

**ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА**  
**ПРЕДМЕТ**  
**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ**

# Определение

## Лучевая диагностика -

это медицинская дисциплина, использующая различные виды излучений для изучения строения и функций нормальных и патологически измененных органов и систем, с целью диагностики, лечения и профилактики заболеваний

# Основная задача интроскопии – все сделать прозрачным





# Вильгельм Конрад Рентген

- Основоположником лучевой диагностики по праву считают великого немецкого физика Вильгельма Конрада Рентгена (1845 -1923)
- Открытие X- лучей 8 ноября 1895 г

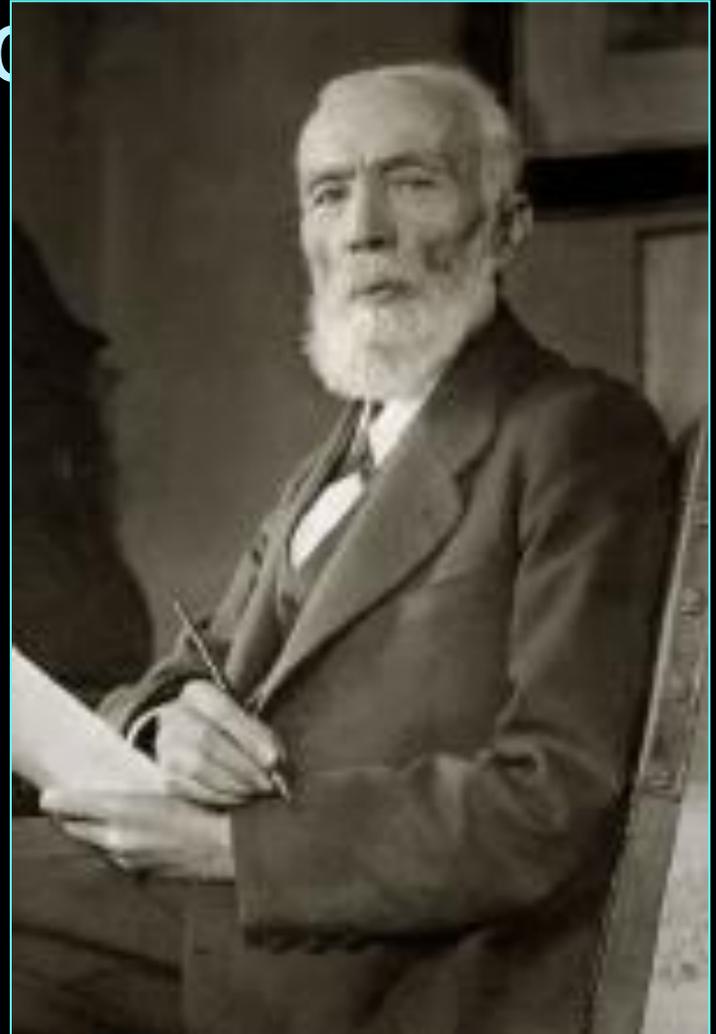


# Нобелевский лауреат

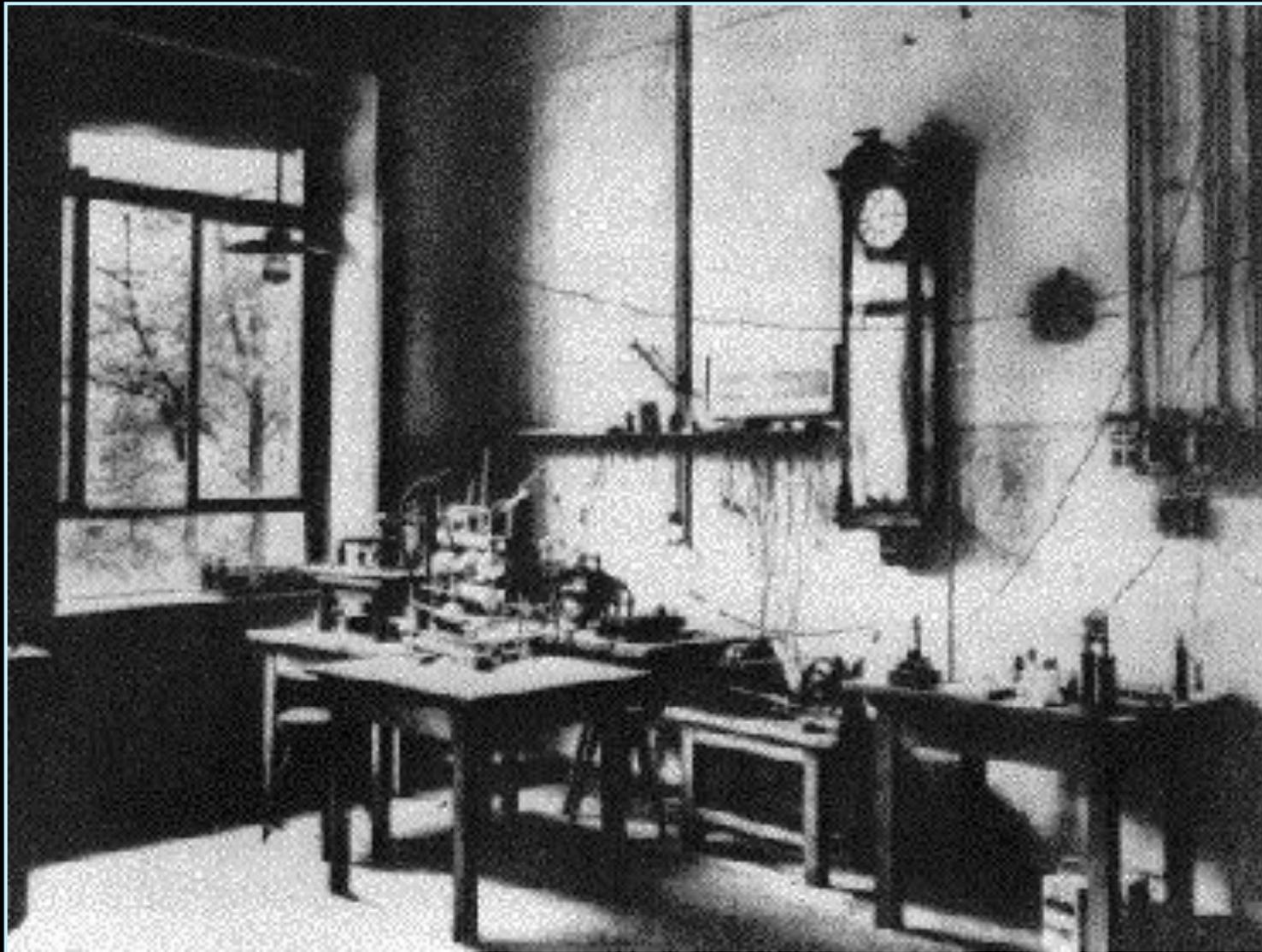
- Рентгену присуждена Первая Нобелевская премия по физике
- С именем Рентгена связано много легенд, однако многие думают, что открытие совершил вовсе не он, а его учитель, физик украинского происхождения – Иван Пулюй, который видел X-лучи до Рентгена, и даже сумел получить первые в мире рентгенограммы

# Украинский физик Иван Пулюй

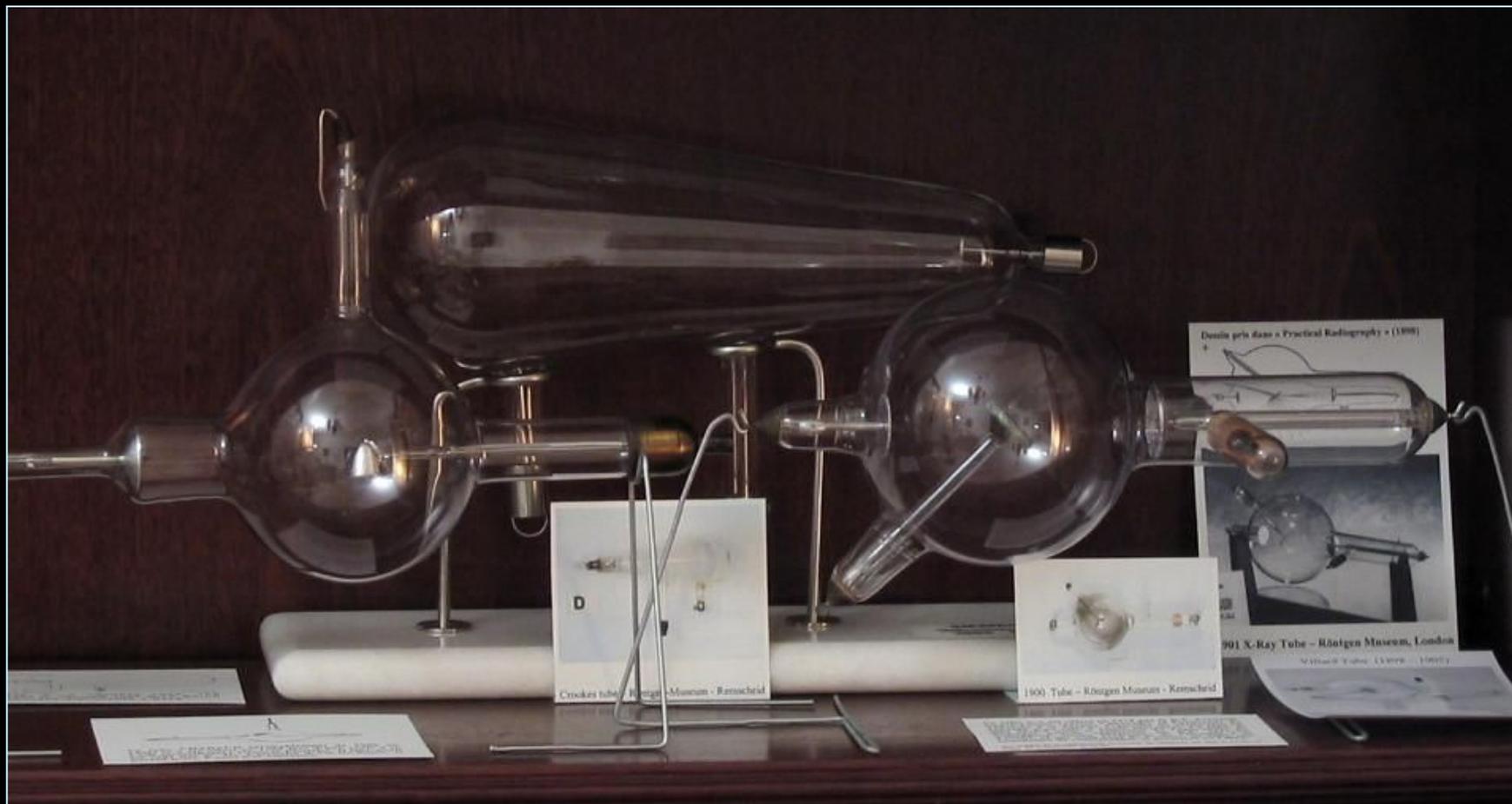
- Иван Пулюй (1845-1918)
- Работал в Вене
- Наблюдал X-Лучи за несколько лет до Рентгена
- Несправедливо забыт историей

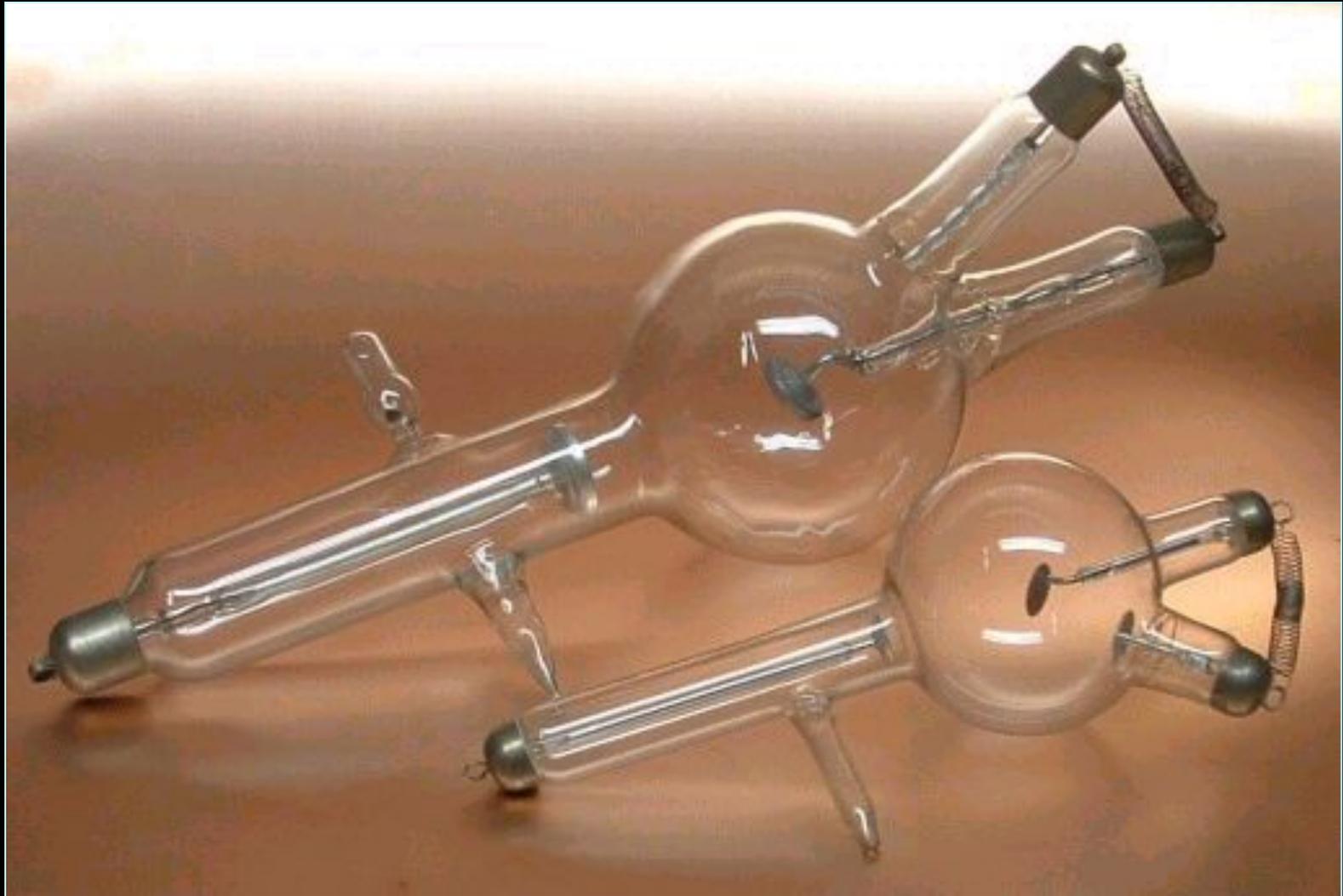


# Лаборатория Рентгена



# Первые настоящие трубки





# Одна из первых рентгенограмм



- Рентгенограмма кисти жены Рентгена

# Для сравнения – современная КТ (3D –реконструкция)



# Музей Рентгена в Гёссене

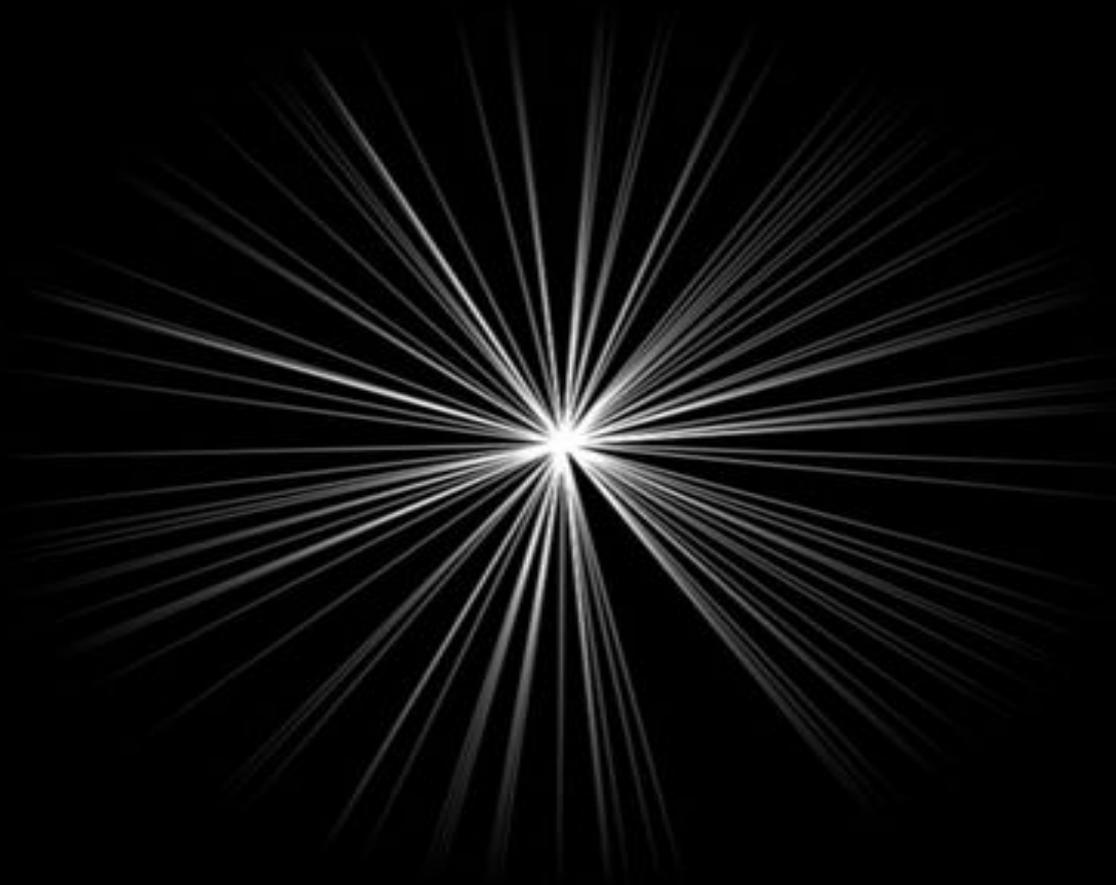


# Памятник Рентгену



- Доживший до 78-летнего возраста Вильгельм Рентген в течение семи лет просвечивал открытыми им лучами себя и свою супругу без внешнего видимого вреда для здоровья, но умер от рака кишечника
- Памятник Рентгену

Лучи работают на человечество!

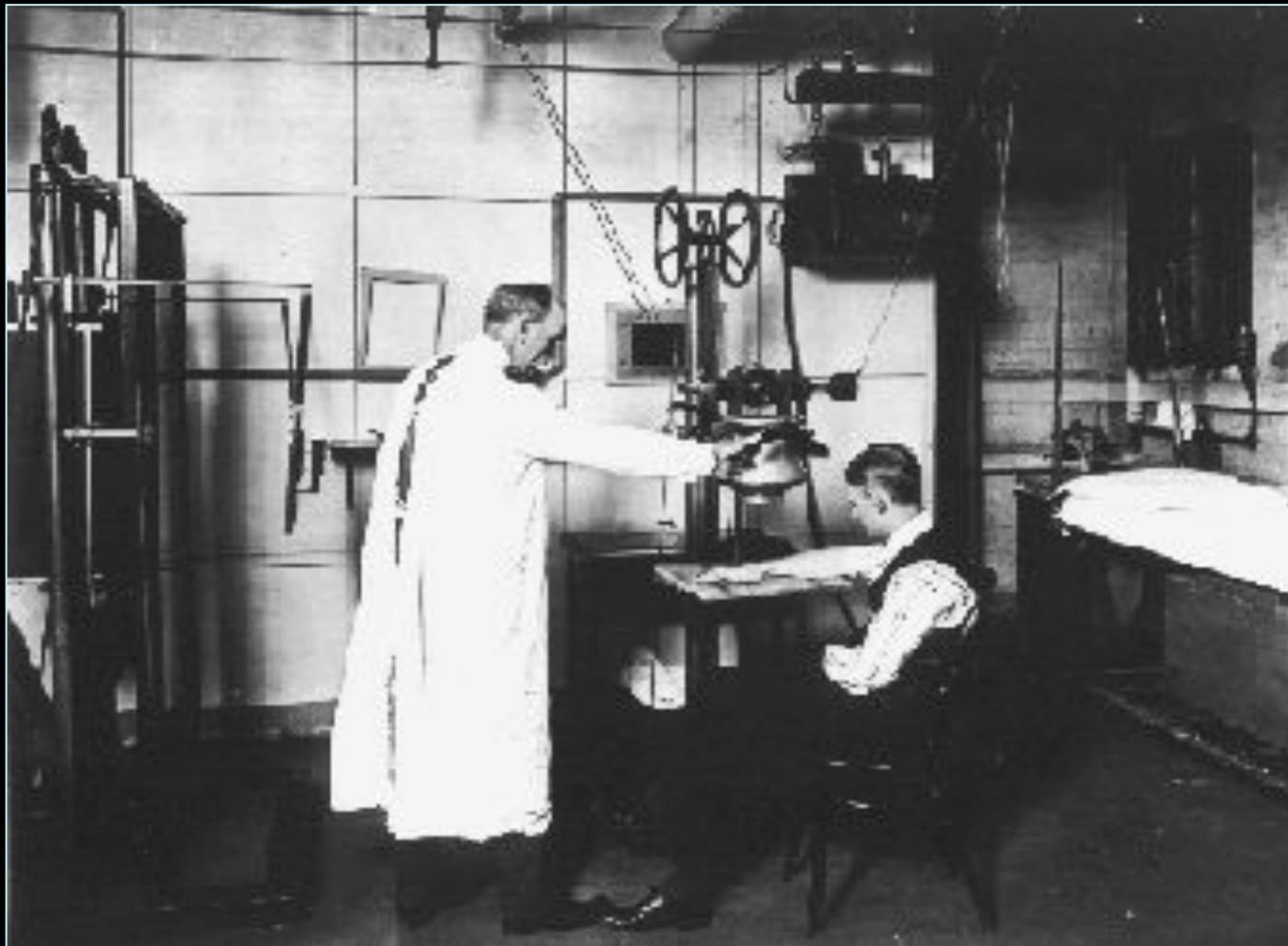


# Рентгеновские аппараты



- Один из первых рентгеновских медицинских аппаратов
- Поводится рентгеноскопия

# Начало неотложной рентгенологии

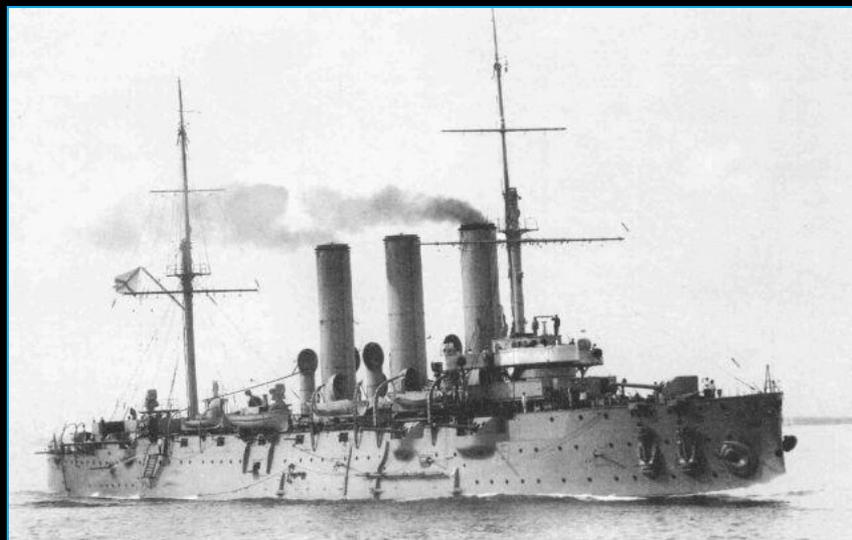




# Применение рентгеновских лучей в России



**А.С.Попов**

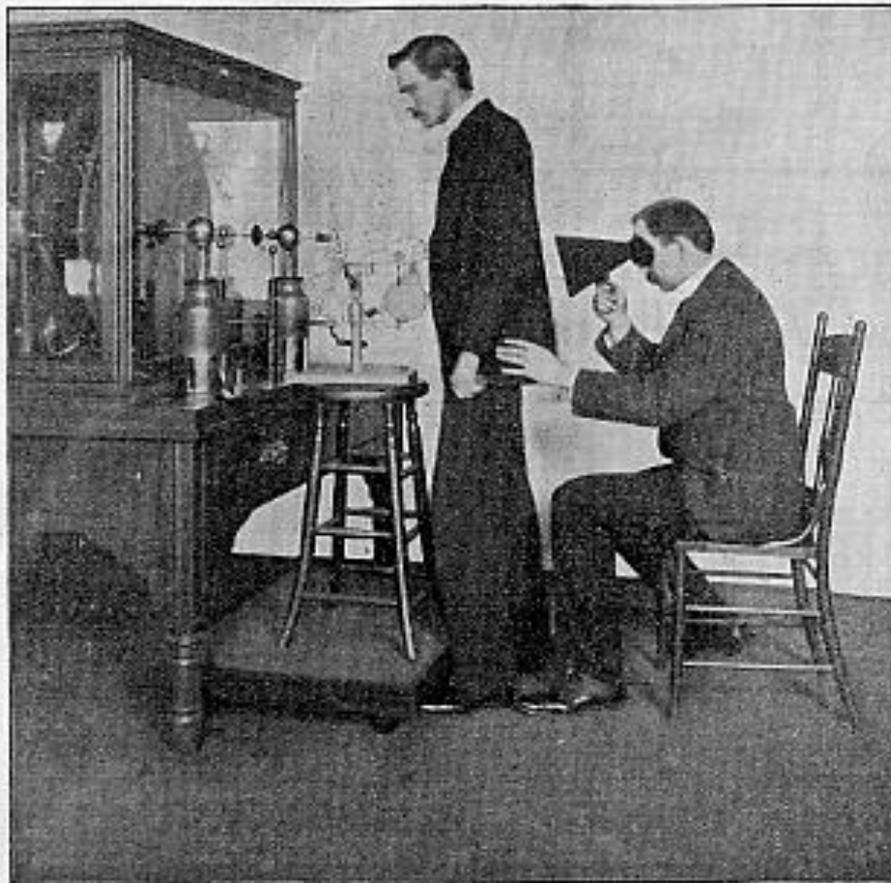


**Крейсер Аврора,  
после Цусимы**

# Продвинутые «Девайсы»



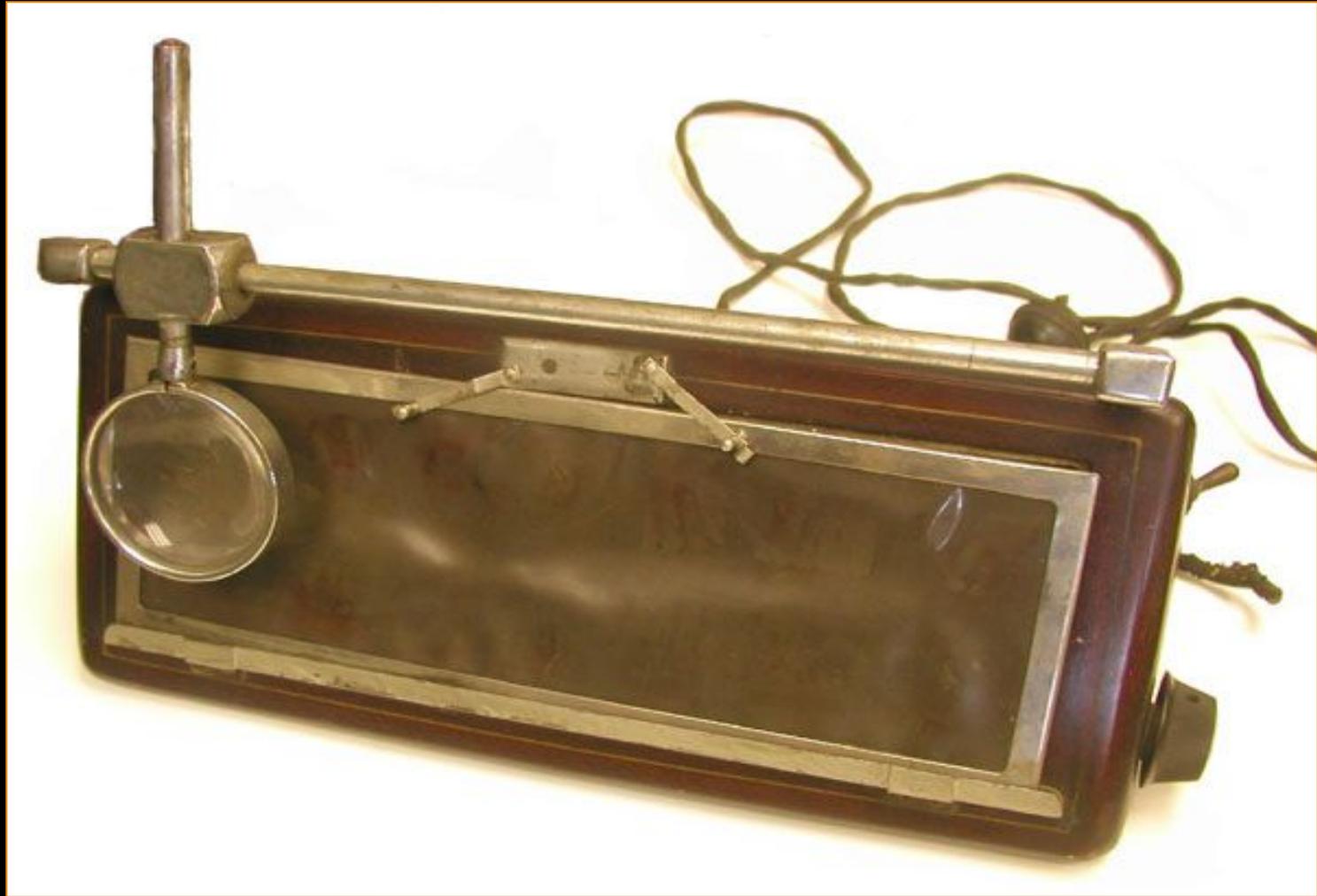
# А так ими пользовались



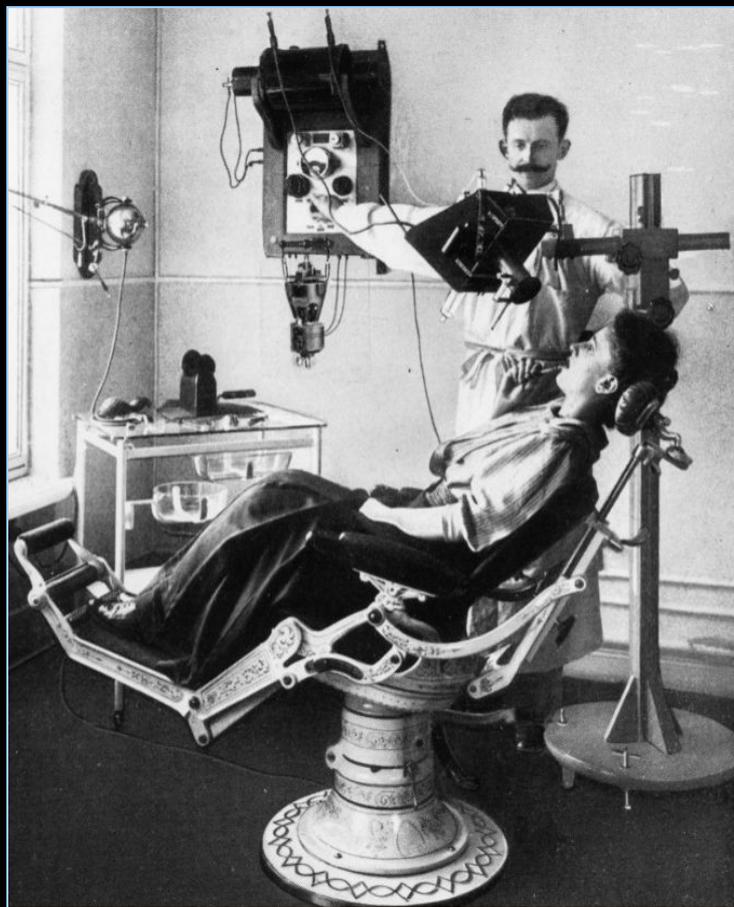
✧Free X-Ray Examination to Patients.✧

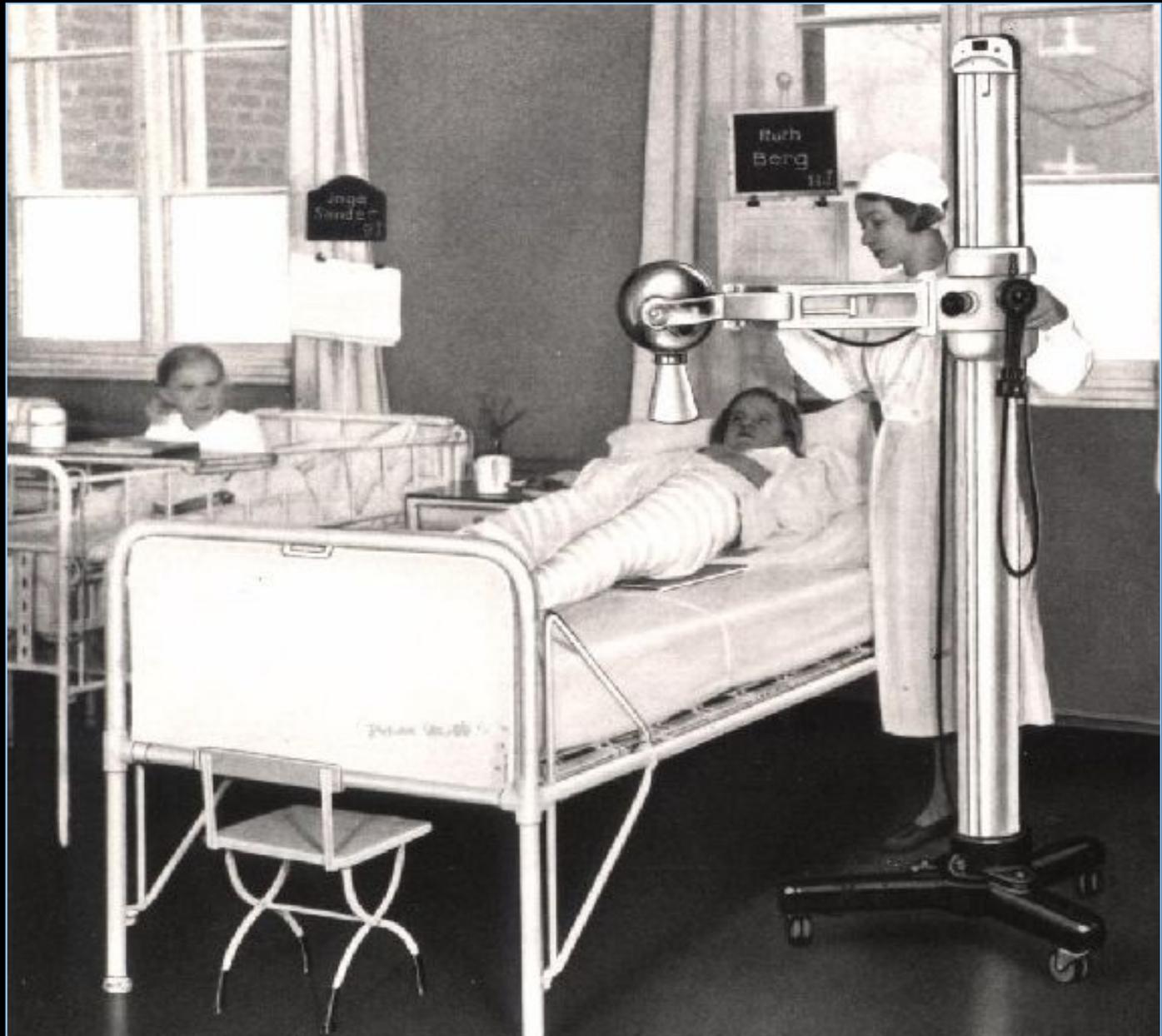


# Негатоскоп - дедушка



# Стоматология, 1907 и 1936





# Таможня



“Берёт добро”





# Боремся с терроризмом







# Проще всего – просветить рентгеновскими лучами

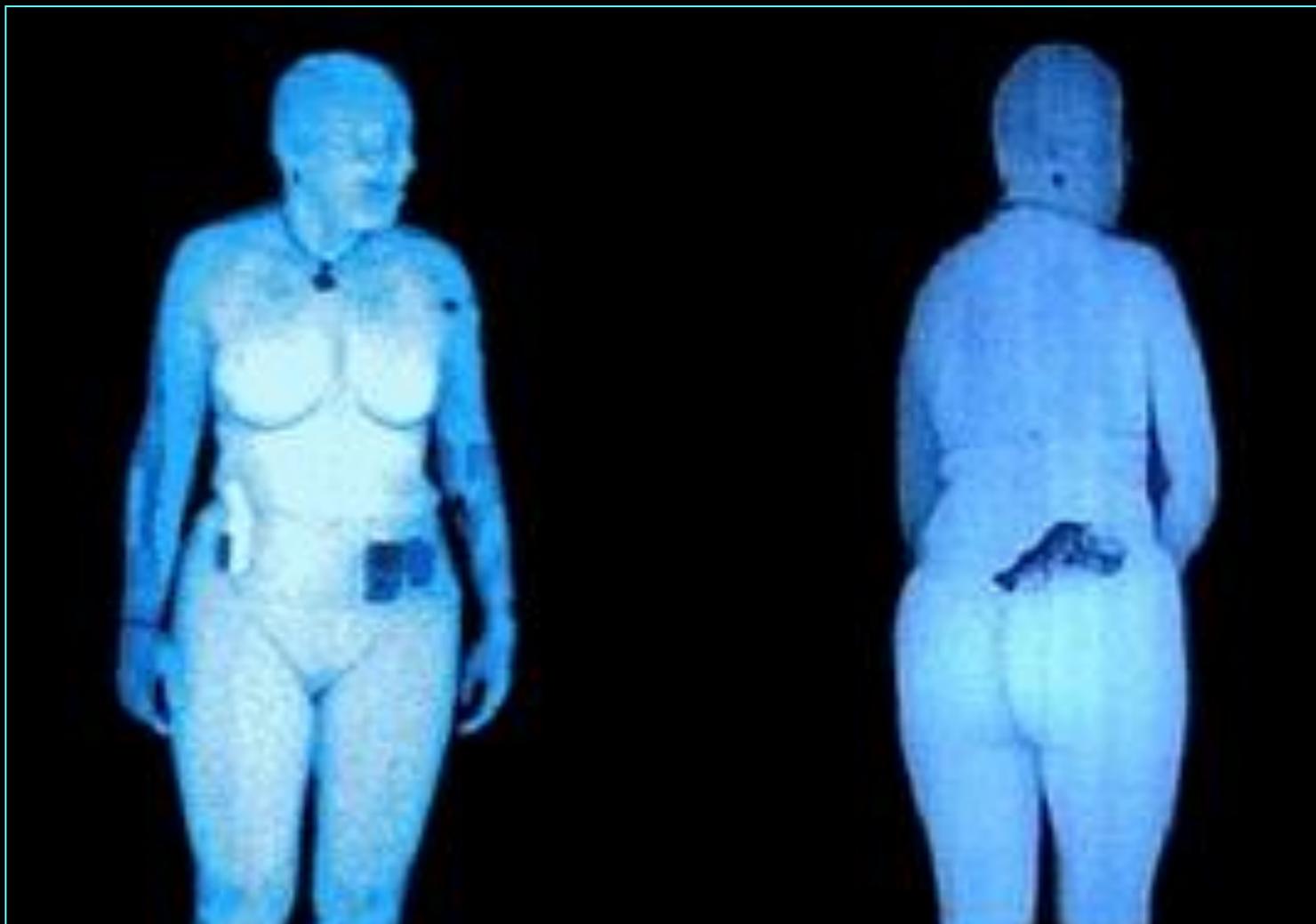
- Однако реальна опасность облучения
- Не все люди дают согласие на осмотр

# Ловим вооруженного и опасного преступника

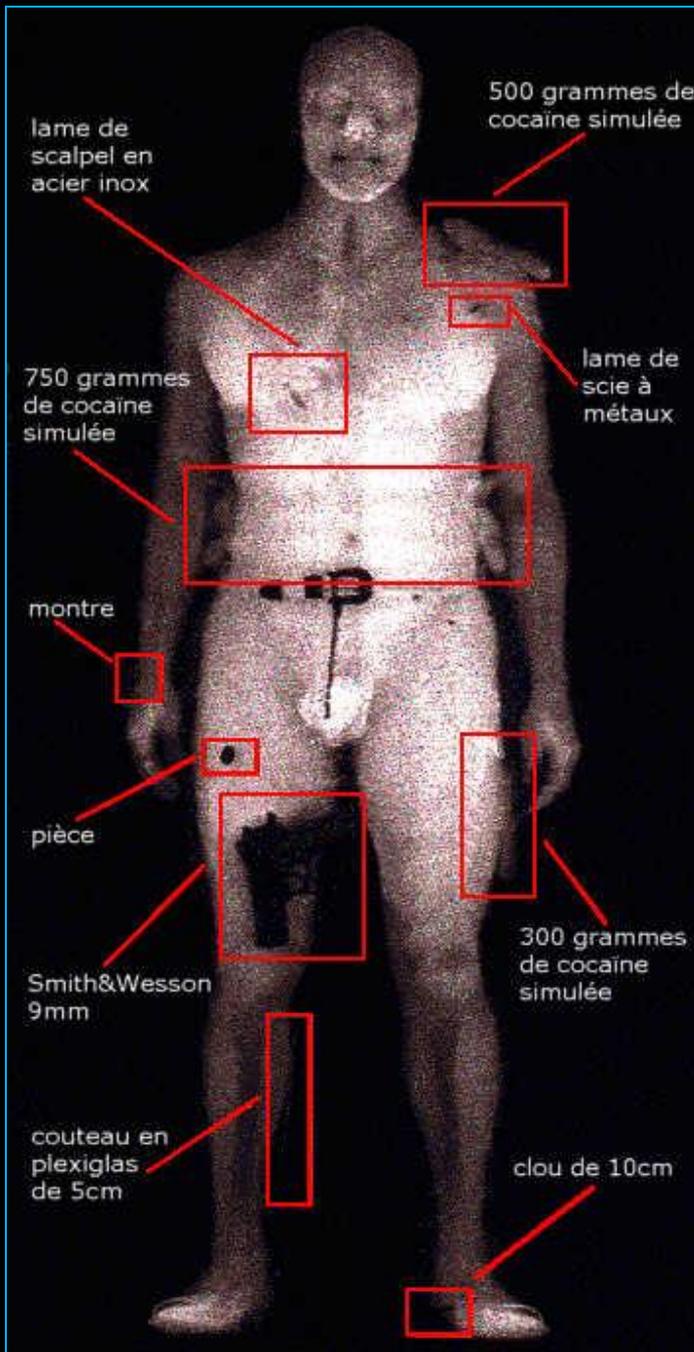


- Последний “писк” рентгеновской визуализации – методика обратного рассеивания

Система реально работает в  
некоторых аэропортах Америки



# Возможности



- Главный принцип – регистрация не проходящего а отраженного рентгеновского излучения
- Доза облучения при этом во много раз меньше

# Незаконная иммиграция



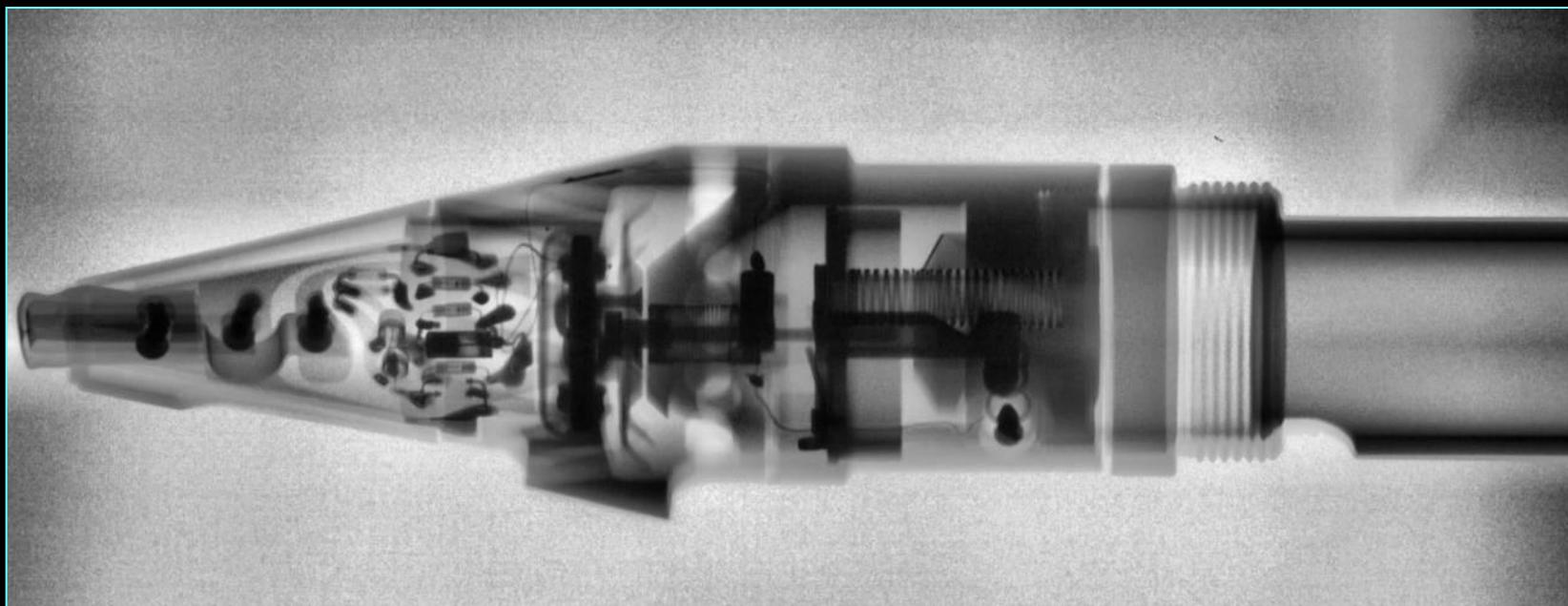
# 4,5 тонны марихуаны



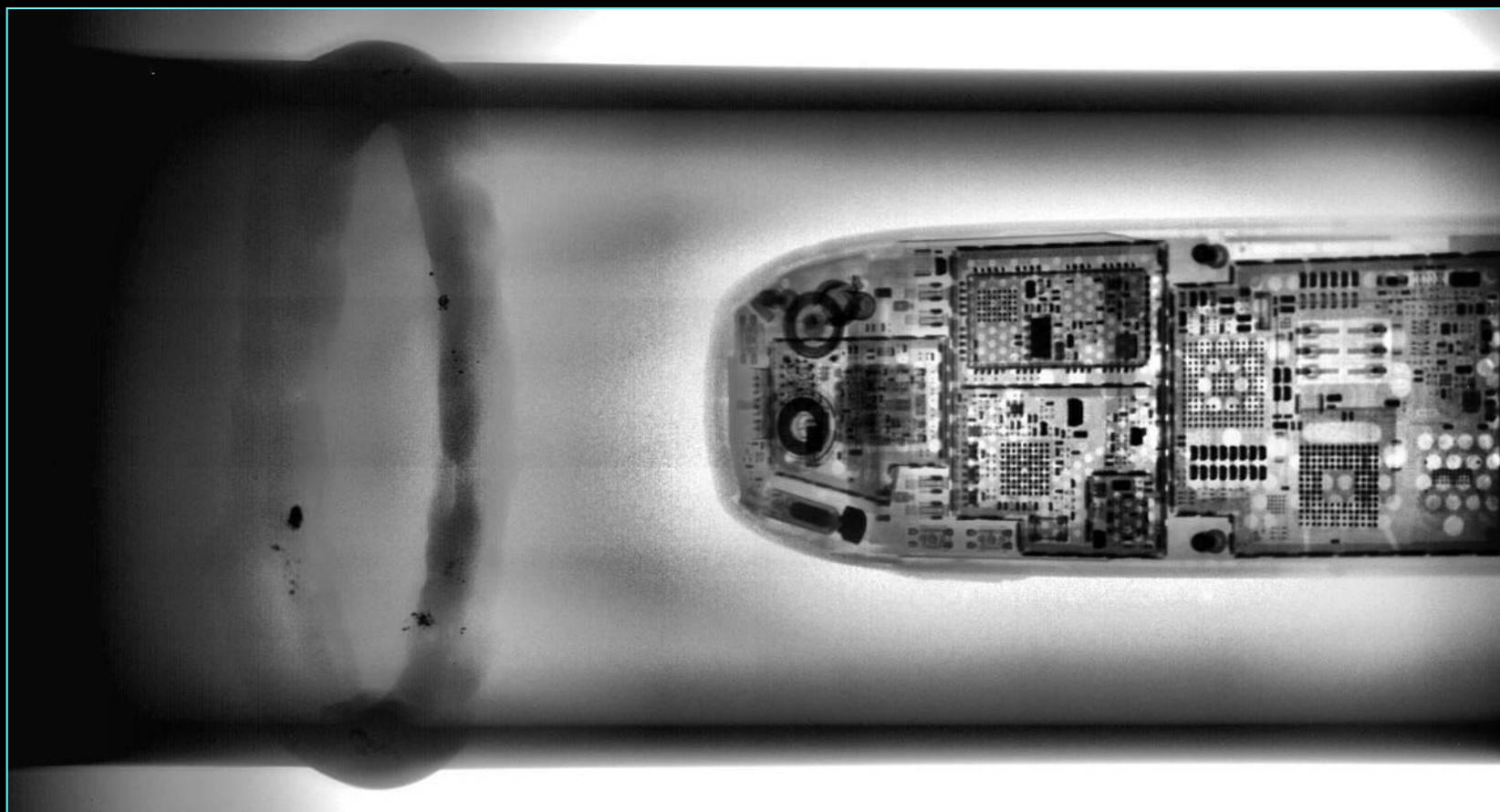
# Пистолетики



# Подслушивающее устройство



# Бомба с сотовым телефоном



# Передвижная рентгеновская установка



# Разминирование



# Дефектоскопическая установка



# Ветеринария



- Это злобное существо – наш предок – обезьяна

Череп собаки. Тоже во многом  
похож!



# Зубы профессионала

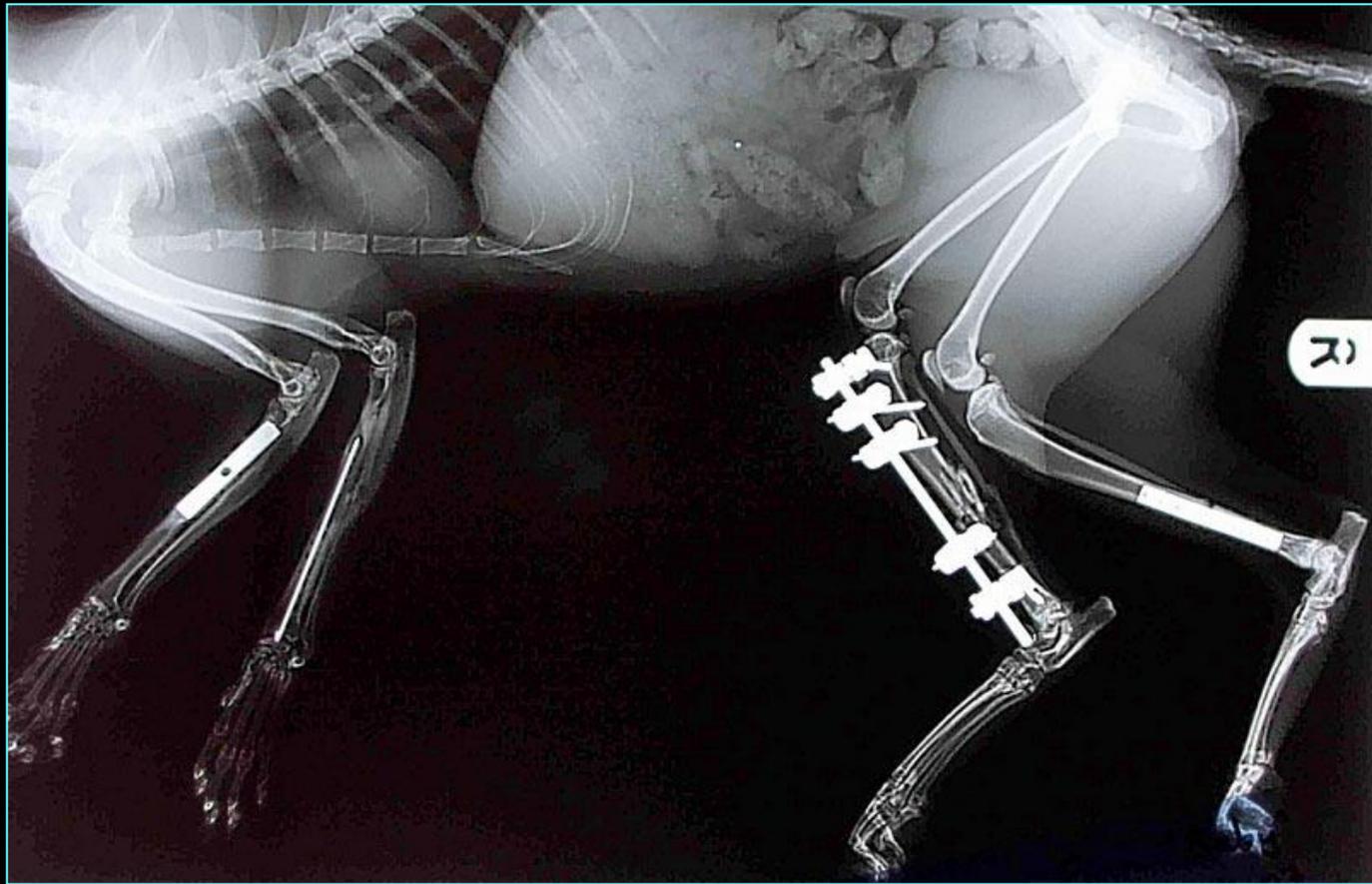


# Исследуем скакуна





# Лечим кота, упавшего с 4 этажа



# БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ

# Важность проблемы

- Любой вид ионизирующих излучений небезразличен для всех живых организмов и вызывает в нем биологические изменения
- Если источник излучения находится вне организма – происходит его **внешнее облучение**, если внутри - **внутреннее**

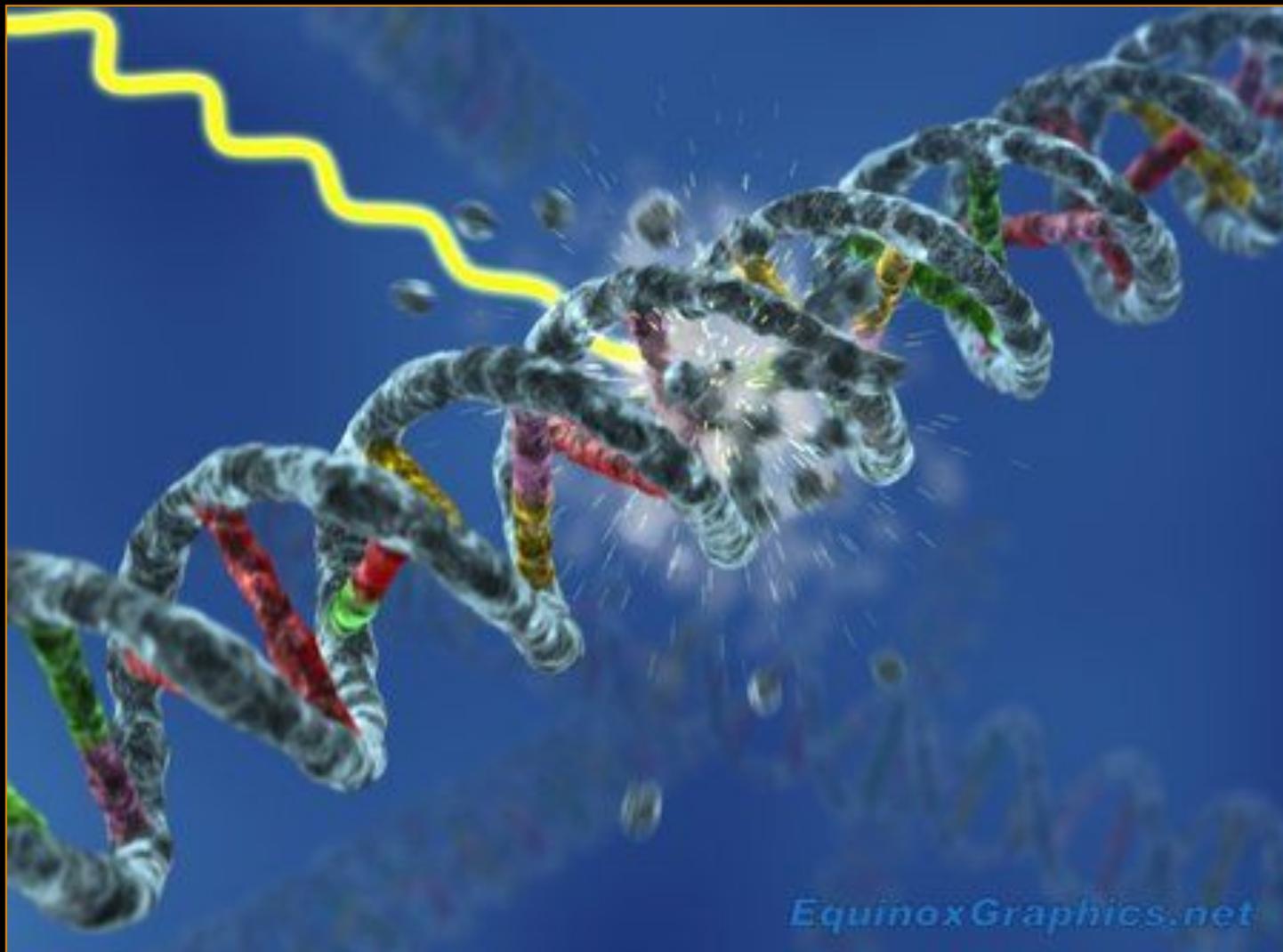
# Главный механизм действия радиации

- Действие ионизирующего излучения на любое вещество, сопровождается образованием возбужденных атомов и ионов, с последующим запуском целого каскада реакций
- Полностью механизм действия радиации не раскрыт до сих пор

## 2 пути действия

- Непосредственная реализация действия радиации на клетки и организм в целом происходит двумя путями
  - Прямым
  - Непрямым

# Прямой путь



# Прямой путь действия радиации

- Заключается в непосредственной ионизации и возбуждении молекул тканей и органов
- Это ведет к разрывам молекулярных связей, образованию свободных радикалов (водных и органических), которые тут же, в случайном порядке, присоединяются к любой подвернувшейся молекуле
- В организме появляется масса биологически активных чужеродных веществ

# Свободные радикалы

- Это частицы содержащие один или несколько неспаренных электронов
- По другому определению свободный радикал — вид молекулы или атома, способный к независимому существованию, обладающий относительной стабильностью и имеющий один или два неспаренных электрона

# Последствия общения с НИМИ...

- Получить повреждение может любая молекула, в любом месте
- СР вызывают такие повреждения молекул:
  - Разрывы в ДНК,
  - Окисление sh-групп,
  - Сшивки полипептидных цепей в белках,
  - Инактивацию ферментов,
  - Полимеризацию углеводов.
- И, пожалуй, наиболее трагичным для судьбы клетки процессом является инициирование ими цепей свободнорадикальных процессов окисления липидов

# Цепные реакции

- Большую роль в радиационных повреждениях придают цепным реакциям окисления, которые в присутствии кислорода во много раз увеличивают количество измененных молекул в клетке и вызывают дальнейшее изменение надмолекулярных (субмикроскопических) структур
- При этом повреждения передаются от одной молекуле к другой, а от той – к следующей, и так много раз

# Основные типы повреждения ДНК

- Повреждение одиночных нуклеотидов
- Повреждение пары нуклеотидов
- Разрыв цепи ДНК
- Образование поперечных сшивок между основаниями одной цепи или разных цепей ДНК

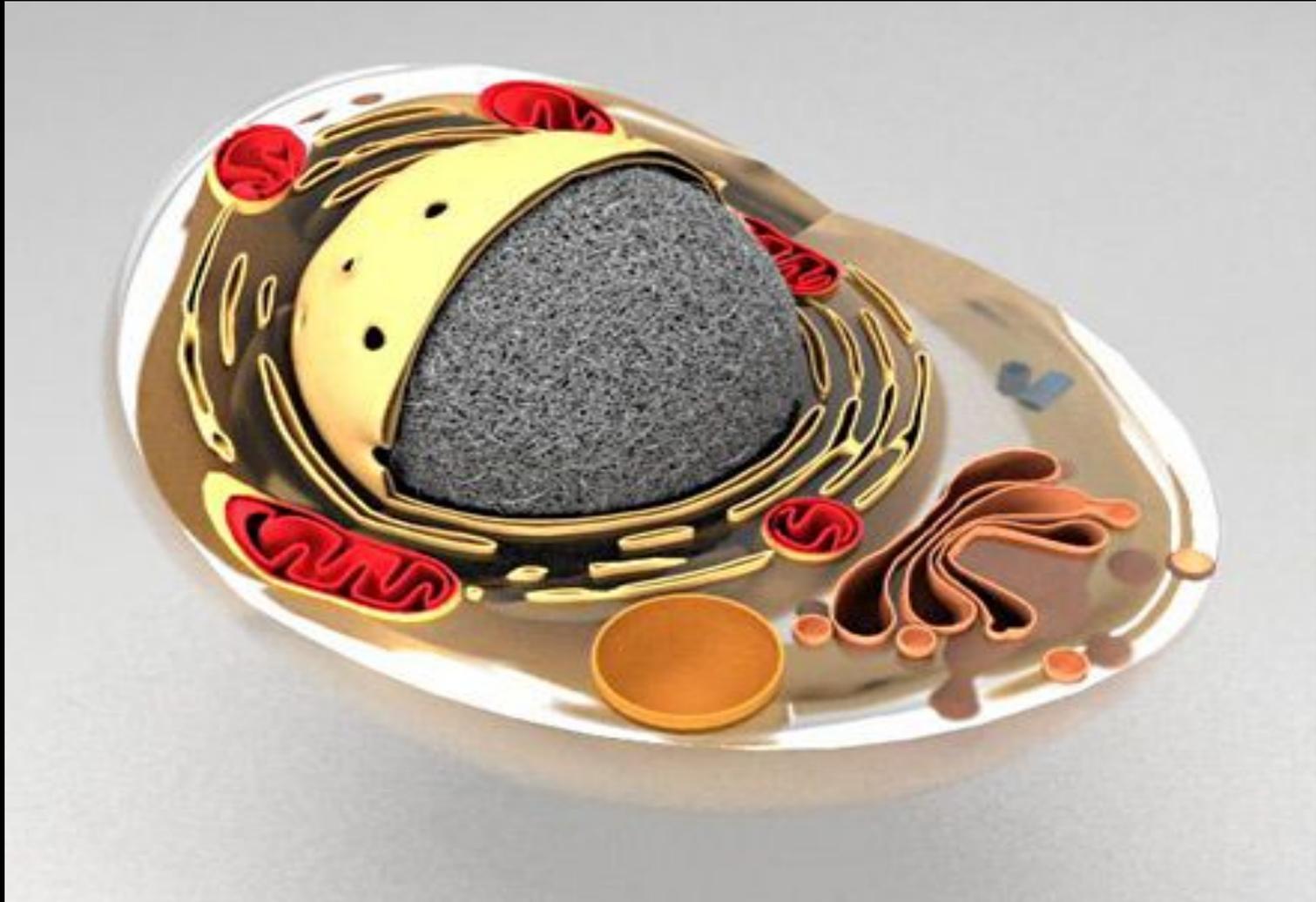
# Непрямой путь действия радиации

- Все живые организмы содержат в своем составе воду (две трети общей массы 65—70%)
- Под действием излучения в воде образуется положительно заряженный ион воды ( $\text{H}_2\text{O}^+$ )
  - $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + e^-$
- Далее - еще
  - $\text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}^- + \text{H}'$
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{H}' \rightarrow \text{OH}' + \text{H}_2$
- Водород ( $\text{H}'$ ) и гидроксильная группа  $\text{OH}'$ , обладая большой химической активностью, тут же взаимодействуют с биологическими веществами и вызывают их изменение
- При наличии кислорода в воде могут образовываться радикалы  $\text{HO}_2$  и перекись водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ , которые также являются сильными окислителями

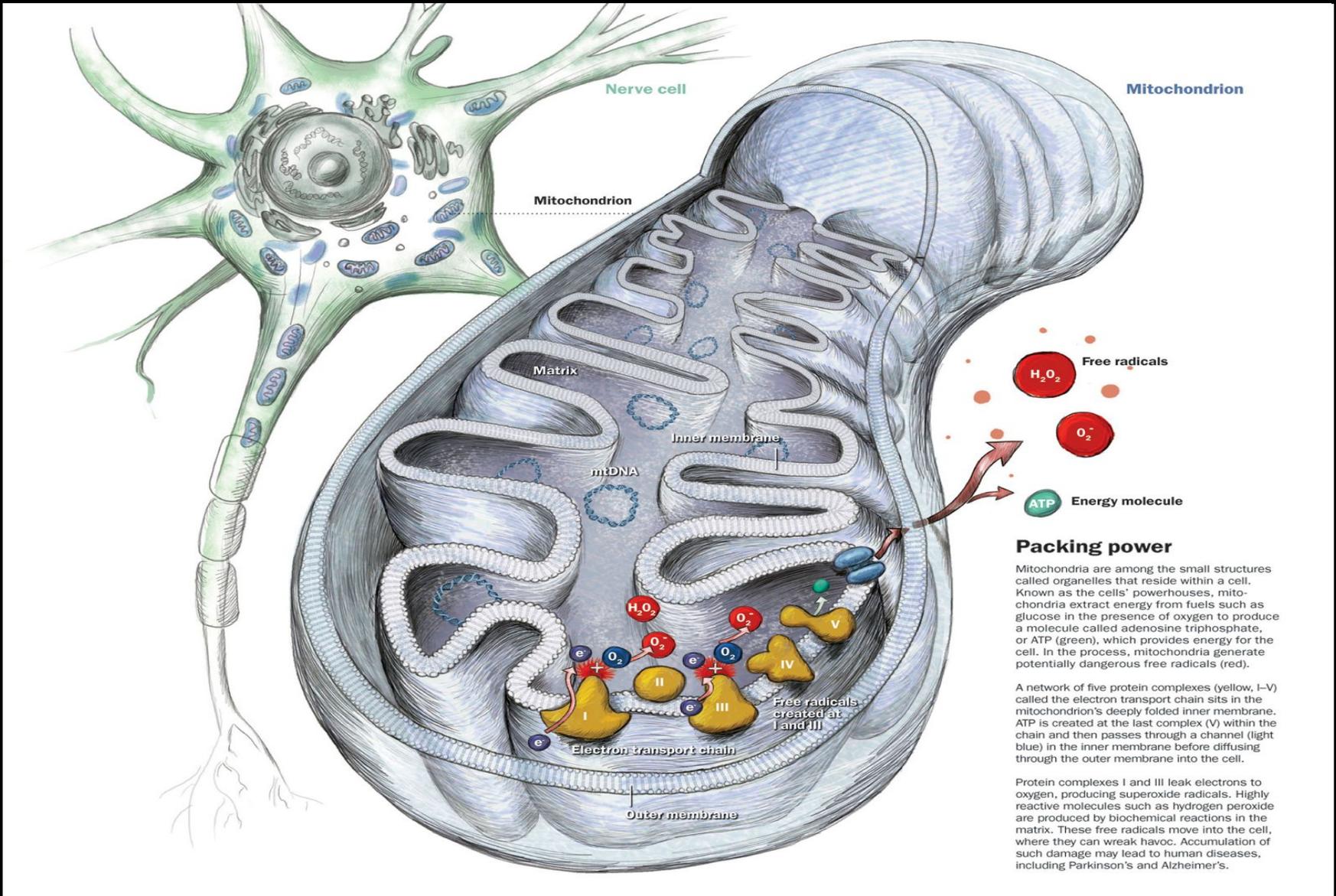
# Соотношение эффектов

- 45% поглощенной энергии излучения воздействует на организм по типу прямого действия;
- 55% - идет по типу косвенного действия.
- В сухих чистых веществах преобладает прямое действие, в слабых растворах — косвенное действие
- *Интересный факт: если в человеке ионизируются все молекулы воды всего в 5 мг воды, то наступит смерть*

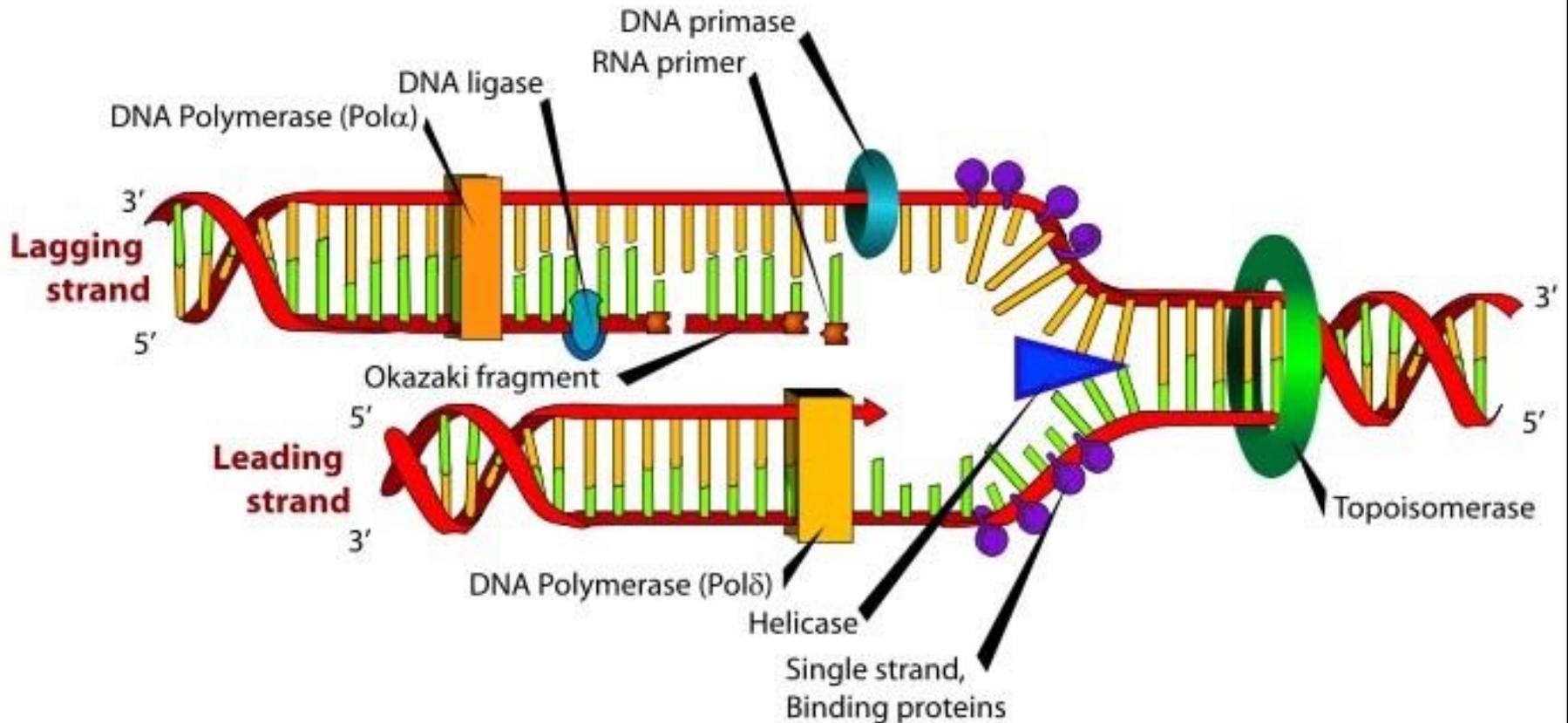
Атаке подвергаются все  
органеллы клетки



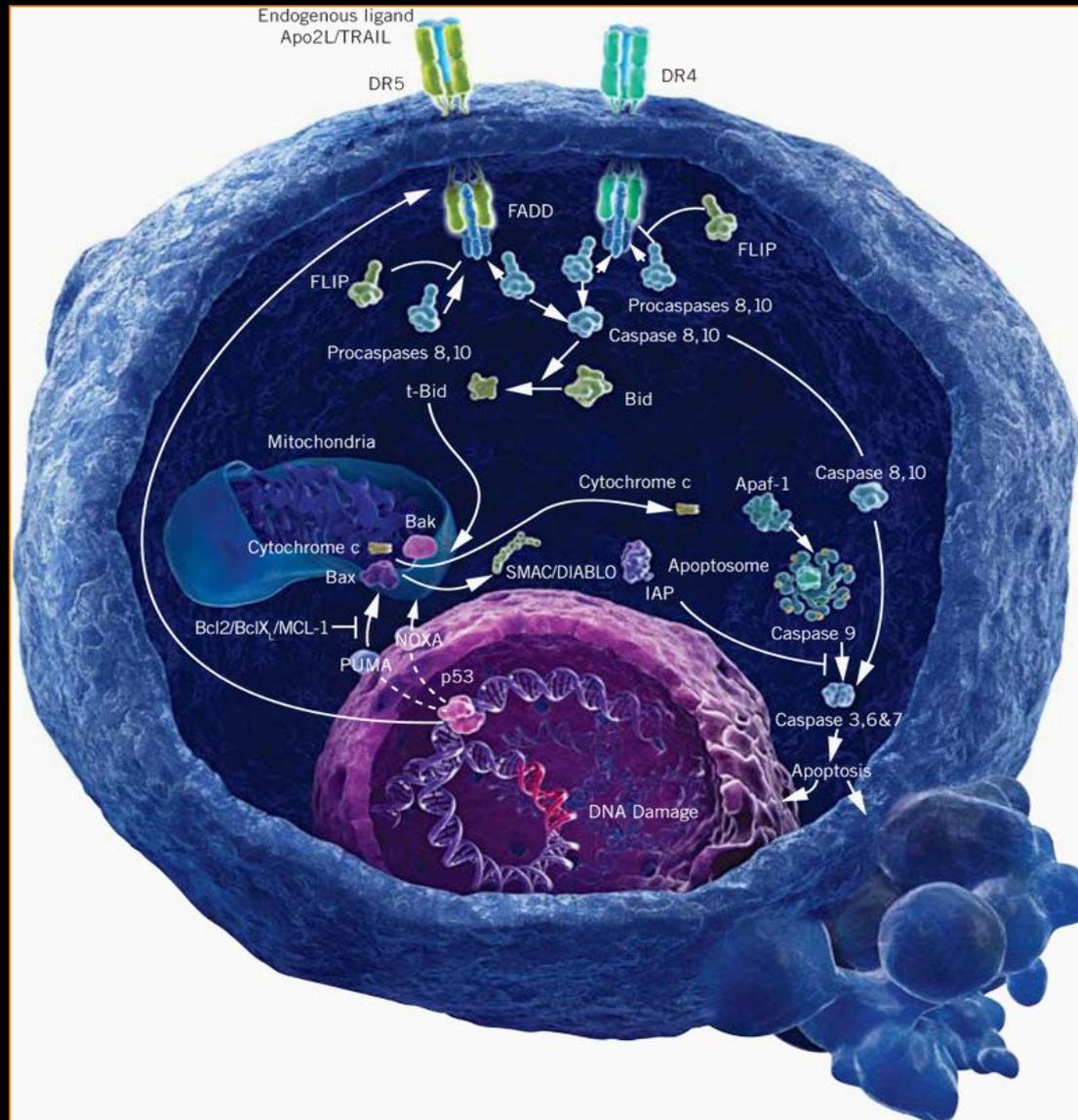
# И прежде всего МИТОХОНДРИИ



# Нарушается репликация ДНК



# Может запускаться апоптоз



# Закон Бергонье - Трибондо

- J. A. Bergonie, 1857-1925, французский врач – сформулировал правило, согласно которому чувствительность живых клеток к действию ионизирующих излучений тем выше, чем менее они дифференцированы, чем больше выражена их пролиферативная активность и продолжительнее процесс кариокинеза
- Кариокинез – деление клеточного ядра, происходящее во время деления клетки перед началом деления цитоплазмы
- Это правило широко используется в лучевой терапии опухолей

По радиочувствительности, в порядке ее уменьшения, ткани располагаются следующим образом:

- Костный мозг
- Лимфоидная ткань
- Зародышевые клетки
- Слизистые оболочки
- Кожа
- Костная и мышечная ткань
- Нервные клетки



## Эффективные эквивалентные дозы облучения от различных естественных и техногенных источников облучения

- Смертельная доза для человека при одномоментном облучении 600 бэр (6 Грей или 6 Зивертов)
- Человек получает за всю жизнь от всех источников облучения 14 - 15 бэр
- Просмотр телевизора на расстоянии 2м 1 мкбэр/час
- Ежедневный в течение года трехчасовой просмотр цветных телепрограмм 0.5-0.7 мбэр
- Облучение за год за счет радиоактивных выбросов в районе расположения станции 0,02-0,5 мбэр
- Облучение за год за счет естественных выбросов ТЭС работающих на угле 0,2-0,5 мбэр

- Полет на сверхзвуковом самолете на высоте 18-20 км 1-3 мбэр
- Полет в течение суток на орбитальном космическом корабле 18-35 мбэр
- Прием радоновой ванны 1–100 мбэр
- Флюорография 0.02-0.05 бэр
- Рентгенография грудной клетки 0.01-0,1 бэр
- Рентгеновская маммография 0.1-0.2 бэр.
- Рентгеноскопия грудной клетки 0,2-0,4 бэр
- Рентгенография зубов 0.003-0.3 бэр
- Рентгеновская томография 0,5-10 бэр
- Рентгенодиагностика при раке легких 5 бэр
- Рентгеноскопия желудка, кишечника 10-25 бэр
- Лучевая гамма-терапия после операции 20-50 бэр

Эффекты, возникающие при действии ИИ на организм, делят на:

- Пороговые, которые неизбежно наступают после превышения определенного порога облучения, их еще называют нестохастическими
- Вероятностные, или стохастические, которые не зависят от дозы – повреждение может быть вызвано одним квантом энергии

# Подробнее

- Соматические нестохастические (детерминированные) — эффекты, возникающие у облученного сразу после облучения большими дозами — это острая и хроническая лучевая болезнь, локальные лучевые повреждения (катаракта), поражения кожи, нарушение репродуктивной функции и т. д.
- Эффекты, возникающие у облученного через длительное время после облучения, т. е. отдаленные последствия: понижение сопротивления инфекциям, сокращение продолжительности жизни, возникновение опухолей, лейкозов

# Генетические или наследственные

- Эффекты, проявляющиеся в потомстве облученных людей и животных
- Эти эффекты являются также стохастическими
- При этом могут возникать доминантные и рецессивные генные мутации, хромосомные aberrации

# ИТОГИ ВОЗДЕЙСТВИЯ



- Генетические повреждения в момент органогенеза могут приводить к различным уродствам

# Явление радиационного гормезиса

- Термин 'радиационный гормезис' был предложен в 1980 году Т.Д. Лакки.
- Он выразил идею о том, что радиация может в зависимости от дозы оказывать диаметрально противоположное воздействие на живые организмы: в достаточно больших количествах - угнетать жизненные процессы, вплоть до гибели организма, при снижении дозы - уменьшать свое поражающее действие, а при ультрамалых дозах - стимулировать жизненные процессы, оказывать благоприятное действие

# Попытка объяснить его природу

- Согласно действующей парадигме, радиационный гормезис является эволюционной адаптацией, возникшей как ответ организма на неблагоприятные условия окружающей среды. Причем вклад радиации в эти условия может быть не самым большим
- Таким образом, гормезис является частью общего стресс-ответа организма. Поэтому механизмы запуска радиационного гормезиса надо искать среди общих схем защиты клетки и организма от различного рода стрессов: температурного, окислительного

# Влияние малых доз

- Конкретные величины малых доз зависят от видовой характеристики, для млекопитающих они лежат в диапазоне до 0.5 Гр
- Эксперименты свидетельствуют о том, что под влиянием малых доз ионизирующих излучений естественная продолжительность жизни животных увеличивается на 10-12% по сравнению с адекватным контролем
- Самый наглядный пример – стимулирующее действие радоновых ванн

# Стимуляция иммунитета

- Стимулирующее действие малых доз радиации связывают с активизацией иммунной системы организма
- Достоверное снижение иммунитета выявлено в дозах более 100 Гр
- При значительно меньшем облучении отчетливо прослеживается стимуляция общеиммунологического статуса организма
- Интересно отметить, что даже у рентгенологов, в условиях удовлетворительной защиты и малых доз радиации, обнаружена стимуляция бактерицидной активности сыворотки крови, причем ее степень возрастает с увеличением стажа их работы

# Радиомодификация

- Было обнаружено, что радиочувствительность и устойчивость клеток и тканей к облучению зависит от присутствия в них веществ, которые назвали радиомодификаторами
- Одним из первых были открыты модифицирующие свойства кислорода – при его присутствии в тканях радиочувствительность повышалась, и наоборот
- Радиочувствительность также увеличивается при увеличении температуры тканей, ярком обычном и ультрафиолетовом освещении

# Гипоксирадиотерапия – пример практического применения модификации

- (Греч. hupo- + лат. oxy [genium] кислород + radius луч + греч. therapēia лечение) — лучевая терапия опухолей, проводимая в условиях вдыхания больными воздуха с пониженным содержанием кислорода;
- Развивающаяся в результате этого общая гипоксия организма обеспечивает противолучевую защиту нормальных тканей, которые под влиянием острой гипоксии защищаются от поражающего действия ионизирующего излучения в существенно большей степени, чем клетки опухолей.

# Другие факторы

- Можно искусственно управлять процессом добавлением в окружающие клетку среду различных веществ – примесей
- Молекулы – примеси могут повышать радиочувствительность – это явление радиосенсибилизации или понижать – эффект защиты (протекция)
- Основной закон радиомодификации – препарат уже должен быть в организме в момент воздействия радиации

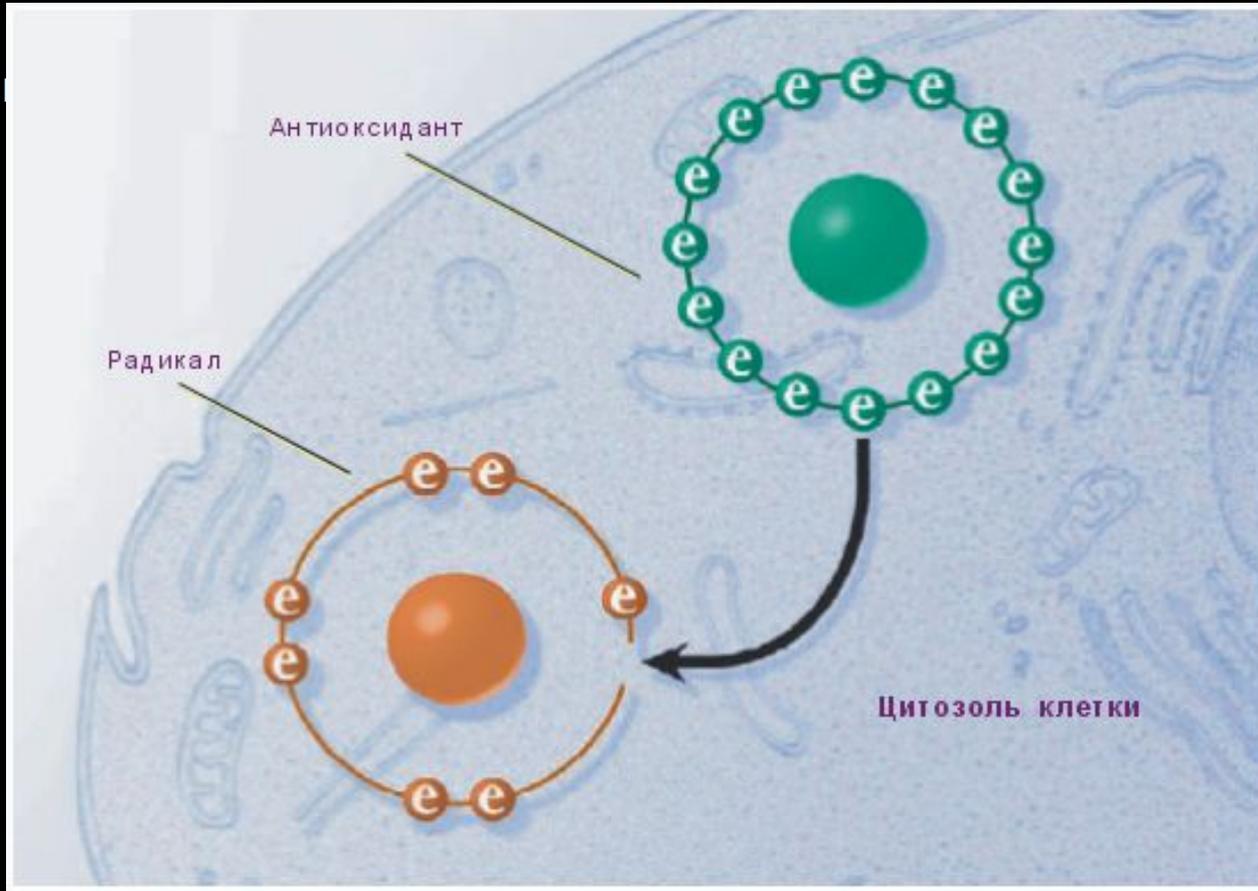
# Конкретно

- Известны радиосенсебилизирующие свойства монооксида азота (NO), блокаторов SH-групп N-этилмалеимида, мизонидазола, метронидазола
- Мизонидазол подавляет репарацию потенциально летальных повреждений (двухнитевых разрывов ДНК). Известными ингибиторами репарации ДНК являются кофеин, актиномицин Д, бромдезоксисуридин
- Усиливают лучевое поражение ингибиторы и разобщители окислительного фосфорилирования (цианид, 2,4-динитрофенол и др.)
- К веществам, усиливающим радиационную деградацию ДНК, относится гидроксамовая кислота
- Некоторые агенты (кислород, цианид) в зависимости от условий облучения могут проявлять как протекторные, так и сенсебилизирующие свойства

# Какие соединения защищают?

- Общие для многих организмов соединений с радиопротекторными свойствами – тиолы, некоторые ароматические аминокислоты, нуклеотиды, дикарбоновые кислоты (сукцинат, малат), аскорбиновая кислота, альфа-токоферол, бета-каротин, ферменты супероксиддисмутаза, каталаза и др.)
- Наиболее изучены и представляют практический интерес для человека – бета-каротин, метаболиты трикарбонового цикла (сукцинат натрия и малат натрия), продукты из черноморских мидий, продукты пчеловодства (особенно маточное молочко), некоторые лекарственные травы и плоды (лапчатка, тысячелистник, рябина, арония, шиповник и др.)

# Антиоксиданты обезвреживают свободные ра



# Механизм протекции

- Точно не известен
- Одна из теорий – конкуренция примеси за свободный радикал с другими молекулами
- Другая – быстрое восстановление произошедших разрушений

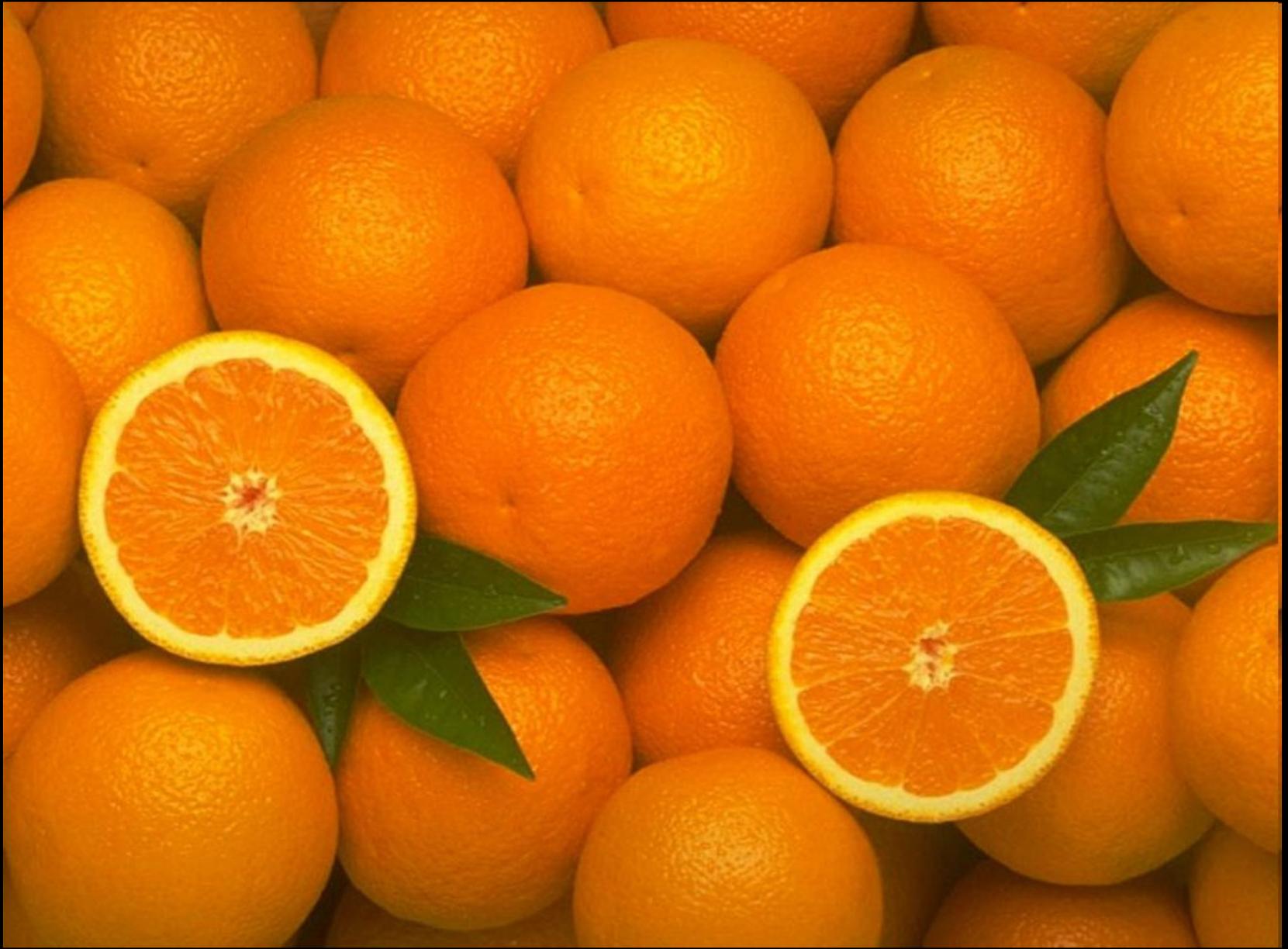




















# ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ

# Защита от излучения

- Уменьшение силы исходного излучения
- Сокращением времени контакта
- Увеличением расстояния
- Коллективными и индивидуальными средствами защиты (экранирование)

# Защитные перчатки и фартук



# Перчатки начала века



# Резина со свинцом

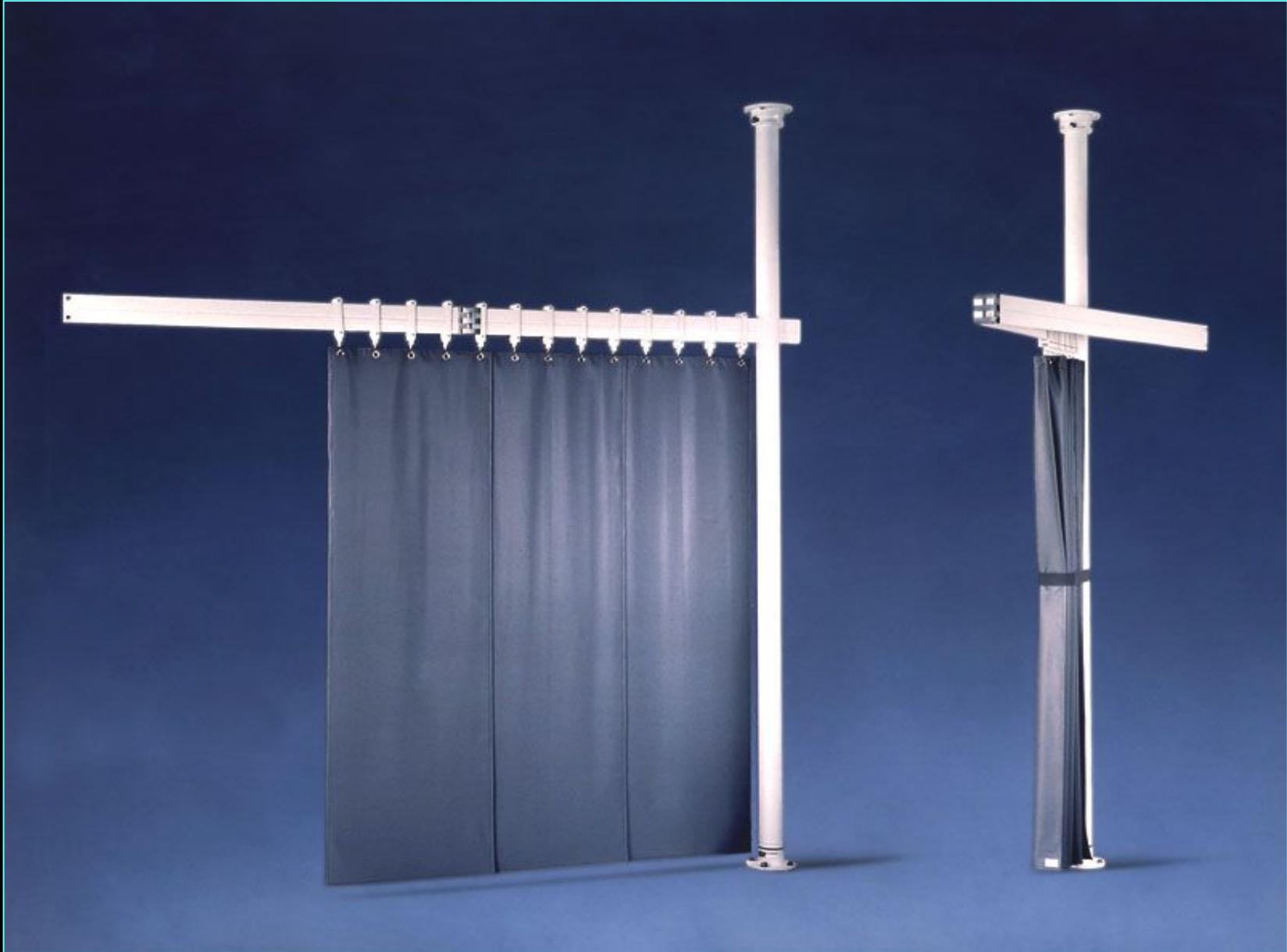


# Индивидуальные защитные средства



# Мобильные ширмы





Это не часы, это  
дозиметры!



# Тоже дозиметры



- Эти удивительные и тоже похожие на часы приборы – на самом деле не просто дозиметры, а точнейшие аппараты, способные регистрировать и измерять 4 вида излучения + его энергетический спектр