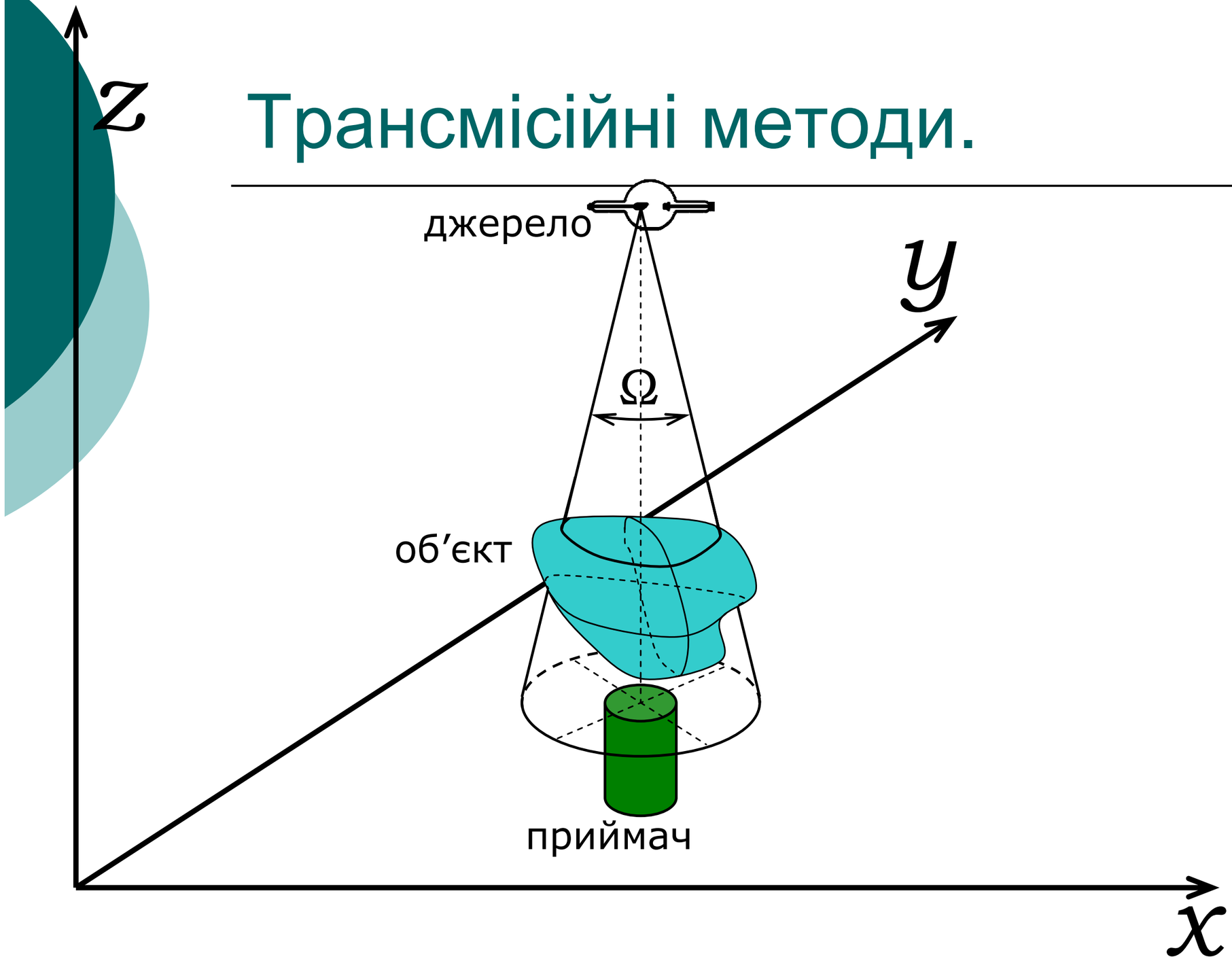
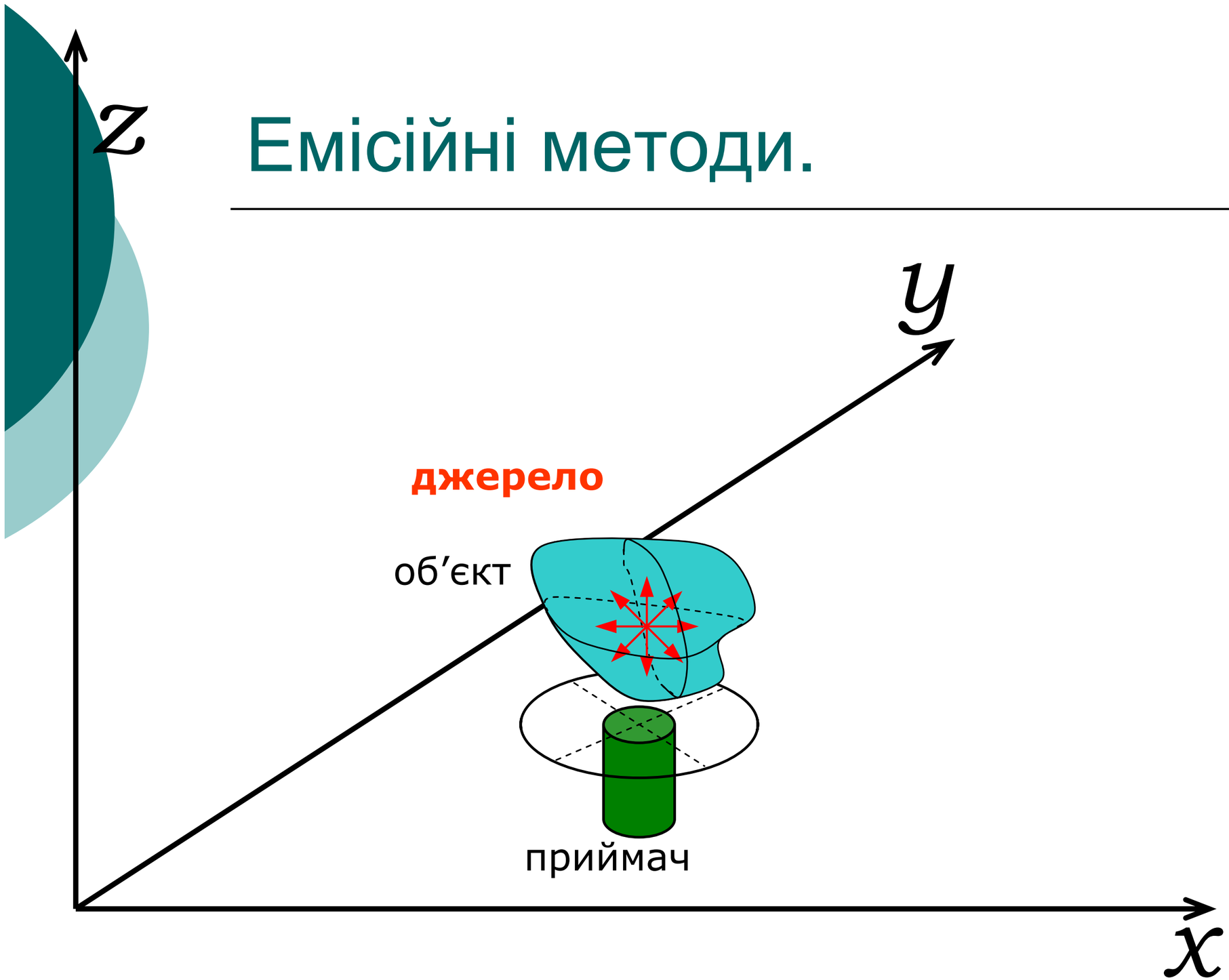
Медична радіофізика

Лекція 8.
Емісійні методи інтроскопії.

Трансмісійні методи.

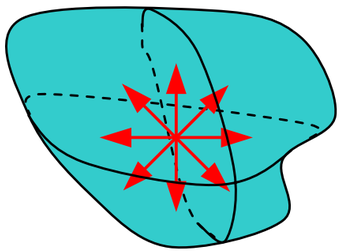


Емісійні методи.



Джерела, які використовують в емісійних методах.

Джерело – радіоактивні речовини



Радіофармпрепарати (РФП) – лікарські засоби, які використовуються для цілей діагностики чи лікування, і як правило, не викликають фізіологічну реакцію у пацієнта.

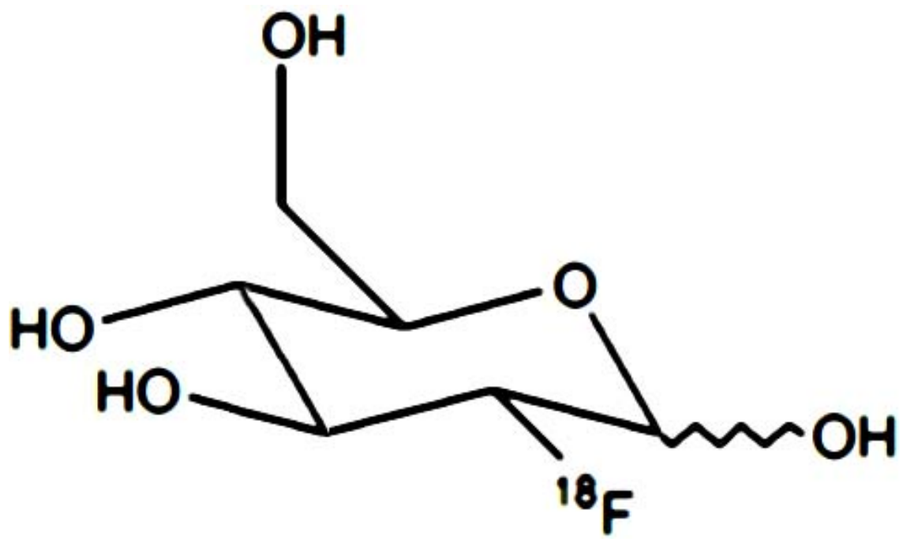
Радіоізотоп **Молекула-носій**

^{18}F-2-fluoro-2-deoxy-D-glucose (^{18}F-FDG)

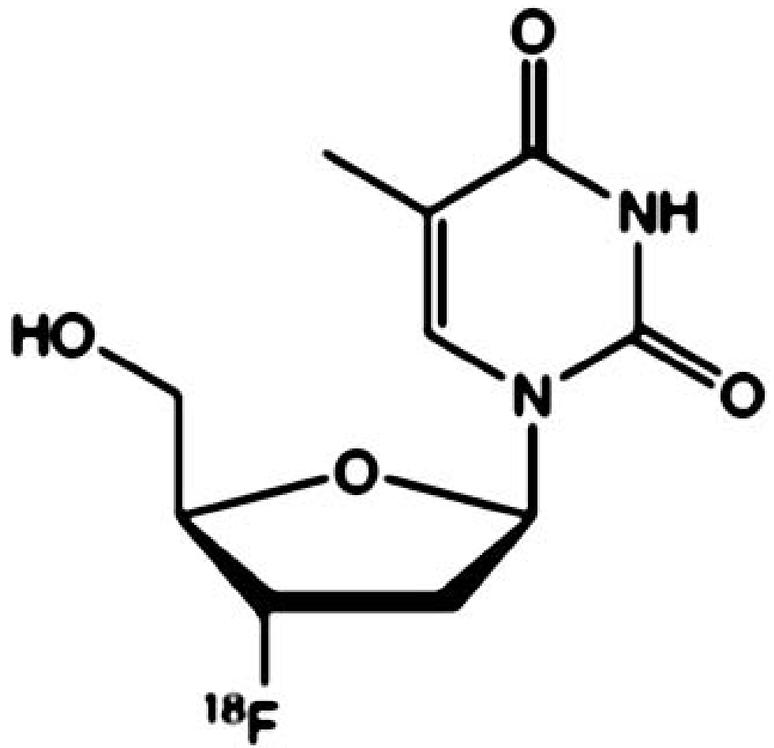
3’-deoxy-3’-[^{18}F]-fluorothymidime (^{18}F-FLT)

Радіофармхімія.

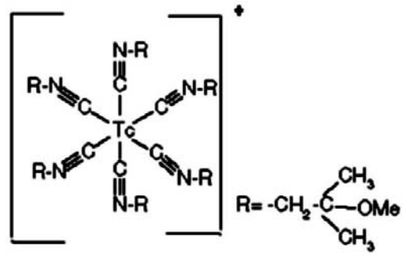
^{18}F-FDG



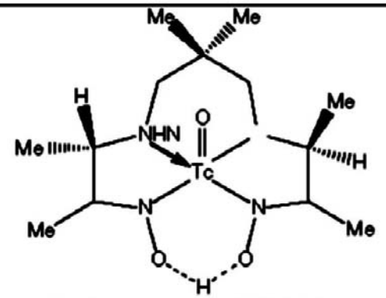
^{18}F-FLT



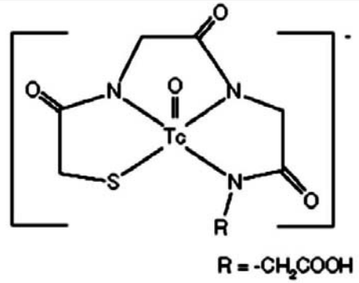
Радіофармхімія.



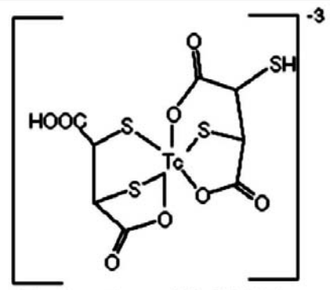
Technetium-MIBI



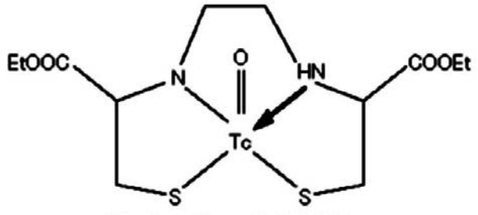
Technetium-d,l-HMPAO



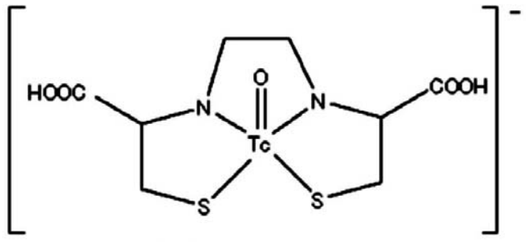
Technetium-MAG$_3$



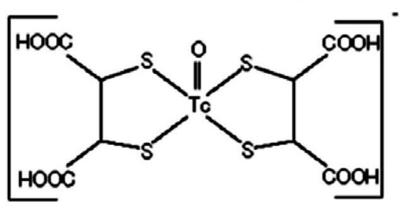
Technetium-(III)-DMSA



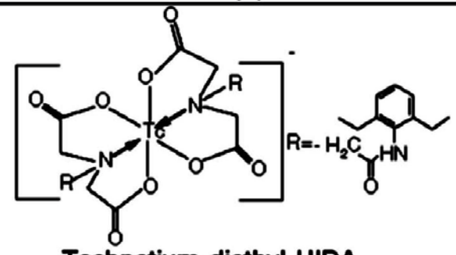
Technetium-L,L-ECD



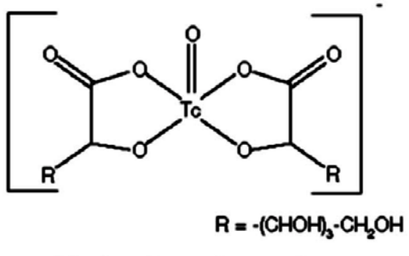
Technetium-L,L-EC



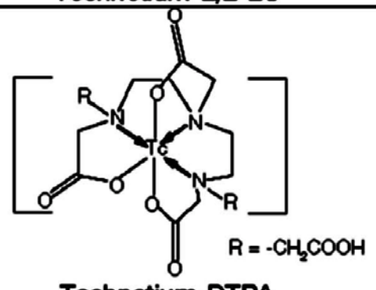
Technetium-(V)-DMSA



Technetium-diethyl-HIDA

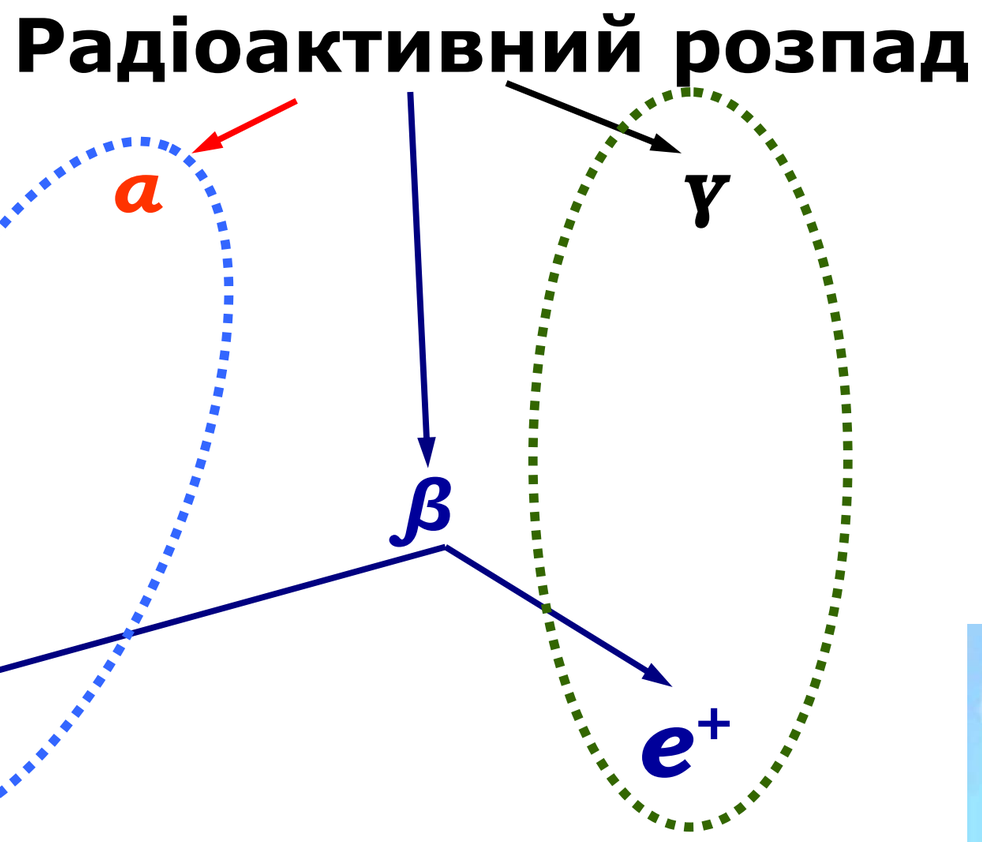


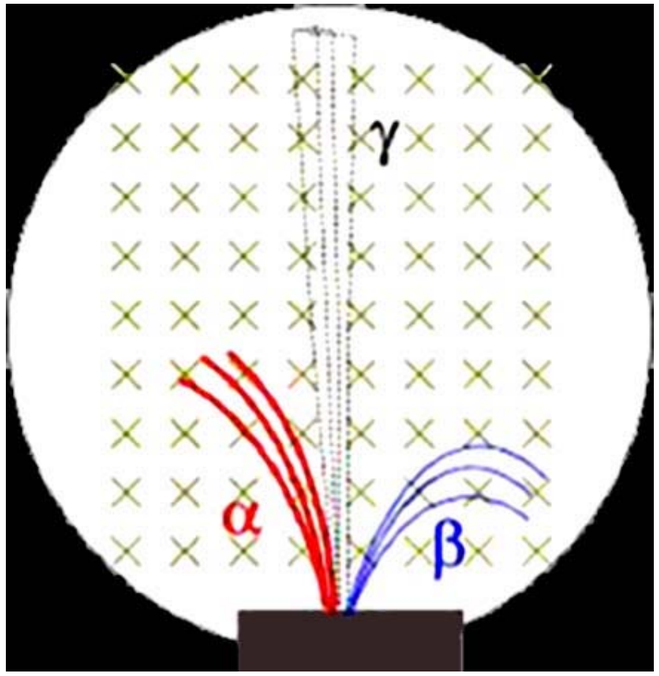
Technetium-gluconate

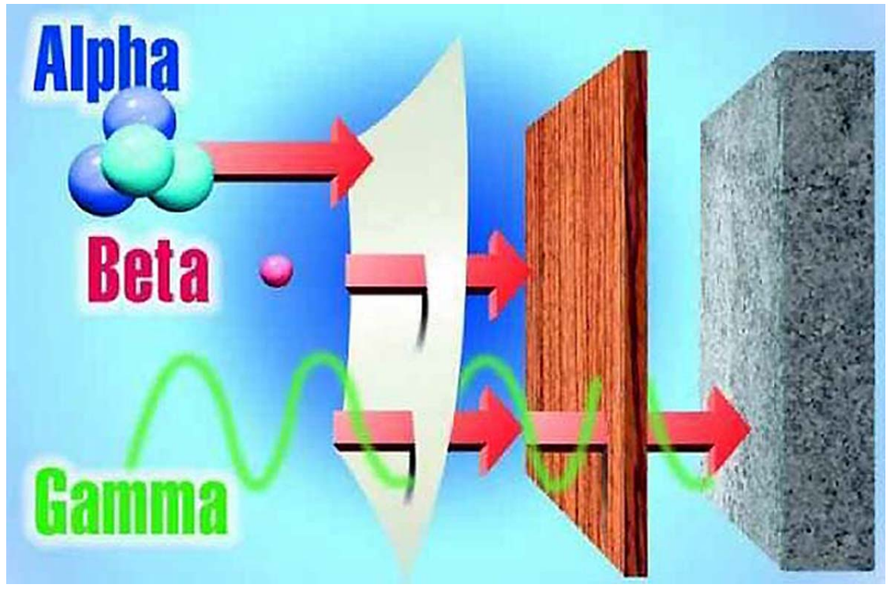


Technetium-DTPA

Радіоізотопи, які використовують в емісійних методах.







Радіоізотопи, які використовують в емісійних методах.

^{18}F, ^{82}Sr, ^{15}O, ^{11}C, ^{77}Br, ^{124}I, ^{86}Y, ^{66}Ga, ^{60}Cu, ^{61}Cu, ^{89}Zr

$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$$

$$T^{1/2} \rightarrow N\left(T^{1/2}\right) = N_0 \exp\left(-\lambda T^{1/2}\right) = \frac{N_0}{2}$$

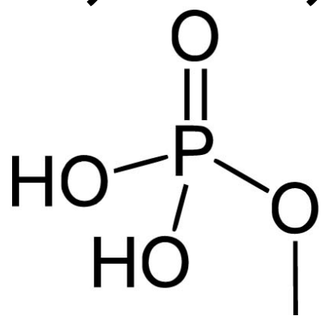
$$T^{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$$

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

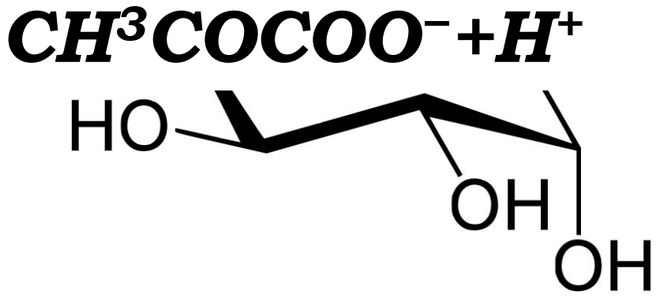
Характеристики радіоізотопів, які використовують в емісійних методах.

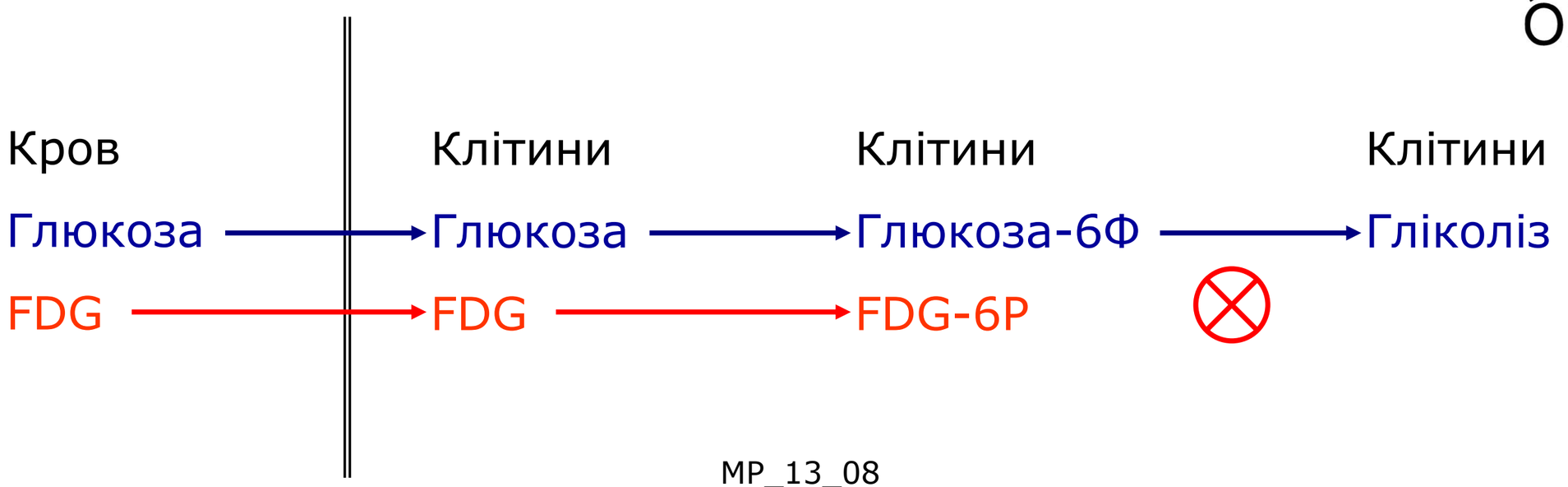
^{18}F, ^{82}Sr, ^{15}O, ^{11}C, ^{77}Br, ^{124}I, ^{86}Y, ^{66}Ga, ^{60}Cu, ^{61}Cu, ^{89}Zr

^{11}C	$T^{1/2}$ = 12200с = 20,3 хв.
^{13}N	$T^{1/2}$ = 9,96 хв.
^{15}O	$T^{1/2}$ = 2,03 хв.
^{18}F	$T^{1/2}$ = 109,8 хв.



$^{11}C \rightarrow {}^{11}B + e^{+} + \nu$ $\varepsilon = 0{,}96$ МеВ





Характеристики радіоізотопів, які використовують в емісійних методах.

^{18}F, ^{82}Sr, ^{15}O, ^{11}C, ^{77}Br, ^{124}I, ^{86}Y, ^{66}Ga, ^{60}Cu, ^{61}Cu, ^{89}Zr

^{11}C ***$T^{1/2}$ = 12200с = 20,3 хв.***
^{13}N ***$T^{1/2}$ = 9,96 хв.***
^{15}O ***$T^{1/2}$ = 2,03 хв.***
^{18}F ***$T^{1/2}$ = 109,8 хв.***

$^{11}C \rightarrow {}^{11}B + e^{+} + \nu$ ε=0,96 МеВ

$$T_B^{1/2} \rightarrow N\left(T_B^{1/2}\right) = N_0 \exp\left(-\lambda_B T_B^{1/2}\right) = \frac{N_0}{2}$$

$$\frac{1}{T_\Sigma^{1/2}} = \frac{1}{T_B^{1/2}} + \frac{1}{T^{1/2}} \qquad T_\Sigma^{1/2} = \frac{T_B^{1/2} \cdot T^{1/2}}{T_B^{1/2} + T^{1/2}}$$

Радіоізотопи, які використовують в емісійних методах.

^{18}F, ^{82}Sr, ^{15}O, ^{11}C, ^{77}Br, ^{124}I, ^{86}Y, ^{66}Ga, ^{60}Cu, ^{61}Cu, ^{89}Zr

$$T_{\Sigma}^{1/2} = \frac{T_{B}^{1/2} \cdot T^{1/2}}{T_{B}^{1/2} + T^{1/2}}$$

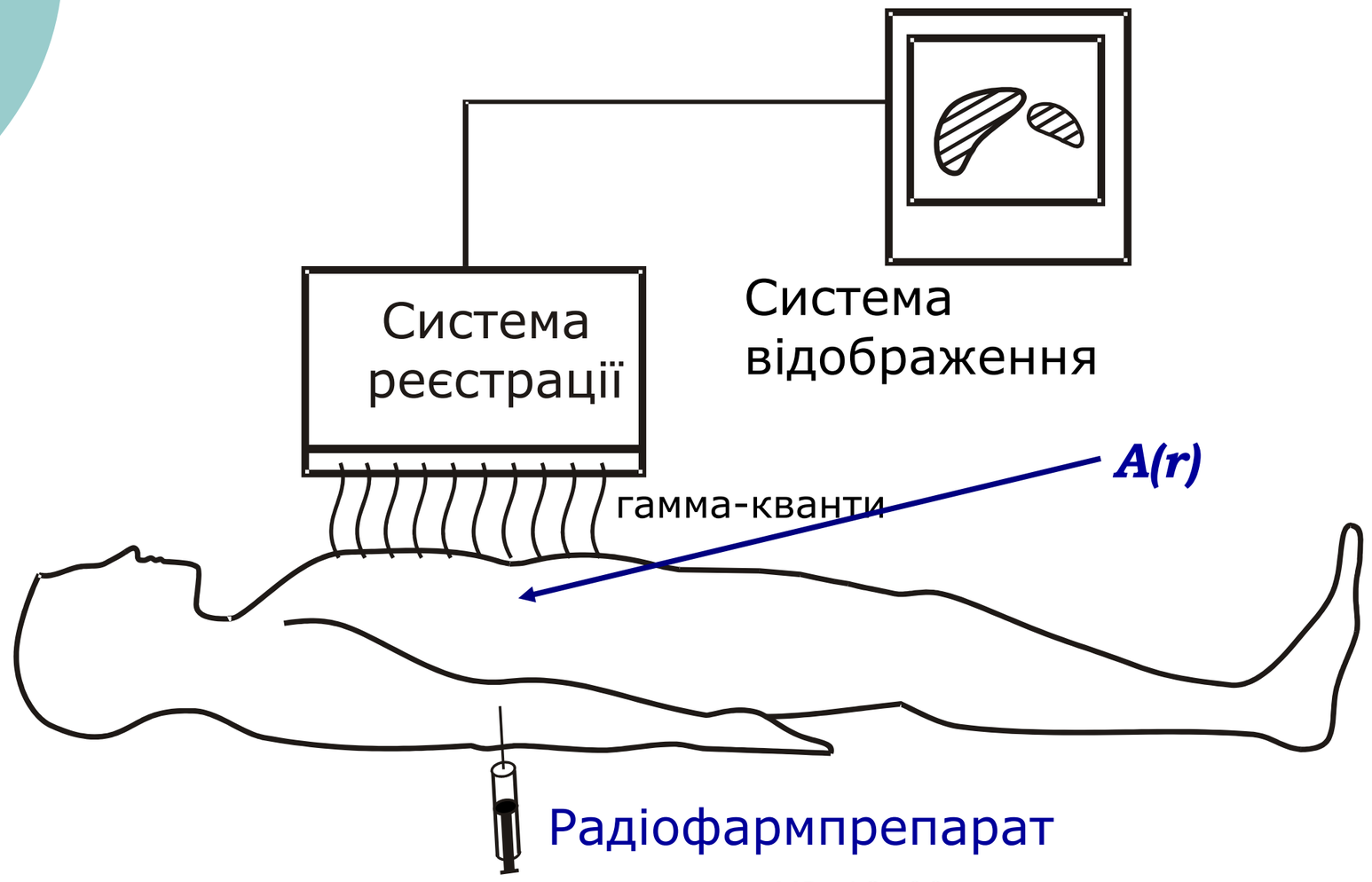
$$T_{B}^{1/2} >> T^{1/2} \rightarrow T_{\Sigma}^{1/2} \approx T^{1/2}$$

$$T^{1/2} >> T_{B}^{1/2} \rightarrow T_{\Sigma}^{1/2} \approx T_{B}^{1/2}$$

$$T^{1/2} = T_{B}^{1/2} \rightarrow T_{\Sigma}^{1/2} = \frac{T_{B}^{1/2}}{2}$$

Сцинтиграфія.

Метод отримання двовимірних зображень, які відображають розподіл у організмі помічених радіонуклідами речовин.

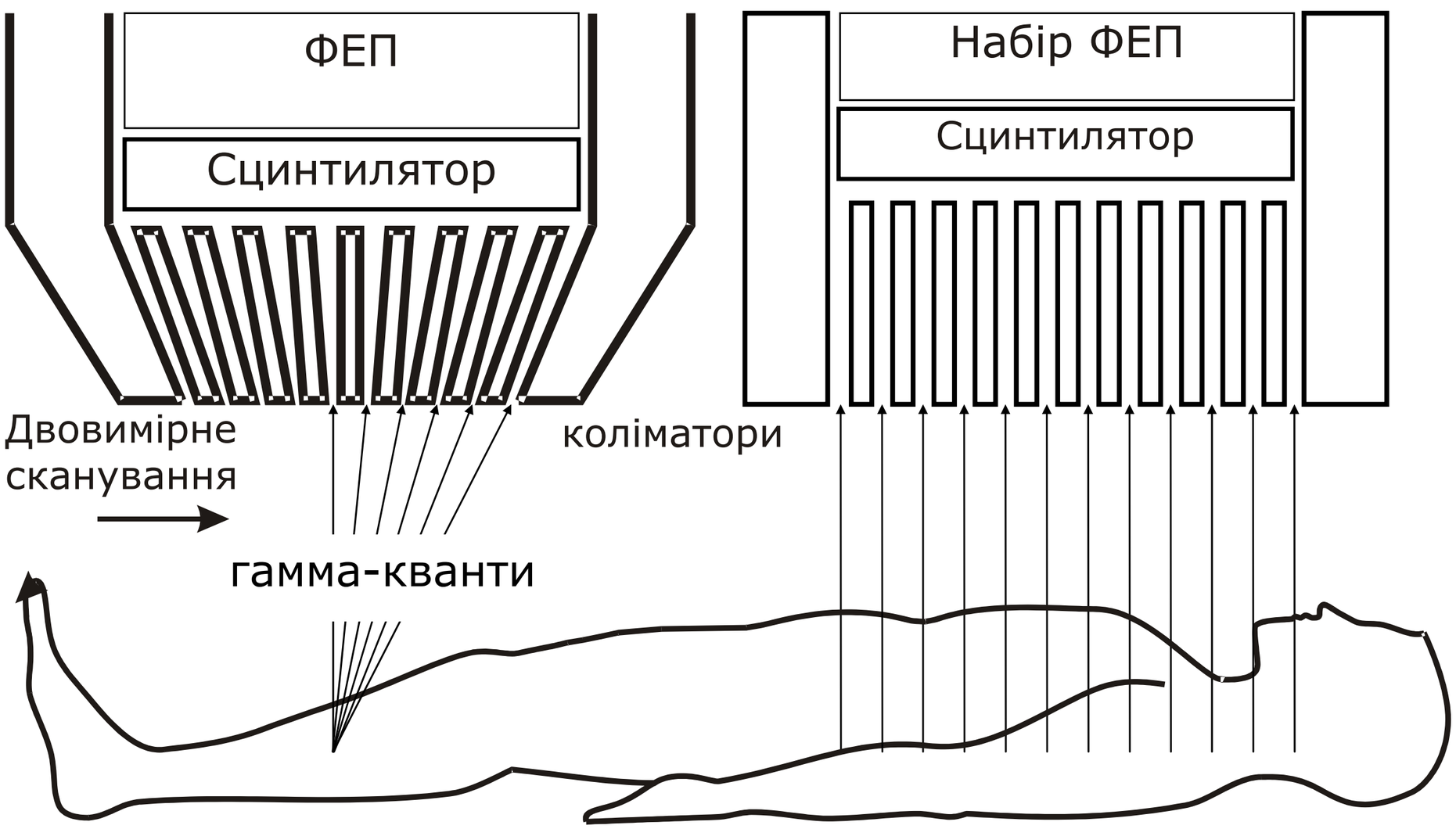


Планарна і точкова сцинтиграфія.

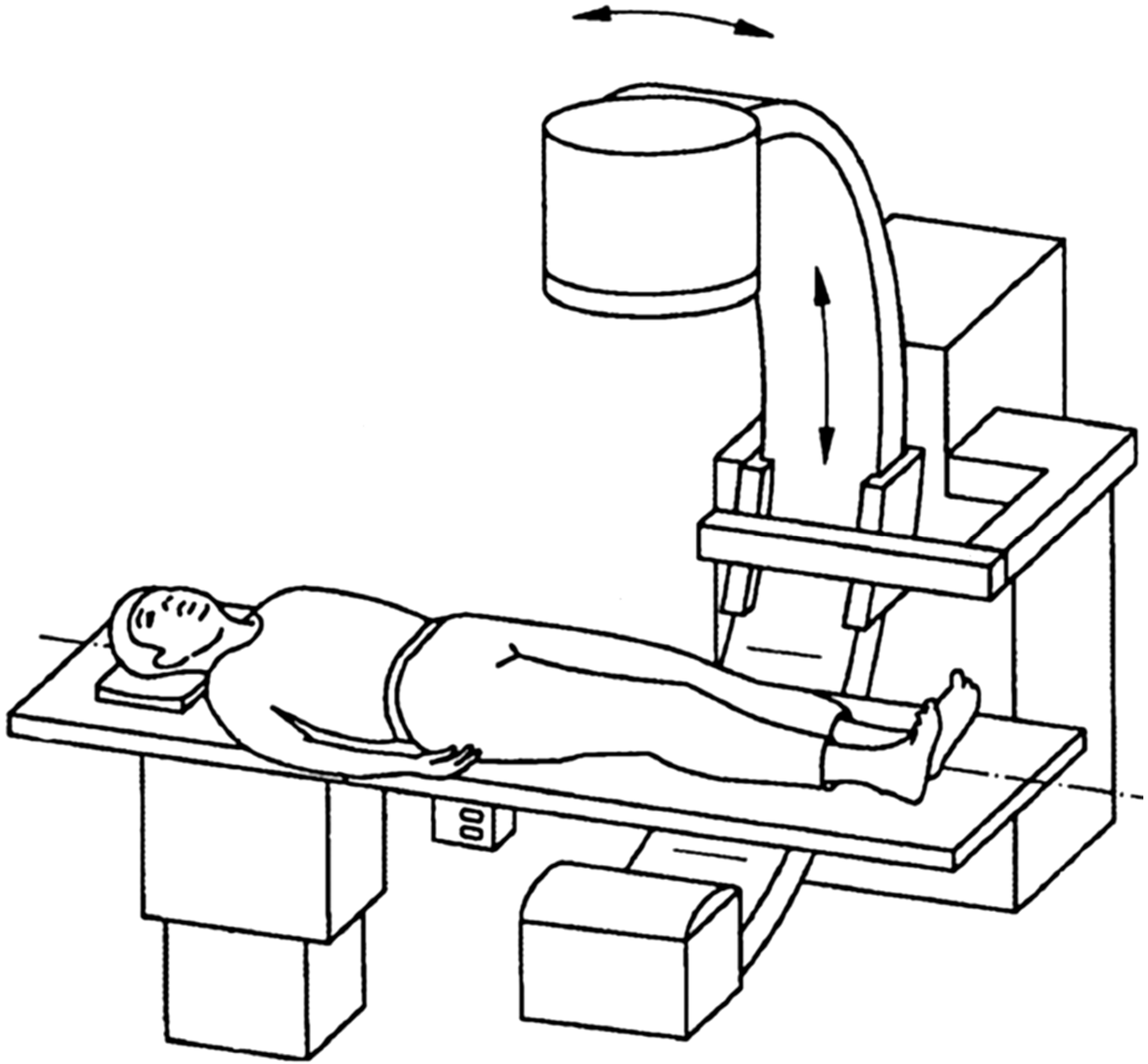
Сцинтиграфія

точкова **планарна**

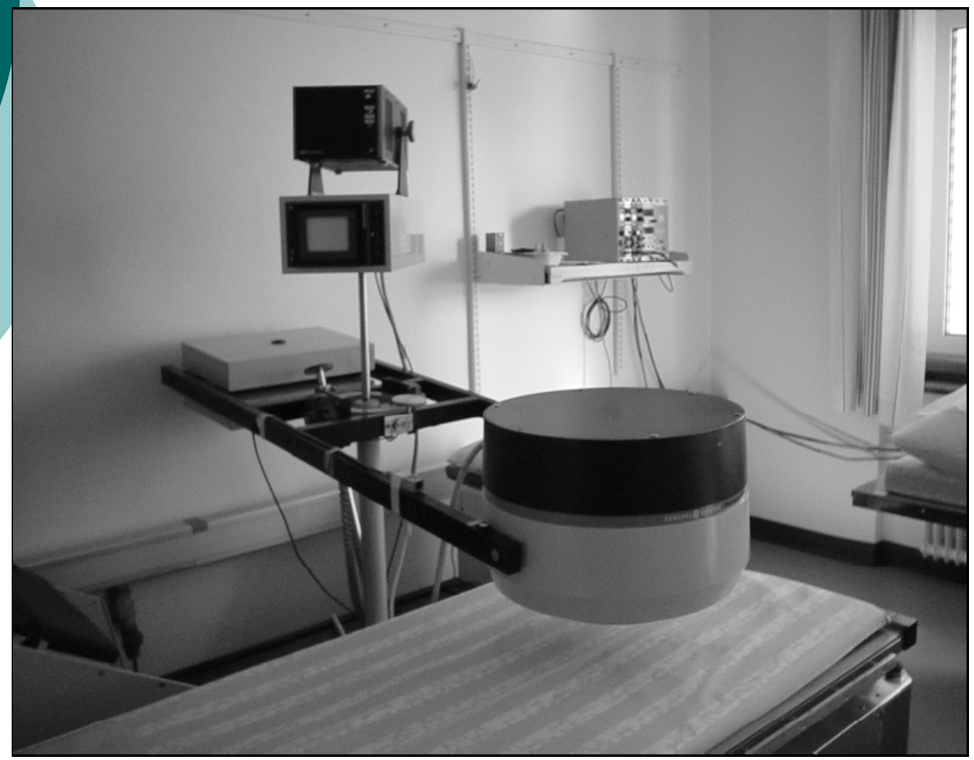
Планарна і точкова сцинтиграфія.

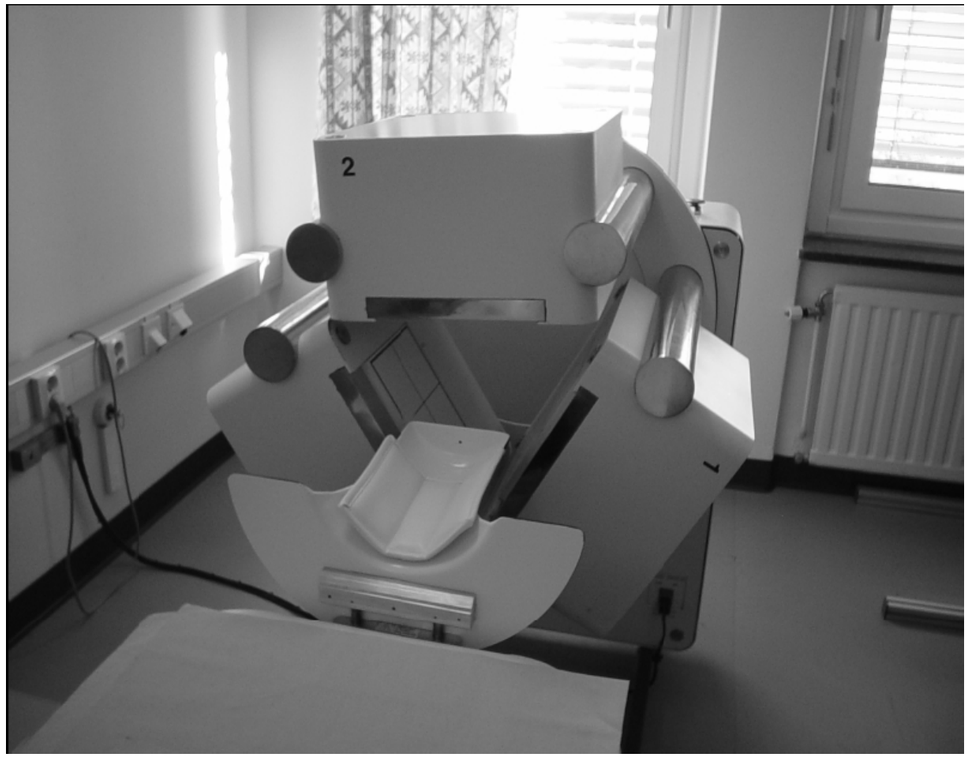


Гамма-камера.



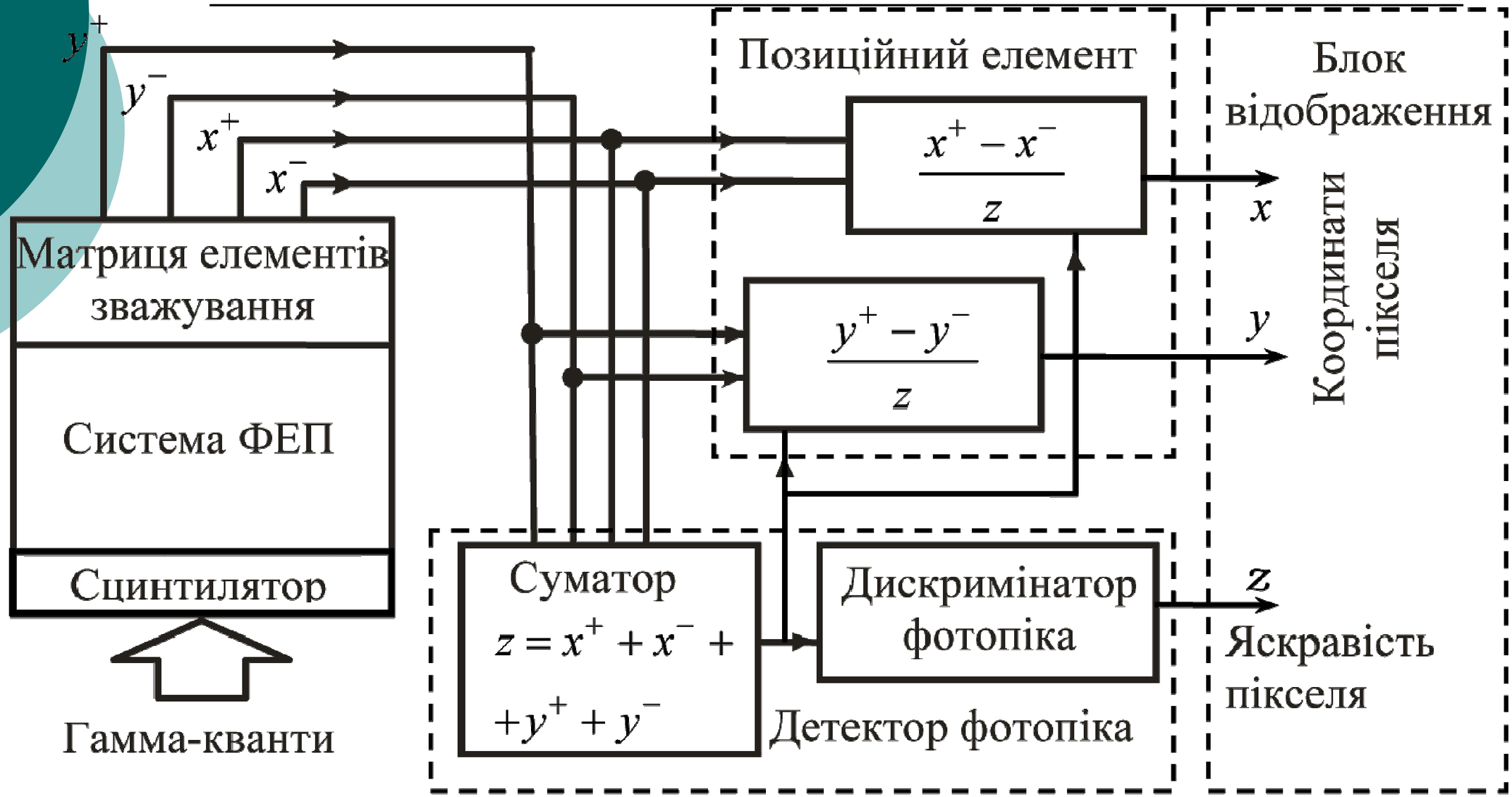
Гамма-камера.



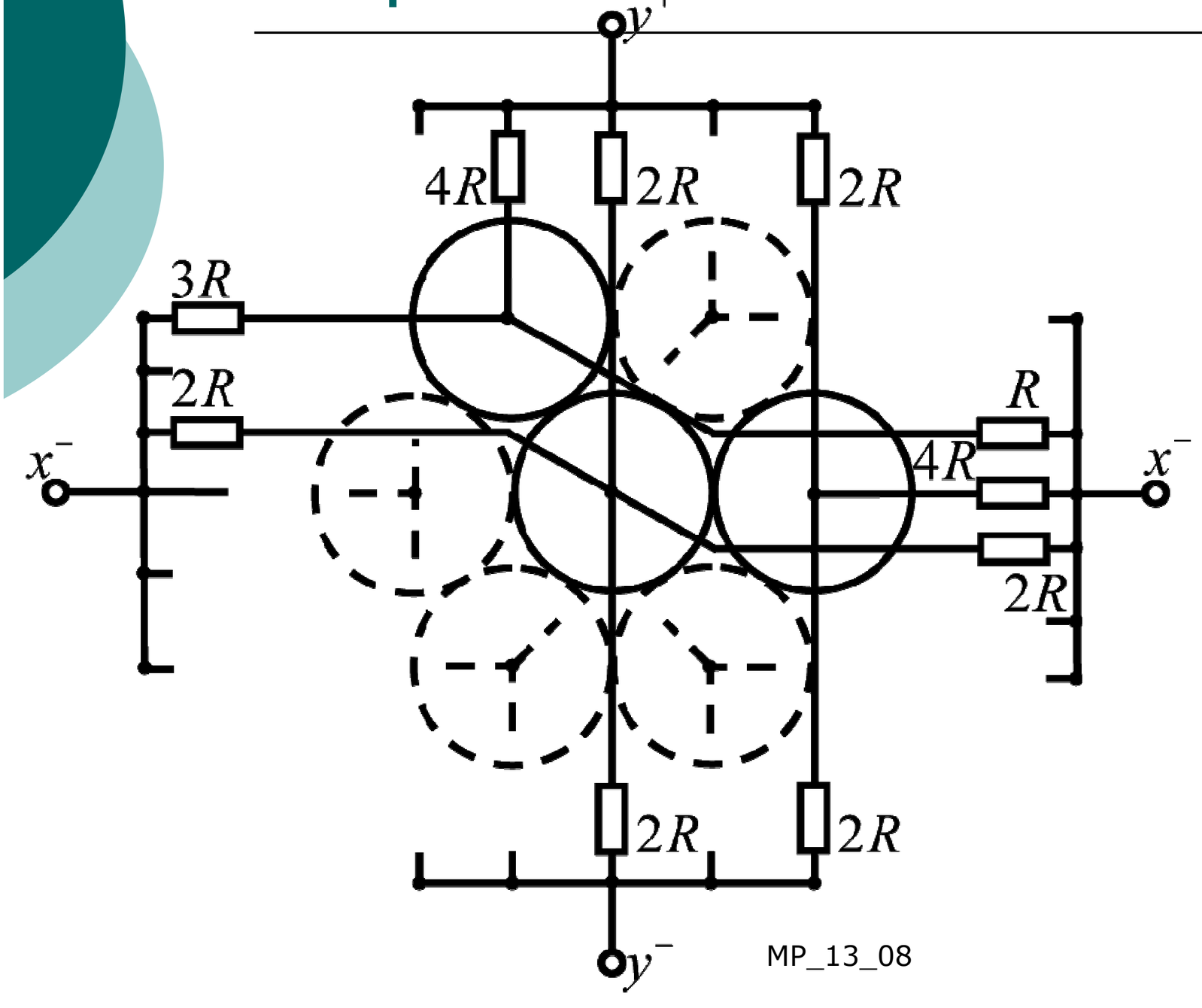


Гамма-камера.

Обробка сигналів.



Обробка сигналів.



Характеристики гамма-камер.

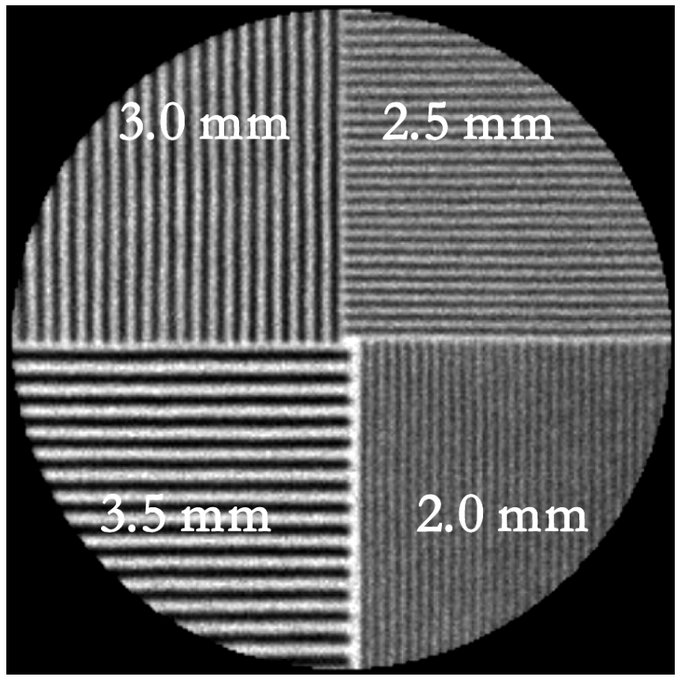
Просторова, часова та енергетична роздільні здатності, просторова лінійність та просторова однорідність, функція передачі контрасту.

Повна просторова роздільна здатність гамма-камери ***ESR*** (від англ. Extrinsic Spatial Resolution) залежить від просторової роздільної здатності коліматора $\boldsymbol{RS_K}$, внутрішньої просторовою роздільної здатності гамма-камери ***ISR*** (від англ. Intrinsic Spatial Resolution) та величини розмиття $\boldsymbol{RS_P}$, викликаного розсіюванням гамма-квантів у об’єкті.

$$ESR = \sqrt{ISR^2 + RS_K{}^2 + RS_P{}^2}$$

Внутрішня просторова роздільна здатність.

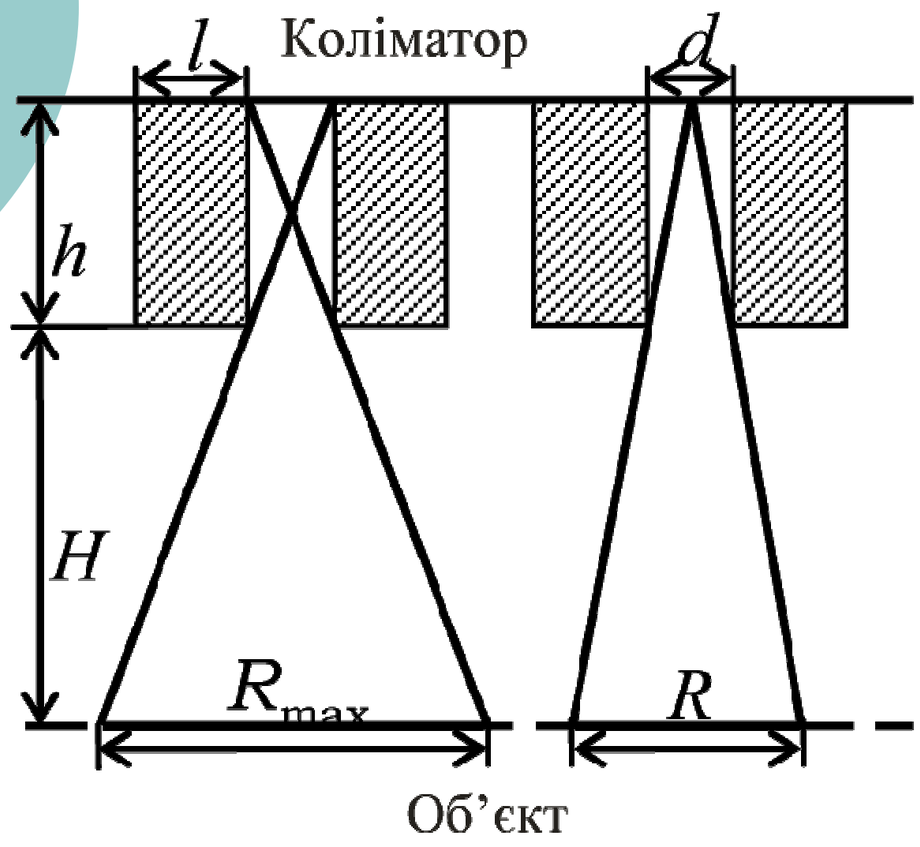
Внутрішня просторова роздільна здатність гамма-камери ***ISR*** визначається характеристиками системи детектування: діаграмами направленості ФЕП, товщиною сцинтилятора, довжиною вільного пробігу гамма-кванті у сцинтиляційному кристалі, кількості ФЕП у блоці, величинами розкиду параметрів ФЕП і елементів зважування у блоці тощо. У сучасних системах складає приблизно 3-4 мм. Її визначають експериментально за допомогою спеціальних фантомів.



На практиці для визначення внутрішньої роздільної здатності гамма-камери використовують фантом із свинцевих смужок із різним просторовим періодом і точкове джерело гамма-випромінювання. За допомогою джерела отримують зображення фантома із свинцевих смужок без коліматора

Просторова роздільна здатність.

Просторова роздільна здатність коліматора RS_K, залежить від конструкції та розмірів коліматора.



$$\frac{d}{h} = \frac{R}{h+H}$$

$$RS_K = \frac{d(h+H)}{h}$$

H≈25 см, d≈2 мм, h≈5 см

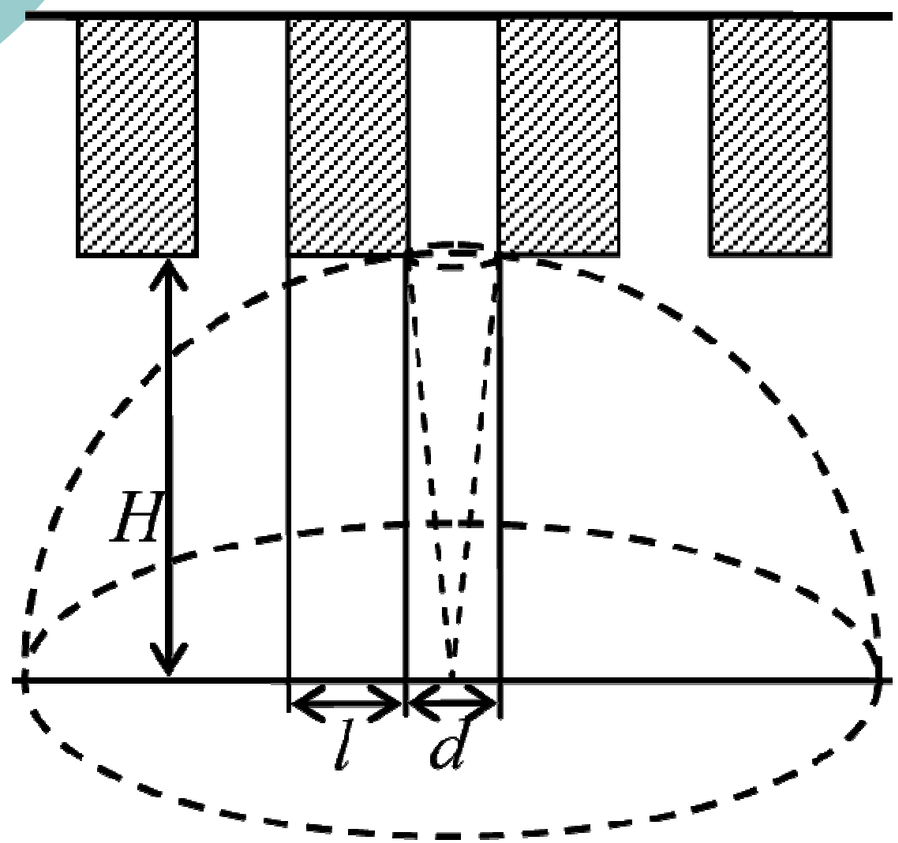
$RS_K \approx 1{,}2$ *см*

$d\downarrow \rightarrow RS_K\uparrow \quad d\downarrow \rightarrow g_K\downarrow$

Геометрична ефективність.

$$d\downarrow \rightarrow RS_K\uparrow \quad d\downarrow \rightarrow g_K\downarrow$$

Геометрична ефективність коліматора g_K – це ймовірність того, що гамма-квант, який вийшов із об'єкта, пройде крізь коліматор і досягне сцинтиляційного кристалу.



$$d^2 \Big/ (d+l)^2$$

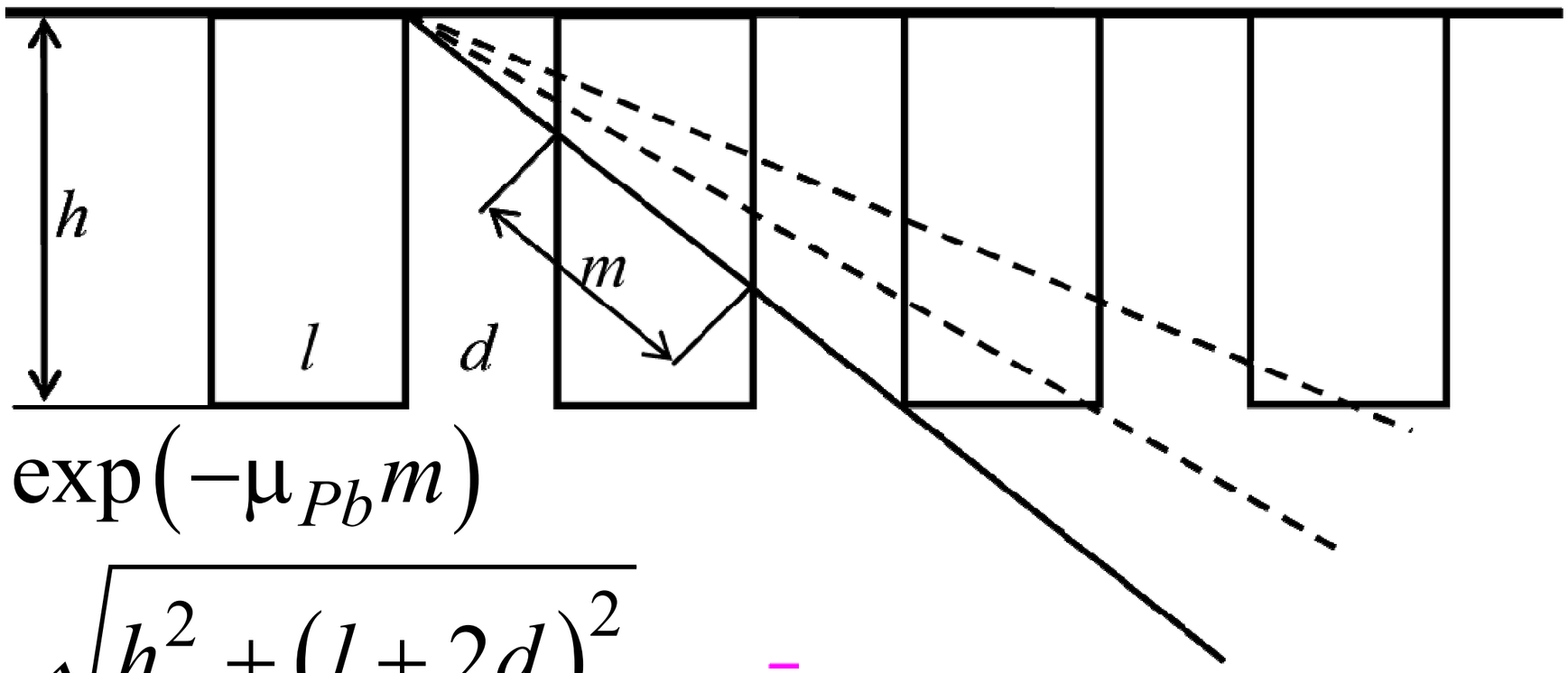
$$g_K \sim \frac{d^4}{H^2 (d+l)^2}$$

$$\frac{d}{l} << 1 \Rightarrow g_K \sim d^4$$

$$\frac{l}{d} << 1 \Rightarrow g_K \sim d^2$$

Товщина стінок.

$$g_K \sim \frac{d^4}{H^2 (d+l)^2} \qquad l \approx \frac{2dm}{h-m}$$

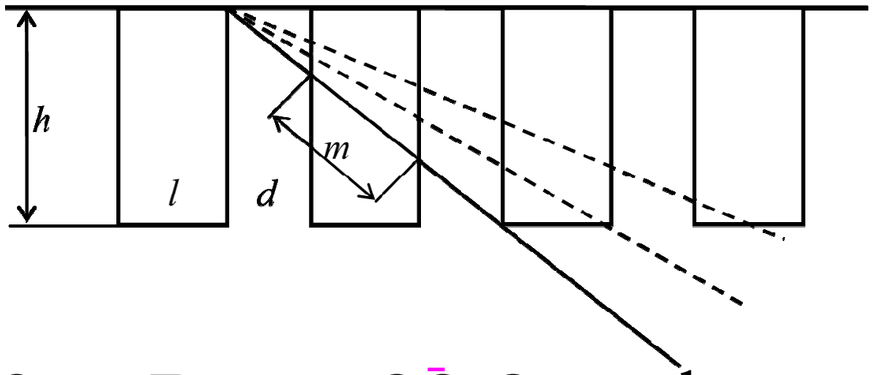


$$P_{CT} \sim \exp(-\mu_{Pb} m)$$

$$\frac{m}{l} = \frac{\sqrt{h^2 + (l+2d)^2}}{l+2d}$$

–

Характеристики.



$$l \approx \frac{2dm}{h-m}$$

ε=150 кеВ μ_{Pb}=2,8 $см^{-1}$

ε=400 кеВ μ_{Pb}=2,62 $см^{-1}$

$P_{СТ}$=0,05 ↔ $\mu_{Pb}m \approx 3$

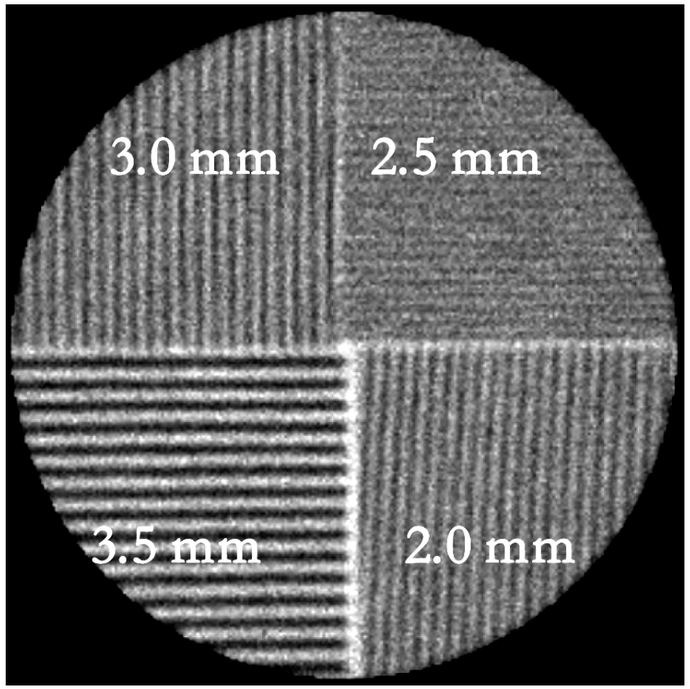
ε=150 кеВ $l \approx$0,5 мм

ε=400 кеВ $l \approx$0,5 см

$g_K = 10^{-6} \div 10^{-4}$

Величина розмиття.

Вплив відстані між об'єктом і коліматором та величини розмиття ***RS$_P$,*** *викликаного розсіюванням гамма-квантів у об'єкті, на роздільну здатність гамма-камери досліджують за допомогою спеціального плоского фантому із плексигласу. Плексигласовий фантом розміщують між коліматором і фантомом із свинцевих смужок. Сумарна просторова роздільна здатність гамма-камери сягає значень 10–20 мм.*

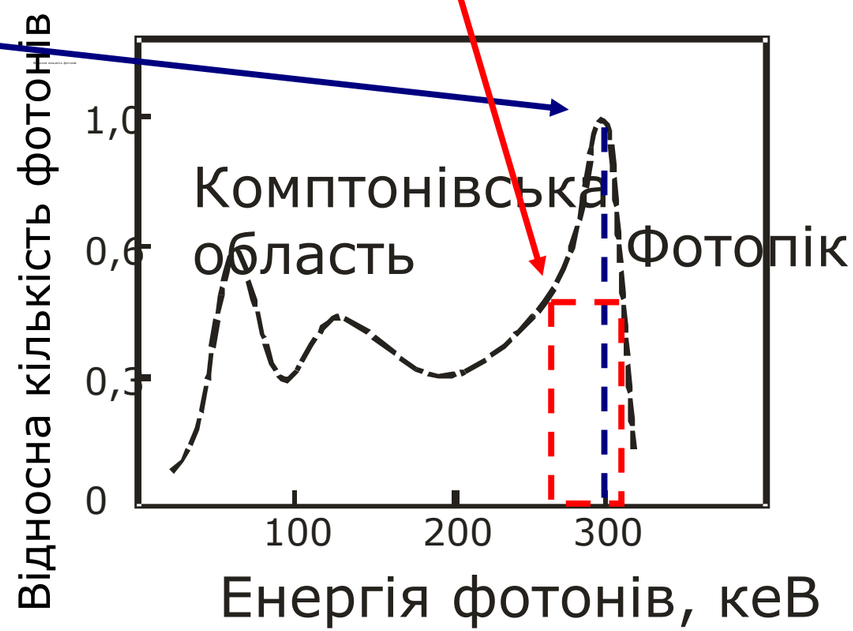


Енергетична роздільна здатність.

Енергетична роздільна здатність – спроможність гамма-камери розрізняти гамма-кванти різних енергій. Роздільну здатність по енергії вимірюють як відношення напівширини фотопіку до енергії максимуму фотопіку у відсотках.

ε=122 кеВ ^{57}Co

ε=140,5 кеВ $^{97}Tc_m$



Чутливість.

Чутливість гамма-камери визначає кількість імпульсів за одиницю часу, яку реєструє гамма-камера від джерела одиничної активності (1 Бк).

Вказана величина залежить від квантової ефективності сцинтиляційного детектора і геометричної ефективності коліматора. Чутливість визначає дозу, яку отримає пацієнт при обстеженні. У сучасних гамма-камер чутливість досягає значень 10^{-4} $с^{-1}·Бк^{-1}$.

Бекерель.

1 Бк одиниця виміру радіоактивності речовини (СІ).

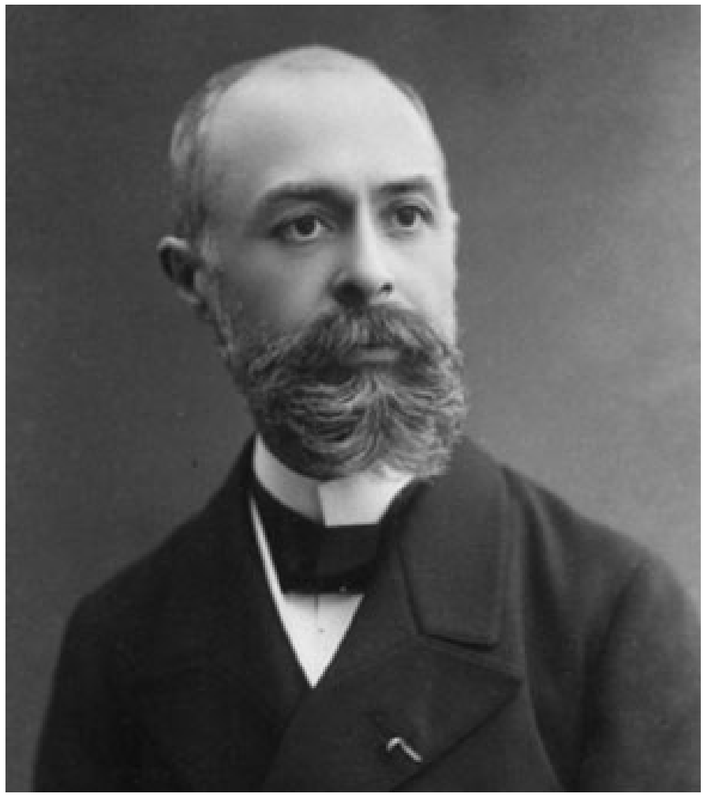
Похідна одиниця (радіоактивність матеріалу, в якому щосекунди відбувається один акт розпаду .

1 Бк = 1 $с^{-1}$

1 Бк = 2,703·10^{-11} Кюрі = 10^{-6} Рд.

1 Кюрі = дорівнює радіоактивність матеріалу, якщо кількість розпадів за секунду, дорівнює 3,7·10^{10} (кількість часток, які випускаються за секунду одним грамом чистого елементарного радію).

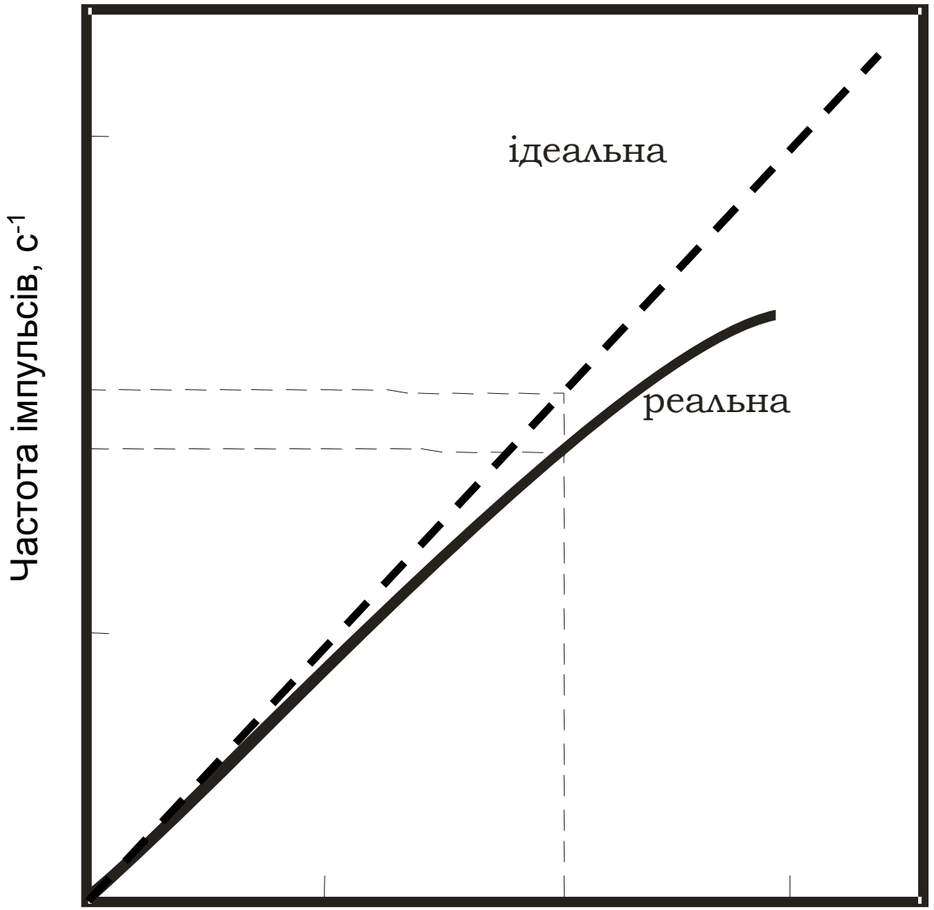
Бекерель.



Антуан Анрі Беккерель

Часова роздільна здатність.

Часова роздільна здатність – це мінімальне значення проміжку часу між моментами потрапляння двох фотонів на детектор, які гамма-камера сприймає як окремі події.



Часова роздільна здатність.

Часова роздільна здатність – це мінімальне значення проміжку часу між моментами потрапляння двох фотонів на детектор, які гамма-камера сприймає як окремі події.

істинна кількість фотонів в одиниці часу n_p

зареєстрована кількість імпульсів n_i

середній час між потраплянням двох фотонів складатиме $1/n_p$

середній час між двома імпульсами $1/n_i$

часову роздільну здатність τ

$$1/n_i = 1/n_p + \tau \qquad n_p = \frac{n_i}{1 - \tau n_i}$$

$$\tau \approx 10^{-6}$$

10^{10} **Бк**