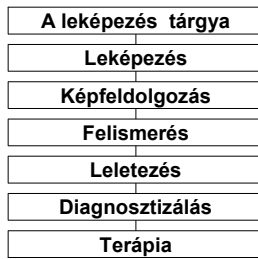


Orvosi képfeldolgozás



Minden lépésben információ veszteség következik be!
Cél: az összes információ veszteség minimalizálása.

Máté: Orvosi képalkotás

1. előadás

1

A leképezés fizikai alapjai

Fény, fénykép, mikroszkóp

Röntgen sugárzás (x-ray)

Röntgen (1895),
CT (1963)

γ sugárzás

Hevesy György (1923),
H.O. Anger γ kamera (1958),
SPECT (1970),
PET (1962),

Termográfia

Hang

Ultrahang (1950)

Mágneses rezonancia (MR, korábban NMR) (1973)

Máté: Orvosi képalkotás

1. előadás

2

Elektromágneses hullámok

Energia (eV)	Frekvencia (Hz)	Hullámhossz (m)
10^{10}	10^{25}	10^{-16}
10^9	10^{24}	10^{-15}
10^8	10^{23}	10^{-14}
10^7	10^{22}	10^{-13}
10^6	10^{21}	10^{-12}
10^5	10^{20}	10^{-11}
10^4	10^{19}	10^{-10}
10^3	10^{18}	10^{-9}
10^2	10^{17}	10^{-8}
10^1	10^{16}	10^{-7}
10^0	10^{15}	10^{-6}
10^{-1}	10^{14}	10^{-5}
10^{-2}	10^{13}	10^{-4}
10^{-3}	10^{12}	10^{-3}
10^{-4}	10^{11}	10^{-2}
10^{-5}	10^{10}	10^{-1}
10^{-6}	10^9	10^0
10^{-7}	10^8	10^1
10^{-8}	10^7	10^2
10^{-9}	10^6	10^3
10^{-10}	10^5	10^4
10^{-11}	10^4	10^5
10^{-12}	10^3	10^6

γ sugárzás (NM)

röntgen sugárzás

ultra ibolya
látható fény
infra vörös

mikro hullám

rádió hullám (MR)

Máté: Orvosi képalkotás

1. előadás

3

Elektromágneses sugárzás

Quantált.

Egy quantum (foton) egyértelműen jellemezhető az

- energiájával,
- frekvenciájával,
- hullámhosszával.

Foton keletkezhet:

- Gerjesztés
- Radioaktív bomlás
- Pozitron megsemmisülés révén

Máté: Orvosi képalkotás

1. előadás

4

Elektromágneses sugárzás

A) A gerjesztés történhet

- ionizáló
 - elektromágneses (γ),
 - részecske sugárzás
 α , β ($=e^-$),
pozitron ($=e^+$), ...
- hőmozgás hatására.

Hevítéssel látható fényt hozhatunk létre.

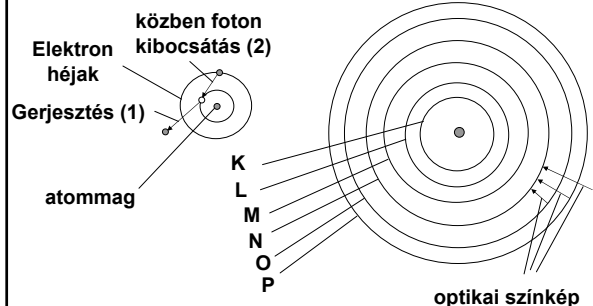
Máté: Orvosi képalkotás

1. előadás

5

Gerjesztés

Egy elektront kilökönk a pályájáról (gerjesztés), majd elektromágneses sugárzás kíséretében pótlődik

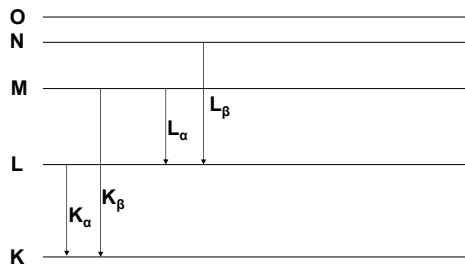


Máté: Orvosi képalkotás

1. előadás

6

Energia szintek



Máté: Orvosi képalpalkotás

1. előadás

7

B) Radioaktív bomlás

- Természetes radioaktivitás (spontán bomlás)
Instabil atommag $\rightarrow \alpha, \beta, \gamma$, pozitron, ... sugárzás
- Mesterséges radioaktivitás:
Az atommagot nagy energiájú részecskékkel bombázunk, az atommag átalakul.
Ha az új atommag instabil, akkor spontán módon bomlik.

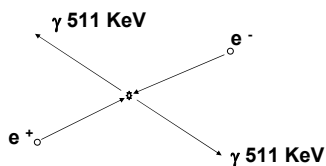
Máté: Orvosi képalpalkotás

1. előadás

8

C) Pozitron megsemmisülés:

Ha egy pozitron nem túl hevesen ütközik egy elektronnal, akkor eredeti minőségükben megsemmisülnek, és két – egymással ellentétes irányba haladó 511 KeV -os γ foton keletkezik.

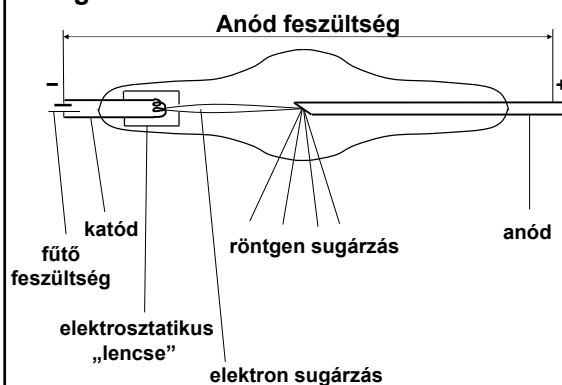


Máté: Orvosi képalpalkotás

1. előadás

9

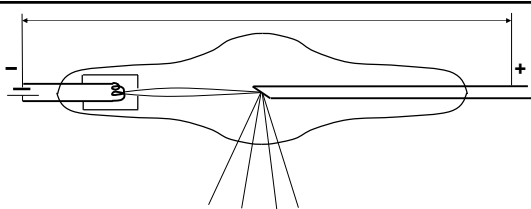
Röntgen cső



Máté: Orvosi képalpalkotás

1. előadás

10



Az izzítás hatására elszabaduló elektronok a katód negatív töltése miatt gyorsulva mozognak az anód felé, és nagy energiájával csapódnak az anódra. Az anód atomjait ionizálják (gerjesztés). A (belső) elektronhéjról kilökött elektron egy külső pályáról pótlódik, miközben a pályák közötti energia különbségnek megfelelő, nagy energiájú foton keletkezik (röntgen sugár, X-ray).

Máté: Orvosi képalpalkotás

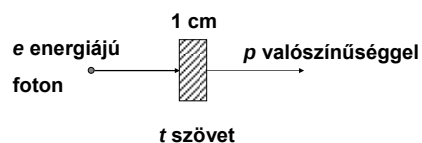
1. előadás

11

Linear Attenuation Coefficient (lineáris gyengítési együttható, LAC)

Definíció: Haladjon egy e energiájú foton merőlegesen egy az útjába helyezett egységnyi vastagságú homogén t szövet felé. Ha p annak a valószínűsége, hogy a foton elnyelődés nélkül halad át a szöveten, akkor

$$\text{LAC: } \mu_e^t = -\ln(p) \text{ 1/cm}$$

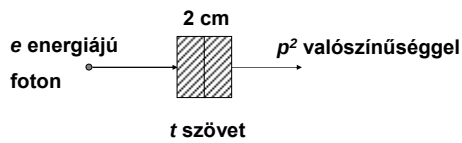


Máté: Orvosi képalpalkotás

1. előadás

12

Könnyű látni, hogy LAC valóban lineáris.



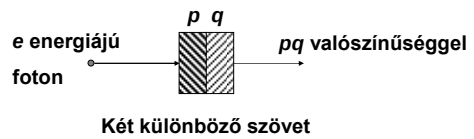
Általában a lineáris gyengülés (homogén közeg esetén) egyenlő a közeg vastagsága szorozva a lineáris gyengülési együtthatóval.

Máté: Orvosi képzőkötés

1. előadás

13

Különböző szövetek esetén:



Két különböző szövet

Máté: Orvosi képzőkötés

1. előadás

14

Ha I_i az input és I_o az output foton sűrűség, akkor

$$\mu_e^t = -\ln(p) = -\ln(I_o / I_i) = \ln(I_i / I_o),$$

pl. $\mu_{73\text{KeV}}^{\text{viz}} = 0.19 / \text{cm}$

Relative Linear Attenuation:

$$\mu_e^t - \mu_e^a,$$

ahol a a kalibráló szövet (általában víz vagy levegő).

Máté: Orvosi képzőkötés

1. előadás

15

$$\ln(I_{i,in} / I_{i,out}) = \ln(I_{i,in}) - \ln(I_{i,out}) = \mu(x_i) \Delta x_i$$

$$\ln I_s - \ln I_D = \ln I_{0,in} - \ln I_{n,in} = \sum_{i=0}^{n-1} (\ln I_{i,in} - \ln I_{i+1,in}) = \sum_{i=0}^{n-1} \mu(x_i) \Delta x_i$$

Ha $\Delta x_i \rightarrow 0$, akkor a jobb oldal integrálba megy át:

$$\ln I_s - \ln I_D = \int_S^D \mu(x) dx$$

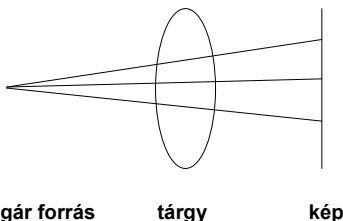
Máté: Orvosi képzőkötés

1. előadás

16

A kép gyengülés (attenuation) útján keletkezik:

Ősi elrendezés



Az első röntgen kép

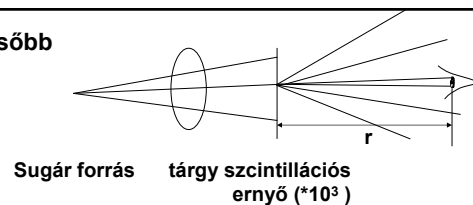
A kép filmen keletkezik. A leletezés a film alapján történik. Az előhívás pénz és idő igényes.

Máté: Orvosi képzőkötés

1. előadás

17

Később



Sötétben kell dolgozni, nagy a sugárterhelés.

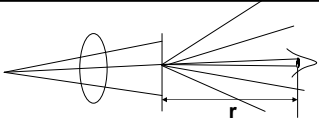
A szem az ernyőből kilépő fotonoknak csak töredékét érzékeli.

Máté: Orvosi képzőkötés

1. előadás

18

Az érzékelés hatásfoka:

$$\eta_e = T_e \frac{\Omega_e}{4\pi} = T_e \frac{A}{4r^2\pi},$$


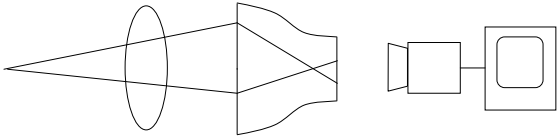
ahol
 $T_e \approx 0.1$, a retina hatásfoka,
 Ω_e a pupilla térszöge,
 A a pupilla területe,
 $r \approx 20$ cm, az éles látás távolsága.

Ezek alapján $\eta_e \approx 10^{-5}$, de $10^{-7} - 10^{-8}$ a tipikus.

Egy tipikus ernyő kb. 10^3 –szeresen erősít, tehát N röntgen fotonból kb. $N \cdot 10^3$ látható fény foton keletkezik, de ebből csak $N \cdot 10^{-2}$ észlelhető.

Máté: Orvosi képalpítás 1. előadás 19

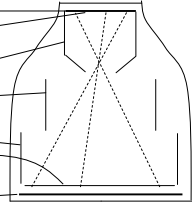
Modern elrendezés



Sugár forrás tárgy képerősítő TV kamera TV

Máté: Orvosi képalpítás 1. előadás 20

Képerősítő



kimenő szcintillációs ernyő
 anód
 elektrosztatikus lencse rendszer
 foto katód
 bemenő szcintillációs ernyő

Máté: Orvosi képalpítás 1. előadás 21

