

Time-of-Flight detektor pro projekt ATLAS/AFP

Tomáš Komárek

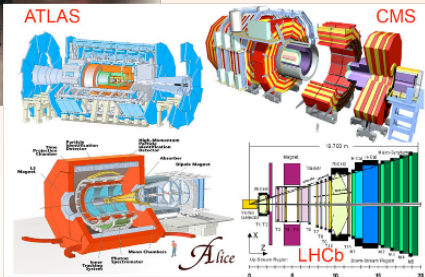
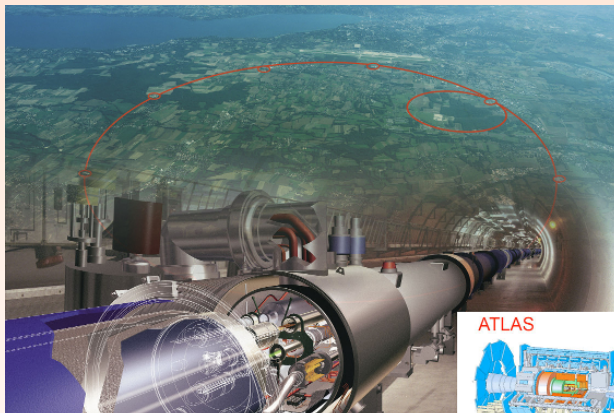
tomas.komarek@cern.ch

Skupina částicové fyziky

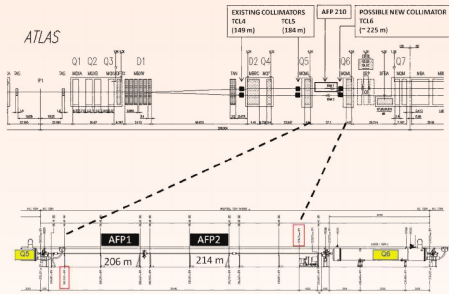
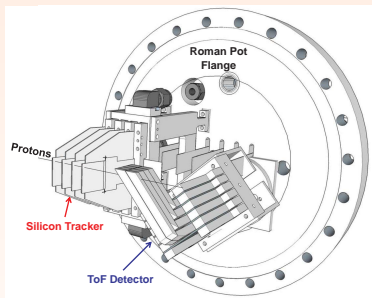
Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR
17. listopadu 50A, 772 07 Olomouc

26. března 2021

LHC – největší urychlovač na světě



- **A**TLAS **F**orward **P**roton
- Dopředný detektor zaměřený na difrakční protony
- Umístěn v "Roman Pot" (RP) ~ 210 m od IP¹ ATLASu
- Pouze milimetry od svazku protonů!
- 3D pixelový detektor + ToF (jen vzdálenější stanice)

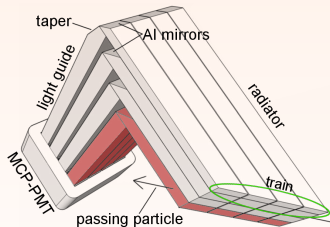
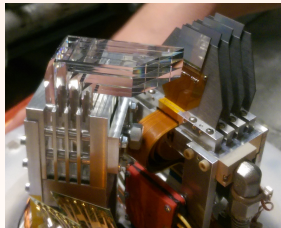
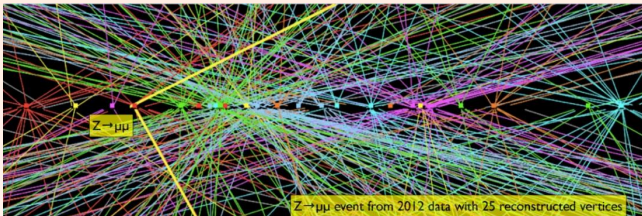


- Dále se zaměřím na Time-of-Flight (ToF) poddetektor

¹Interaction Point (Interakční bod)

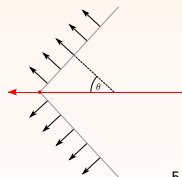
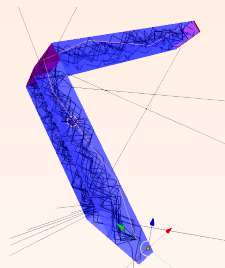
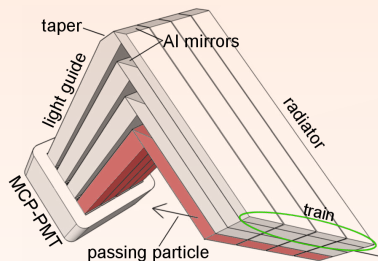
ToF detektor

- Rychlý Čerenkovský časovací detektor
- Účel: přiřadit protony zachycené AFP k jednotlivým kolizím v IP1
→ čas určí polohu a přiřadí se vertex (bod srážky)
- Cílem dosáhnout 10 ps rozlišení, 30 ps ze začátku



ToF – optická část

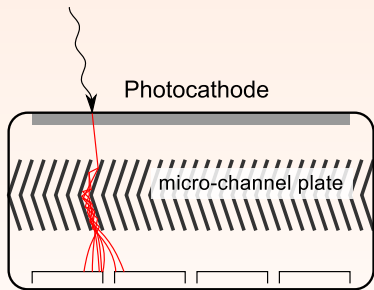
- 4x4 matice tyčinek z křemenného skla, tvaru L
 - tyčinky jsou nakloněny 48° od svazku LHC (Čerenkovský úhel θ)
- Fotonásobič typu MCP-PMT
- Typicky ~ 100 Čerenkovských fotonů dorazí na PMT z tyčinky
 $\Rightarrow \sim 20$ fotoelektronů



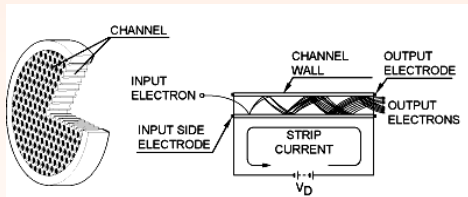
- Částice projde skrz "train" ($n = 4$ tyčinky)
 $\rightarrow 4$ (převážně) nezávislá měření
 \rightarrow ideální případ: $\frac{1}{\sqrt{n}}$ vylepšení rozlišení

MCP-PMT

- Hlavním prvkem microchannel plate (MCP), kanálky typicky jednotky až desítky μm
- Pixelizace čistě geometrií a rozmístěním anod
- Možné sdílení náboje mezi více pixely
- Hlavní výhody: kompaktní konstrukce, časové rozlišení, odolnost silným magnetickým polím (i jednotky T)



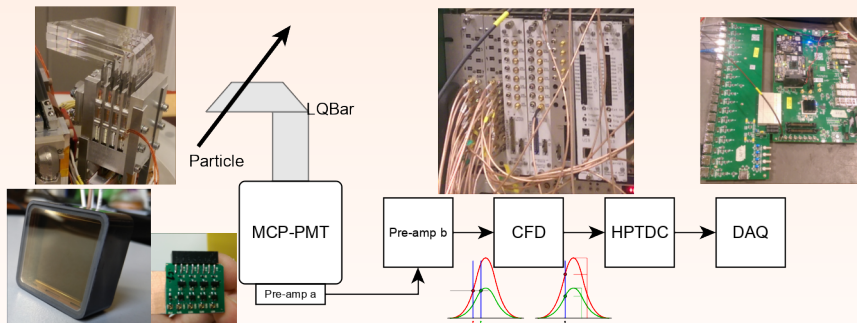
MCP-PMT anode channels





signál z PMT zpracovává širokopásmová elektronika (rychlé hrany)

- Dva stupně zesilovačů (vlastní výroby)
- CFD – Constant Fraction Discriminator
- HPTDC – „hodiny“, High Performance Time to Digital Converter (24.4 ps/bin)
- DAQ systém



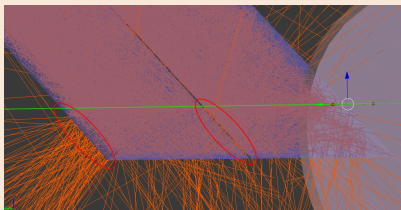
Simulace – šíření světla tyčinkami

Lze využít např pro optimalizaci tvaru

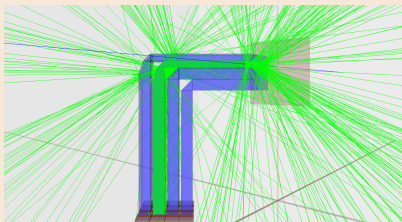
Sledujeme více parametrů:

- síla a časové rozmytí signálu
- místa úniku
- přeslechy mezi kanály (a jejich míra škodlivosti)

Přeslechy podél neškodí



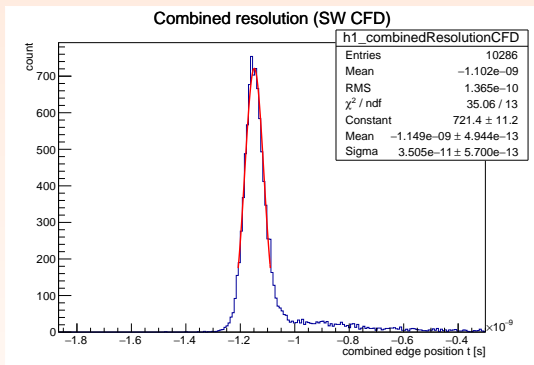
Přeslechy napříč téměř nejsou



Pořádná simulace PMT nám zatím chybí!

Časové rozlišení PMT

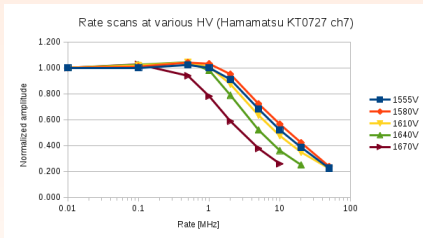
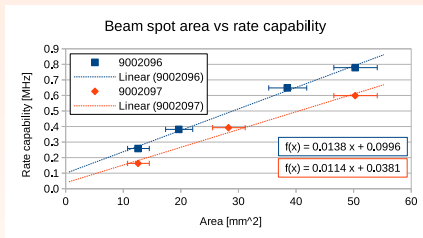
- Hlavní charakteristika: TTS (transit time spread), typicky několik desítek ps (u námi používaných < 35 ps)



- Více fotoelektronů \Rightarrow lepší rozlišení (v principu $1/\sqrt{n}$)

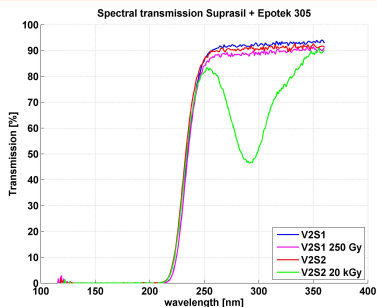
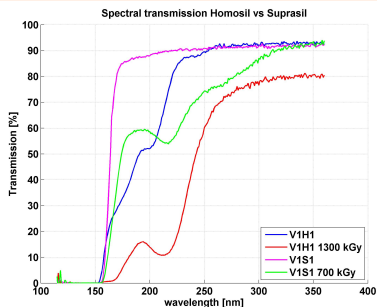
Vysoké opakovací frekvence pulzů PMT

- Saturace vyčerpáním elektronů z MCP
- Závisí na více parametrech: intenzita světla/plocha, vnitřní odpor PMT, zesílení PMT, ...



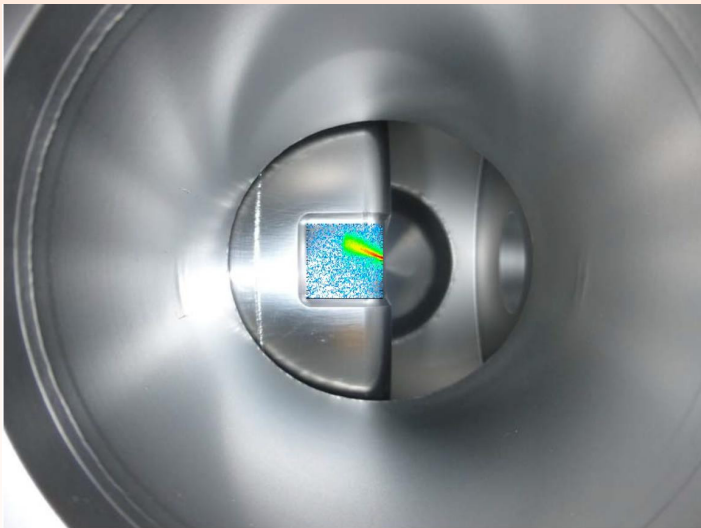
Radiační odolnost ToF

- Ozařovací testy na materiálu tyčinek
 - Suprasil (křemenné sklo) a lepidlo Epotek 305
- Průhlednost v blízkém UV trpí s radiační dávkou u obou materiálů
- Nejslabším prvkem lepidlo spojující části tyčinky → nově výroba z jednoho kusu



ToF radiační odolnost – prostorová neuniformita

- Radiační zatížení silně neuniformní
- Jak to vypadá „z pohledu svazku“:



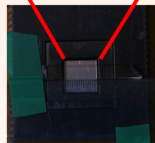
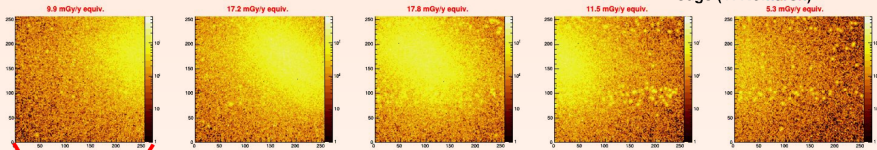
Ozáření tyčinky po roce na LHC

Materiály vystavené vysokoenergetickým svazkům částic se aktivují

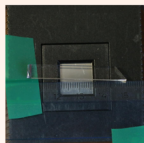
Results: “hotspot” in about $\frac{1}{3}$ distance from edge

Hotspot ‘ellipse’ main axis ~parallel to the edge

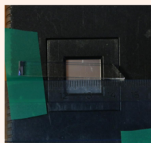
Alphas from bar sides highlight the edge (T. Komárek)



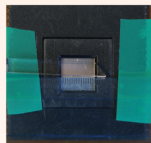
$d=20\text{mm}$
9.9mGy/y



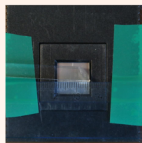
$d=15\text{mm}$
17.2mGy/y



$d=10\text{mm}$
17.8mGy/y



$d=5\text{mm}$
11.5mGy/y

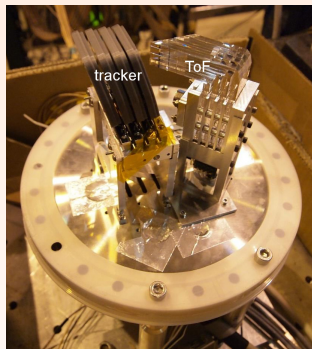
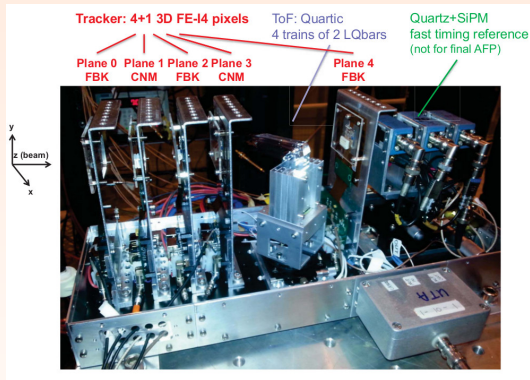


$d=1\text{mm}$
5.3mGy/y
Not corrected
for cut area

d is the distance of the bar's sharp edge point from chip's right edge

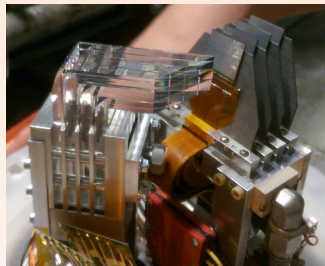
Testy na svazku ("Beam testy")

Beam testy na H6 beamline v CERN SPS severní oblasti (120 GeV piony), případně v DESY Hamburk (5 GeV elektrony)



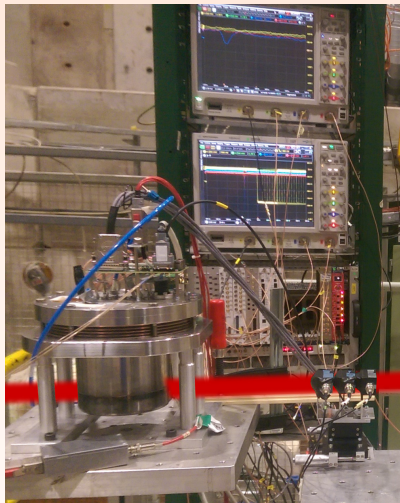
Instalace

- Instalace na odchozí beamline od ATLASu (IP1), ~ 210 m
- ToF jen ve vzdálenějších AFP stanicích na obou stranách

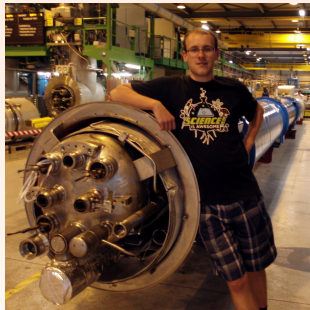
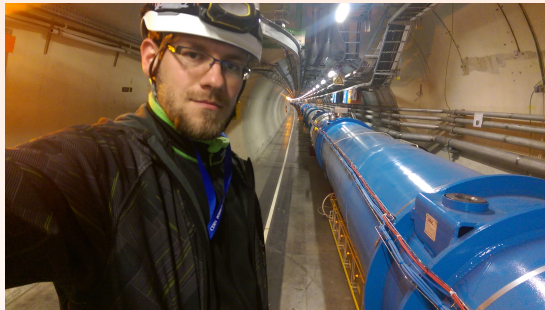


Jak se tedy zapojit?

- Testy fotonásobičů na laseru
- Analýza dat z beam testů
- Simulace chování detektoru
- ...



Děkuji za pozornost



tomas.komarek@cern.ch