



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛЕВЕН
ФАКУЛТЕТ „ИМЕ НА ФАКУЛТЕТА“

ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ

Пакет лекции №23-30

**МЕТОДИ НА ОБРАЗНАТА
ДИАГНОСТИКА**

Доц. Десислава Костова-Лефтерова

*Benedetta Bonichi "To see in the dark"
2002*



По лекции на проф. Женья Василева

Методи за образна диагностика

① Рентгенова диагностика



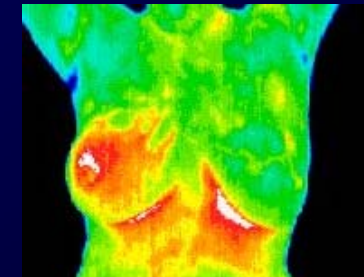
② Радионуклидна диагностика



③ Ултразвукова диагностика (ехография)



④ Термография (термовизия)

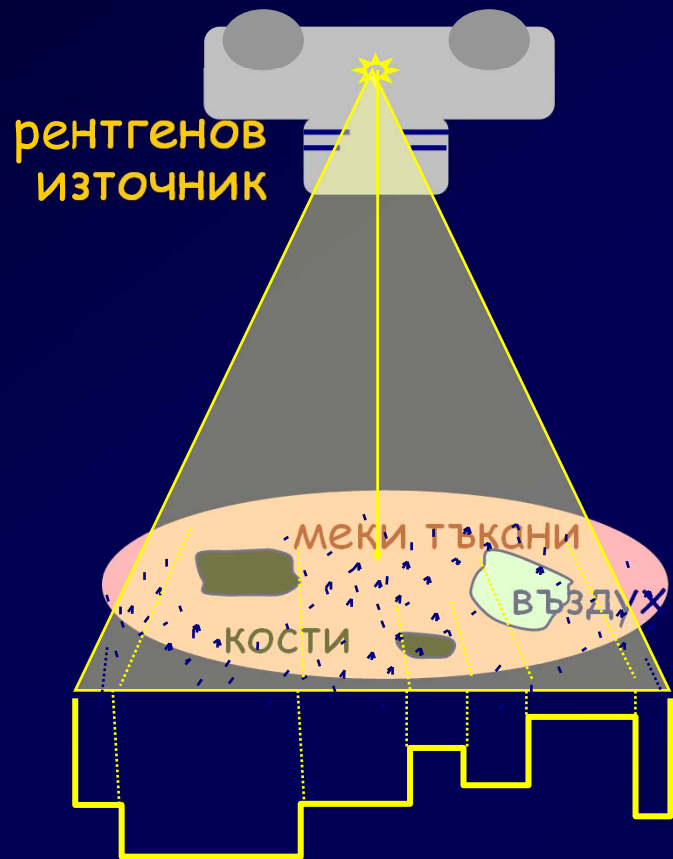


⑤ Магнитно-резонансна образна диагностика



Рентгенова диагностика

Основа на метода – зависимостта на общия коефициент на отслабване на рентгеновите лъчи от вида на биологичните тъкани

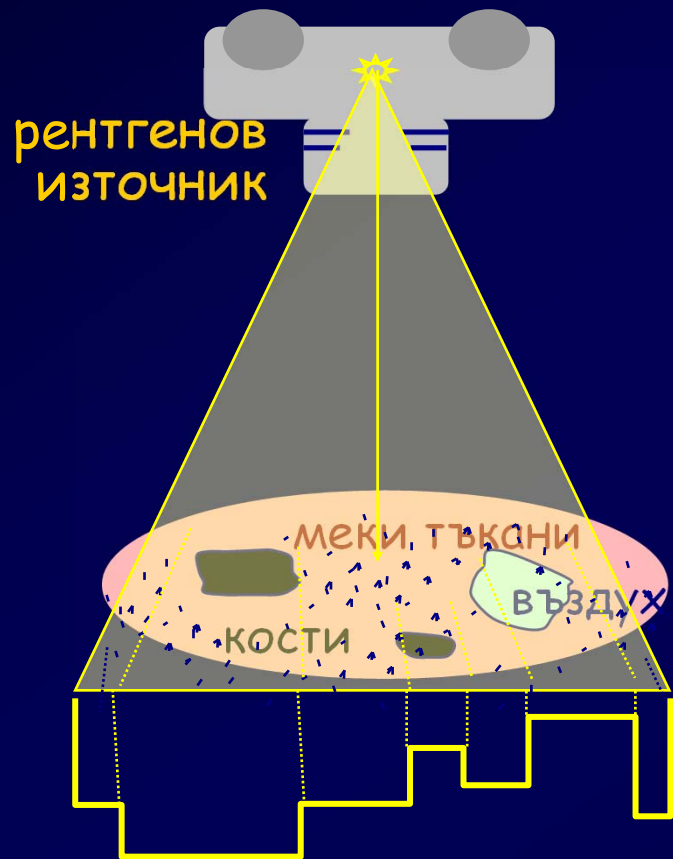


*Рентгеново лъчение
с енергия 20-140 keV*

*Фотоелектрично поглъщане
Комптънов ефект*

Рентгенова диагностика

Основа на метода – зависимостта на общия коефициент на отслабване на рентгеновите лъчи от вида на биологичните тъкани



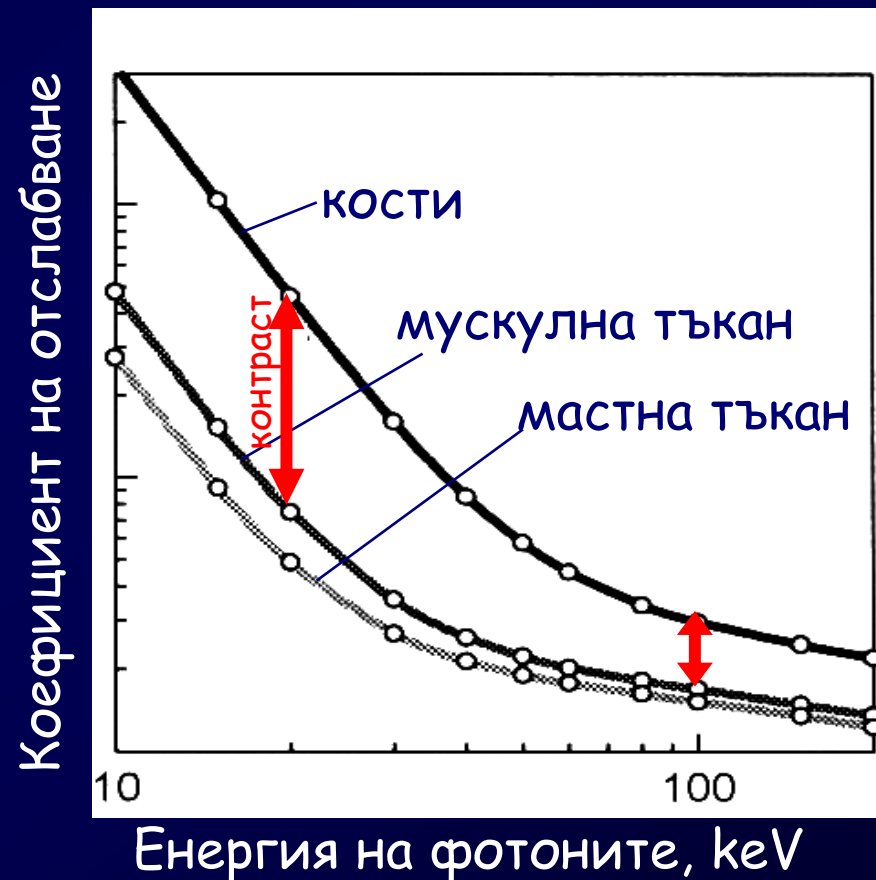
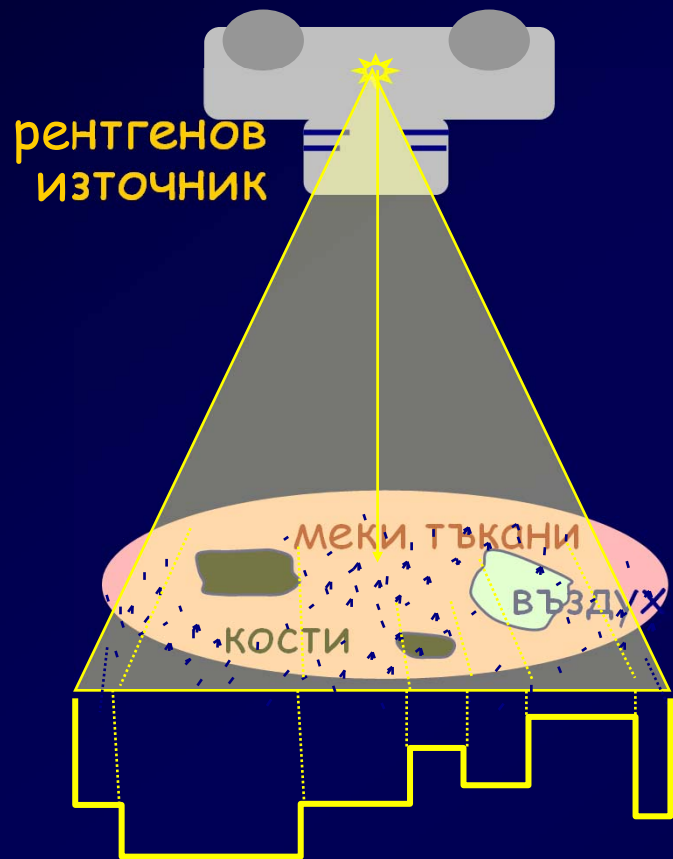
$$\psi(x, y) = \psi_0 \exp\left[-\int_z \mu(x, y, z) dz\right]$$

μ – общ линейен коефициент на отслабване на рентгеновото лъчение

ψ – мощност на енергийния пренос (интензитет)

Рентгенова диагностика

Основа на метода – зависимостта на общия коефициент на отслабване на рентгеновите лъчи от вида на биологичните тъкани



Рентгенова диагностика

Класически (конвенционални) методи
диагностичният образ е двумерна проекция на
пролъчените тримерни структури



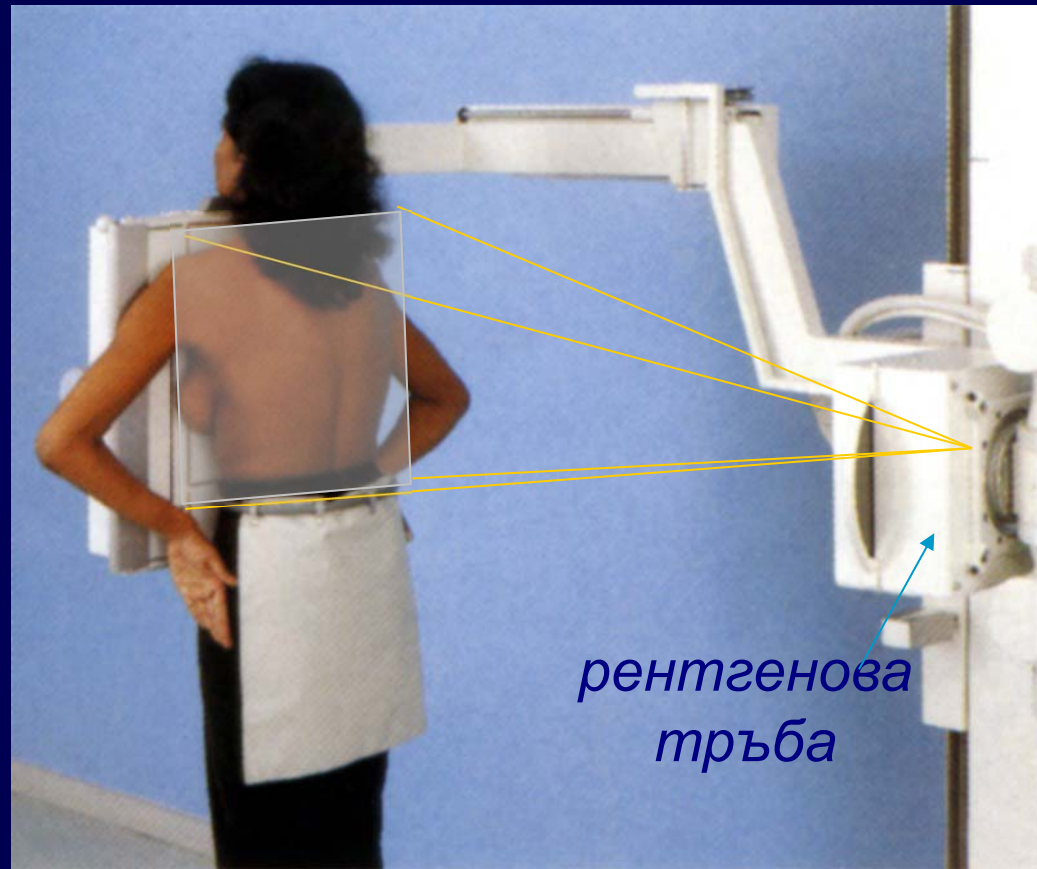
Рентгенова диагностика

① рентгенова графия

рентгенов филм

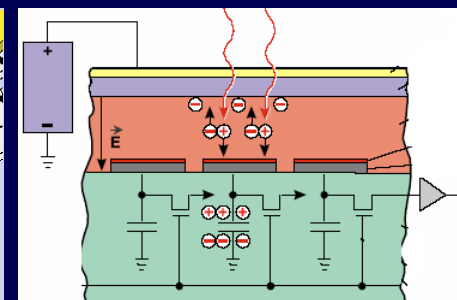
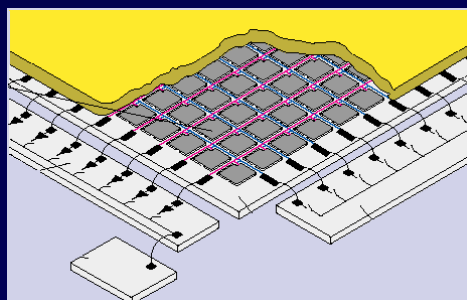


филм-фолийна
комбинация



Рентгенова диагностика

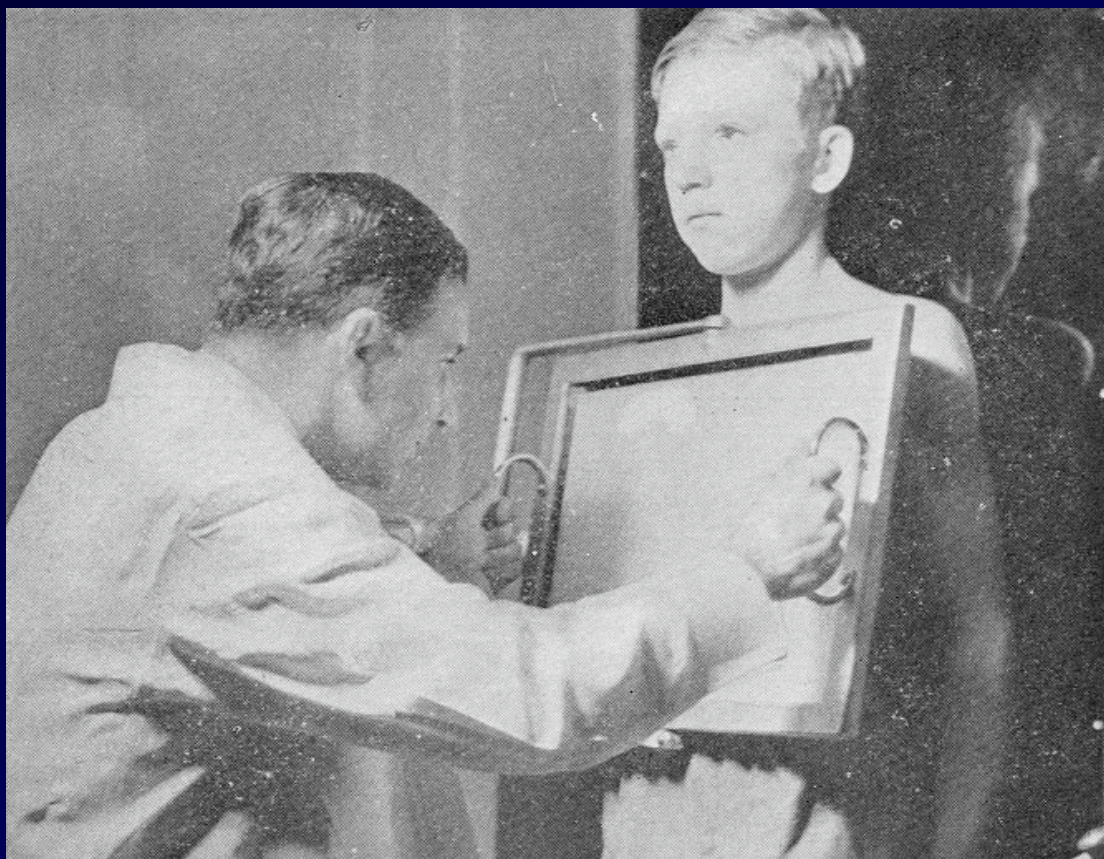
① рентгенова графия дигитални детектори



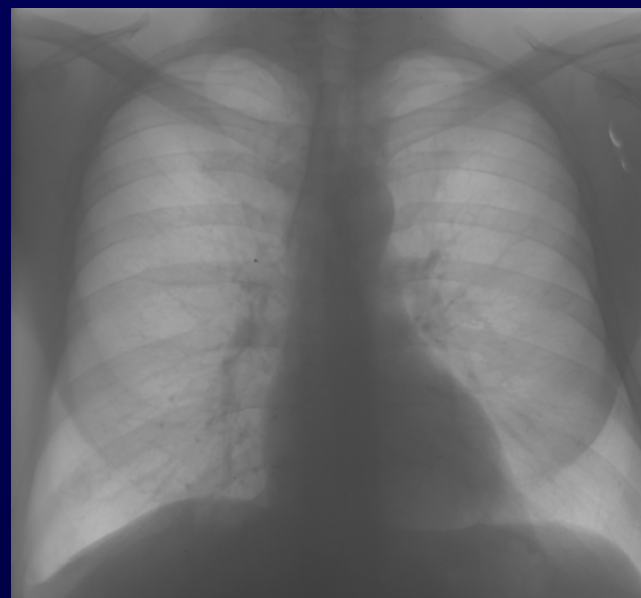
Рентгенова диагностика

② рентгенова скопия

флуоресциращ екран



Rentgen - $\text{Ba}[\text{Pt}(\text{CN})_6]_2$
1933 г. - $\text{ZnCdS}:\text{Cu}$ или
 $\text{ZnCdS}:\text{Ag}$



НИСКА ЧУВСТВИТЕЛНОСТ ⇒ НИСКА ЯРКОСТ ⇒ ГЛЕДАНЕ НА ТЪМНО

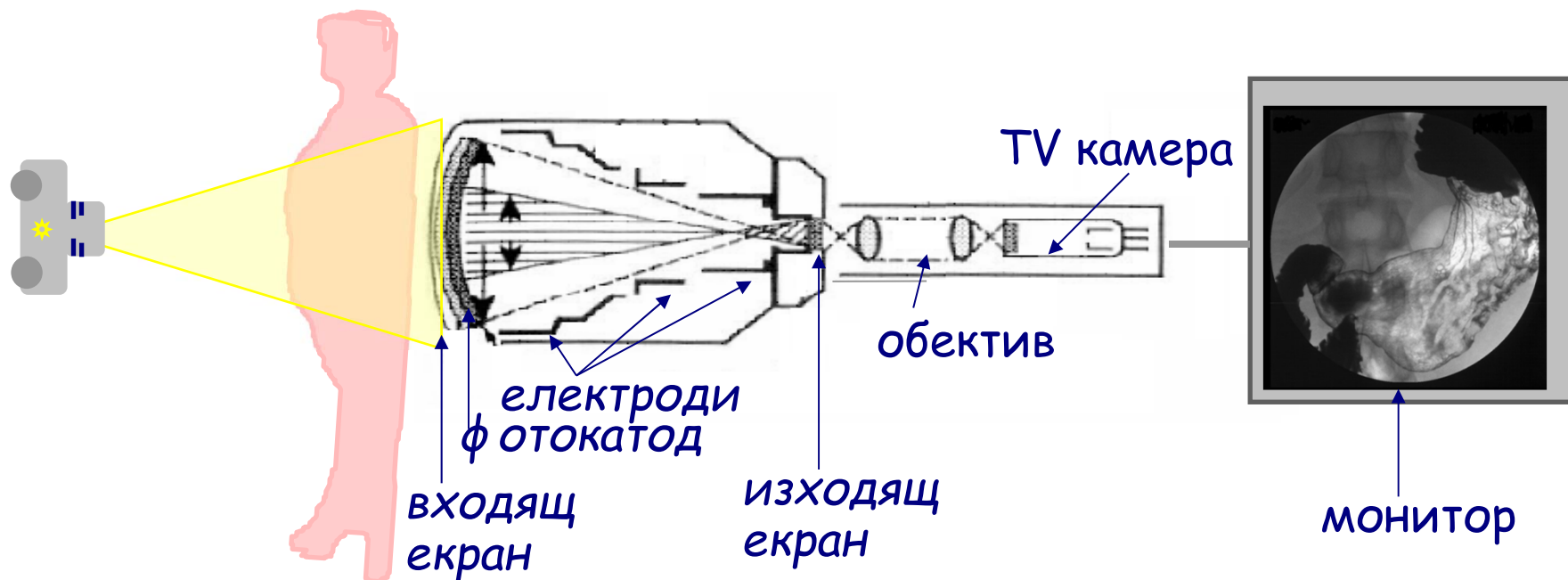
Рентгенова диагностика

② рентгенова скопия

рентгенов електронно-оптичен преобразувател

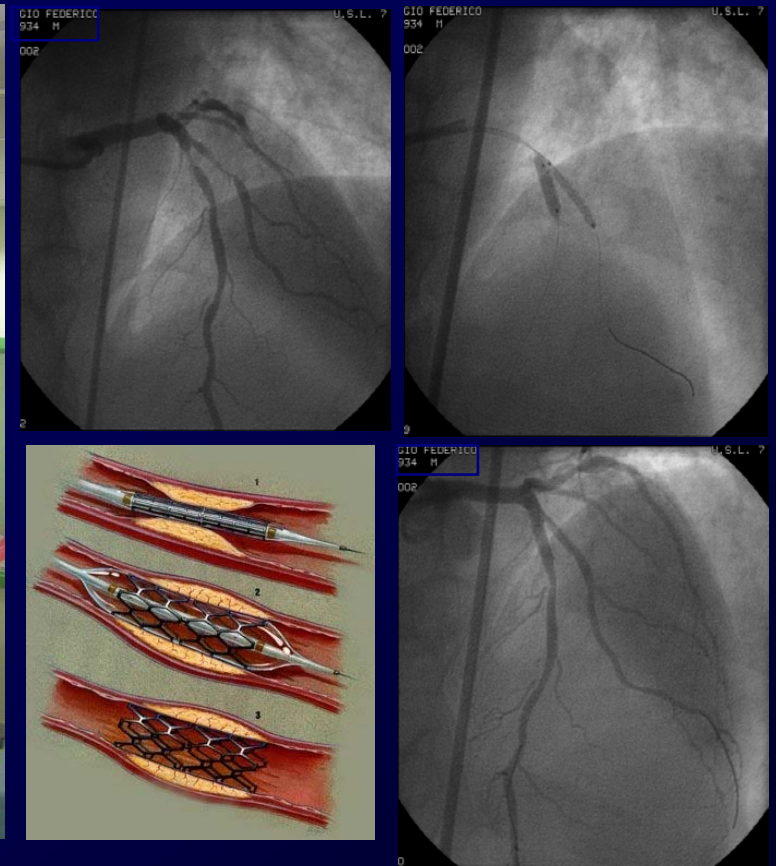


изобретен в началото на 50-те години
хиляди пъти по-ярък образ
намалено лъчево натоварване



Рентгенова диагностика

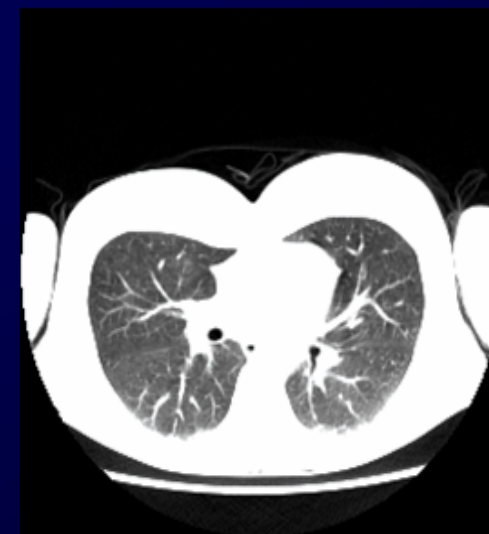
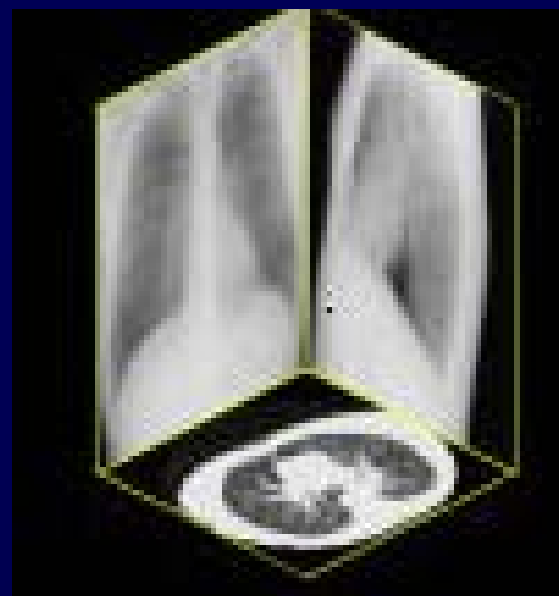
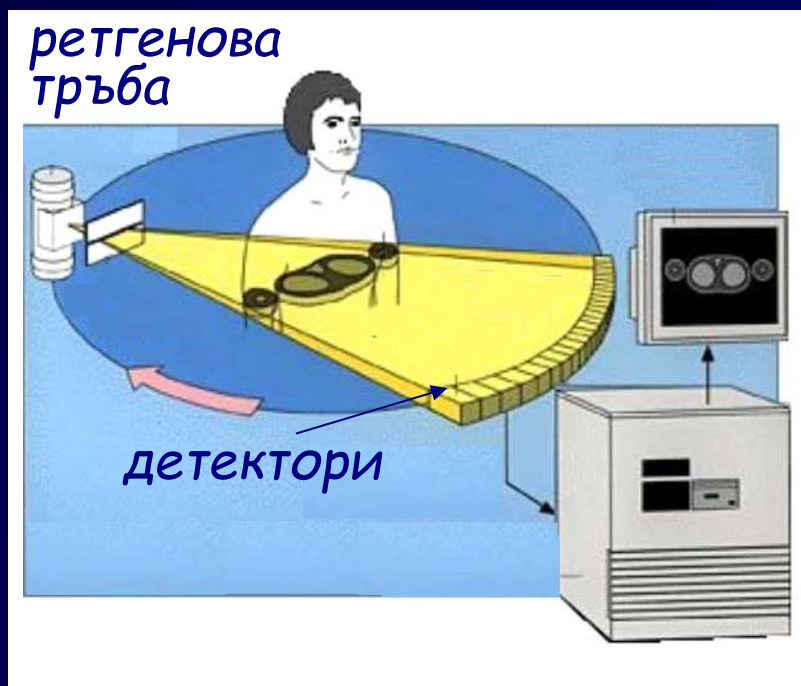
② рентгенова скопия
дигитални (плоски панелни) детектори



Рентгенова диагностика

③ компютърна томография (СТ)

метод за получаване на двумерен образ на тънък слой от тъкани, лежащи между две успоредни близкоразположени равнини в тялото



Рентгенова диагностика

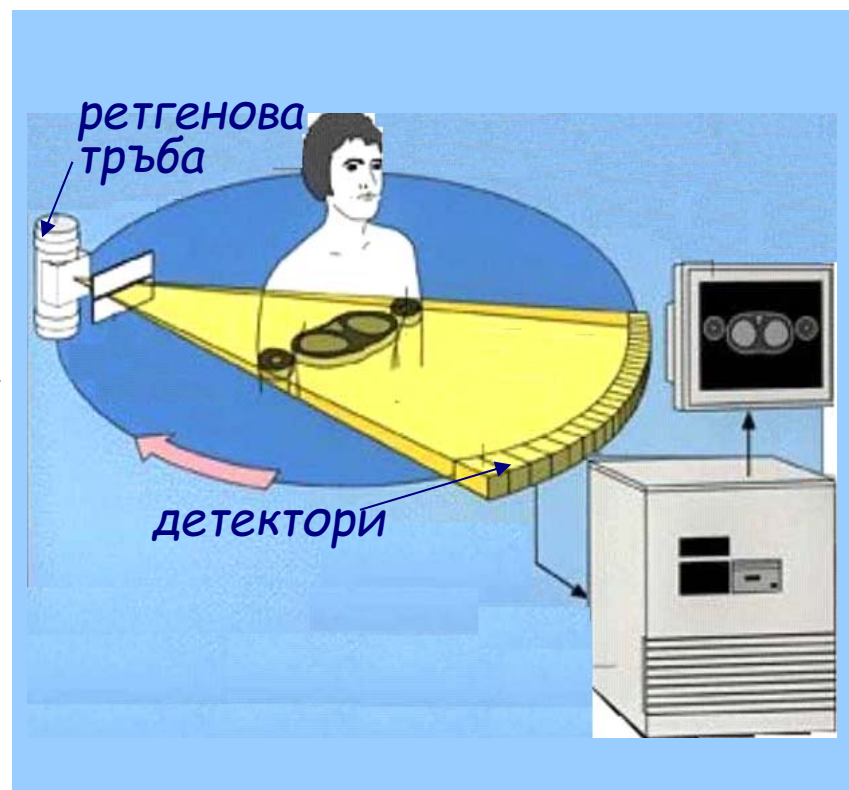
③ компютърна томография (СТ)

Фази на формиране на образа:

- ① скениране
- ② реконструиране
- ③ визуализиране

① скениране -

- ✓ тесен колимиран сноп рентгенови лъчи преминава под различни ъгли през тънък напречен слой тъкани между две напречни равнини
- ✓ сигналите от преминалото лъчение се измерват с голям брой детектори
- ✓ сигналите от всички едномерни проекции (линейни интеграли) постъпват в паметта на компютър, който управлява диагностичен процес.



Рентгенова диагностика

③ компютърна томография (СТ)

Фази на формиране на образа: ① скениране
② реконструиране
③ визуализиране

② реконструиране

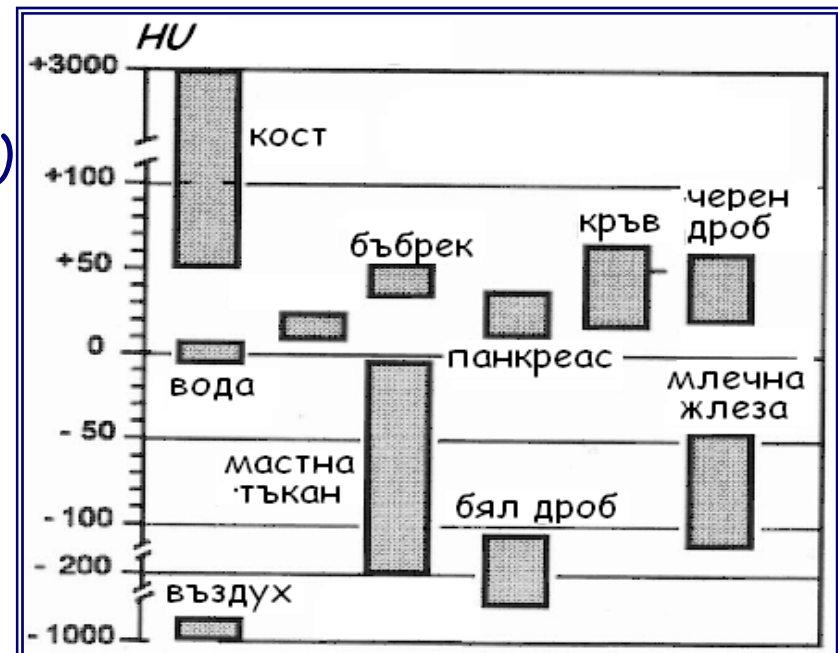
✓ коефициентът на отслабване в определена точка от среза $\mu(x,y)$:

$$\hat{\mu}(x,y) = \sum_{j=1}^m p(r_j, \varphi_j) \Delta\varphi$$

$p(r,\varphi)$ линеен интеграл по лъча (r,φ)
преминал през точка (x,y)

✓ $\mu(x,y)$ на всеки елемент (x,y) от матрицата (пиксел) -
чрез Хаунсфийлдови единици:

$$HU = 1000 \frac{\mu_x - \mu_{\text{вода}}}{\mu_{\text{вода}}}$$

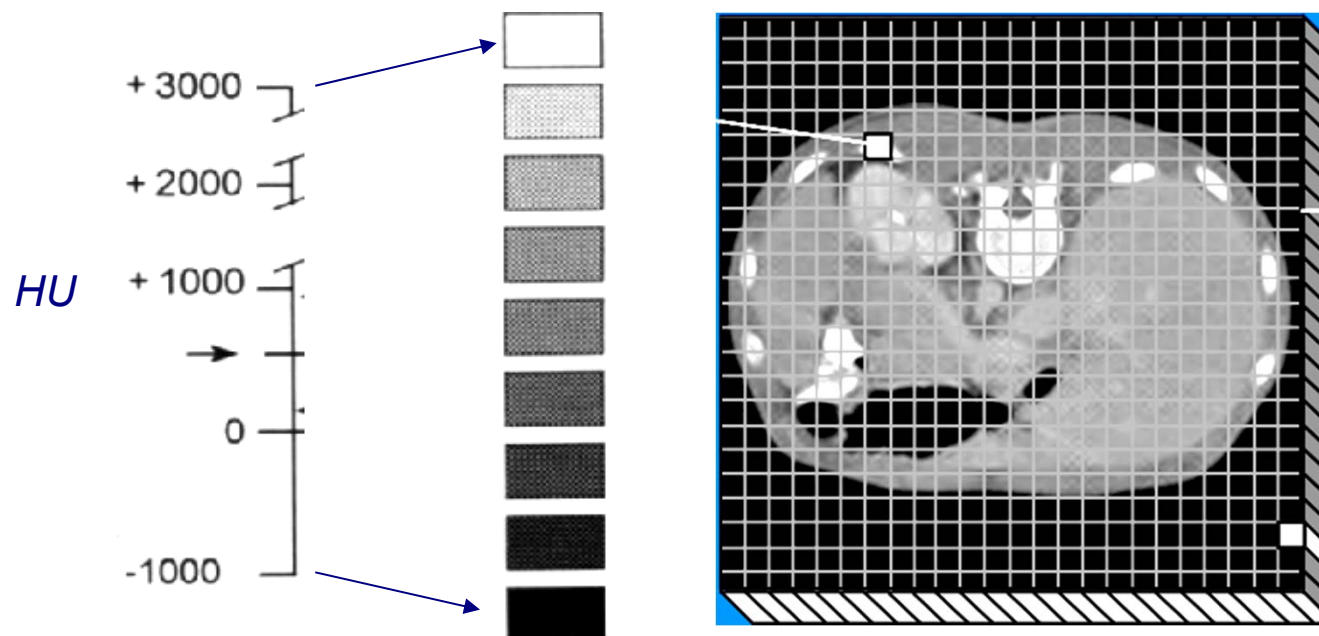


Рентгенова диагностика

③ компютърна томография (СТ)

Фази на формиране на образа: ① скениране
② реконструиране
③ визуализиране

③ **визуализиране** - на всяка HU \Rightarrow определена яркост:
 $2^{12} = 4096$ или 2^{16} степени на сивота.

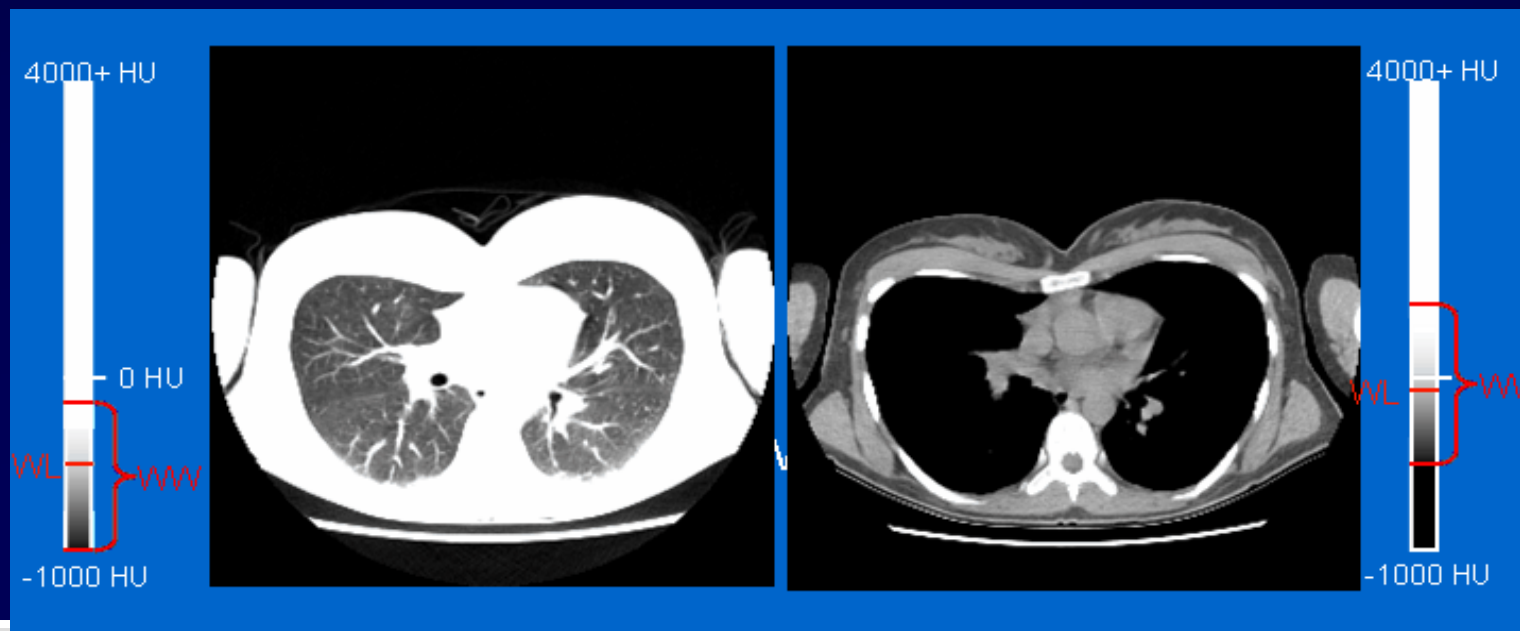


Рентгенова диагностика

③ компютърна томография (СТ)

Предимство на СТ: разграничаване на разлики в рентгеновата плътност на тъканите до 0,25 - 0,5 % (2 % при конвенционалната графия)

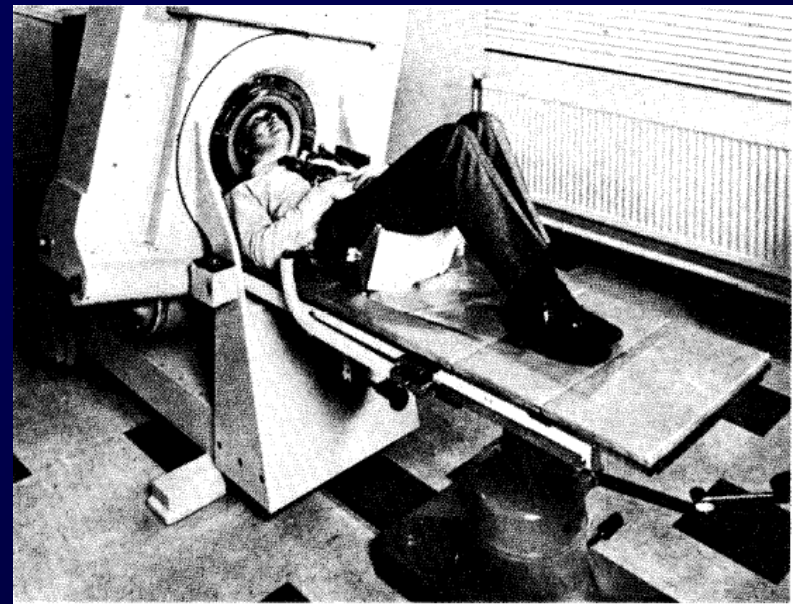
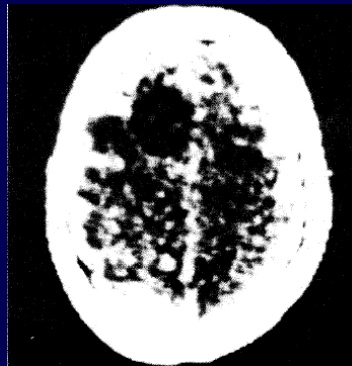
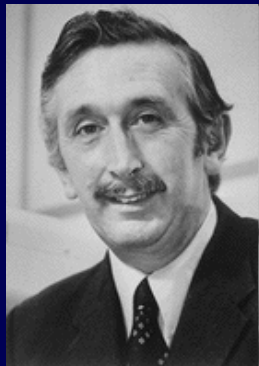
- ✓ визуализиране на сигналите от тънък слой тъкани;
- ✓ допълнително компютърно увеличение на контраста чрез "прозоречна техника"



Рентгенова диагностика

③ компютърна томография (СТ)

- 1917 - Радон: уравнения за получаване на двумерен или тримерен обект от неговите едномерни проекции
- 1956 - Мак Кормак: математична теория за реконструкция на образа
- 1973 - Хаунсфийлд създава първия рентгенов СТ-скенер за изследване на главния мозък

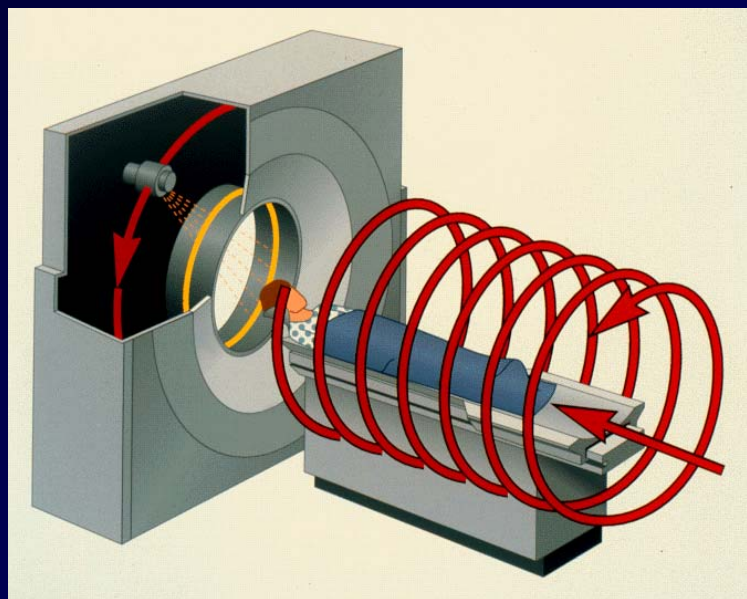


- 1979 - Нобелова награда по физиология или медицина
Мак Кормак и Хаунсфийлд

Рентгенова диагностика

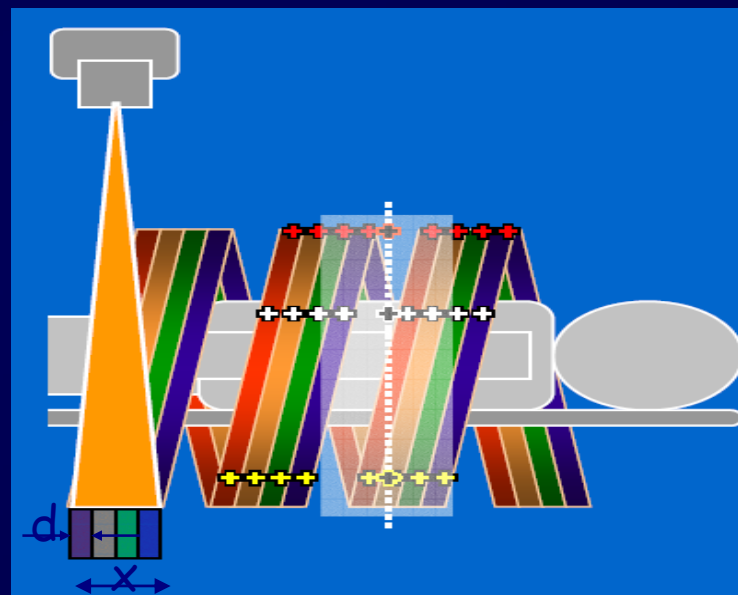
③ компютърна томография (СТ)

Спирален СТ



Намалява времето
за скениране

Многосрезови СТ



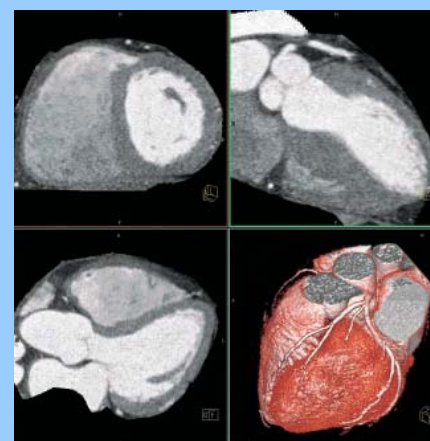
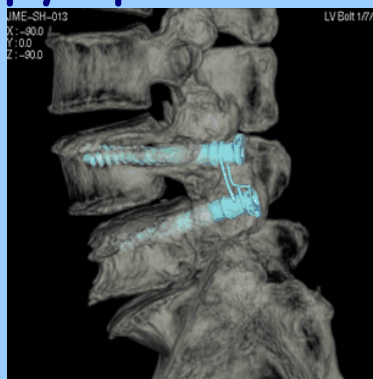
Изследване на бързи
динамични процеси

Рентгенова диагностика

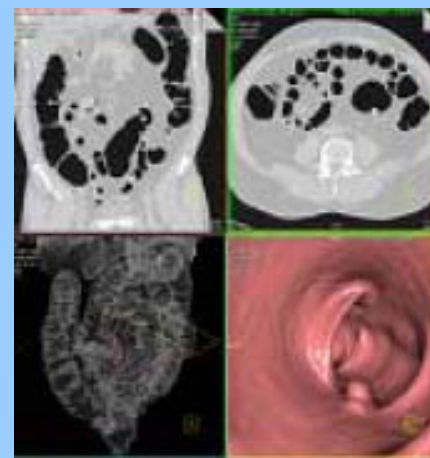
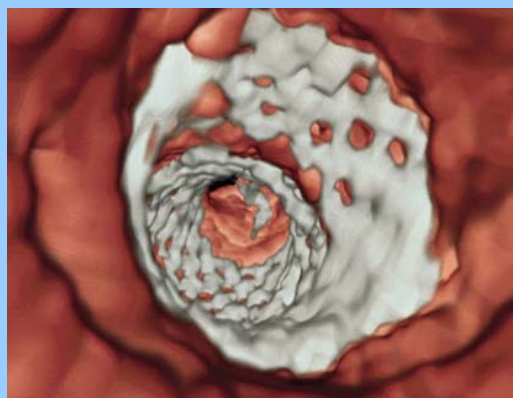
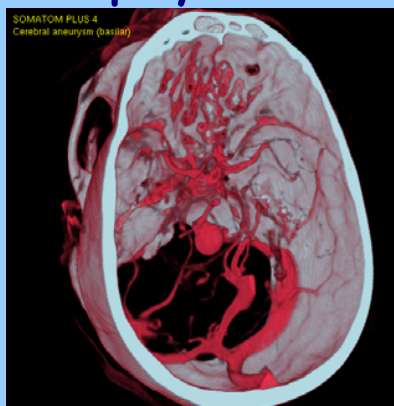
③ компютърна томография (СТ)

Нови възможности

Тримерно реконструиране



Виртуална ендоскопия



Рентгенова диагностика

③ компютърна томография (СТ)

Недостатък на СТ: относително голямото лъчево натоварване на пациента:

Ефективна доза:

Изследвана област	Компютърна томография	Рентгенография
глава	2,3 mSv	0,07 mSv
таз	13,3 mSv	0,8 mSv

**Строго обосноваване на всяко СТ изследване!
Оптимизиране на изследванията!**

Методи за образна диагностика

① Рентгенова диагностика



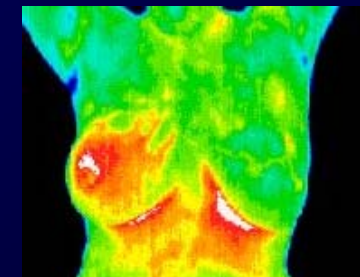
② Радионуклидна диагностика



③ Ултразвукова диагностика (ехография)



④ Термография (термовизия)



⑤ Магнитно-резонансна образна диагностика



Радионуклидна диагностика (нуклеарномедицинска диагностика)

- ◆ Две групи методи: *in vivo* и *in vitro*
- ◆ Диагностичен образ – само при *in vivo*

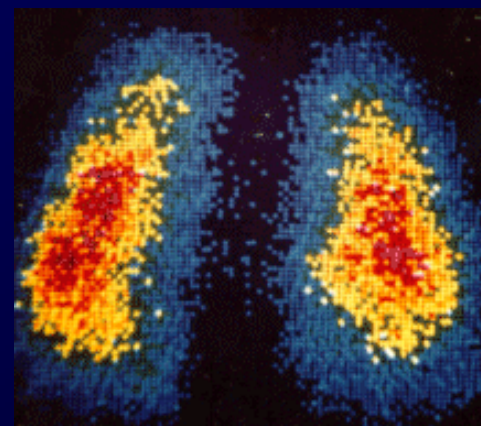
Основа на *in vivo* метода – избирателното натрупване в тъканите, в органите или в патологични изменения в тях на химични съединения, “белязани” с изкуствени радионуклиди (радиофармацевтици)

- Радиофармацевтикът се въвежда в тялото на пациента интравенозно, перорално или инхалационно
- Радиофармацевтиците се избират според изследвания орган или система



Радионуклидна диагностика

- ◆ Образът се получава чрез сигналите от гама-лъчението, излъчено от радионуклида в радиофармацевтика, т.е. радионуклидният образ е емисионен
- ◆ Гама-лъчението се регистрира със сцинтилационни детектиращи системи
- ◆ Разпределението на активността в изследваните органи и системи се представя в равнинен образ, наречен сцинтиграма.



Радионуклидна диагностика

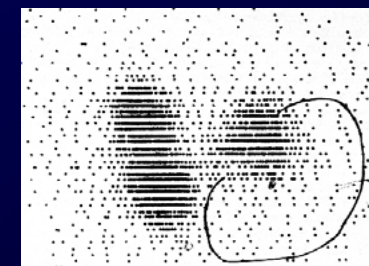
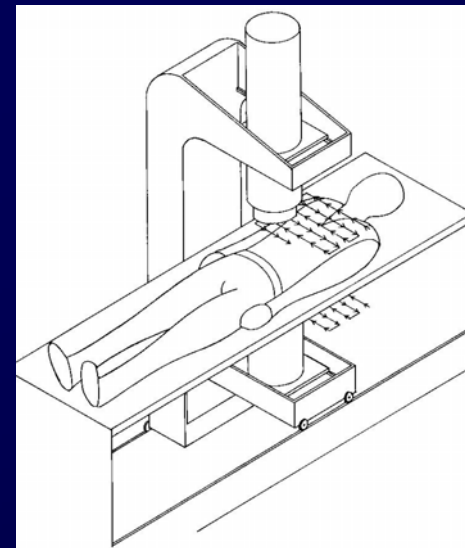
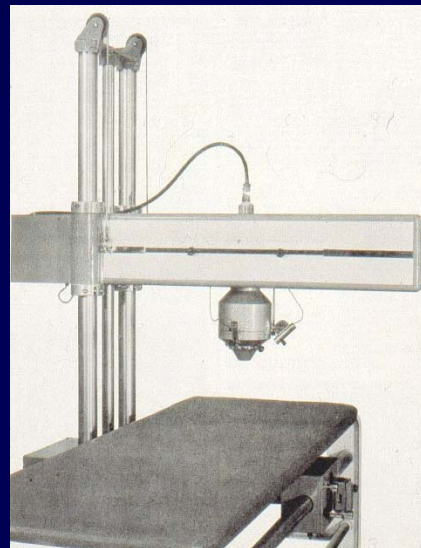
- ◆ Използват се изкуствени радионуклиди – чисти гама-, бета-гама и позитронни излъчватели.
- ◆ За намаляване на облъчването на пациента се използват краткоживеещи радионуклиди
- ◆ ^{99m}Tc – фаворит в съвременната радионуклидна диагностика

Радионуклид	$T_{1/2}$
Технеций-99m (^{99m}Tc)	6,02 h
Йод-123 (^{123}I)	13,27 h
Индий-111 (^{111}In)	2,81 d
Талий-201 (^{201}Tl)	3,04 d
Ксенон-133 (^{133}Xe)	5,24 d
Йод-131 (^{131}I)	8,02 d
Хром-51 (^{51}Cr)	27,7 d
Флуор-18 (^{18}F)	110 min

Радионуклидна диагностика

◆ Линейни скенери (сцинтиграфи)

- Колимиран детектор скенира изследваната област чрез механично движение по планирана траектория в една равнина.
- Визуализиране - чрез отпечатване върху хартия на щрихи, цифри, цветове. Гъстотата на знаците - мярка за степента на натрупване на радиофармацевтика.



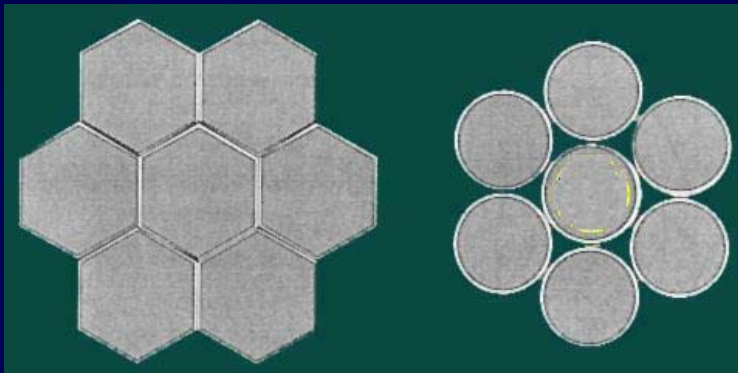
Радионуклидна диагностика

◆ Планарна гама-камера на Ангер (1957 г.)

- Стационарен гама-детектор с голяма чувствителна повърхнина, "гледащ" едновременно цялата изследвана част от тялото

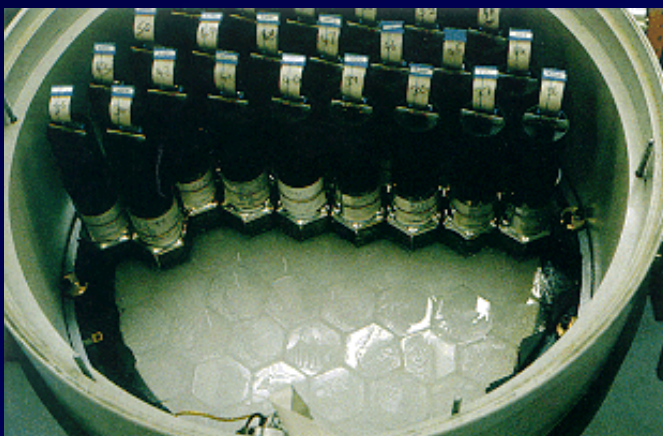


- Детекторът - кристал NaI(Tl) , в контакт със седем ФЕУ



Радионуклидна диагностика

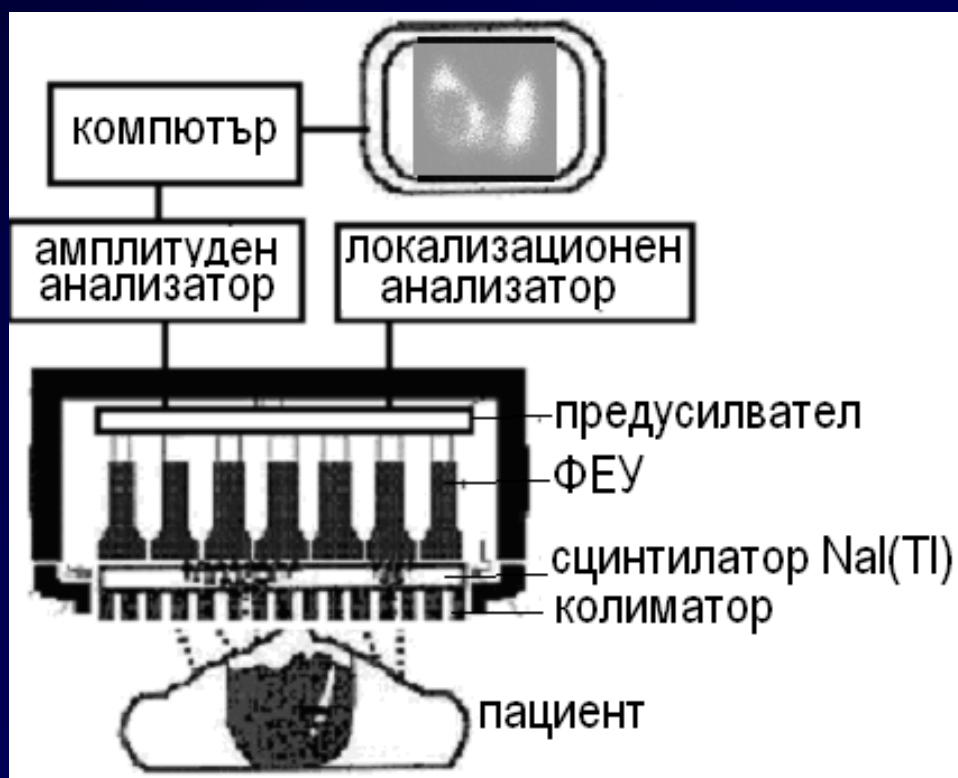
- ◆ Съвременна планарна гама-камера
 - Детектор с кръгла или правоъгълна форма с напречни размери между 28 и 50 cm, куплиран с 37-91 ФЕУ



Радионуклидна диагностика

◆ Съвременна планарна гама-камера

■ Основни компоненти:



■ За всяка сцинтилация се изработват 3 сигнала: X и Y за координатите и Z за амплитудата.

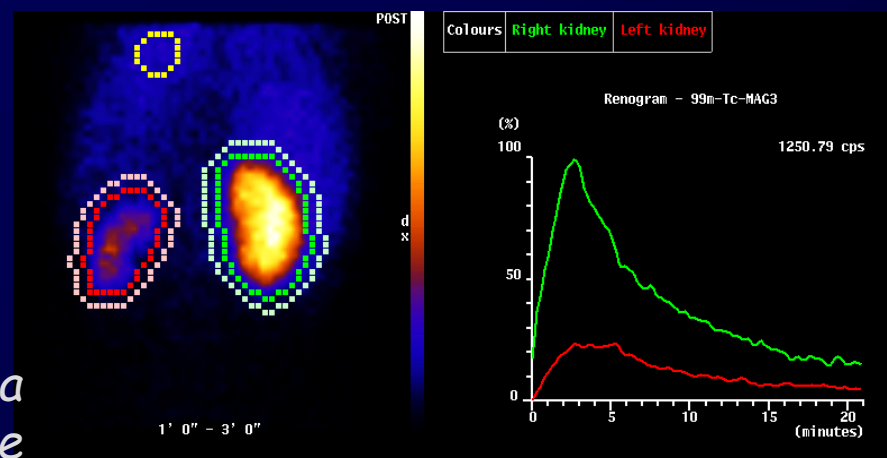
■ Амплитудата на токовите импулси е пропорционална на енергията на погълнатия от сцинтилатора гама-квант.

Радионуклидна диагностика

◆ Съвременна планарна гама-камера

■ Визуализиране:

- ✓ в аналоговите гама-камери - чрез осцилоскоп, картината се заснема с кино-камера или върху филм;
 - ✓ в цифровите гама-камери - чрез компютър върху монитор.
- С помощта на гама-камерата може да се получи информация за изменението с времето на разпределението на активността в изследвания обект, т.е. локализационното изследване да се съчетае с функционалното.



Изследване на
φ ункцията на бъбреците

Радионуклидна диагностика

- ◆ Планарна гама-камера - недостатъци:
 - Двумерен образ на тримерното разпределение на активността в тялото;
 - Препокриване на структурите → загуба на информация за дълбочината на структурите
- ◆ Еднофотонна емисионна компютърна томография **SPECT** (Single-Photon Emission Computed Tomography)
 - Въведена в практиката през 1966 г.
 - Първата комерсиална SPECT гама-камера - през 1978 г
 - Диагностичният образ при SPECT е с увеличен контраст, поради липсата на препокриване на анатомични структури.

Радионуклидна диагностика

◆ SPECT

■ Основни компоненти:

- ✓ детектираща система,
- ✓ гентри
- ✓ компютър с реконструиращ софтуер

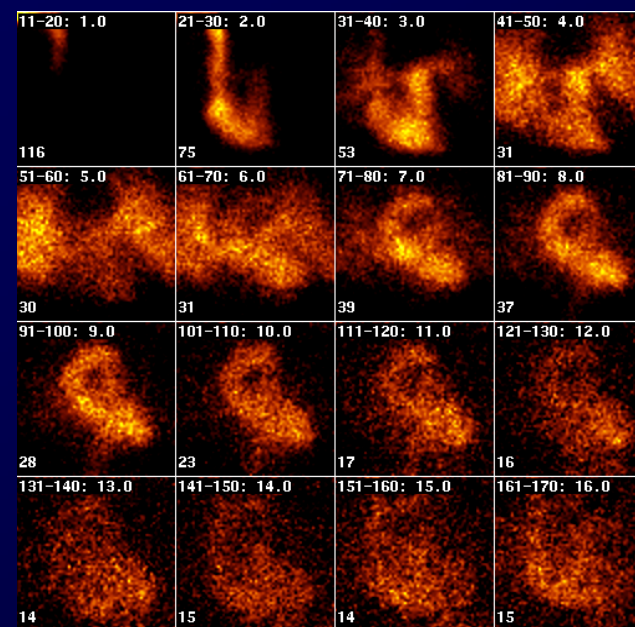


- Детекторната система се върти на 360° или 180° около тялото на пациента, при което прави съответно 128 или 64 измервания
- При една ротация се детектират едновременно сигналите за цялата изследвана област

Радионуклидна диагностика

◆ SPECT

- Образите - чрез реконструкция по математичен алгоритъм, подобен на този при рентгеновия СТ.
- 10 - 20 сцинтиграми в секунда - много информативен метод при изследвания на бързи процеси, например на сърдечната дейност.
- Най-значимото предимство на SPECT пред СТ - едновременното визуализиране на целия орган

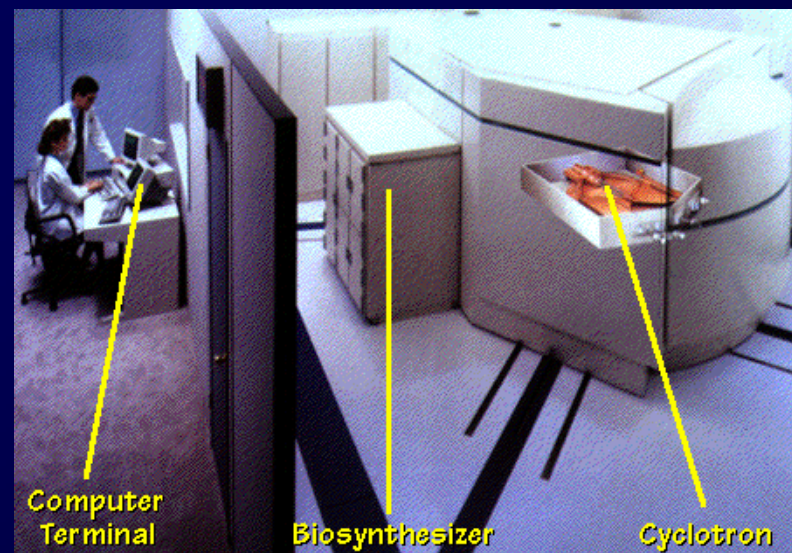


Радионуклидна диагностика

◆ Позитронно-емисионна томография PET (Positron-Emission Tomography)

- Радионуклиди на C, O, N и на F
- Радионуклиди с позитронна β -радиоактивност и малък период на полуразпадане

Радионуклид	Ядрена реакция	$T_{1/2}$
Кислород-15	$^{14}\text{N} (d,n) ^{15}\text{O}$	124 s
Азот-13	$^{12}\text{C} (d,n) ^{13}\text{N}$	10 min
Въглерод-11	$^{10}\text{B} (d,n) ^{11}\text{C}$	20,4 min
Флуор-18	$^{18}\text{O} (p,n) ^{18}\text{F}$	110 min

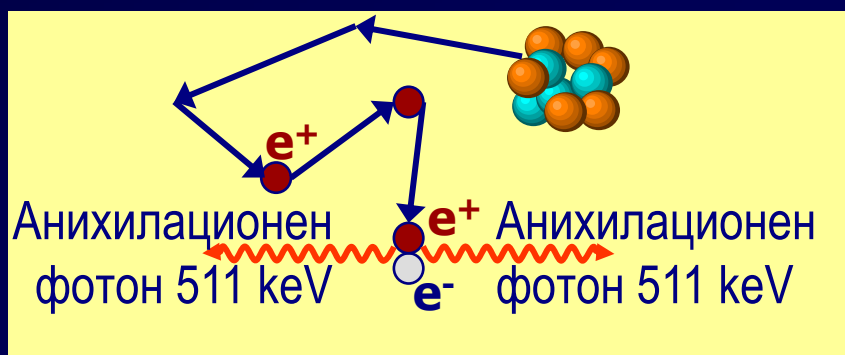


- Произвеждат се на място в циклотрон

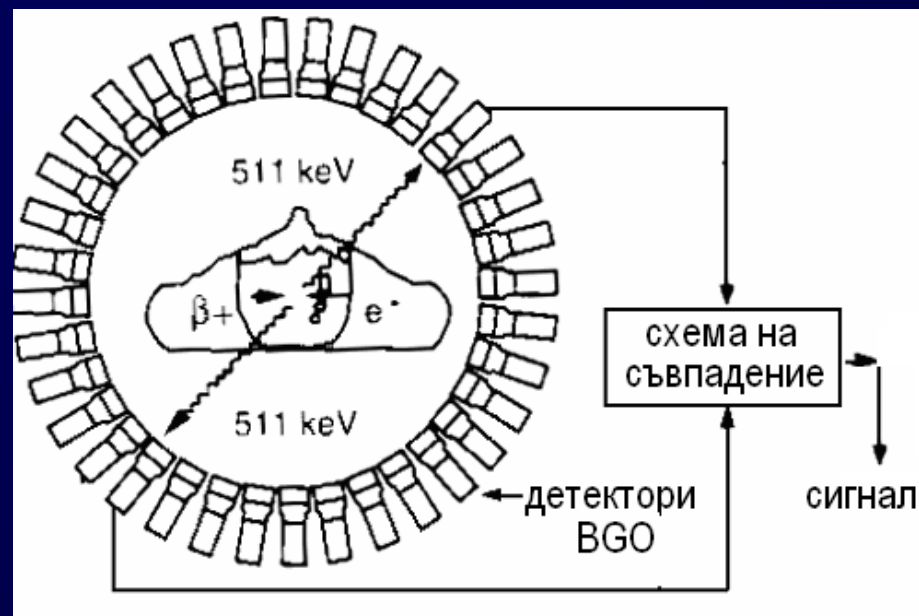
Радионуклидна диагностика

◆ PET

- Позитронът изминава в тъканите разстояние само от няколко милиметра
- Аниhilация с излъчване на два фотона с енергия 511 keV, които се разпространяват в противоположни посоки ($180^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$).



- Детектиране - чрез схема на съвпадение



Радионуклидна диагностика

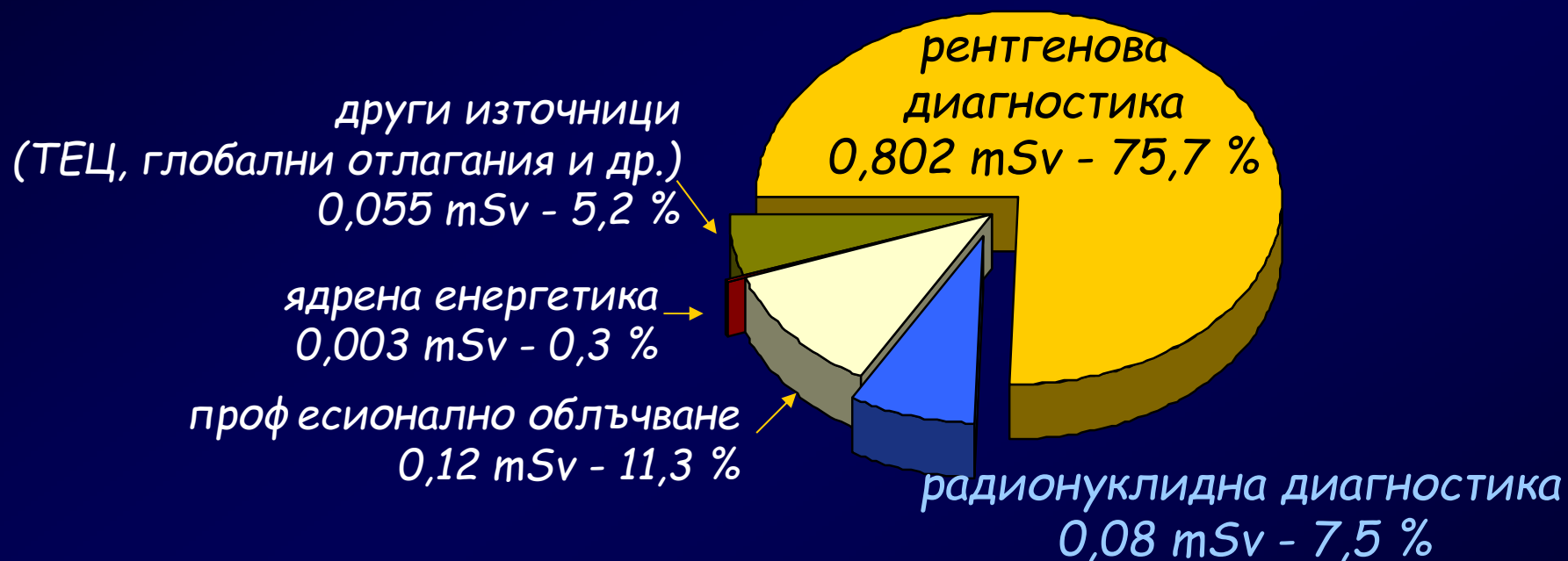
◆ PET

- Прилага се клинично от 60-те години на 20-ти век
- Все още не е достъпен масово - сложно приготвяне и висока цена на радиофармацевтиците
- Разделителна способност
 - ✓ под 2 cm в началото:
 - ✓ по-добра от 5 mm в съвременните уредби
- Големи надежди за ранна диагностика на злокачествените тумори, за скрининг на коронарната болест, за неинвазивно изследване на функцията на мозъка, за диагностика на менталните състояния, шизофренията, епилепсията, болестите на Алцхаймер и Паркинсон, синдрома на Даун, за локализиране на епилептични огнища, и др.

Рентгенова диагностика

Радионуклидна диагностика

Използване на йонизиращи лъчения → риск от увреждания



Намаляването на дозата при осигуряване на нужната диагностична информация е целта на комплекса от дейности за осигуряване на качеството, в който много важна роля играе медицинският физик.