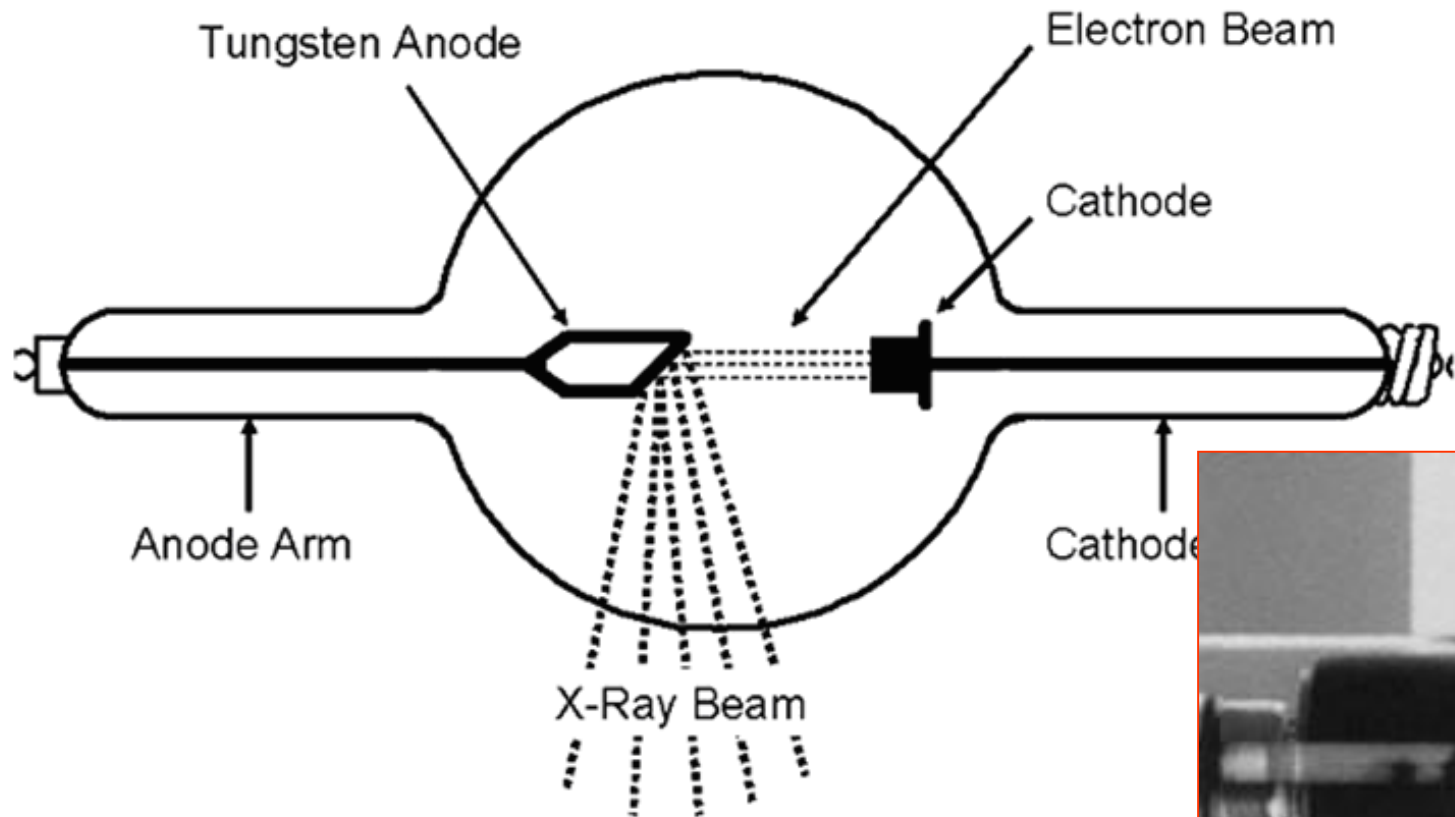
**ПЕРВУЮ
РЕНТГЕНОГРАМ
МУ ЗУБОВ
СДЕЛАЛ В 1895
ГОДУ
НЕМЕЦКИЙ
СТОМАТОЛОГ
ОТТО ВАЛКОФФ.
ЭКСПОЗИЦИЯ
ДЛИЛАСЬ 25
МИНУТ.**

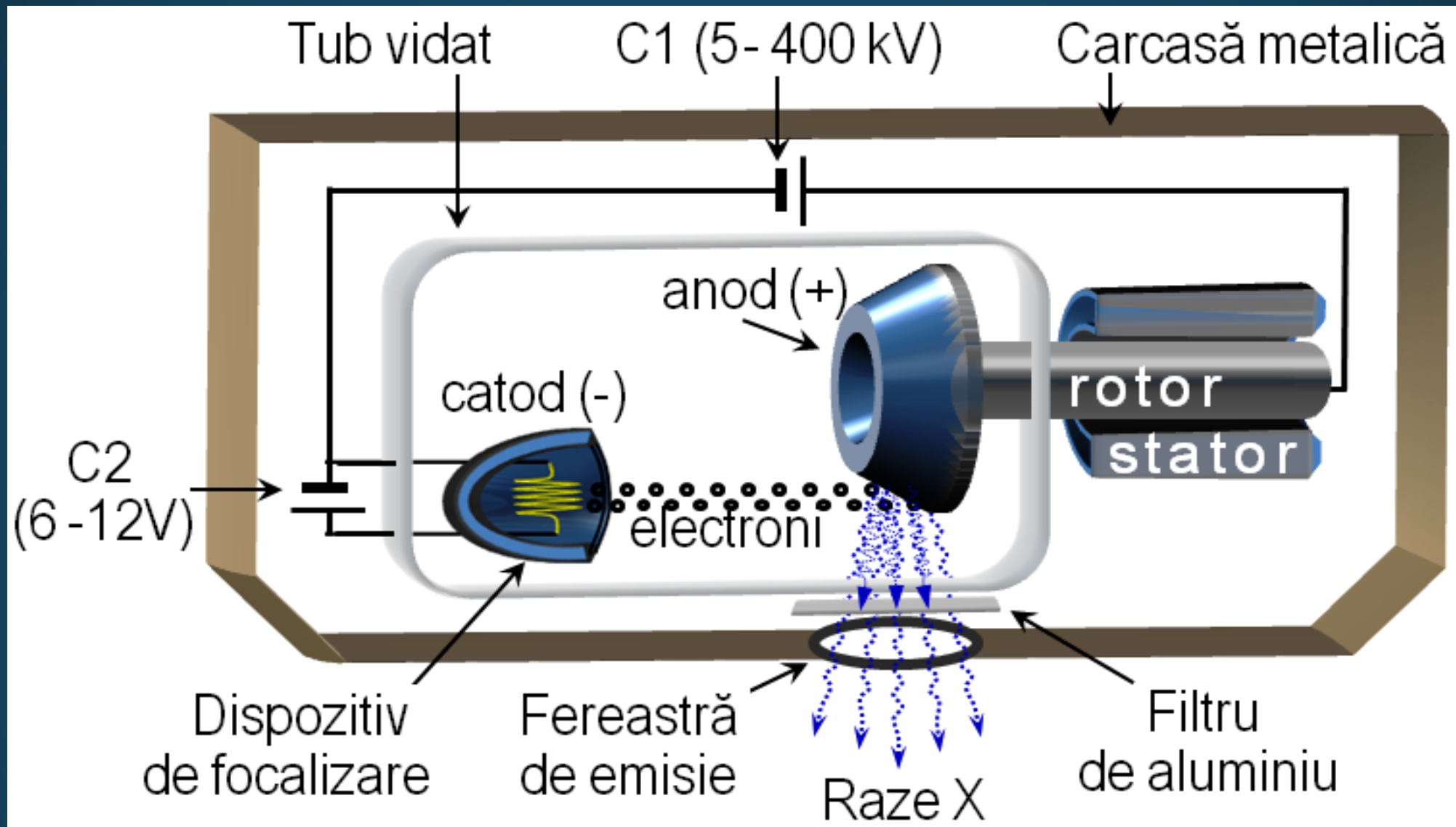


РЕНТГЕНОВСКАЯ ТРУБКА

- В лучевой диагностике рентгеновские лучи генерируются в рентгеновской трубке.
- Их получение включает два этапа. :
 - а) получение пучка ускоренных электронов достаточно высокой энергии;
 - б) внезапное торможение ускоренных электронов ударом о металлическую мишень, при этом их кинетическая энергия преобразуется в электромагнитные волны (фотоны) с длинами волн рентгеновского спектра.

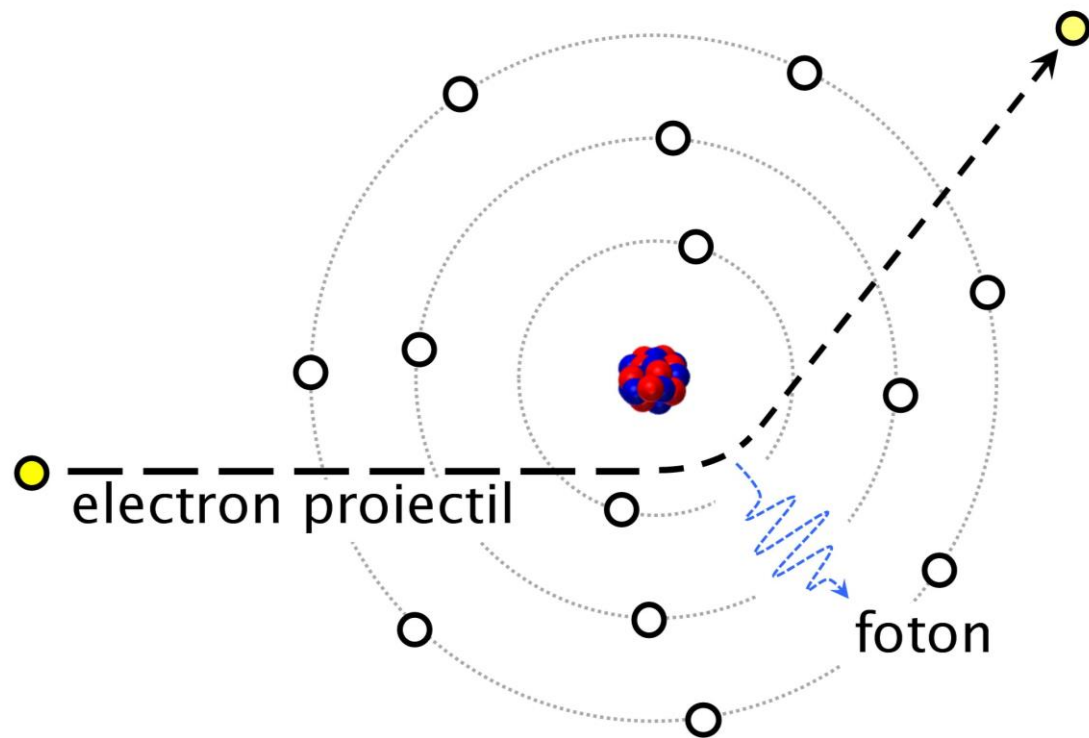
РЕНТГЕНОВСКАЯ ТРУБКА



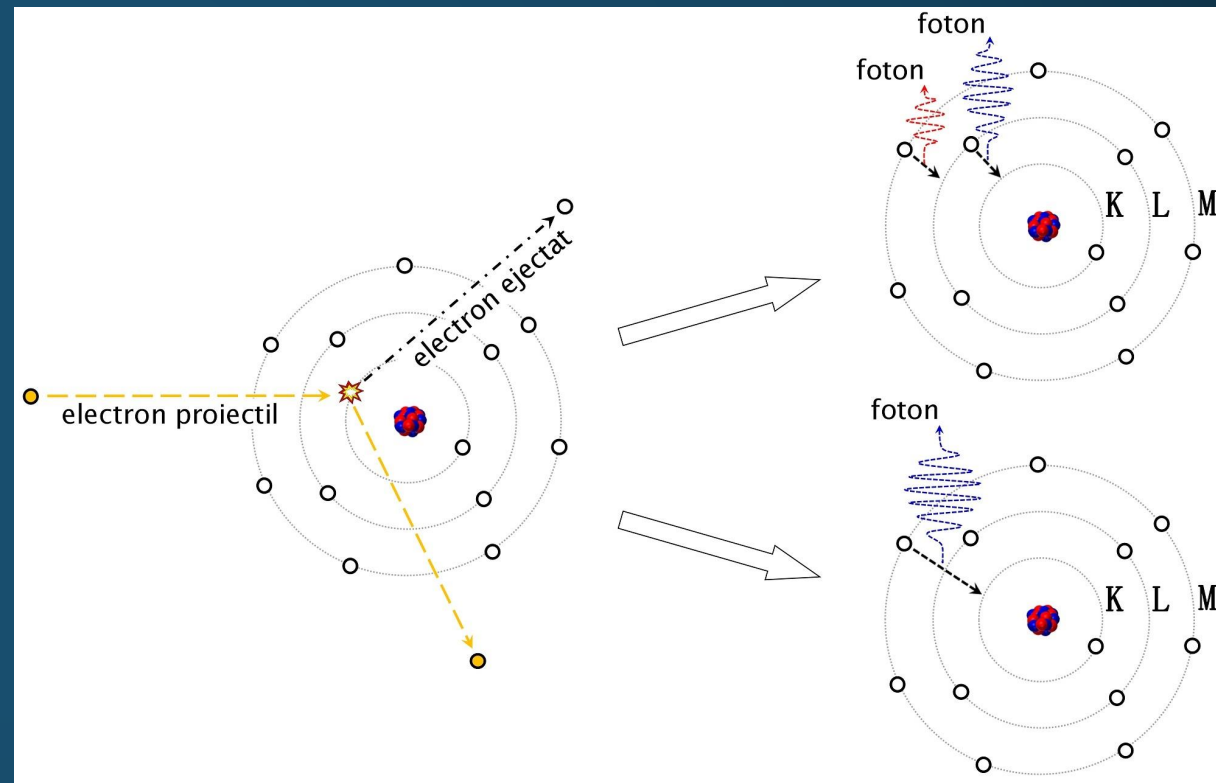


- **C1** – **ceț** **vysokego** **napryazheniya** **mezhdu** **katodom** **i** **anodom** **dlya** **sozdaniya** **raznosti** **potentshalov** **i** **uskoreniya** **elektronov** **k** **anodu**.
- **C2** – **nizkovoltnaya** **ceț** **naGREva** **katodnoy** **niti**.

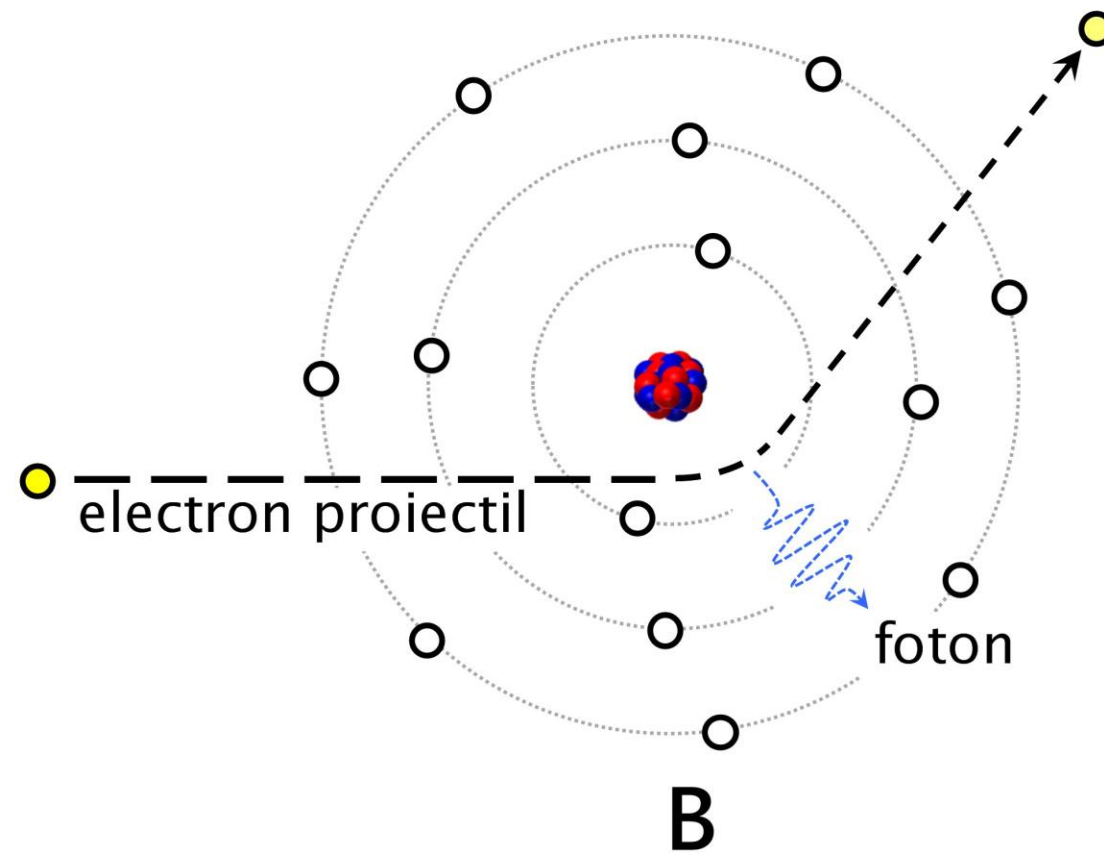
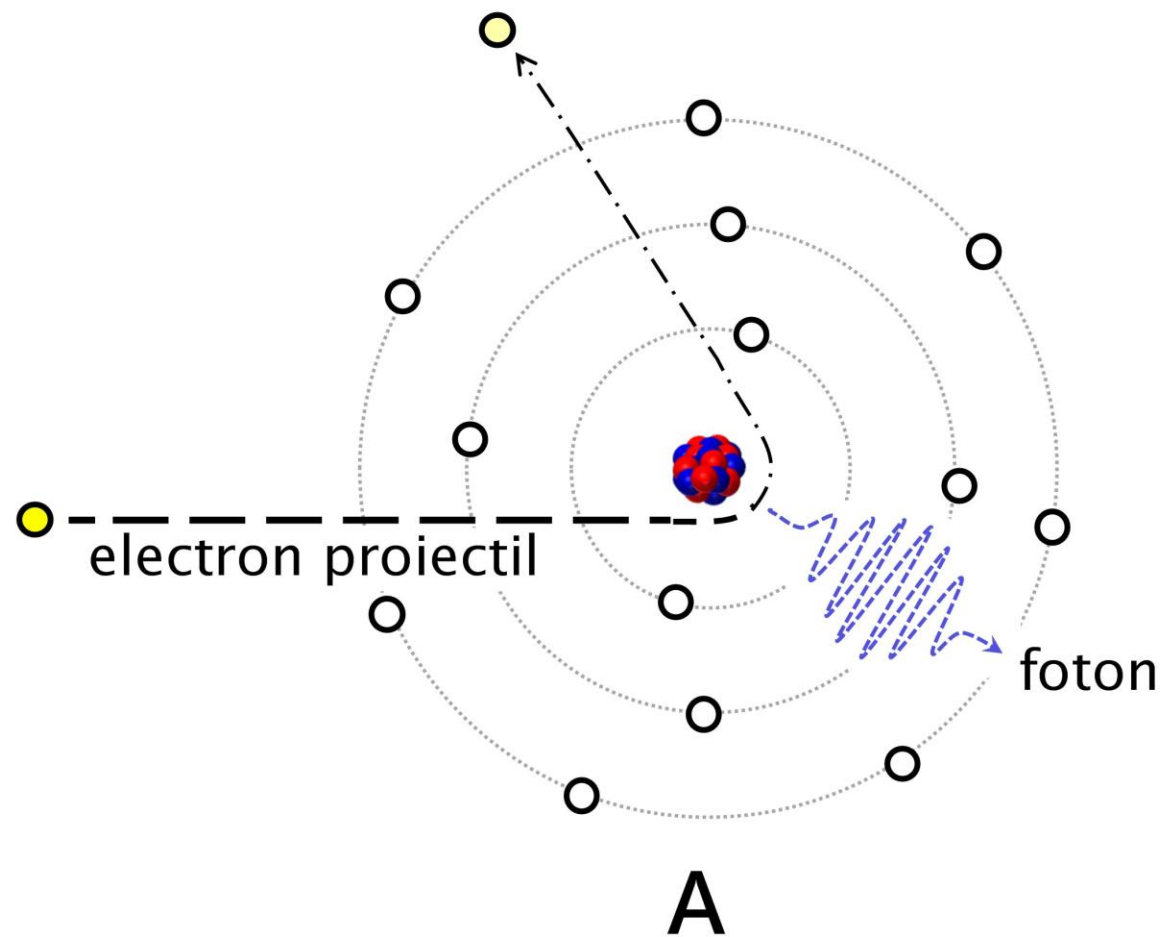
Рентгеновское излучение делится на тормозное и характеристическое:



Тормозное излучение
(Bremsstrahlung)



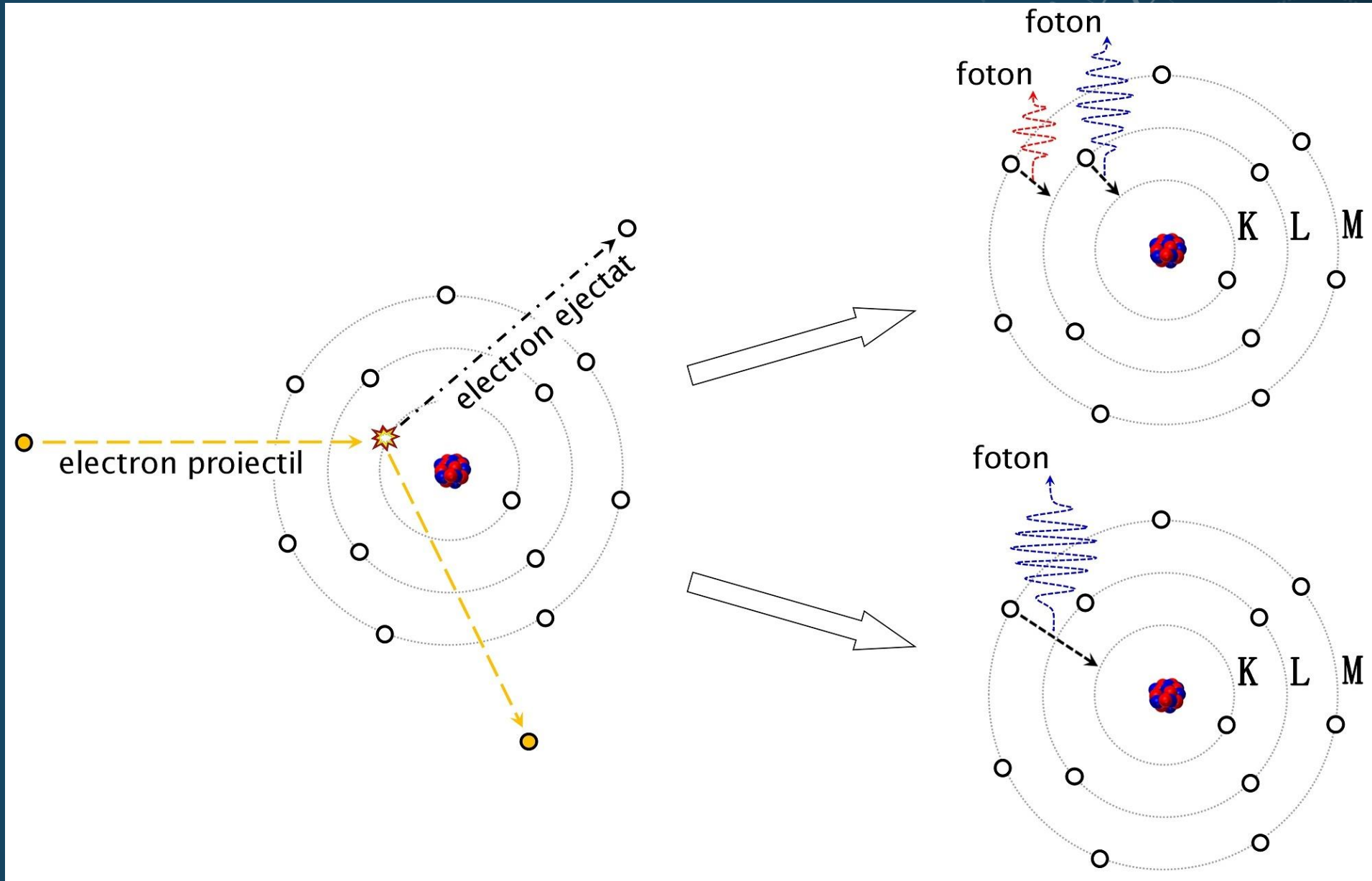
Характеристическое
излучение



Тормозное излучение

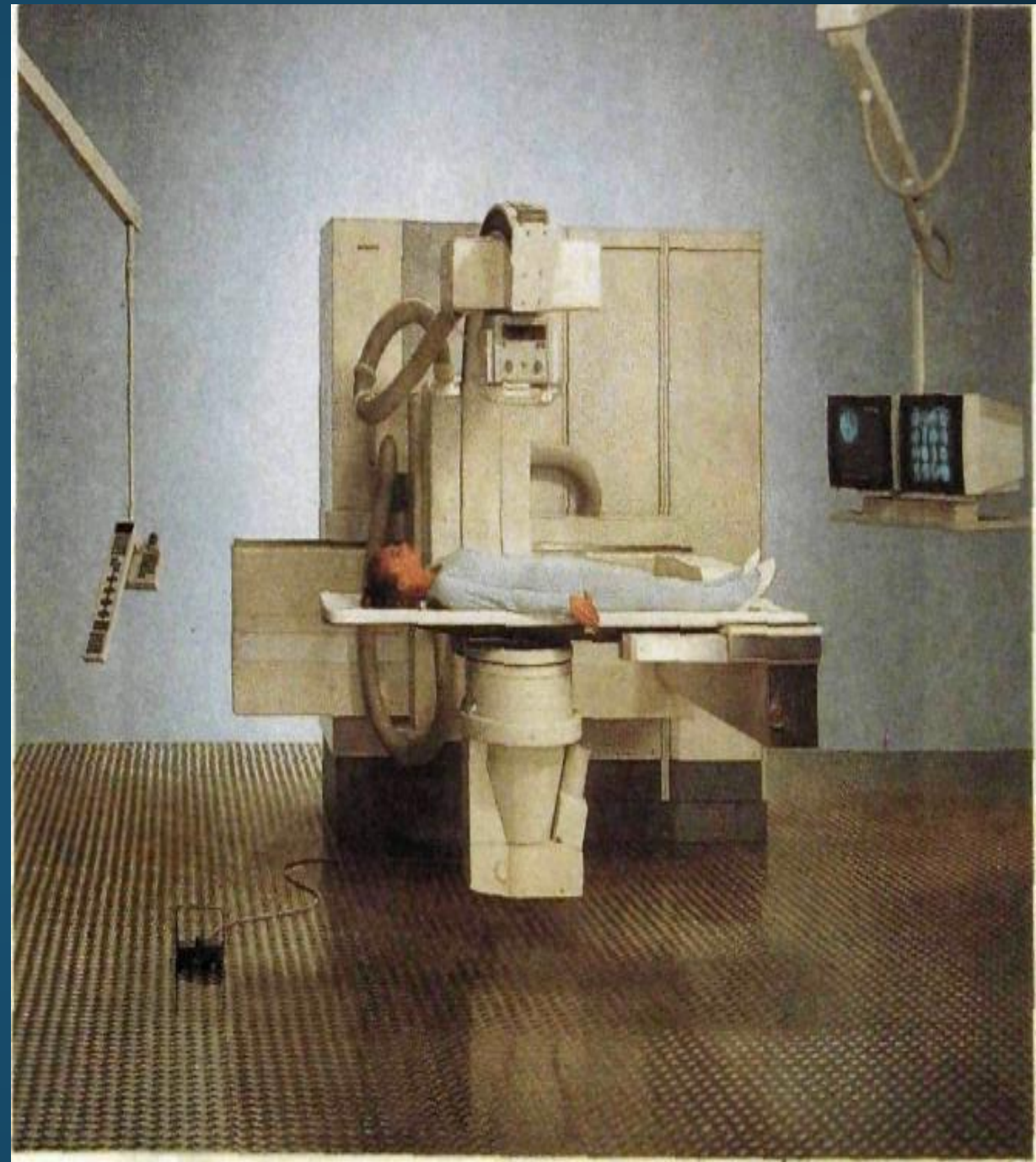
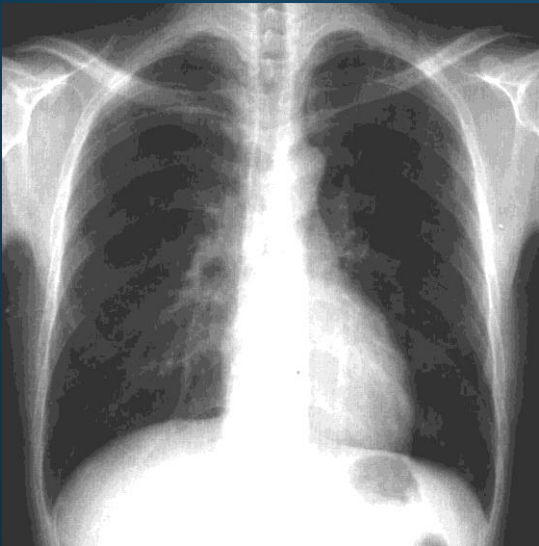
Характеристическое излучение

Энергия испускаемых фотонов равна разности энергий между электронными уровнями и является уникальной или характерной для каждого химического элемента, поэтому испускаемое излучение называется характеристическим излучением..

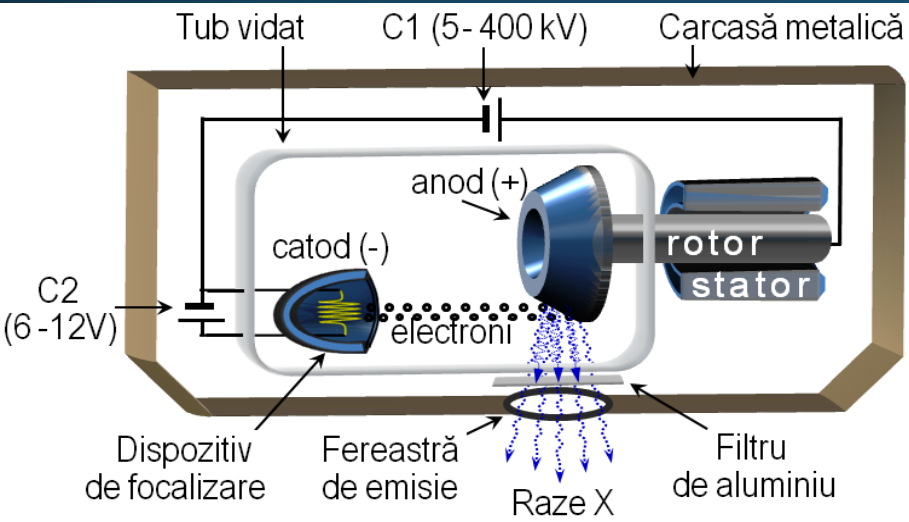
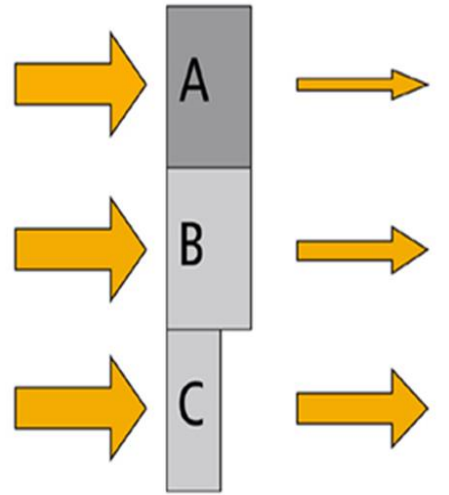
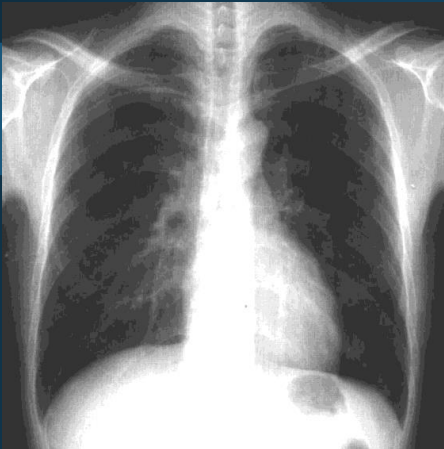


ПОЛУЧЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

- Рентгеновская трубка
- Объект исследования
- Экран (детекторы)



СВОЙСТВА РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ



Общие для всех электромагнитных волн	Распространяются строго по прямой	
	Распространяются со скоростью света (300 000 км/сек)	
	Распространяются во всех направлениях	
Касающиеся прохождения через объект исследования (человеческое тело)	Пенетрация	
	Абсорбция, которая зависит от:	Плотности структуры
		Толщины
		Длины волны
	Рассеивание, отражение	
Фотохимический эффект (разложение галоидных соединений серебра)		
Эффект люминесценции		
Ионизирующее действие	В воздухе	
	В живых тканях, вызывая патологию:	На соматическом уровне
		На генетическом уровне
Не отклоняются магнитным полем		
Не определяются органами чувств		

OrionDicom

Ex:
PA
Se: 1/3
Im: 0/2

CREPOR

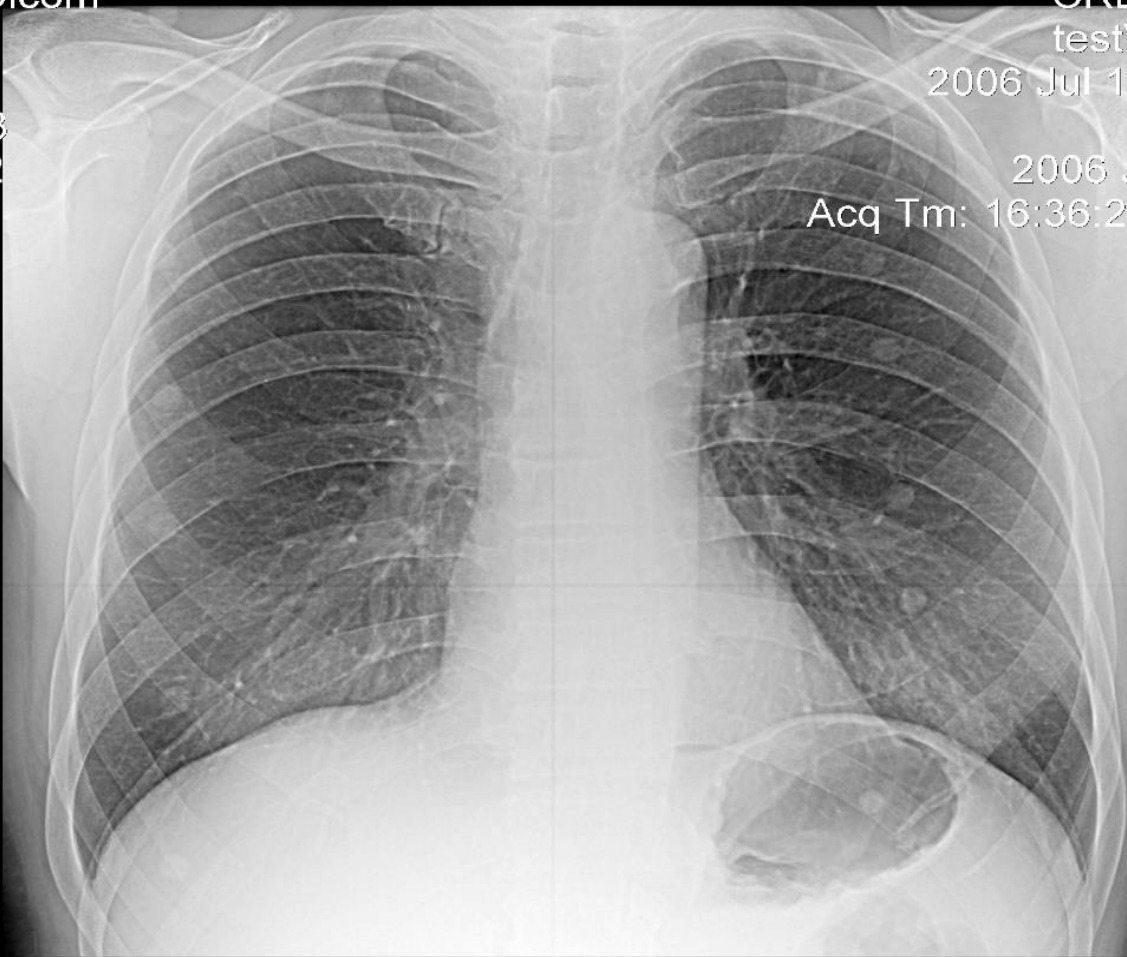
testVV vv

2006 Jul 13 M

Acc:

2006 Jul 13

Acq Tm: 16:36:27.000



OrionDicom

Ex:
PA
Se: 1/3
Im: 0/2

CREPOR

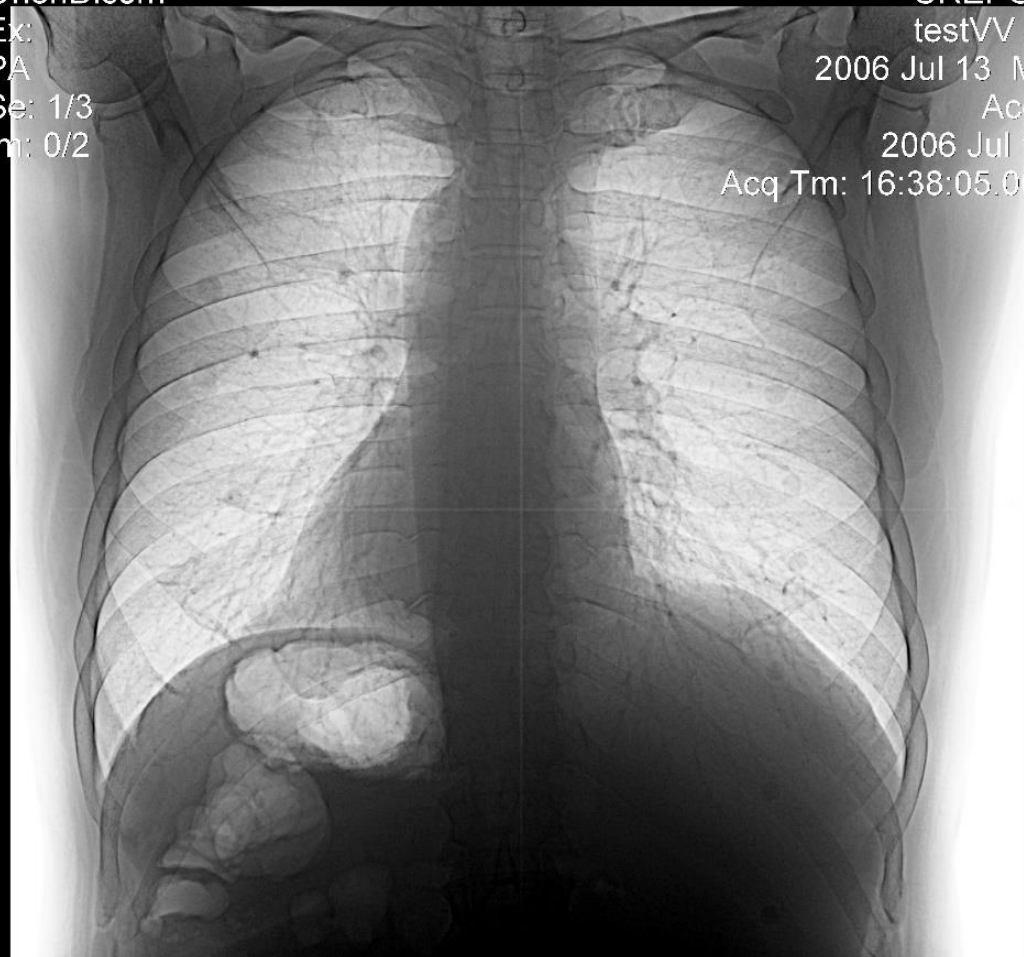
testVV vv

2006 Jul 13 M

Acc:

2006 Jul 13

Acq Tm: 16:38:05.000

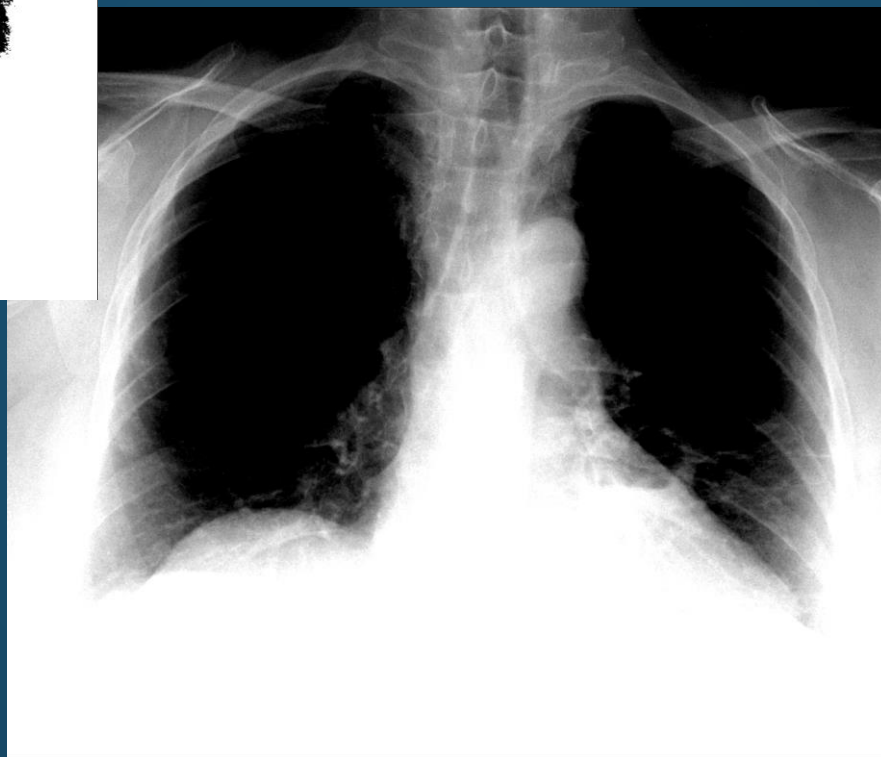
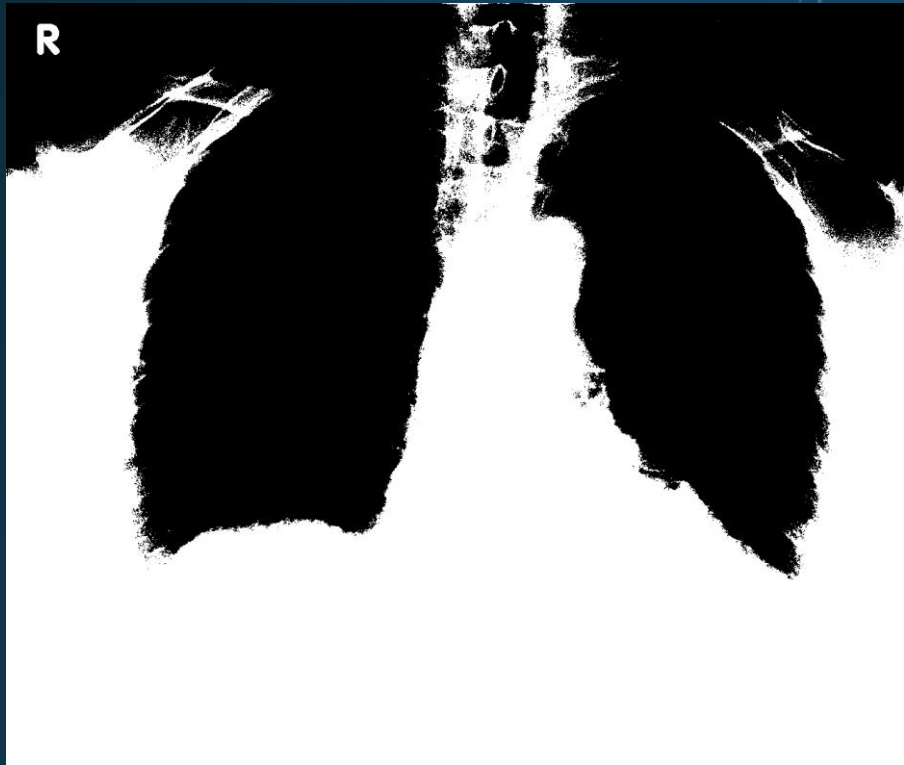


РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ

- Puterea de penetrare a razelor X este invers proporțională cu lungimea de undă. Cu cât lungimea de undă a razelor este mai mică (sau frecvența mai mare), cu atât puterea de penetrare a acestora este mai mare.
- **Мягкие** рентгеновские лучи: Рентгеновские лучи с более длинными волнами, близкими к ультрафиолетовому диапазону ($\lambda > 1\text{\AA}$), известны как мягкие рентгеновские лучи, имеющие низкую энергию и проникающую способность ($< 5 - 10 \text{ кэВ}$).
- **Жесткие** рентгеновские лучи: Рентгеновские лучи с более короткими длинами волн, близкими к диапазону гамма-лучей ($\lambda < 1\text{\AA}$), называются жесткими рентгеновскими лучами, имеющими более высокую энергию и проникающую способность ($> 5 - 10 \text{ кэВ}$).

ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Характеристика	Значение
Контраст	Соотношение между черным и белым. Количество оттенков между самым темным и самым светлым участком изображения
Четкость (ясность)	Различение контуров изображения Контур должен быть: ясным четким точным, нечеткость контура может быть признаком патологии
Разрешающая способность (разрешение)	Минимальное расстояние между 2 ясно видимыми объектами, при котором можно различить, что это 2 разных объекта



БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

- Посредством производимых возбуждений и ионизации рентгеновские лучи могут воздействовать на важные молекулы: ДНК, РНК, белки, липиды, гормоны, вызывая ряд изменений в биологических тканях (клеточные, тканевые, соматические, фето-эмбриональные, генетические и канцерогенные эффекты), которые в зависимости от дозы поглощенной радиации могут варьировать от незначительных или преходящих эффектов, мутаций в половых и соматических клетках до клеточной гибели:
 - **детерминированные эффекты** – биологические эффекты, имеющие место вскоре после облучения, определяемые пороговым уровнем дозы радиации (обычно после конкретного инцидента). Могут проявляться гиперемией или ожогами кожи, различной степенью острого лучевого синдрома или смертью;
 - **стохастические эффекты** – отсроченные биологические эффекты, обусловленные кумулятивным воздействием радиации, вероятность которых зависит от суммарной дозы, полученной за более длительный период, и обычно проявляется повышением риска развития рака и наследственных заболеваний.



ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ

- возникают относительно через короткое время (дни-недели) после облучения, если оно превышает определенный порог (обычно пороговая доза в несколько грей);
- тяжесть эффектов увеличивается с увеличением дозы и скорости воздействия;
- относительно специфичны в зависимости от пораженной ткани и дозы облучения;
- обусловлены некрозом достаточного количества клеток, чтобы вызвать дисфункцию соответствующей ткани.

Efect deterministic	Doza absorbită (D)
Anomalii ale fătului	0,1 – 0,5 Gy
Leucopenie temporară	0,2 – 1 Gy
Grețuri, astenie, imunodepresie	1 – 2 Gy
Eritem cutanat (expunere locală)	2-3 Gy
Căderea părului (depilația după expunere locală)	2-5 Gy
Opacități în cristalin (după expunerea cristalinului)	0,5-2 Gy
Cataractă (la 1-10 ani de la expunerea cristalinului)	> 5 Gy
Boala acută de iradiere (iradierea întregului corp)	> 1-2 Gy
Comă, deces (iradierea întregului corp)	3-10 Gy

СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

- проявляются через более длительное время, после латентного периода, который может достигать нескольких лет и даже десятилетий и может быть связан с появлением различных форм рака или наследственных (генетических) дефектов, таких как синдром Дауна и не зависят от начальной дозы облучения
- нет четкого порога дозы, и эффекты могут возникать даже при очень низких дозах;
- облученная клетка не разрушается, а лишь видоизменяется;
- вероятность возникновения мутаций увеличивается с увеличением дозы;
- тяжесть возникших заболеваний зависит от типа мутации;
- после возникновения мутации тяжесть заболевания не зависит от начальной дозы радиации, вызвавшей мутацию

ДОЗИМЕТРИЯ

- Дозиметрия — наука, занимающаяся измерением доз и количественной оценкой степени облучения под действием ионизирующего излучения.
- Облучение организма может быть как внешним, обусловленным космическим излучением и радиоактивными элементами окружающей среды, так и внутренним, обусловленным вдыханием или попаданием в организм через ЖКТ радиоактивных веществ а также их введением с диагностическими или лечебными целями.



ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Характеристика. Уровень измерения радиоактивности.	“Старые” единицы	Единицы системы СИ	Соотношение старой единицы/единицы СИ
Радиоактивность источника радиации	Curie (Cu)	Beckerel (Bq)	$1\text{Bq}=0,027\text{mCu}$
Воздух (экспозиционная доза),	Roentghen (R)	Coulomb/kilogram (C/kg)	$500\text{R}=129\text{mC/kg}$
Поглощенная доза (для рентгеновских лучей)	Rad (Radiation Absorbed Dose)	Grey (Gy)	
Эквивалентная (биологическая) доза (независимо от природы ионизирующего излучения)	Rem (Rad Equivalent Man)	Sievert (Sv)	$1\text{Sv}=100\text{rem}$

ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДОЗА, ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА

- **Поглощенная доза (D)** отражает энергию, поглощенную единицей массы, подвергнутой облучению, и выражается в греях (Гр), причем 1 Грей соответствует 1 Джоулю энергии излучения, поглощенной 1 кг вещества ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$).
- **Биологическая доза (H)** (также называемая эквивалентной дозой) — это доза, поглощенная тканью, скорректированная с учетом типа излучения.

Биологическая доза (H) = поглощенная доза (D) x коэффициент для типа излучения (W_R)

Биологическая (эквивалентная) доза выражается в зивертах (Sievert (Sv)), причем 1 зиверт представляет собой дозу, эквивалентную 1 грею для ткани, облученной радиацией, имеющей весовой коэффициент, равный 1.

- **Эффективная доза (E)** представляет собой биологическую дозу, скорректированную с учетом радиочувствительности облучаемой ткани или органа. Вероятность биологического эффекта от определенной дозы радиации варьирует от одного органа или ткани к другому.

Эффективная доза (E) = биологическая доза (H) x коэффициент ткани (W_T)

Doza biologică (echivalentă) și factorul de pondere pentru diverse tipuri de radiație

Tipul radiației	Doza absorbită (D)	Factor de pondere (W_R)	Doza biologică (echivalentă) (H)
Raze X	1 Sv	1	1 Sv
Raze gamma	1 Sv	1	1 Sv
Particule beta	1 Sv	1	1 Sv
Neutroni termici	1 Sv	5	5 Sv
Neutroni rapizi	1 Sv	10	10 Sv
Particule alfa	1 Sv	20	20 Sv

Factorul de pondere tisular (W_T) utilizat pentru calculul dozei efective (E) în diverse țesuturi și organe conform datelor Comisiei Internaționale de Protecție Radiologică (ICRP) publicate în 2007

Țesutul sau organul	W_T	Suma
Măduva roșie (1), Colon (2), Plămâni (3), Stomac (4), Sâni (5), Organe rămase* (6)	0,12	0,72
Gonade (1)	0,08	0,08
Vezica urinară (1), Esofag (2), Ficat (3), Glanda tiroidă (4)	0,04	0,16
Suprafața osoasă (1), Creier (2), Glande salivare (3), Tegumente (4)	0,01	0,04
Total		1

* Organele rămase includ glandele suprarenale, regiunea extratoracică, vezica biliară, inima, rinichii, nodulii limfatici, mușchii, mucoasa orală, pancreasul, prostata sau uterul cu regiunea cervicală, intestinul subțire, splina, timusul. Pentru iradierea sumară a acestor organe luate împreună este acordat un factor de pondere tisular = 0,12.

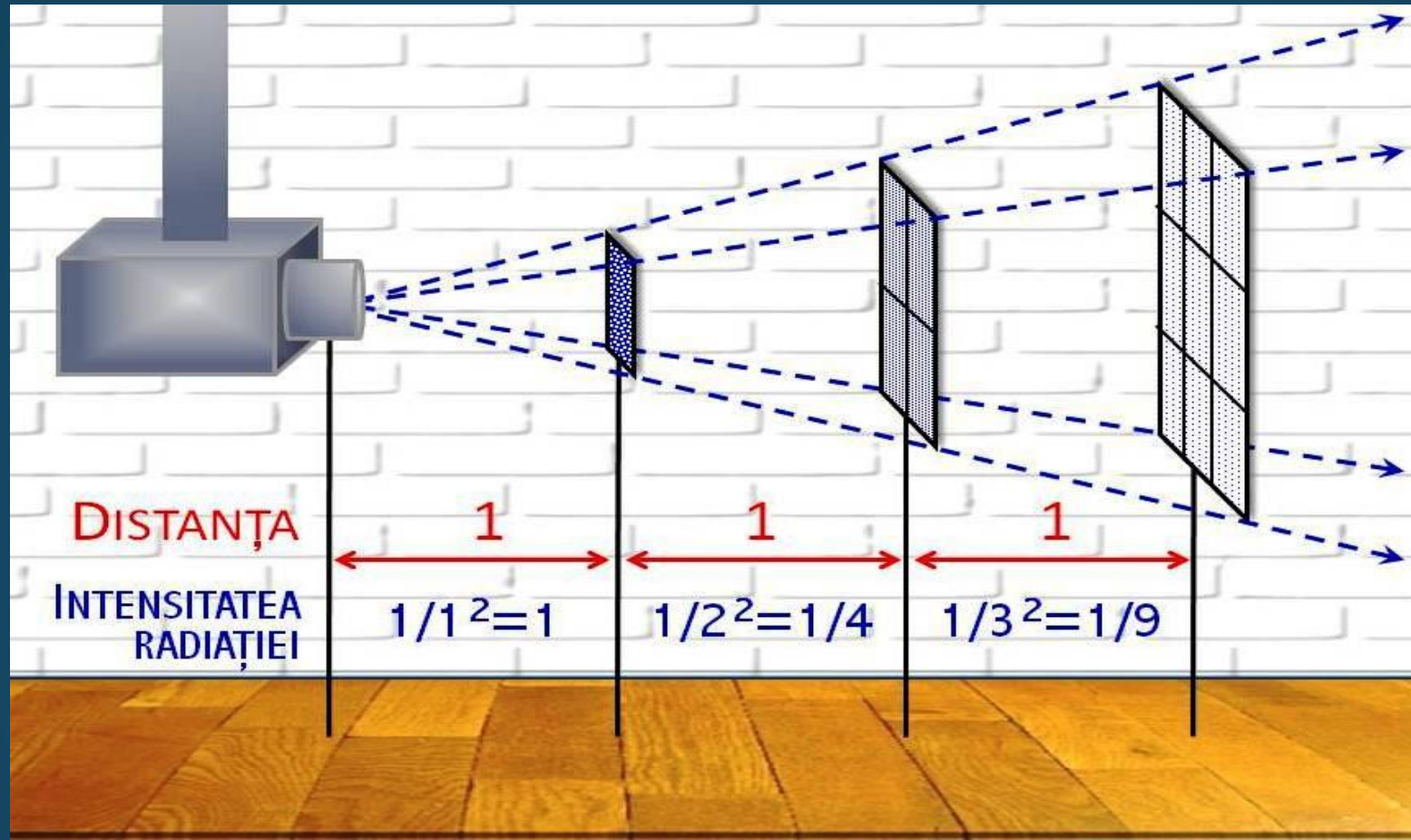
ЗАДАЧИ РАДИОПРОТЕКЦИИ

- Предотвращение детерминированных эффектов
- Ограничение вероятности стохастических эффектов

РАДИОПРОТЕКЦИЯ

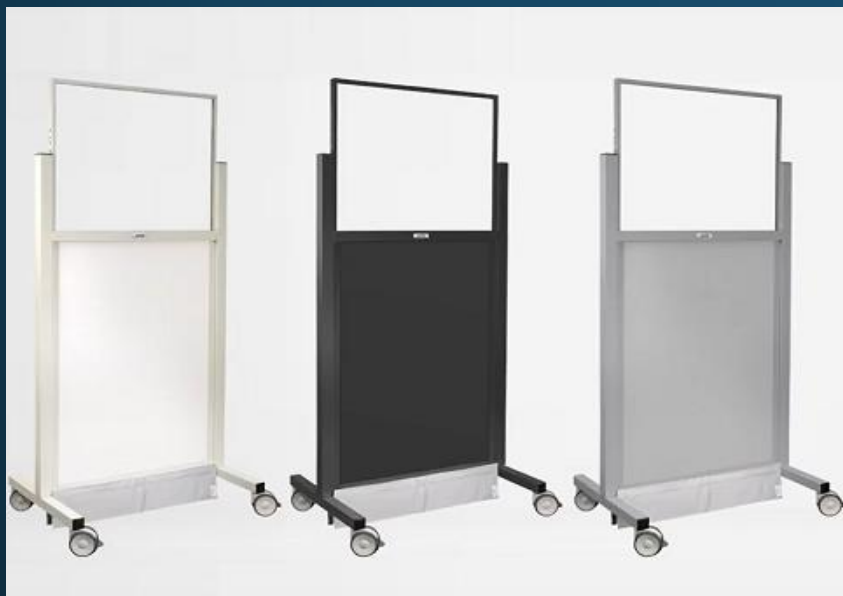
- **Физическая (механическая) защита** – включает в себя некоторые основные элементы, такие как
 - ✓ сокращение времени воздействия;
 - ✓ увеличение расстояния от источника;
 - ✓ экранирование источников излучения;
 - ✓ комплекс организационных мероприятий.
- **Химическая защита** – достигается введением перед облучением радиозащитных химических препаратов, повышающих устойчивость организма к радиации.
- **Биологическая защита** – достигается введением сразу после облучения биологических препаратов и макромолекул, таких как кровь или плазма, обладающих потенциалом восстановления клеток. Некоторым пациентам может также потребоваться трансплантация жизнеспособных клеток красного костного мозга для восстановления кроветворной функции.

РАССТОЯНИЕ



Интенсивность рентгеновского излучения, испускаемого точечным источником, обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника (закон квадрата расстояния). Если расстояние от источника увеличивается в 2, 3, 4 раза – луч распространяется по площади в 4, 9, 16 раз большей, при этом его интенсивность пропорционально уменьшается.

ЭКРАНИРОВАНИЕ





ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

- Организационные меры включают в себя ряд мер безопасности в различных сферах, таких как производство и использование радиоактивных веществ, захоронение отходов, планирование и строительство помещений и цехов, производящих или использующих ионизирующее излучение, разработка и внедрение нормативных норм в этой области, использование знаков, предупреждающих об опасности, радиация, обучение персонала и т. д.
- В зависимости от уровня радиации и возможности облучения помещения, выделяют наблюдаемые зоны и контролируемые зоны:
 - ✓ контролируемые зоны – это территории с мощностью облучения, превышающей $7,5 \text{ microSv}$ в час ($7,5 \text{ } \mu\text{Sv/час}$), надлежащим образом разграниченные, имеющие строго контролируемый доступ и на которые распространяются специально разработанные правила;
 - ✓ наблюдаемые зоны – это территории с мощностью облучения от $2,5$ до $7,5 \text{ microSv}$ в час ($2,5\text{--}7,5 \text{ } \mu\text{Sv/час}$), которые надлежащим образом разграничены, имеют ограниченный доступ и на которые распространяются специальные правила радиационной защиты или предотвращения распространения радиоактивного загрязнения.



PERICOL DE IRADIERE

**ZONĂ
CONTROLATĂ**



PERICOL DE IRADIERE

**ZONĂ
SUPRAVEGHEATĂ**

Предупреждающие знаки радиационной опасности, а также о контролируемых и наблюдаемых зонах.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАДИОПРОТЕКЦИИ

Основные принципы радиационной защиты регламентированы на международном уровне. К ним относятся :

- **Обоснование** – использование ионизирующего излучения оправдано только в том случае, если польза для отдельных лиц и общества превышает риски и негативные последствия для здоровья, которые оно может иметь. Следовательно, все применения ионизирующего излучения должны быть обоснованы.
- **Оптимизация** – поддержание как можно более низких индивидуальных доз радиации и количества облученных людей. Этот принцип также известен как принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable).
- **Ограничение дозы** – относится к ряду установленных пределов дозы для профессионального и общественного облучения. В ситуациях планового облучения сумма доз ионизирующего излучения, которым подвергается человек, или индивидуальный эквивалент дозы не должны превышать рекомендуемые пределы.