# Kärnreaktioner

$a + X \longrightarrow Y + b$

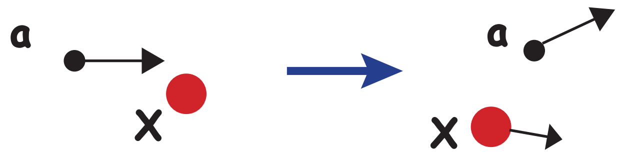
eller

$X\,(a,b)\,Y$

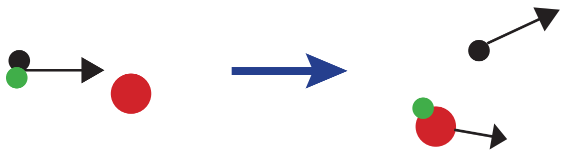
**Q-värde:**

$$Q = (M_i - M_f)\,c^2 = (m_X + m_a - m_Y - m_b)\,c^2$$

- Spridning

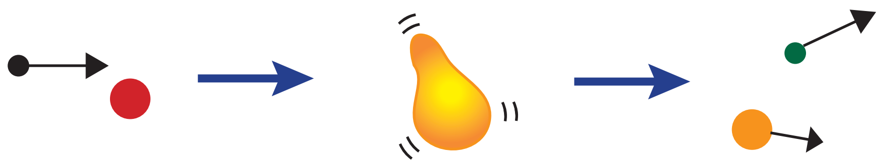



- Elastisk Y, b i grundtillståndet
- Inelastisk Y och/eller b exciterad
- Direkt

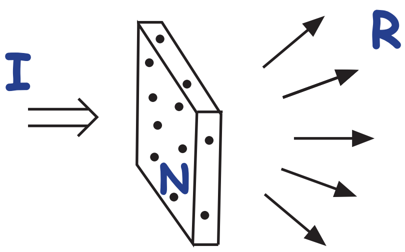


(Endast ett fåtal nukleoner deltar i reaktionen)

- Compound



## Tvärsnitt:




$\boxed{R = \sigma I N}$

$\sigma$ - Ett mått på reaktions-sannolikheten. $\sigma = \sigma(E)$

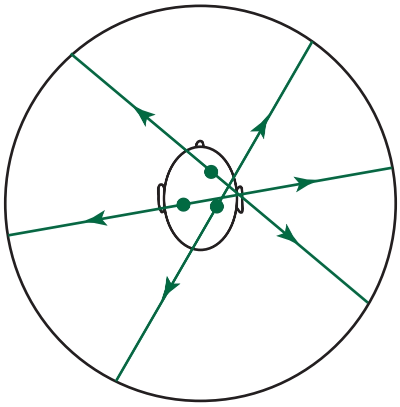
$[\sigma] = L^2$ 1b = $10^{-28}$ m$^2$

~ Effektiv reaktionsyta

# PET (Positron Emission Topography)

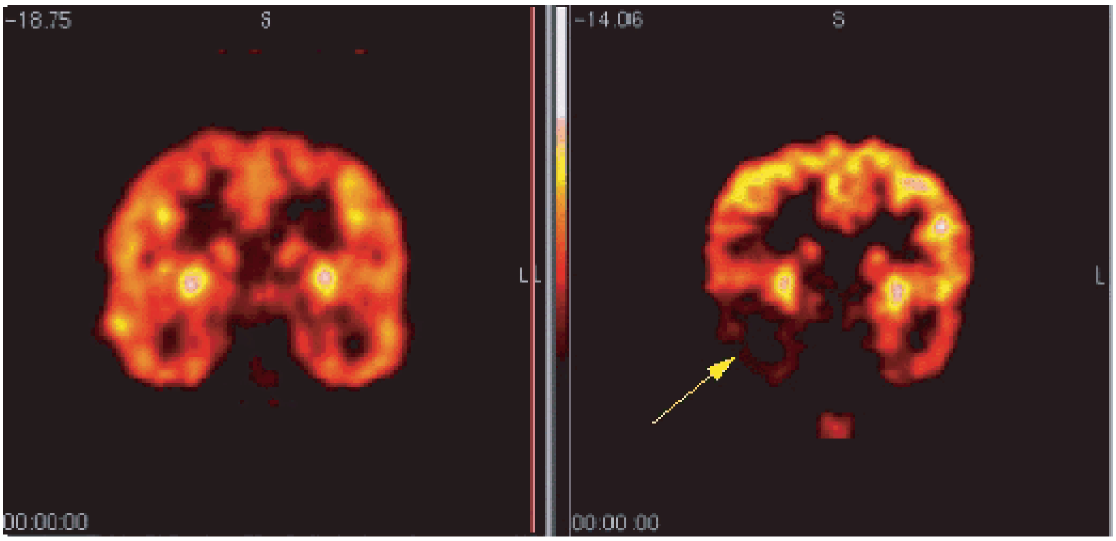
Positronemission följt av $e^-/e^+$ annihilation ger 2 st 511 keV-fotoner som kan detekteras.

Lämpliga isotoper:
□ $^{15}O$, $^{18}F$...

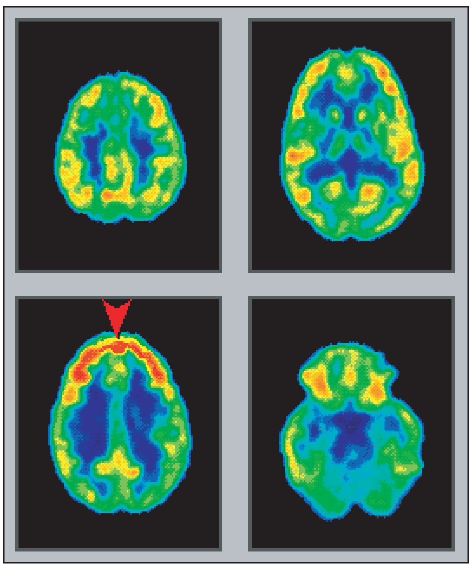


Frisk hjärna

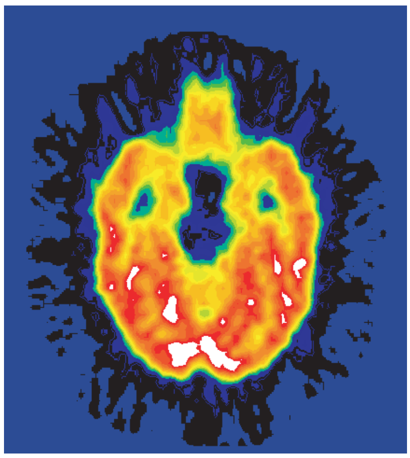
Hjärna hos en flicka med upprepade epileptiska anfall




Hjärnaktivitet hos en person som tänker

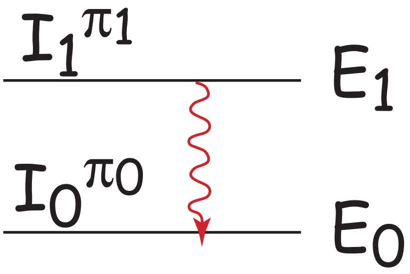


Hjärnaktivitet hos en fysiker



# $\gamma$ - desexcitationer

En exciterad atomkärna kan minska sin energi genom $\gamma$ - desexcitation. En foton emitteras vars energi motsvarar energiskillnaden på kärnans nivåer.




$$E_\gamma = \hbar\omega = (E_1 - E_0) - E_R$$

liten!

Det exciterade tillståndet har begränsad livslängd, vilket medför att det har en bredd.

$E_\gamma \sim 0.01 - 10$ MeV $\leftrightarrow$
$\lambda \sim 10^5 - 10^2$ fm
$\lambda_{synligt} \sim 5 \cdot 10^8$ fm

Heisenberg : $\Delta E \Delta\tau > \hbar$
bredd : $\Gamma = \hbar/\tau$
$\tau_\gamma \sim 10^{-9} - 10^{-15}$ s

## Isomeriska eller metastabila tillstånd:

- exciterade tillstånd med lång halveringstid
- ex) $^{60}Co^m$ , $t_{1/2} = 10.5$ min

- Detta beror på att $\gamma$ - desexcitationer från den
- metastabila nivån har låg sannolikhet (jämför
- med förbjudna $\beta$ - övergångar)

## Inre konversion:

- Energin $E_1$-$E_0$ ges till en atomär elektron som
- lämnar atomen med $E_e = (E_1 - E_0) - B_e$. Processen
- konkurrerar med $\gamma$-desexcitationer.

# Urvalsregler

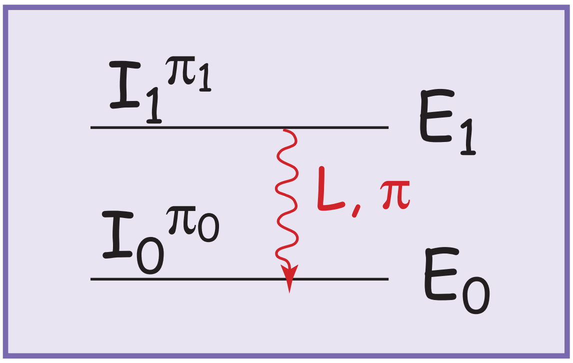
Vi karakteriserar $\gamma$ - strålningen med dess multipolmoment (serieutveckling av fältet)

$\Updownarrow$

Multipolmomentet avgör hur mycket $\gamma$-des-excitationen kan ändra spinn och paritet mellan start- och sluttillstånd

$\Updownarrow$

Detta ger urvalsregler för $\gamma$-desexcitationer




Konservering av impulsmoment:

$\vec{I}_1 = \vec{L} + \vec{I}_0 \qquad |I_1 - I_0| \leq L \leq |I_1 + I_0| \quad , L > 0$

Konservering av paritet: $\pi_0 = \pi_1 \cdot \pi$

$\pi(EL) = (-1)^L$ : udda L ändrar paritet

$\pi(ML) = (-1)^{L+1}$ : jämna L ändrar paritet

# Multipolmoment

$$\lambda(\sigma L) = \frac{P(\sigma L)}{\hbar\omega} = \frac{\text{Utstrålad energi/tidsenhet}}{\text{energi}}$$

$$\lambda(EL) = \frac{8\pi(L+1)}{L[(2L+1)!!]^2} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar c} \left(\frac{E}{\hbar c}\right)^{2L+1} \left(\frac{3}{L+3}\right)^2 cR^{2L}$$

$$\lambda(ML) = \frac{8\pi(L+1)}{L[(2L+1)!!]^2} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar c} \left(\frac{E}{\hbar c}\right)^{2L+1} \left(\frac{3}{L+2}\right)^2 cR^{2L-2}$$

$$\times \left(\mu_p - \frac{1}{L+1}\right)\left(\frac{\hbar}{m_p c}\right)^2$$

$2^L$ är multipolordningen!

## Vi jämför olika $\lambda(\sigma L)$:

$\lambda(E1) : \lambda(M2) : \lambda(E3) : \lambda(M4) = 1 : 10^{-7} : 10^{-10} : 10^{-17}$

$\lambda(M1) : \lambda(E2) : \lambda(M3) : \lambda(E4) = 1 : 10^{-3} : 10^{-10} : 10^{-13}$

## Lägsta multipolen dominerar:

$\lambda(E\ L+1) / \lambda(ML) \sim 10^{-3}$

$\lambda(M\ L+1) / \lambda(EL) \sim 10^{-7}$

Victor Weisskopf

"It was absolutely marvelous working for Pauli. You could ask him anything. There was no worry that he would think a particular question was stupid, since he thought all questions were stupid."