

Függelék I.

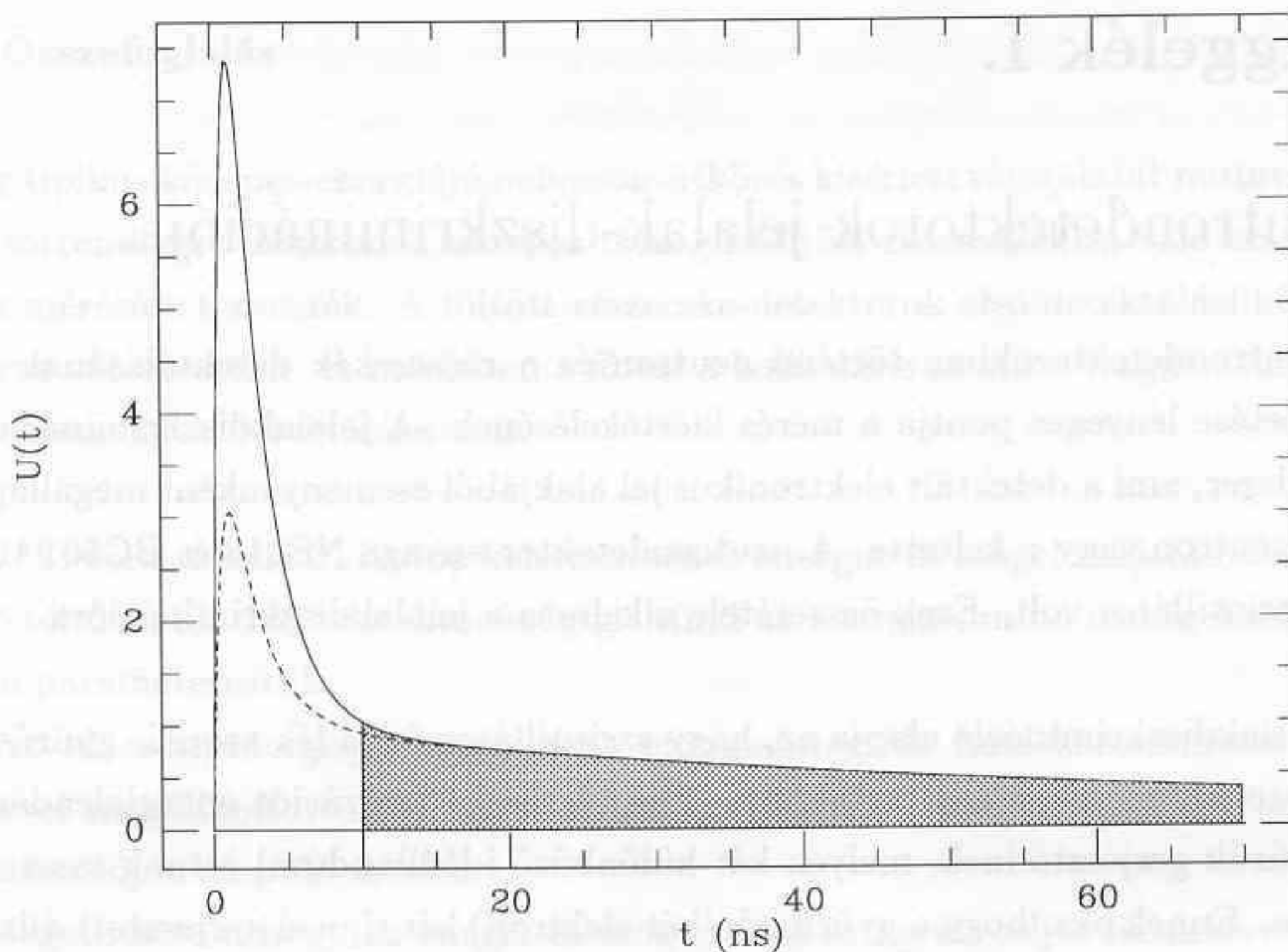
Neutrontektorok jelalak-diszkriminációja.

A neutrontektorokban történő neutron és γ részecskék detektálásának megkülönböztetése lényeges pontja a mérés kiértékelésének. A jelalakdiszkrimináció egy olyan módszer, ami a detektált elektronikus jel alakjából eseményenként megállapítja, hogy azt neutron vagy γ keltette. A neutrontektor anyaga NE213 és BC501 típusú folyadékszcintillátor volt. Ezek összetétele alkalmas a jelalakdiszkriminációra.

A jelalakdiszkrimináció alapja az, hogy szcintillátor folyadék aromás gyűrűt tartalmazó szerves molekulákat tartalmaz. Egy részecske ionizációs energialeadásakor ezek a gyűrűk gerjesztődnek, melyek két különböző időállandóval jutnak vissza alapállapotba. Ennek oka, hogy a gyűrűnek (két elektron) két típusú gerjesztett állapota van, az egyik szingulett a másik triplett állapot. A szingulett típusú gerjesztett állapotok a rövidebb időállandójú csoportba tartoznak, és a legkisebb triplettből az alapállapotba történő bomlás a hosszabb élettartamú. A detektor fényhozamának időfüggését így két komponens összege szolgáltatja, $N_f = A_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} + A_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}}$ [Leol]. A rövidebb időállandójú részt gyors-, a hosszabbat lassú-komponensnek hívjuk. Az időállandók értékeit táblázatból kikeresve a használt szcintillátor esetére: $\tau_1 = 2.3$ ns, $\tau_2 = 70$ ns. Ez alapján a felhasznált detektor elektronikus kimenete egy $R=50$ Ω -os munkaellenállás és $C=100$ pF szórt kapacitás után (párhuzamosan kapcsolva), ami a detektor elektronikus időállandójára $RC=0.5$ ns-ot ad:

$$U(t) = U_1 \frac{\tau_1}{\tau_1 - RC} (e^{-\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{RC}}) + U_2 \frac{\tau_2}{\tau_2 - RC} (e^{-\frac{t}{\tau_2}} - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Felhasználva, hogy a $t=0$ időpillanatban nem folyt áram a fotoelektronsokszorozóból. Az U_1 , U_2 amplitudók a gyors és a lassú fényátváltási faktorial arányosak. Az F1.1. ábrán a jelalak egy szemléletes görbéjét ábrázoltuk folytonos vonallal egy γ detektálásának esetére, ill. szaggatott vonallal egy neutron detektálására. Ezek a görbék az oszcilloszkópon tapasztalt jel lényeges tulajdonságait mutatják. Ezen jelnek két paraméterét mérjük meg a) Q_{tot} , ami a jelben hordozott össztöltés és b) Q_{tail} , ami a jel egy olyan idő eltelte utáni részében hordozott össztöltés, hogy ebben a gyors komponens már lecsengett (szürke tartomány).



F1.1. ábra n - γ diszkrimináció alapja, a neutrondetektor jel gyors és lassú komponensei. A szagatott vonallal egy neutron detektálódásakor keletkezett jelalakot jelöltük, folytonos vonallal a γ detektált jelalakját. A szürke színezett terület a Q_{tail} része a függvénynek. Ez proton és elektron esetére nagyjából megegyezik.

A detektorainkban a neutron és a γ részecskék detektálása különbözik. Az alap különbség, hogy az egyik a protonokat a másik az elektronokat löki meg. A proton és az elektron más arányban gerjeszti a triplétt és a szingulett gerjesztett aromás gyűrűket, mert más az ionizációs sűrűségük és a mágneses momentumuk. Az elektronok energialeadása esetén a gyors komponens fényátvártási faktora mintegy háromszorosa a proton megfelelő esetének ($U_{1e} \simeq 3 \cdot U_{1p}$, de precízebben ez energiafüggő), így adott energiájú elektron több fényt kelt, mint ugyanilyen energiájú proton, de csak a gyors komponensben. A lassúban ugyanakkora a fényhozamuk, ezért azonos energiájú neutron és γ a Q_{tail} paraméterükben megegyeznek. Az elektronikus jel teljes területének és a gyors komponens nélküli rész területének az aránya jellemző arra, hogy elektron vagy proton keltette a fotonokat. Ezért mérjük a Q_{tot} , Q_{tail} paramétereket.

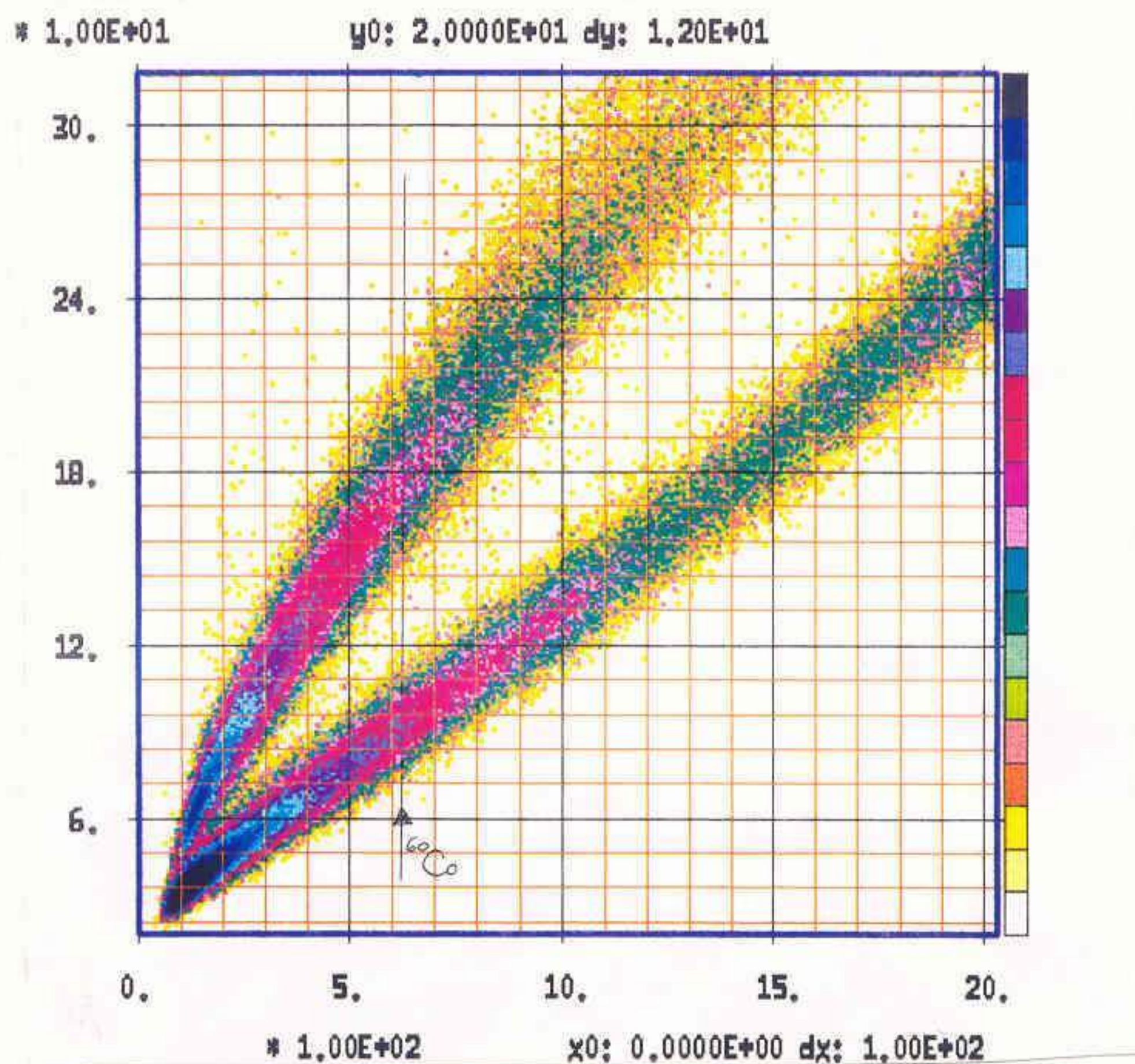
$$Q_{tot} = \int_0^{\infty} I(t)dt = U_1 \cdot K_1 + U_2 \cdot K_2; \quad Q_{tail} = \int_{t_0}^{\infty} I(t)dt = U_1 \cdot K_3 + U_2 \cdot K_4 = U_2 \cdot K_4$$

K_i -k, a τ_1 , τ_2 és RC-től függő integrálok, konstansok, $K_3=0$ mert a t_0 -ig a gyors

jel már lecseng. A detektált részecske minőségétől és energiájától csak az U_1 , U_2 amplitudók függenek. Ez alapján a

$$\frac{Q_{tot}}{Q_{tail}} = \frac{U_1 K_1}{U_2 K_4} + \frac{K_2}{K_4} = \alpha \cdot k_1 + k_2$$

Ahol α a gyors és lassú komponens fényátvártási faktorainak aránya, ami nem függ a detektált részecske energiájától, de függ a minőségétől. Ezért a $q = \frac{Q_{tot}}{Q_{tail}}$ arány is konstans, de más elektron és proton keltette jelekre. A neutron és a gamma események elválasztása egy kétdimenziós ábra alapján történik. Ez a $Q_{tot} - Q_{tail}$ diagramm. (F1.2. ábra) Ezen a detektált események egyeneseken helyezkednek el, mert $Q_{tot} = q \cdot Q_{tail}$, és a γ események egy nagyobb meredekségű egyenesen lesznek, mint a neutronok, mert $\alpha_{elektron} = 3 \cdot \alpha_{proton}$. (Ha a FES lineárisan működik.) Ez csak egy bizonyos energiáig igaz, nem terjed ki a 40 MeV-ig tartó energiatartományra. Nagy energiákon $\alpha_{elektron}$ lecsökken, de ez nem befolyásolja a diszkriminációt, csak a γ csoport egyenességét. Az eljárás az, hogy sok eseményre meghatározzuk azt az egyenest, ami elválasztja egymástól a két esemény-csoportot. (F1.2. ábra) Ezután a Q_{tot} és a Q_{tail} értékekből (hányadosukból) meghatározható, hogy neutron vagy γ volt a detektált részecske [PS88]. Megemlítjük, hogy ezen módszer alkalmazásához a t_0 időeltolást stabilan kell tudni alkalmazni, ezért sok múlik a jel időzítésének pontosságán. A Q_{tot} és Q_{tail} előállításának sematikus vázlatát a szövegben részleteztük.



F1.2. ábra A neutrondetektor jeléből kétféle módon összegyűjtött töltések, a Q_{tot} és a Q_{tail} , kétdimenziós eloszlása. A függőleges tengelyen a Q_{tot} , míg a vízszintes tengelyen a Q_{tail} szerepel. Az események két különböző meredekségű sávba gyűltek össze. A nagyobb meredekségűben a γ -k által keltett események, az alsóban a neutron-detektálásokhoz tartozó események helyezkednek el. Ez alapján választottuk szét a neutron-eseményeket a γ -któl.