

Projekt OPPA: Modernizace praktického vzdělávání jaderných inženýrů na FJFI ČVUT – dvě vybrané úlohy

Ladislav Musílek, Petr Průša

KDAIZ FJFI ČVUT

- ▶ Řešeno v rámci projektu OPPA CZ.2.17/3.1.00/36038
- ▶ Inovace a zavedení nových praktických úloh
- ▶ Na projektu se podílí
 - ▶ KDAIZ
 - ▶ Statistický charakter radioaktivní přeměny
 - ▶ Mrtvá doba GM detektoru
 - ▶ Scintilační spektrometrie gama a anticomptonovské stínění
 - ▶ Tvarová analýza pulzů n a γ z plastového scintilátoru
 - ▶ TL dozimetrie a radiochromní filmy
 - ▶ Měření aktivity ^{60}Co koincidenční metodou
 - ▶ Časová spektrometrie jako náhrada koincidence
 - ▶ KJCH
 - ▶ KJR
 - ▶ KF



Statistický charakter radioaktivní přeměny

- ▶ Měření rozložení počtu zaznamenaných impulzů

- ▶ Teorie

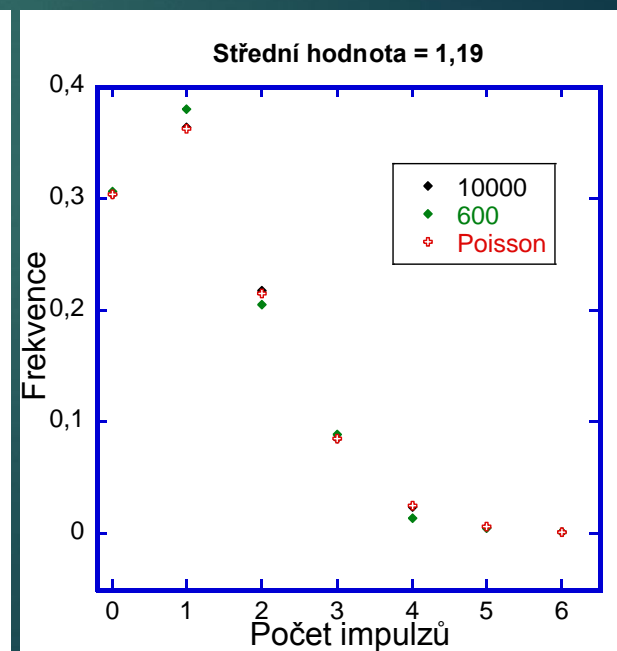
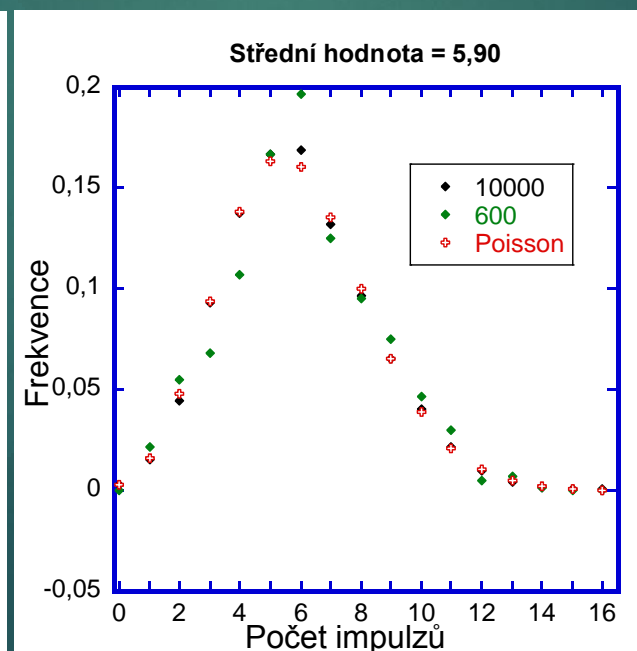
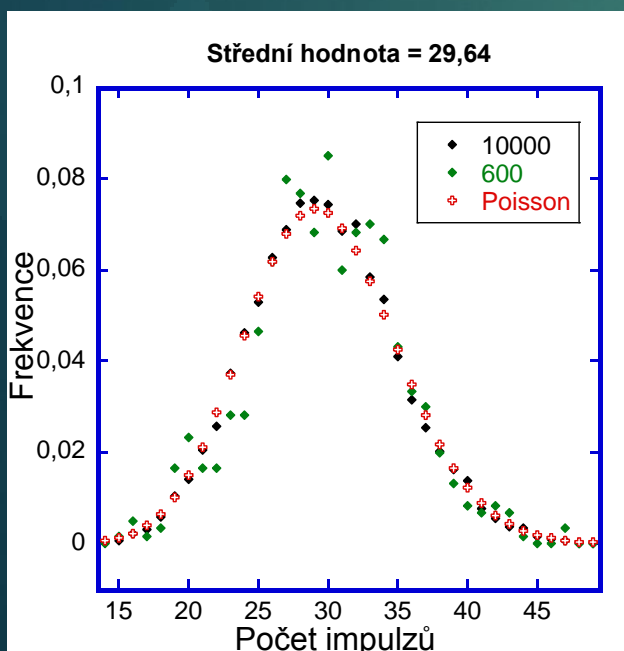
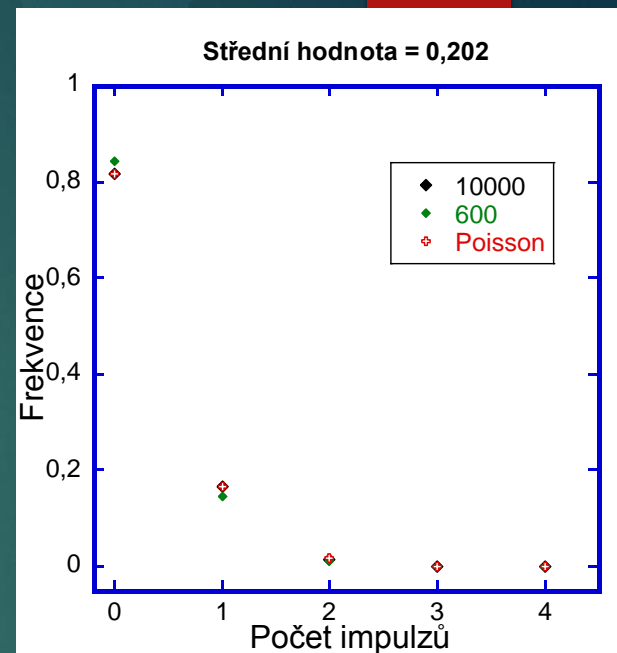
$$W(N) = \frac{(\bar{n} \cdot t)^N}{N!} e^{-\bar{n} \cdot t}$$

- ▶ Praxe?

- ▶ Dříve: GM detektor, zesilovač, zdroj VN, čítač, tužka, papír, 600 x 2 měření
 - ▶ - málo měření, málo sad měření, nižší přesnost, studenti trpí
 - ▶ + studenti nikdy nezapomenou, studenti trpí
- ▶ Dnes: NaI:Tl, zesilovač, zdroj VN, MCS, počítač, 10 000 x 8 měření
 - ▶ + dostatek měření, vynikající statistika, rychlost
 - ▶ -teoreticky nižší zapamatovatelnost, rychlost

Statistický charakter radioaktivní přeměny

- ▶ Za předpokladu průměrně inteligentního studenta
 - ▶ Vysvětlíme max za 10 minut
 - ▶ Změří za 5 minut



Statistický charakter radioaktivní přeměny

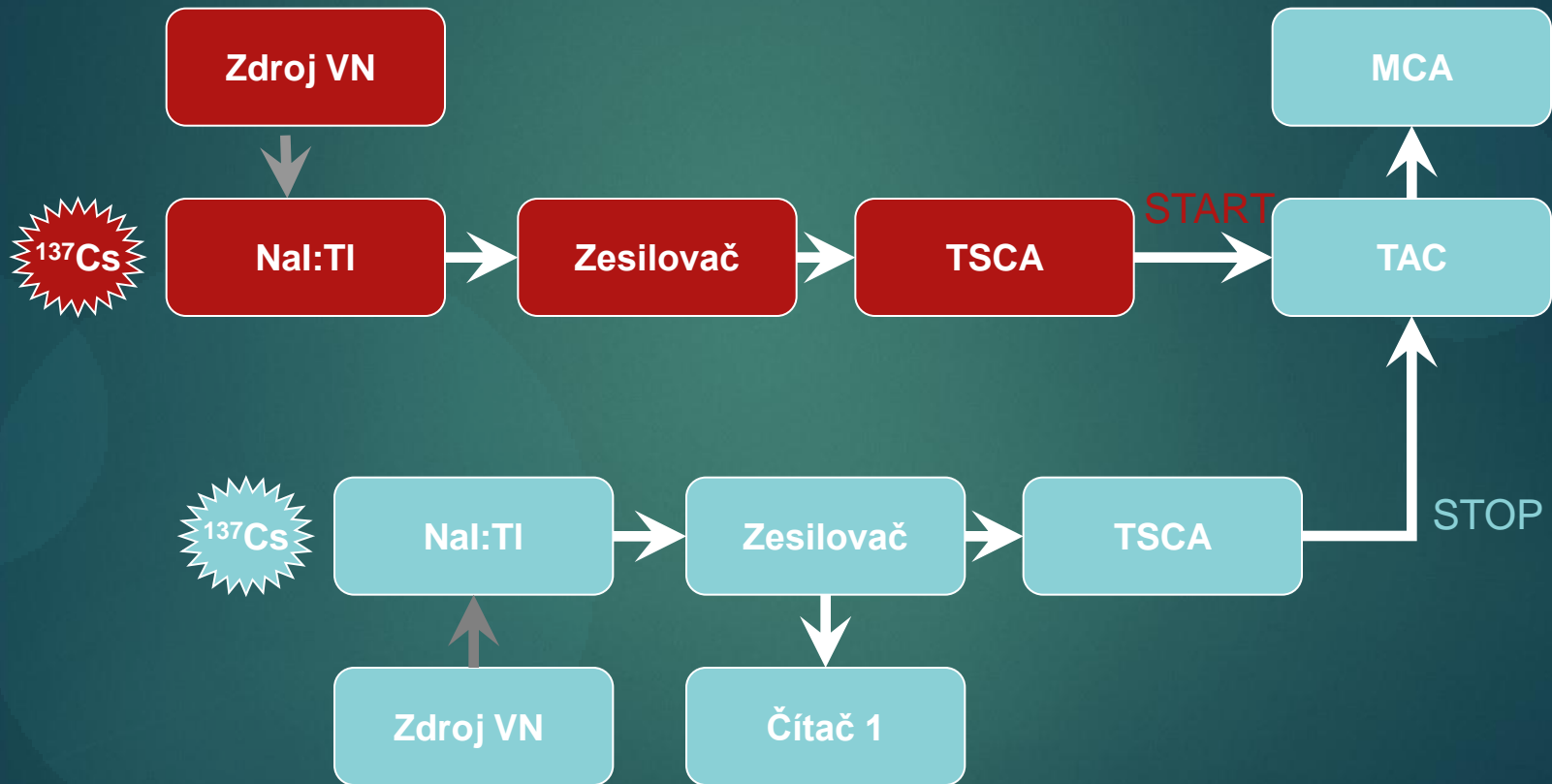
- ▶ Východiska inovace
 - ▶ Student ví, že „Poisson funguje“
 - ▶ Má spoustu času na další měření
- ▶ Doba do přeměny (detekce pulzu)
 - ▶ Je statistická veličina
 - ▶ → má rozdělení → odvodíme si jej → změříme si jej

$$W(N) = \frac{(\bar{n} \cdot t)^N}{N!} e^{-\bar{n} \cdot t}$$

$$\begin{aligned} dW &= W(0, T) \cdot [1 - W(0, dT)] \cong W(0, T) \cdot W(1, dT) = \\ &= e^{-(\bar{n} \cdot T + \bar{n} \cdot dT)} \bar{n} \cdot dT \cong e^{-\bar{n} \cdot T} \bar{n} \cdot dT \end{aligned}$$

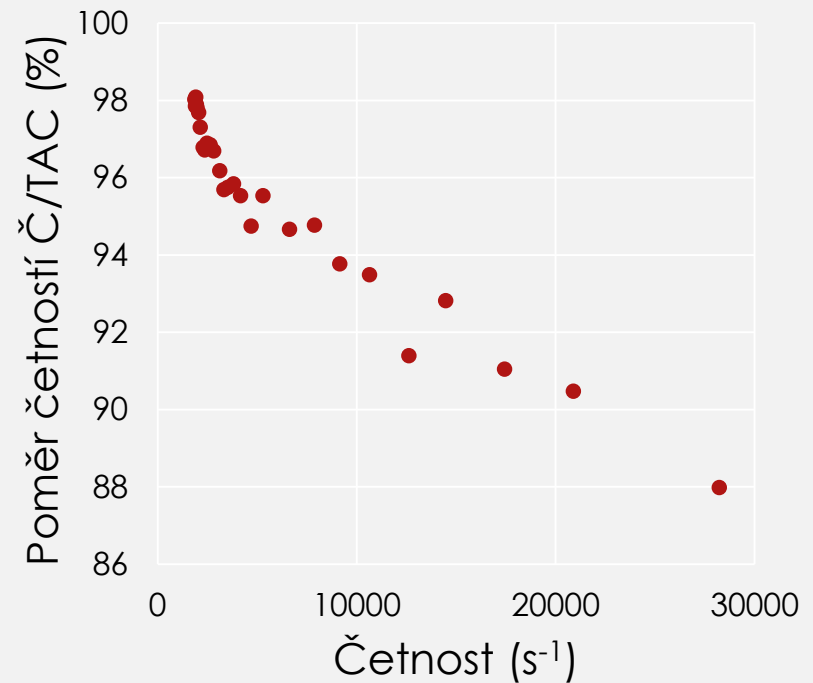
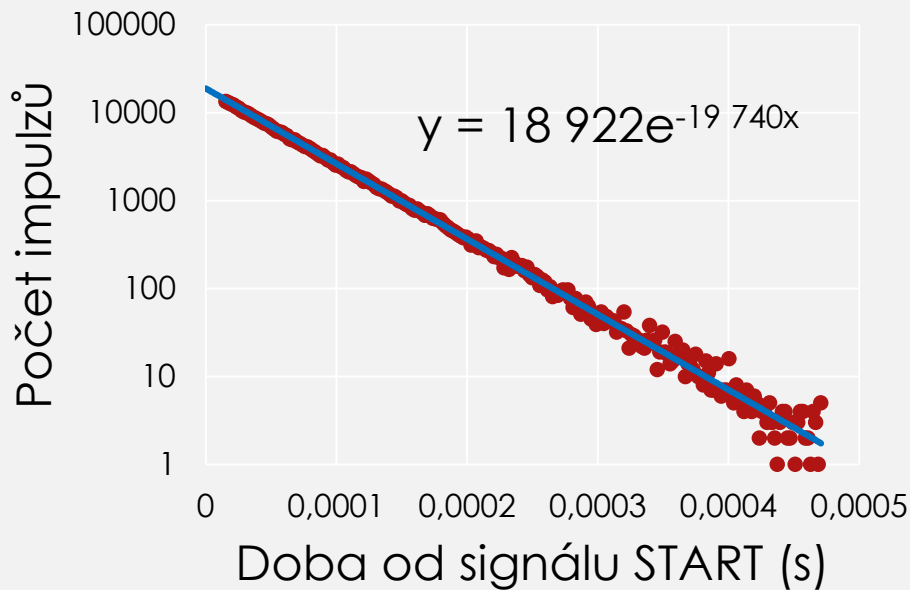
- ▶ $W(0, t)$ – „od 0 do T neregistruji nic“
- ▶ $W(0, dT)$ – „od T do T+dT neregistruji nic“
- ▶ Výsledné rozdělení: Exponenciála (Pascalovo rozdělení) – sklon závisí na četnosti pulzů

Statistický charakter radioaktivní přeměny



Statistický charakter radioaktivní přeměny

Na čítači 18911 pulzů



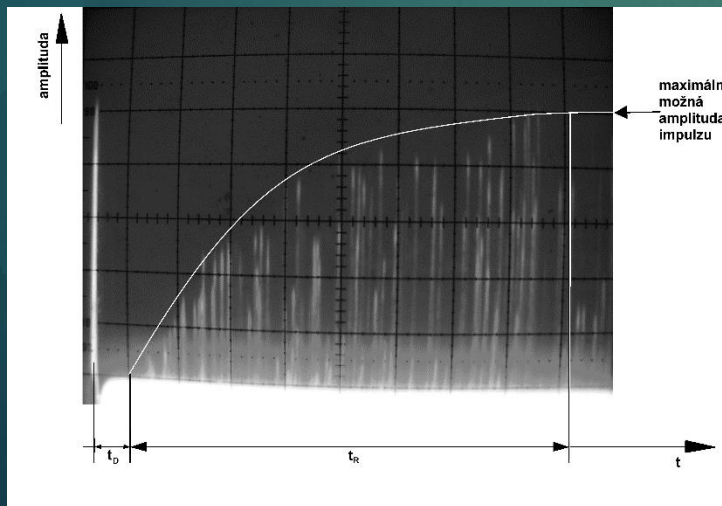
- ▶ Kde se bere odchylka obou údajů?
 - ▶ mrtvá doba ?
 - ▶ Pokud kumulativní: $5,12 \pm 0,58 \mu s$
 - ▶ Pokud nekumulativní: $10,16 \pm 2,52 \mu s$
 - ▶ Na základě pozorovaných závislostí → spíše kumulativní

Mrtvá doba GM detektoru – metoda dvou zářičů

$$\frac{M_1}{1 - M_1 t_d} + \frac{M_2}{1 - M_2 t_d} = \frac{M_{12}}{1 - M_{12} t_d} + \frac{M_p}{1 - M_p t_d}$$

► Důvěryhodná metoda, ale...

- 1/ V existenci mrtvé doby věřiti budeš
- 2/ Je jediná mrtvá doba a ta je nekumulativní
- 3/ Mrtvá doba je neměnná a věčná, jen na napětí závislá



Mrtvá doba GM detektoru – využití časové spektrometrie

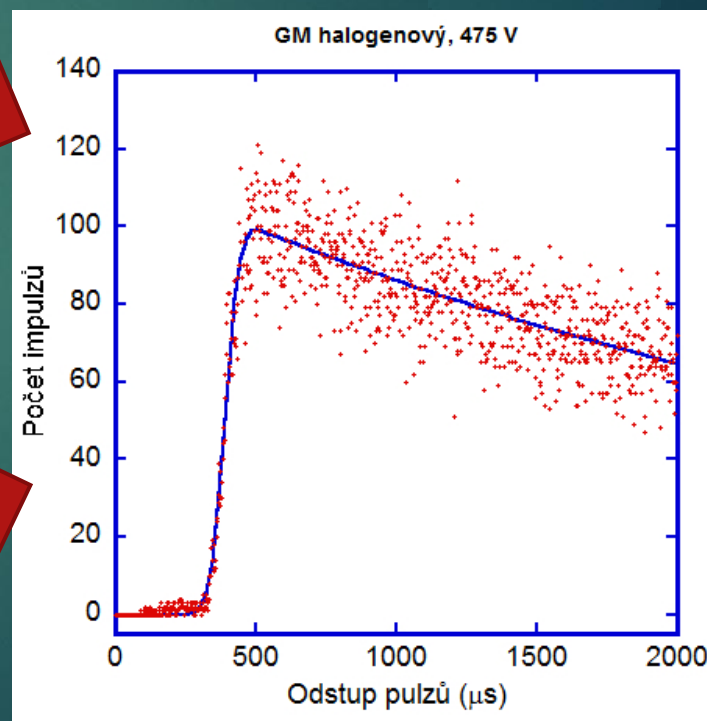
- ▶ Změřme doby mezi dvěma po sobě jdoucími pulzy...
- ▶ Rozestupy kratší mrtvé doby nemohou existovat (je-li mrtvá doba)



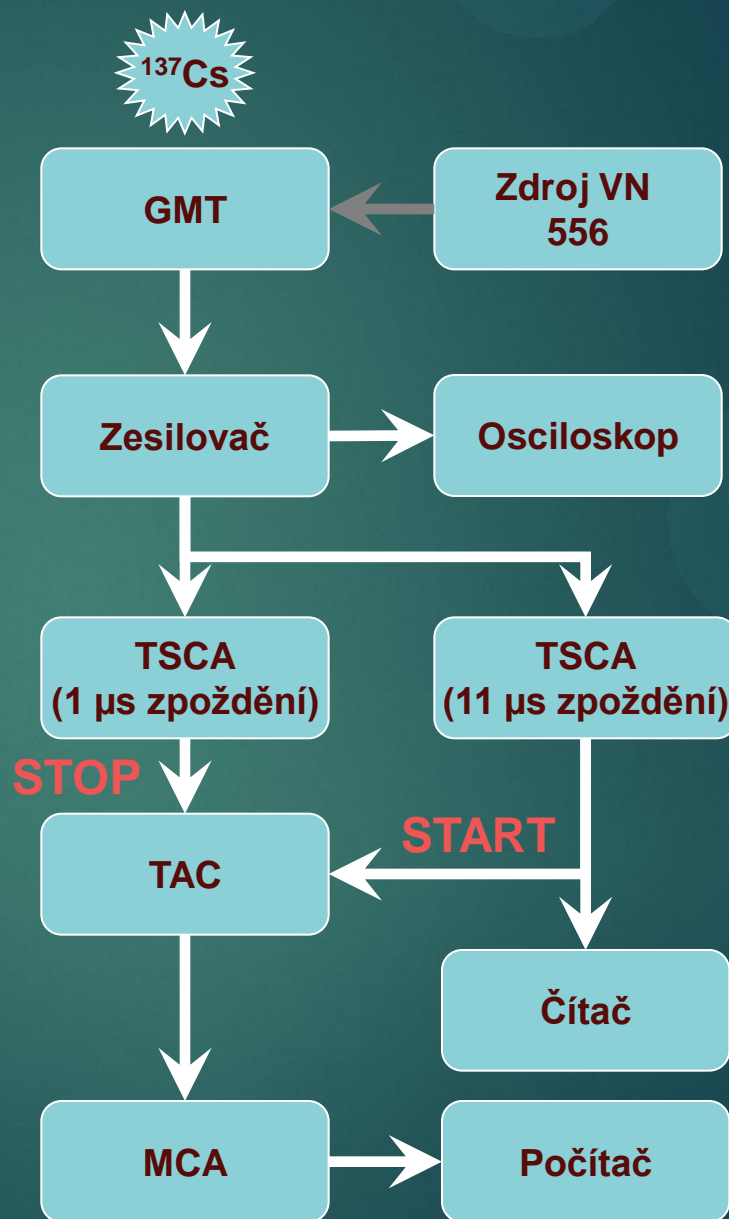
Nesedí



Sedí



Mrtvá doba GM detektoru – zapojení aparatury

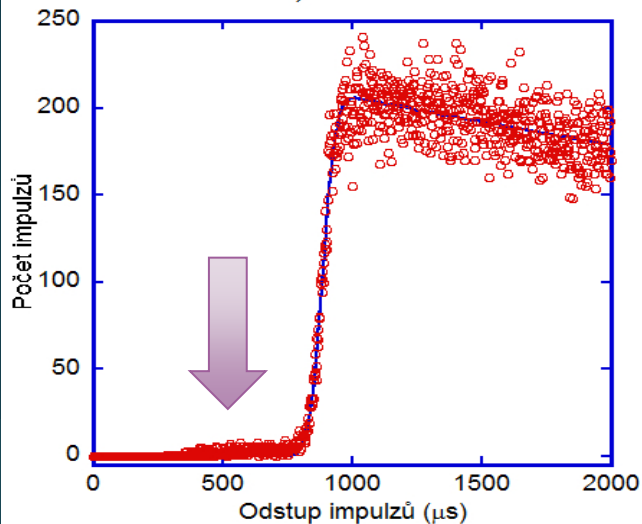


Mrtvá doba GM detektoru – co závislost na četnosti pulzů?

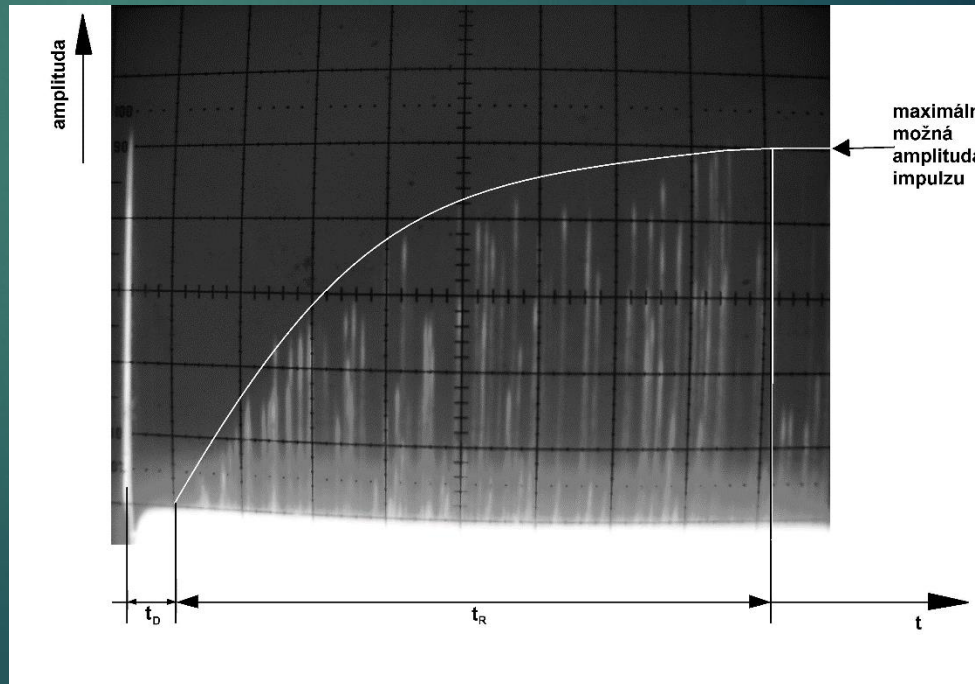
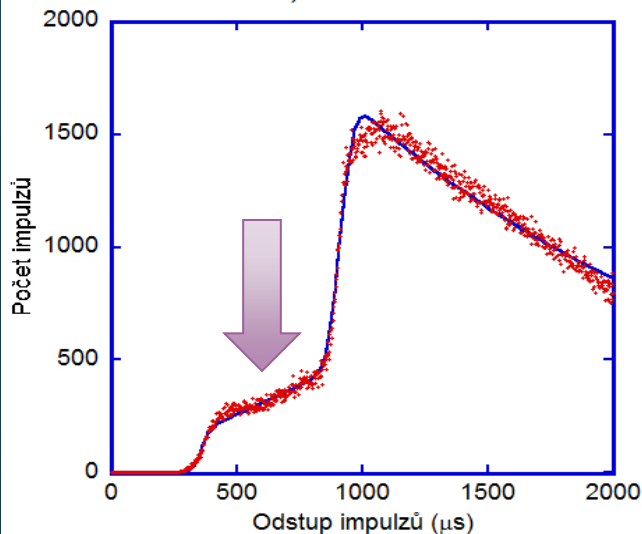


- ▶ Mrtvá doba za nižšími pulzy je kratší
- ▶ S rostoucí četností impulzů jejich zastoupení roste

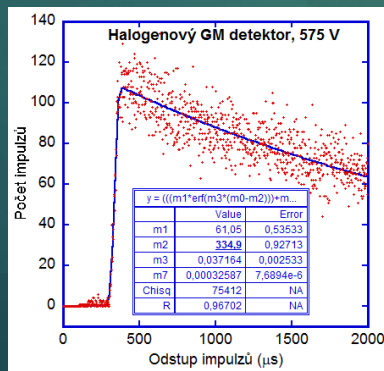
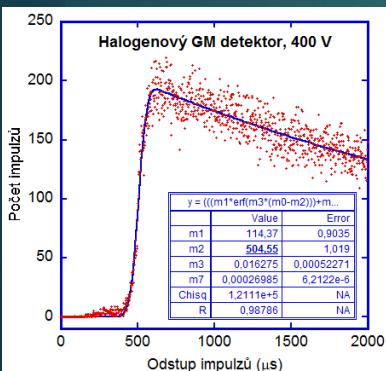
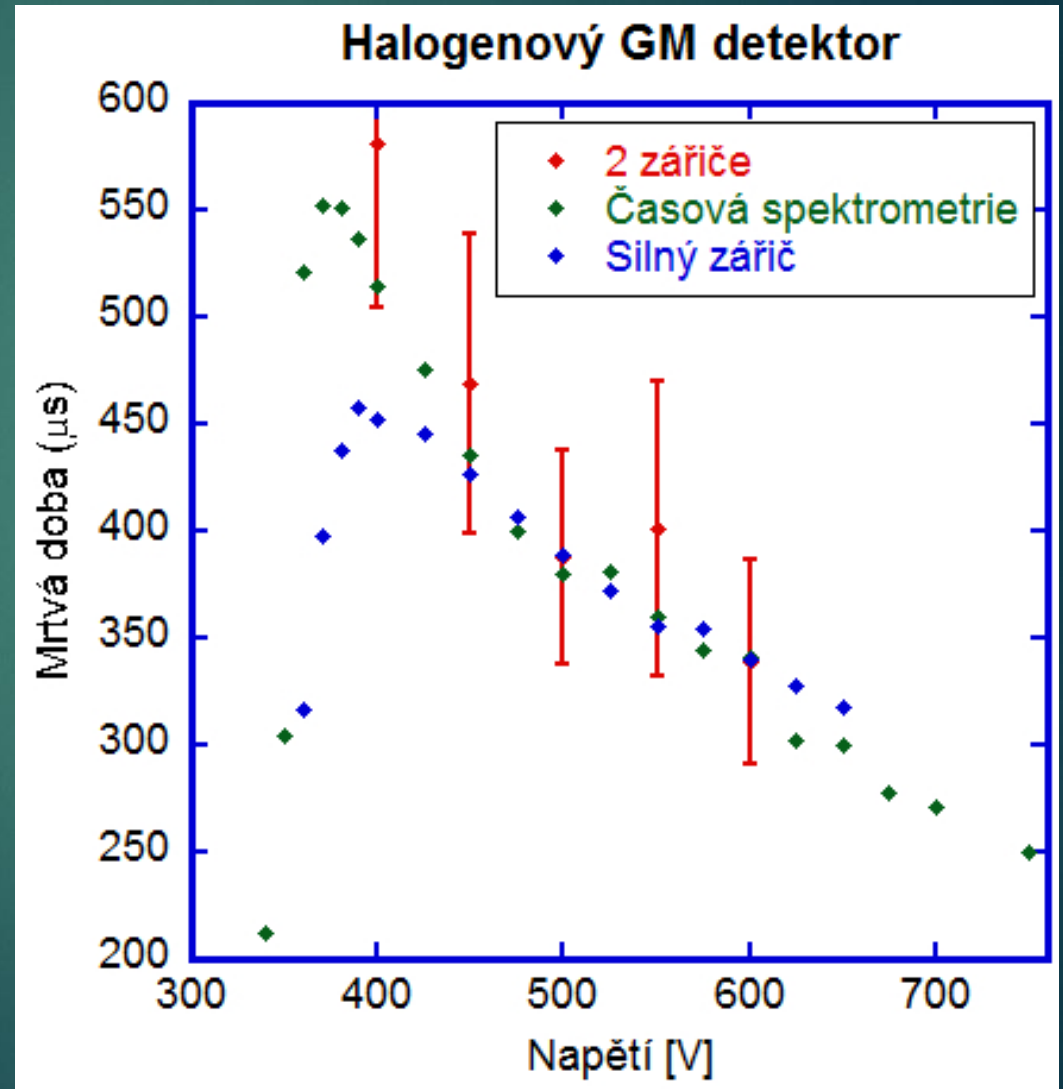
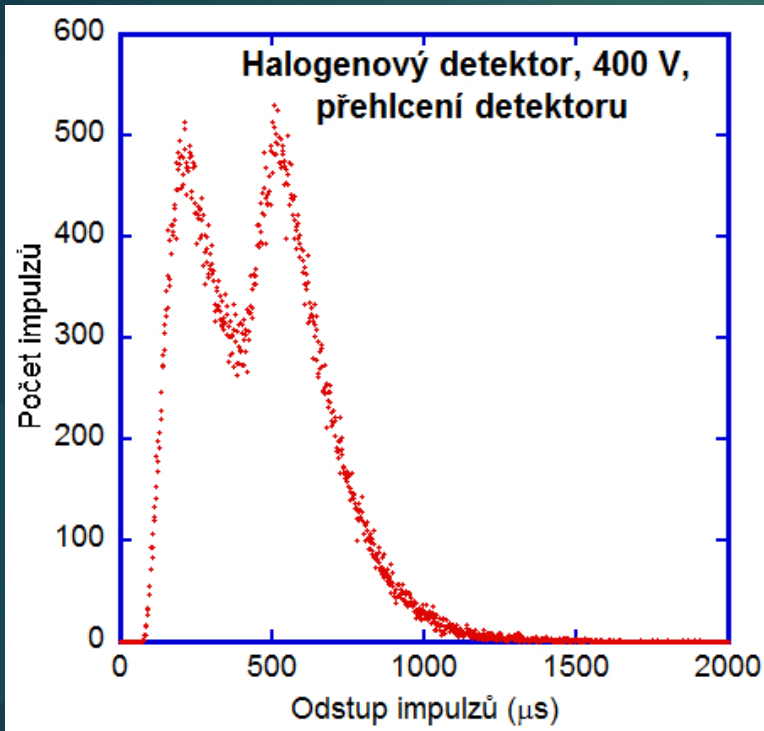
400 V, nižší četnost



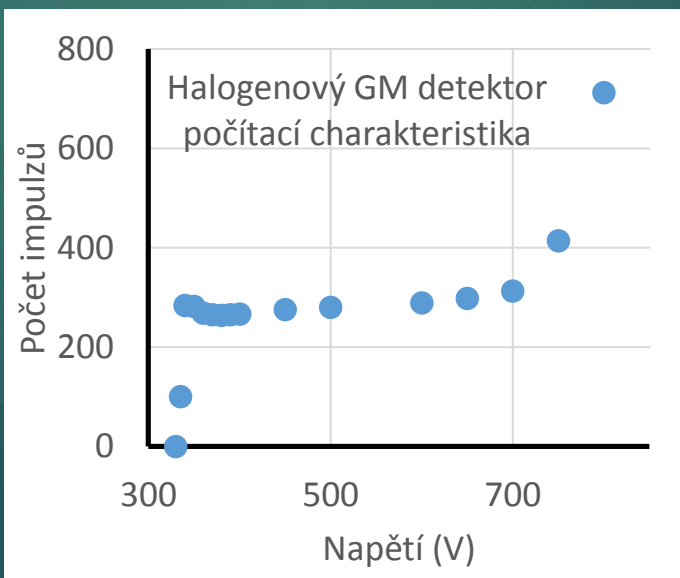
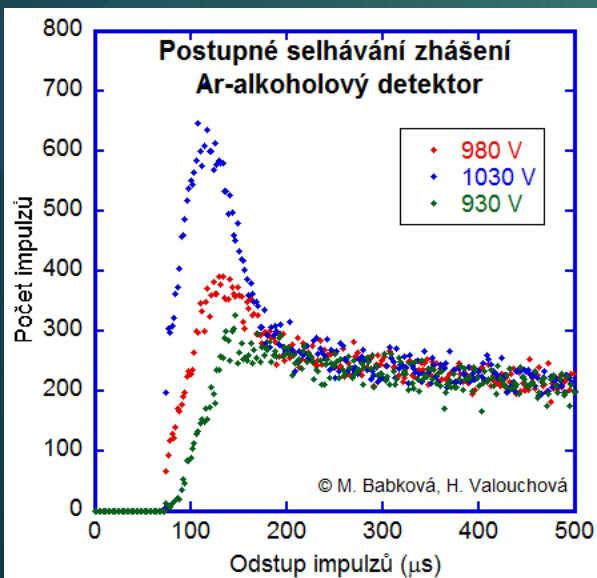
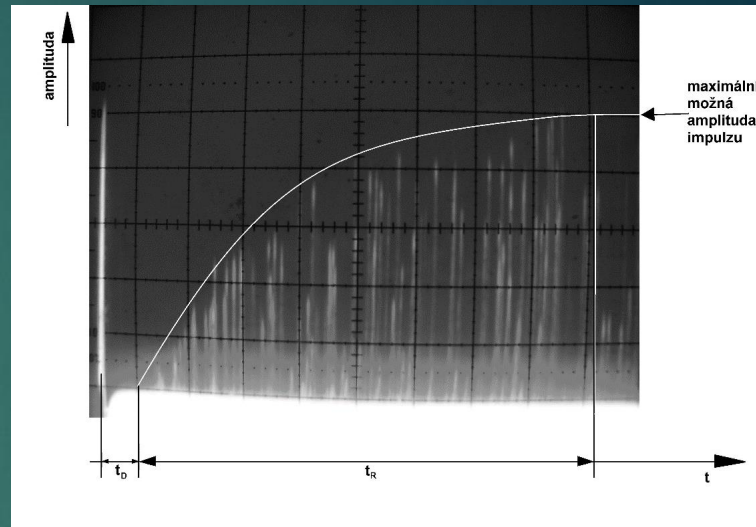
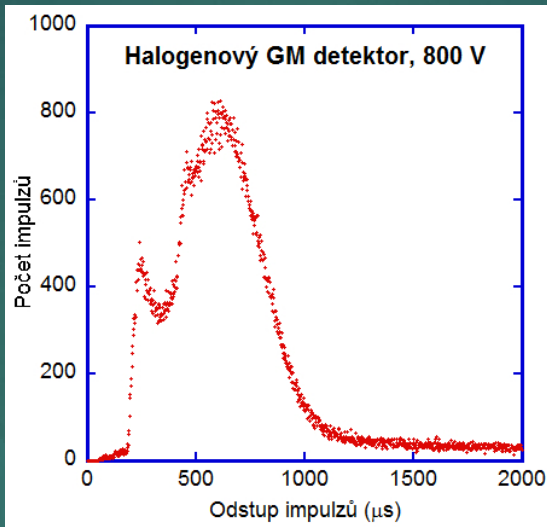
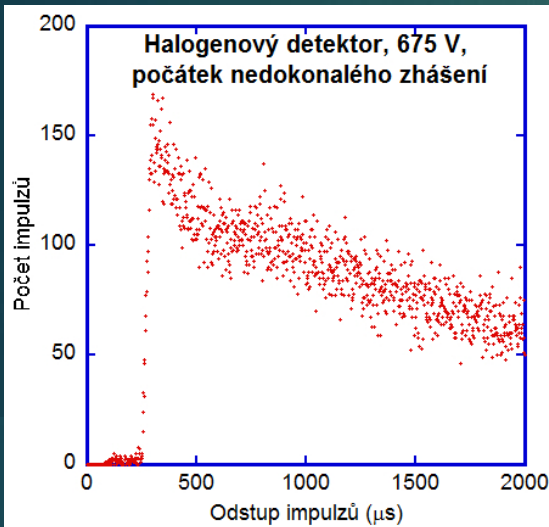
400 V, značná četnost



Mrtvá doba GM detektoru – přehlčení detektoru + závislost na napětí



Mrtvá doba GM detektoru – Selhání zhášecího mechanismu



- ▶ Na počítačí charakteristice zřetelné
 - ▶ Až při výrazném nárůstu
 - ▶ Navíc nevidíme příčinu
- ▶ Na osciloskopu nezřetelné
- ▶ V časovém spektru zřetelný
 - ▶ Příčina alespoň naznačena
 - ▶ Metoda odhalí tento jev i na mírně strmější plošině