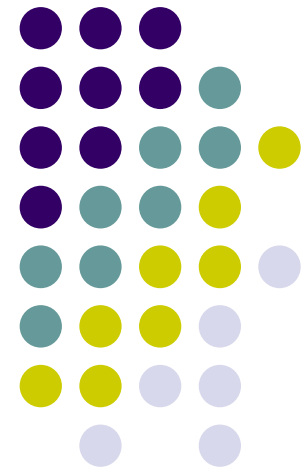


ALICE - експеримент с тежки йони

ЦЕРН, 15/10/08

П.Христов





Съдържание

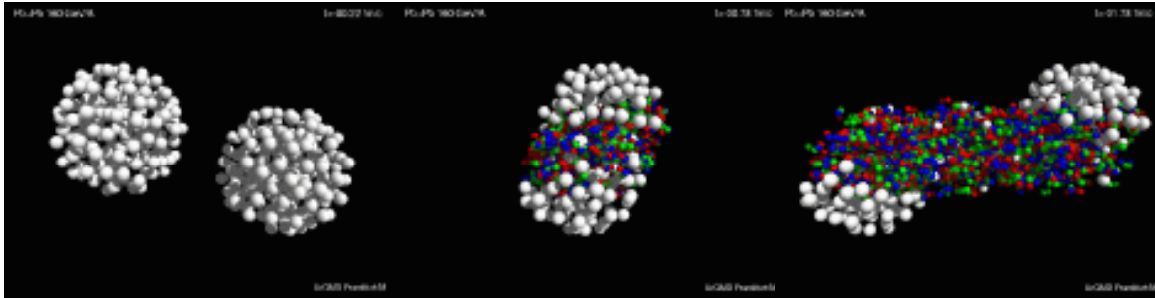
- Физическо обосноваване
- Детекторът ALICE
- Примери за сигнали от КГП (Кварк-Глуонна Плазма)
- Първи физически изследвания: протон-протон

Материали:

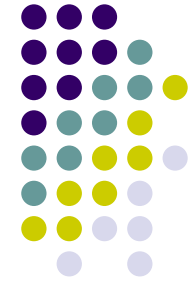
“Outreach” talks of Y.Schutz and F.Carminati

[Presentation of J.-P. Revol \(22/04/08\)](#)

[Lectures of T.Nayak \(09/2008\)](#)



ALICE



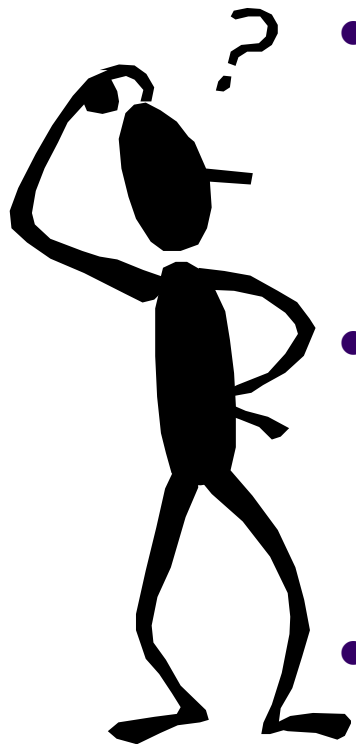
- “A Large Ion Collider Experiment” за изследване на ядро-ядрени сблъсъци на LHC
 - **Защо ядро-ядрени сблъсъци?**

Загряване и сгъстяване на веществото...

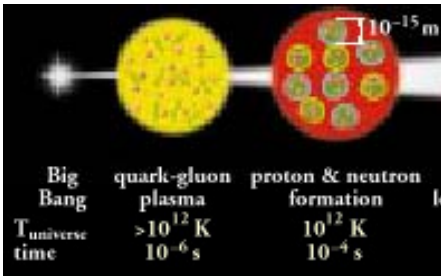
 - ...до температура около 100,000 пъти по висока от тази в центъра на Слънцето
 - ...до плътност, при която Хеопсовата пирамида би се събрала в главата на карфица

Сравнено с pp по-голяма част от енергията ражда частици
 - **Защо е нужно това?**
 - За да се пресъздадат условията (плътност и налягане) съществували микросекунди след Големия взрив
 - За да изследваме това състояние в лабораторни условия

Отворени въпроси



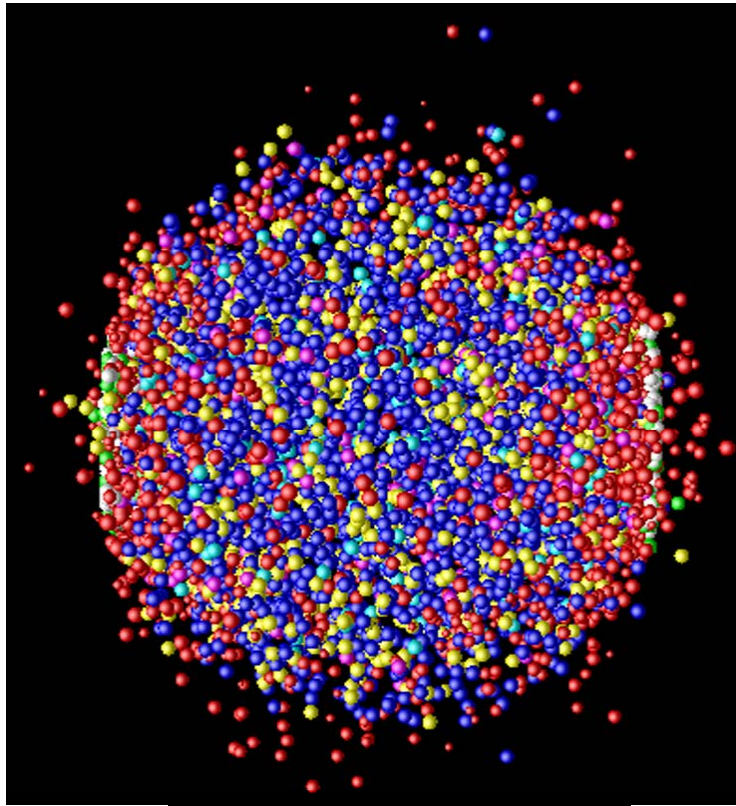
- Защо кварките са постоянно затворени в протоните, неутроните и другите адрони (нито един експеримент не е наблюдавал свободни кварки)?
- Защо масата на протона е на два порядъка по-голяма от масата на съставлящите го кварки? Каква е причината за такава голяма маса?
- Защо кварките имат различни маси? Какво нарушава киралната симетрия на фундаментално равнище?



Миниатюрен Голям взрив



Лаборатория



1. Ускорените йони се сблъскват челно
2. Енергията на сблъскването се трансформира в кварки и глюони
3. Силно взаимодействие между кварките и глюоните: материята достига равновесно състояние
4. Системата се разширява и охлажда
5. Кварките и глюоните "кондензират" в адрони

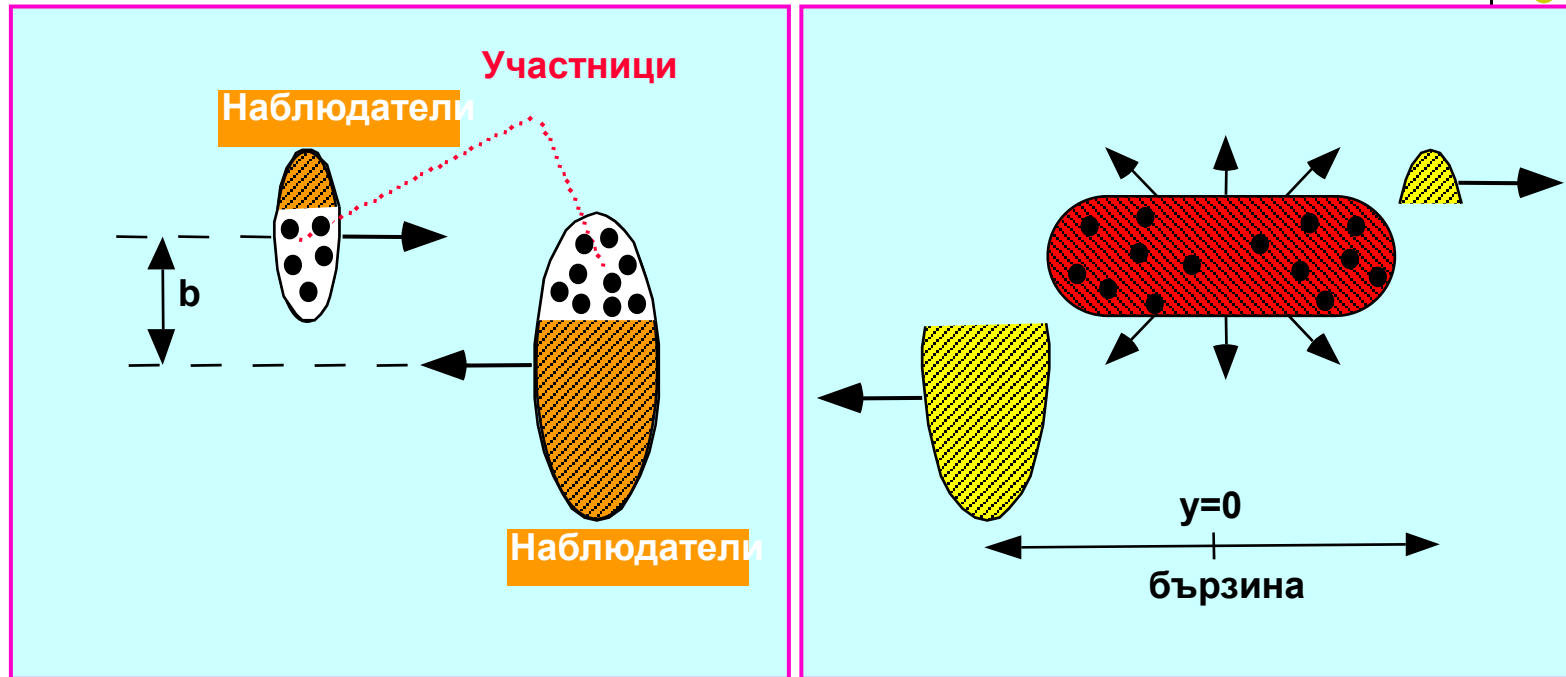
$$v/c = 0,99999993$$

Лоренцово свиване : 7 fm \rightarrow 0,003 fm

$$t \sim 10^{-23} \text{ s}$$

$$T \sim 10^{12} \text{ K}$$

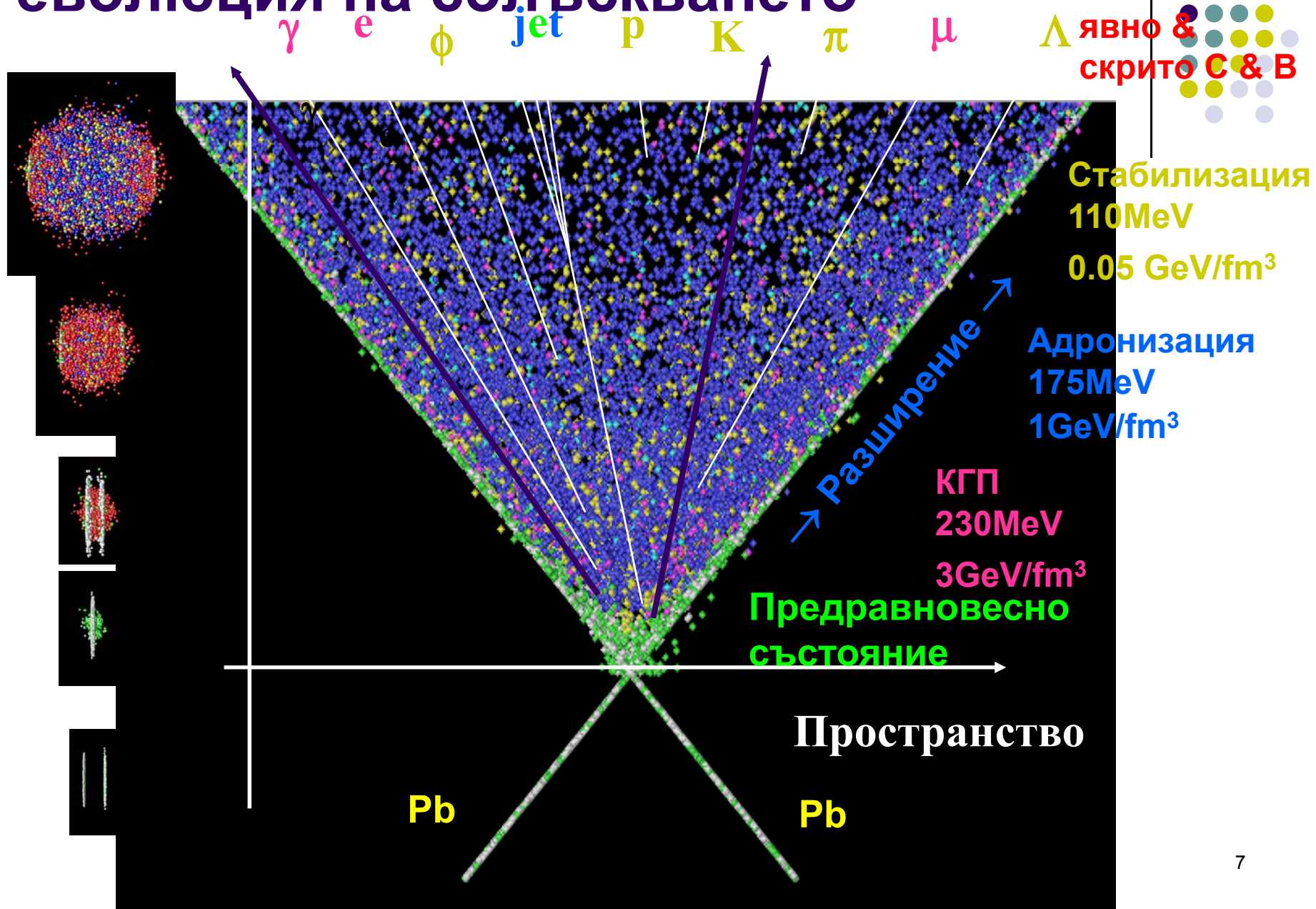
Геометрия на събитията: участници и наблюдатели



Броят на участниците (N_{part}) намалява когато прицелният параметър b расте, а броят на наблюдателите (N_{spec}) намалява

$$A_{proj} = N_{spec} + N_{part}$$

Пространствено-временна еволюция на сблъскването



Термодинамика на КГП

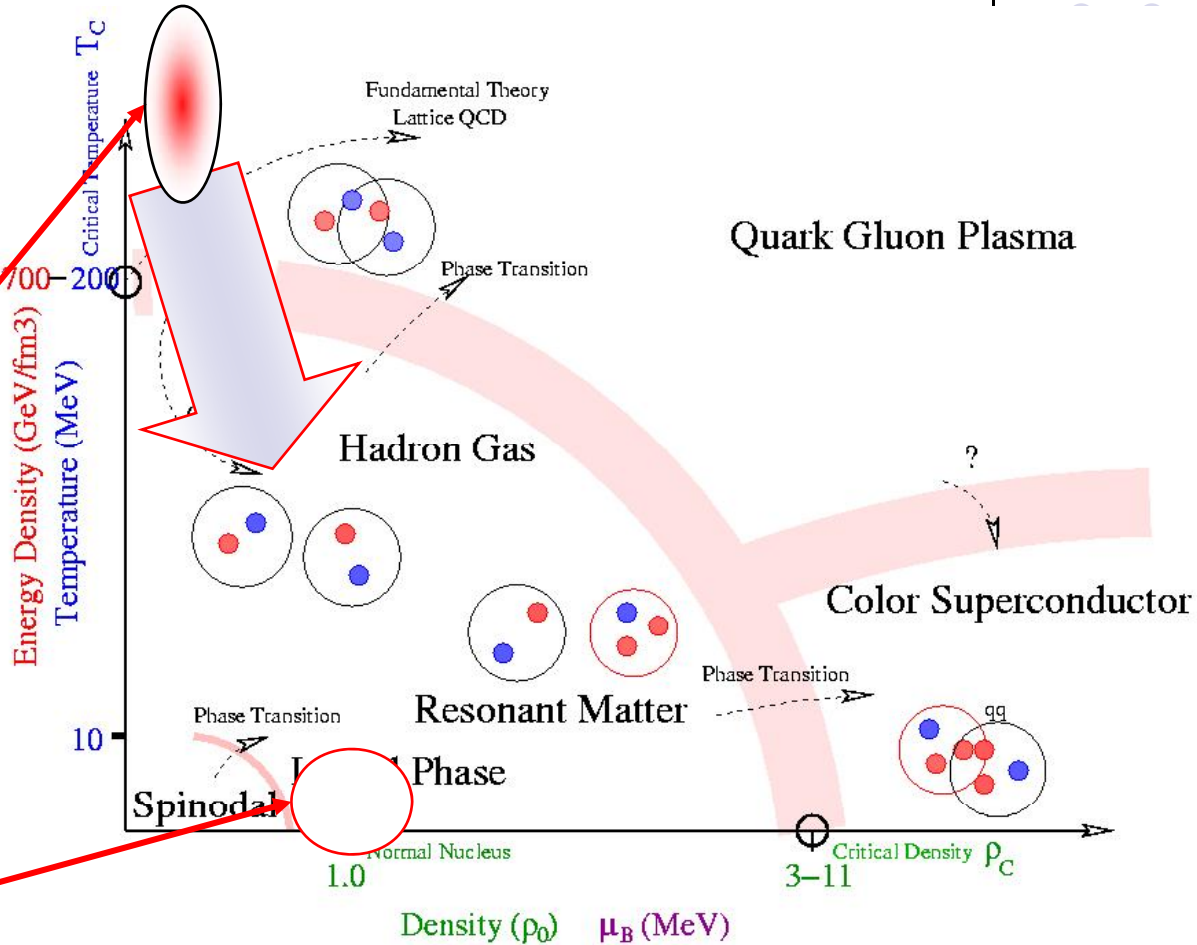


Големият взрив започва тук

Pb сблъсък на LHC ще ни отведе тук

Ще изучаваме тази траектория

Ние сме тук

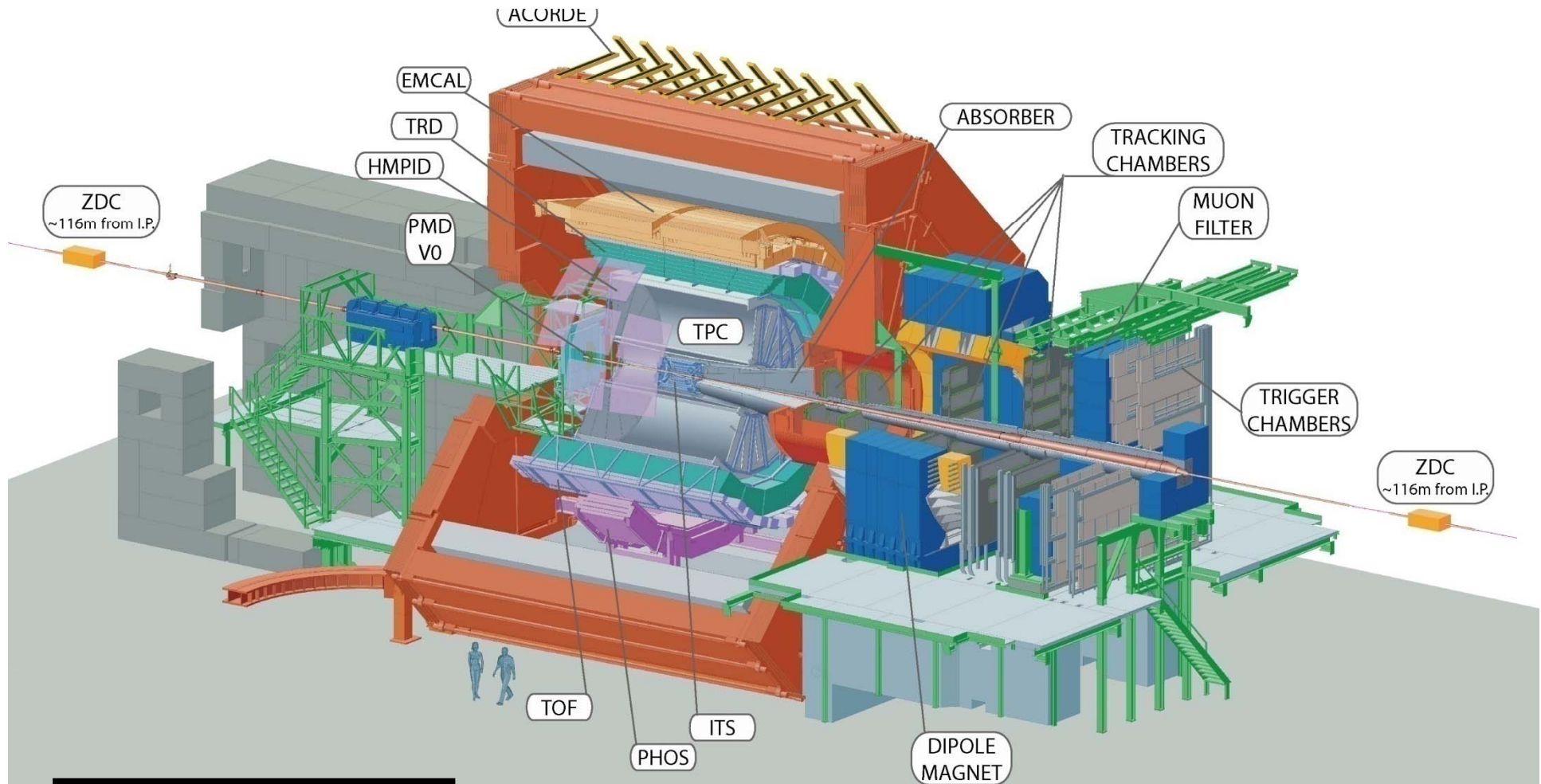




Програма за действие



- Около 16,000 частици минават през детектора при всеки сблъсък; броят частици достига 90 на cm^2 в близост до точката на взаимодействие!
- Всяка частица се измерва индивидуално: общ брой, траектория, идентификация на типа, определяне на 4-импулс;
- Определяне точката на взаимодействие с точност няколко μm ;
- Идентификация на интересни редки събития в рамките на 100 μs ;
- Запис на данни 1.2 Gb/s (2 CD/s) и 1 Pb/y (4 Km висок куп CD);
- Достъп до данните за 1,000 физици в 80 института от 28 страни.



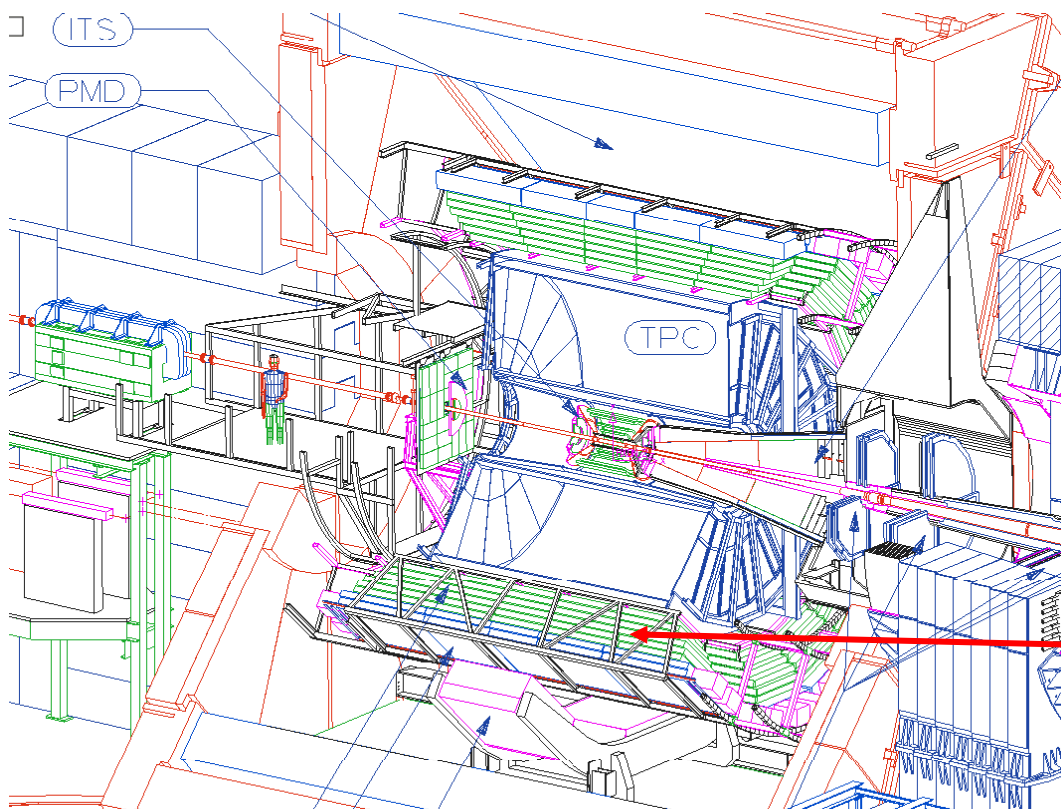
Size: 16 x 26 meters
Weight: 10,000 tonnes





ALICE : централна част

- За точно измерване на координатите системата е разделена на стотици милиони чувствителни клетки ;
- Точката на взаимодействие е обкръжена от детектори

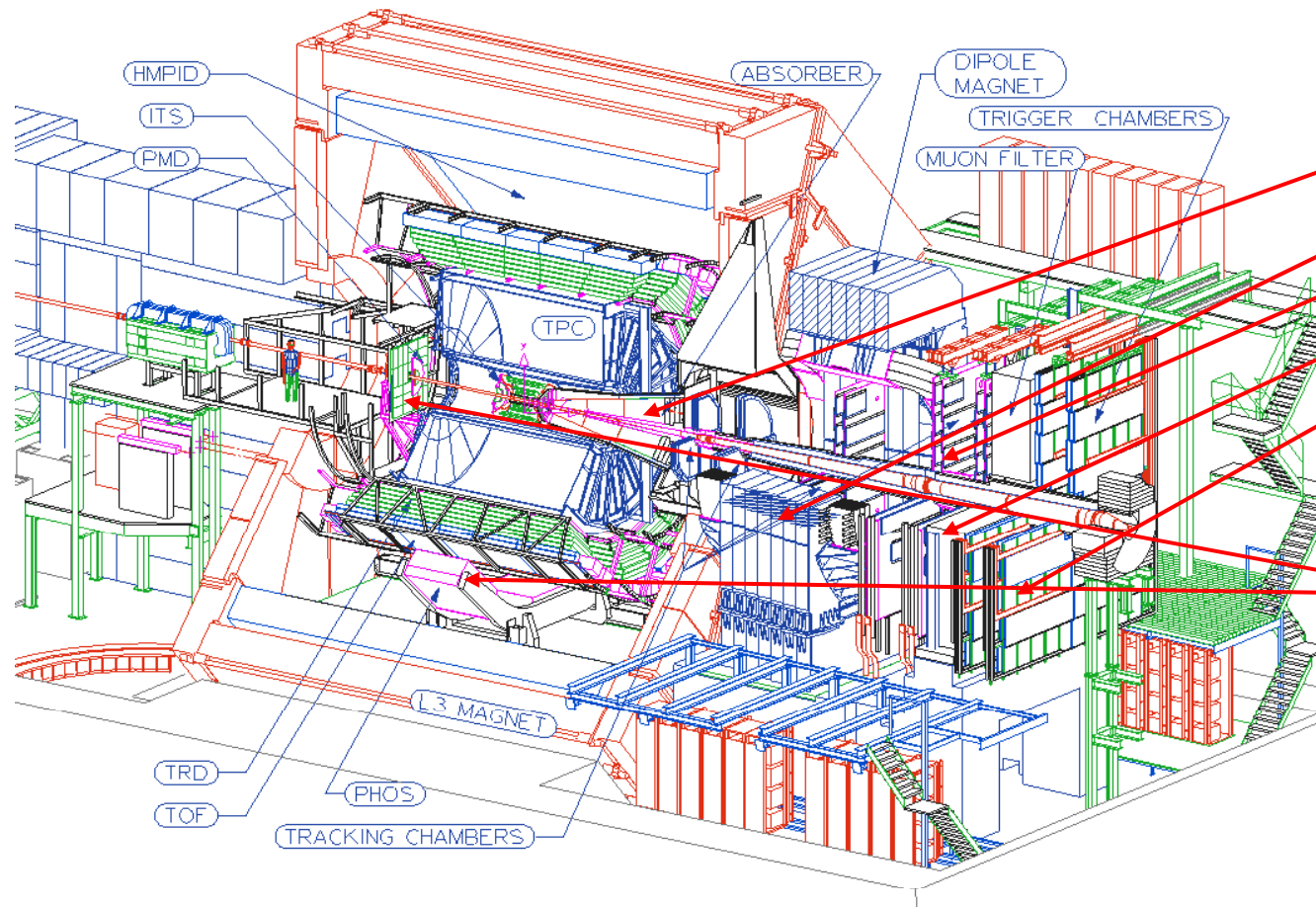


Вътрешен трекер
(ITS): p, id

Времепроекционна
камера (TPC) : p, id

Детектор на
преходно излъчване
(TRD): електрони

ALICE: специализирани детектори

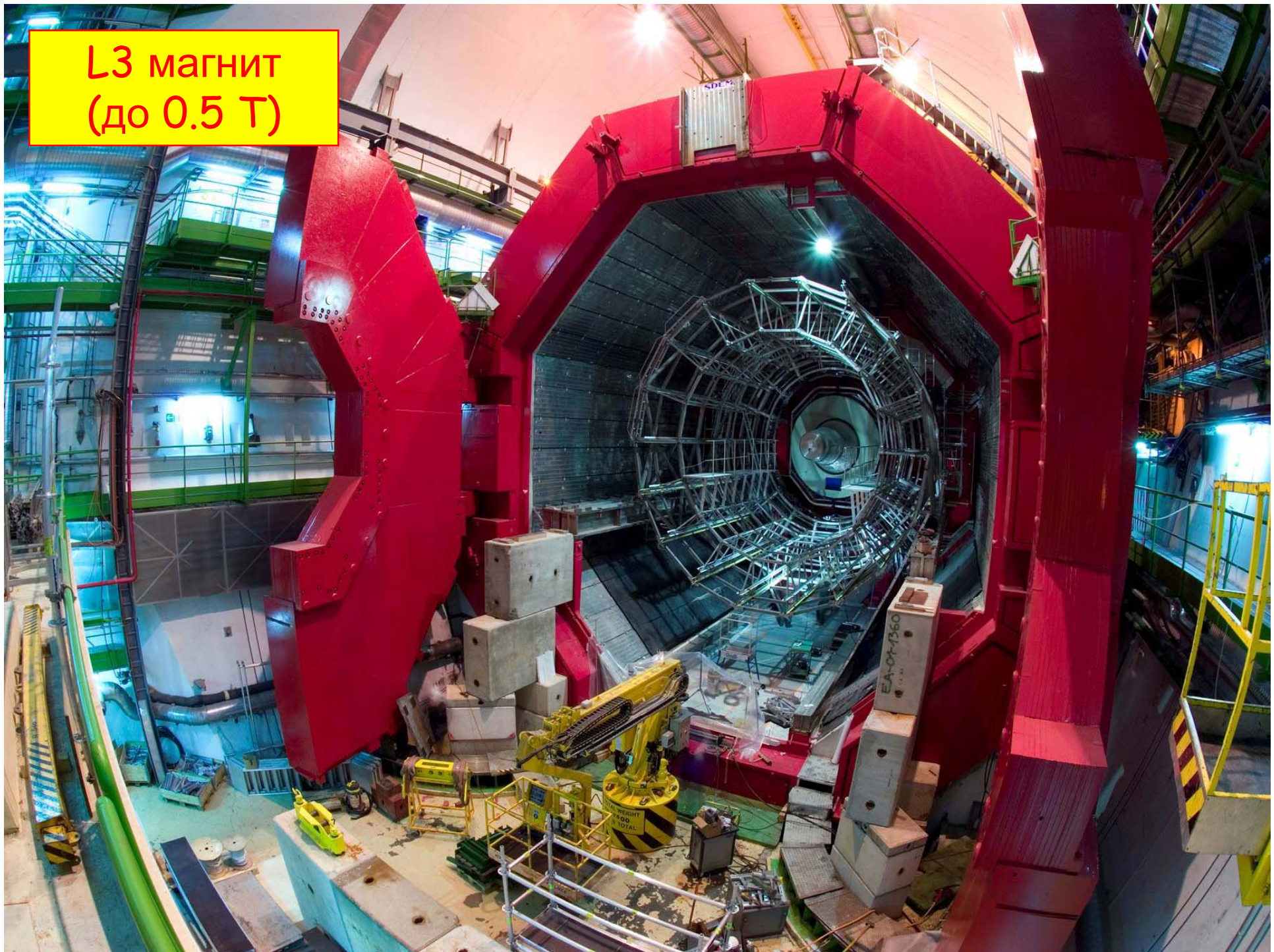


Мюонен спектрометър:

- Абсорбер
- Диполен магнит
- Тракер
- Филтър
- Тригер

ФОТОНИ

L3 магнит
(до 0.5 Т)



Вътрешен силициев тракер



Вътрешен тракер
~ 10 m² Si , 6 слоя: точков дрейфов, двустранен лентов

Лентов SSD



Точков SPD

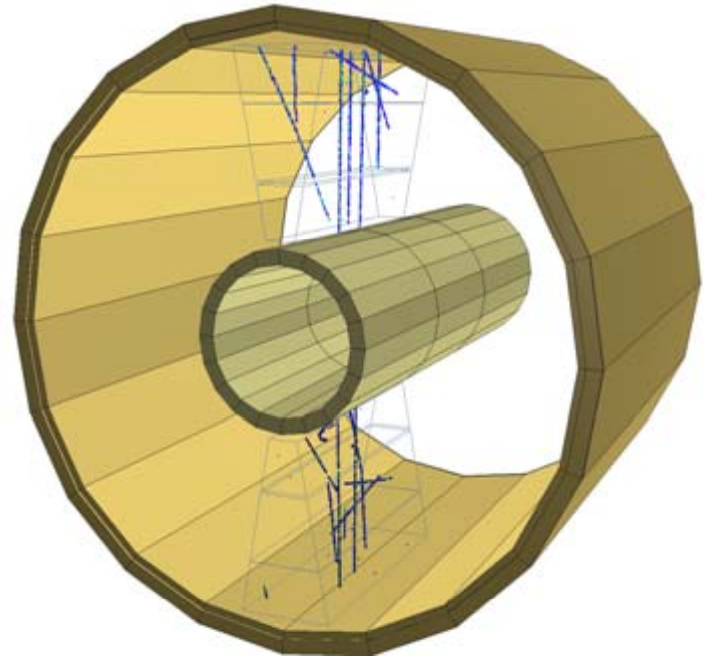


Дрейфов SDD

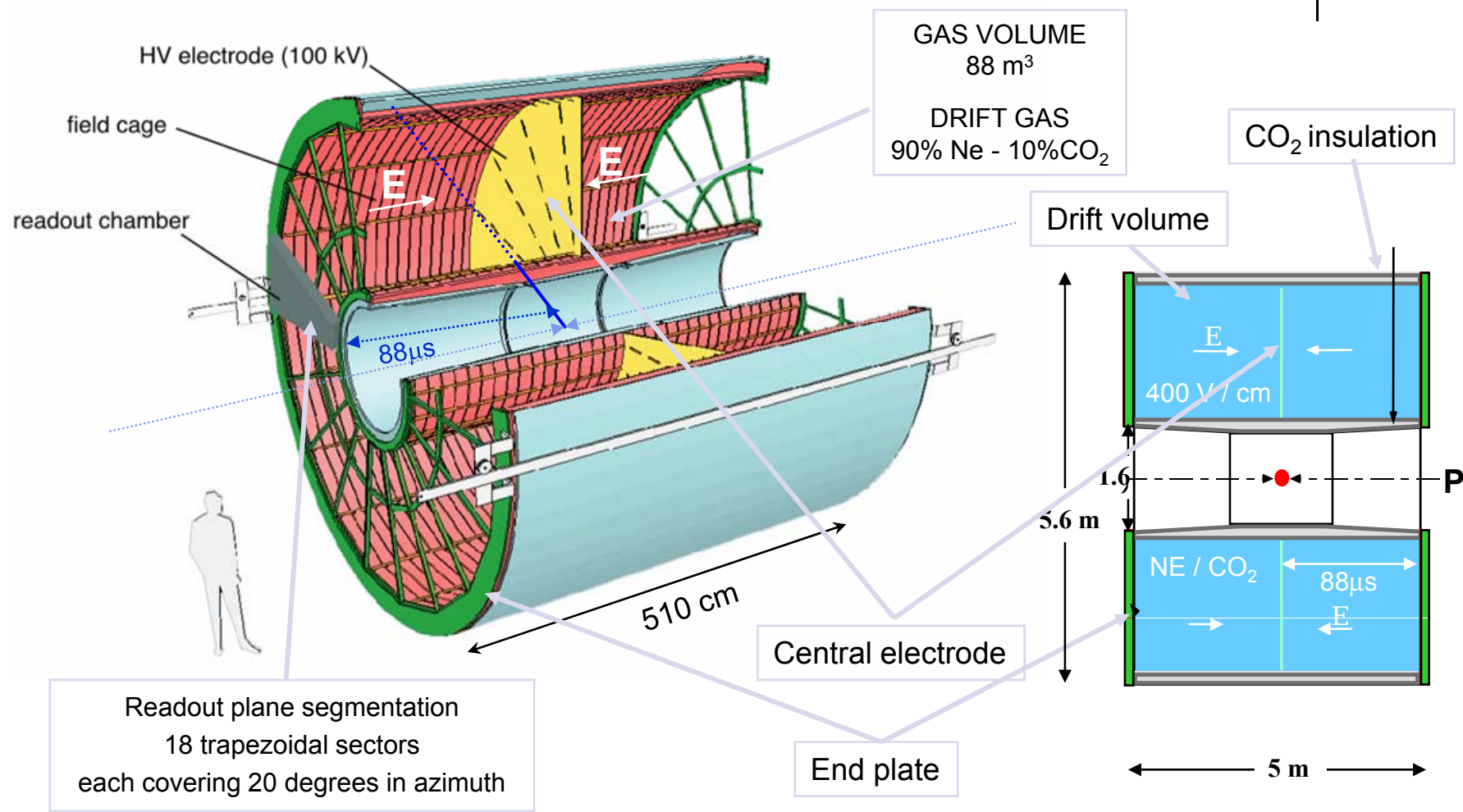
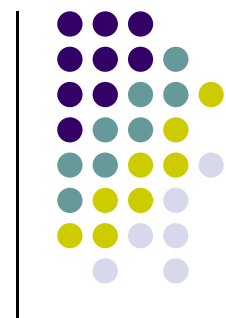
Тест на TPC електрониката



Космически тест
12/2007



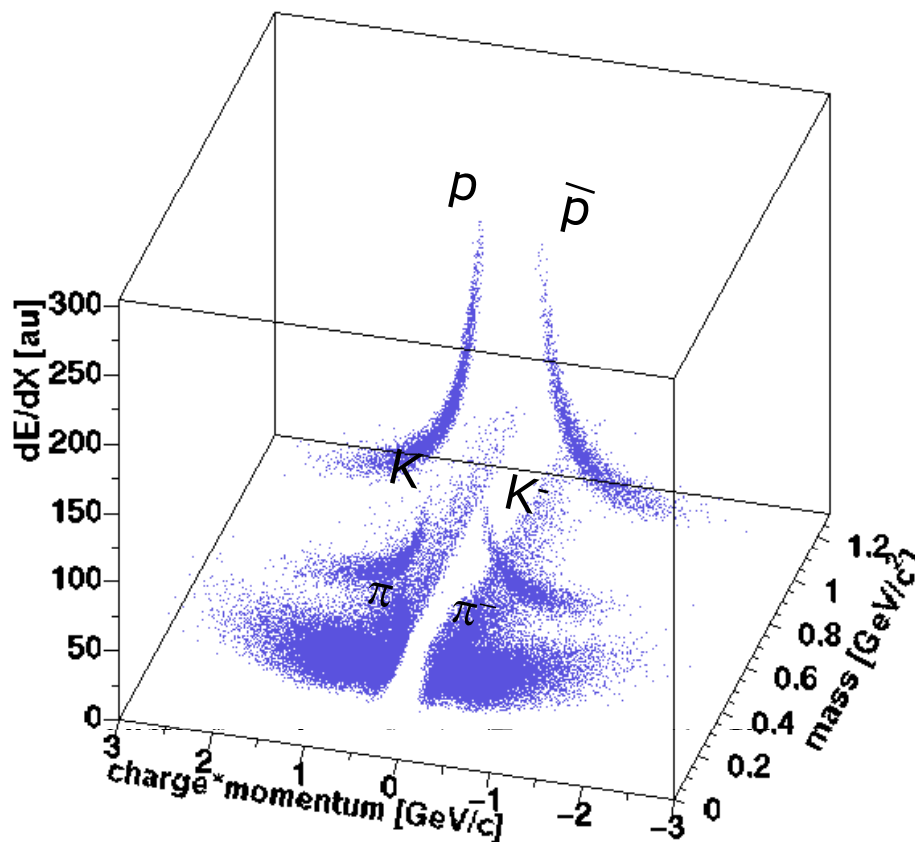
TPC ALICE



Идентификация на частиците



Измерване на йонизационните загуби



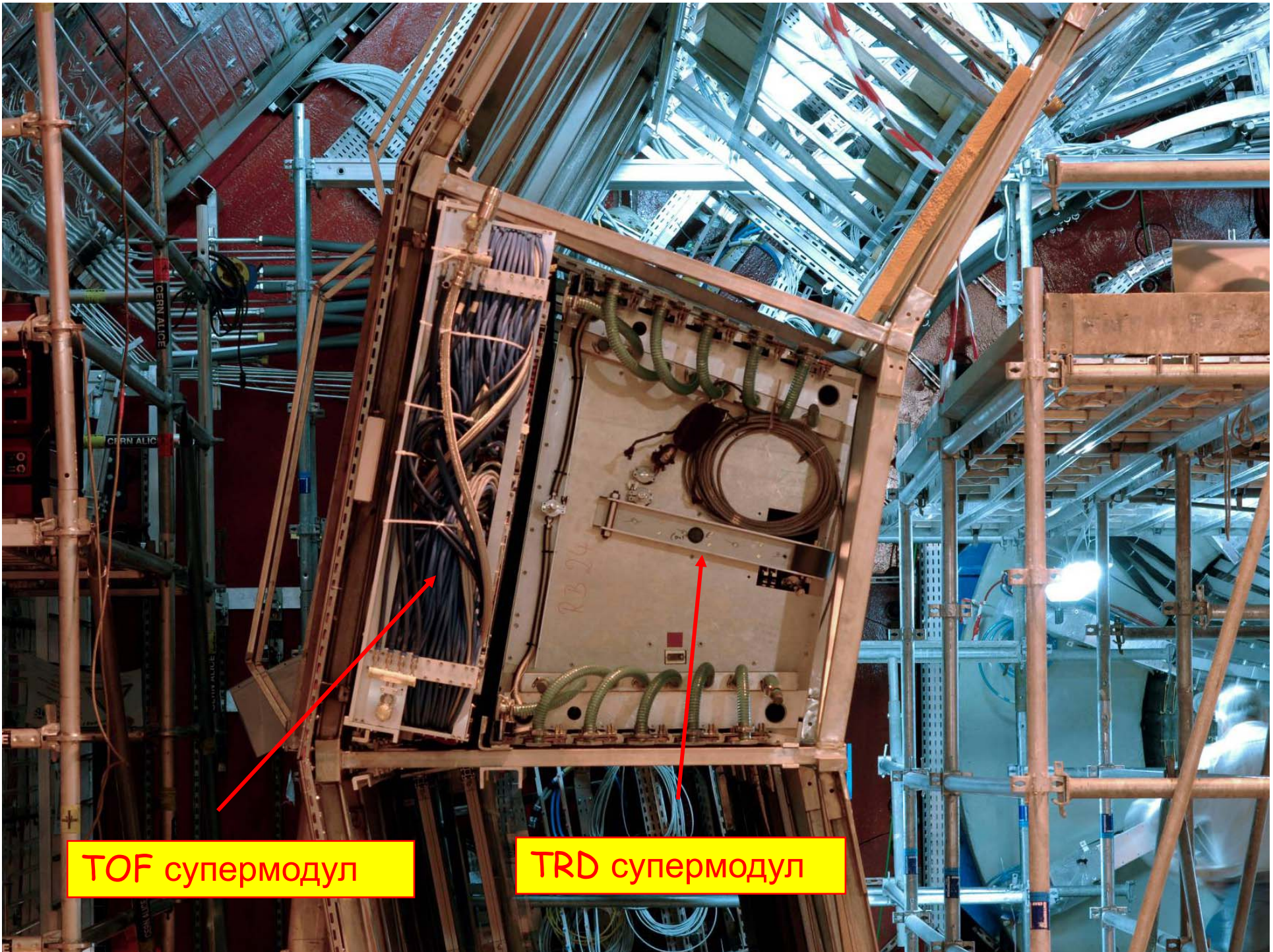
Измерване времето на полет

Реконструкция на следите: заряд и импулс

Детектор по време на прелитане (TOF)

> 8000 канала/супермодул





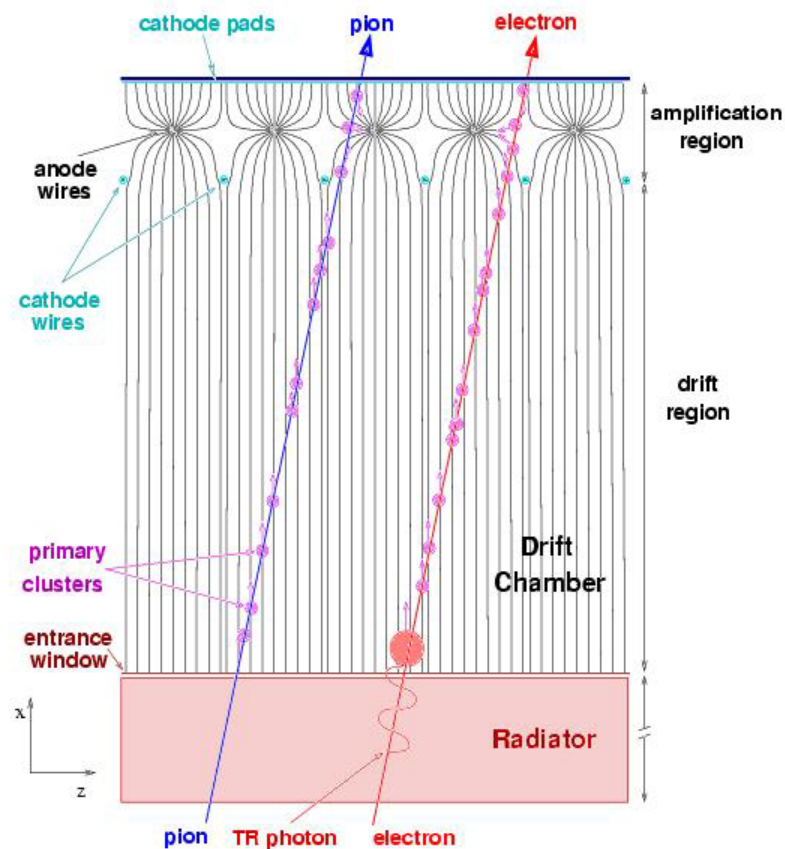
TOF супермодул

TRD супермодул

Детектор на преходно излъчване

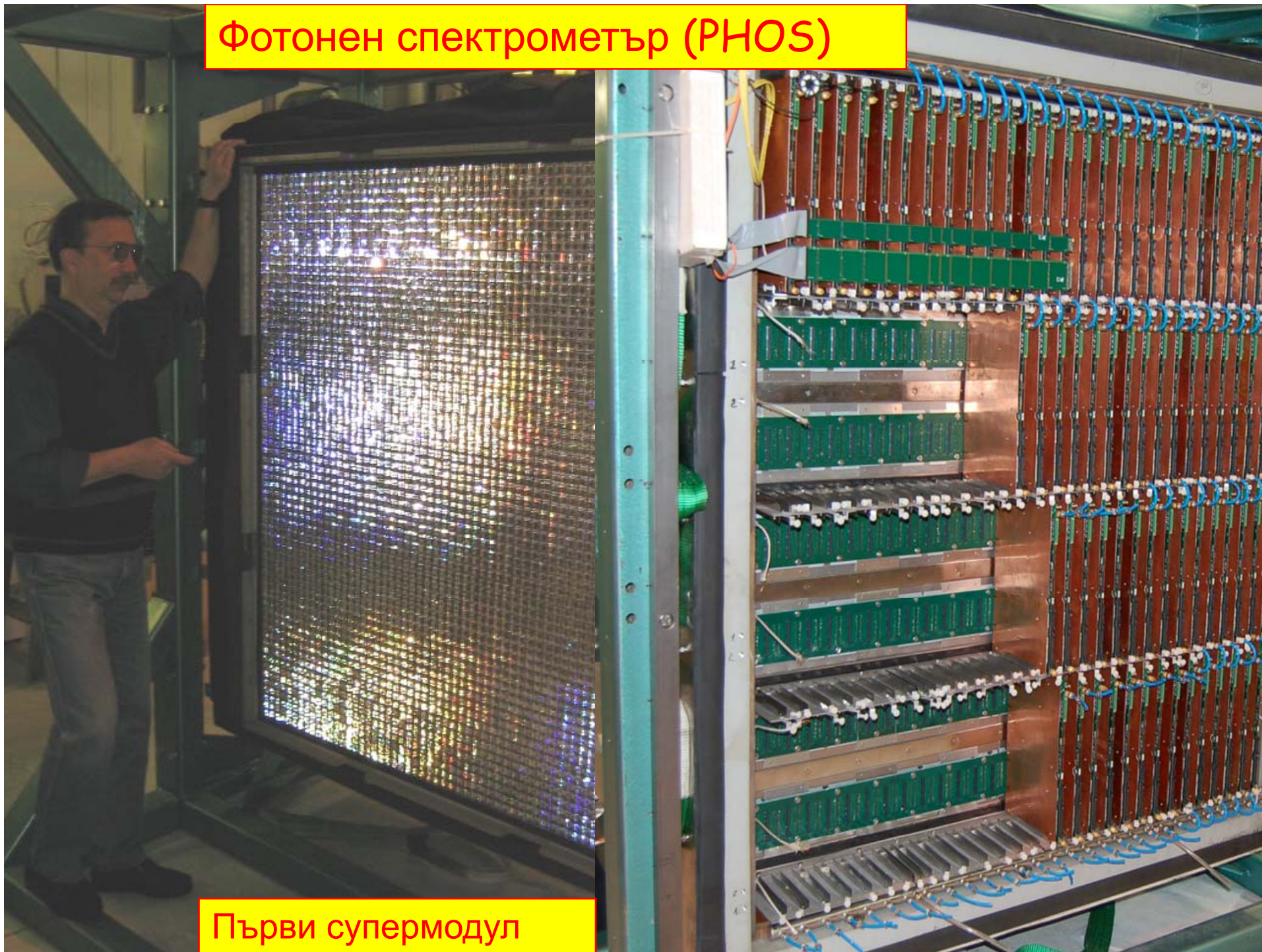


- Разделяне на релативистки електрони и пиони



- Когато релативистка заредена частица преминава през нееднородна среда, тя излъчва фотон
- Средата е избрана така, че само електроните създават преходно излъчване
- Регистрират се едновременно заредената частица и фотонът
- Дрейфова камера запълнена с тежък газ (Xe)

Фотонен спектрометър (PHOS)

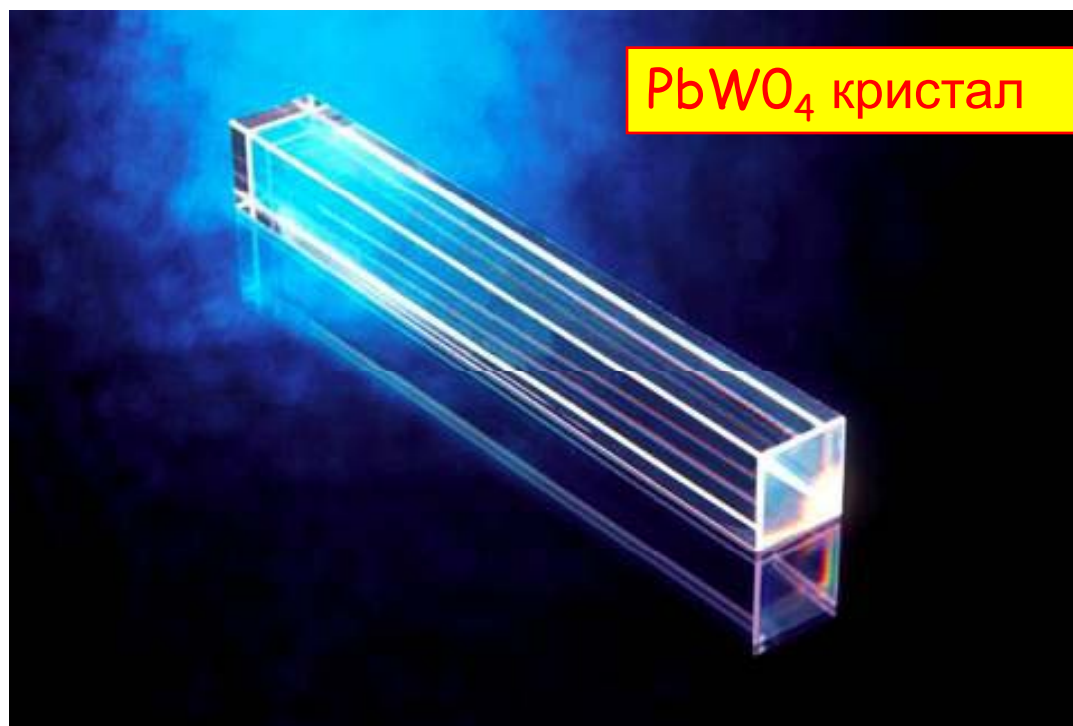


Първи супермодул

Фотонен спектрометър

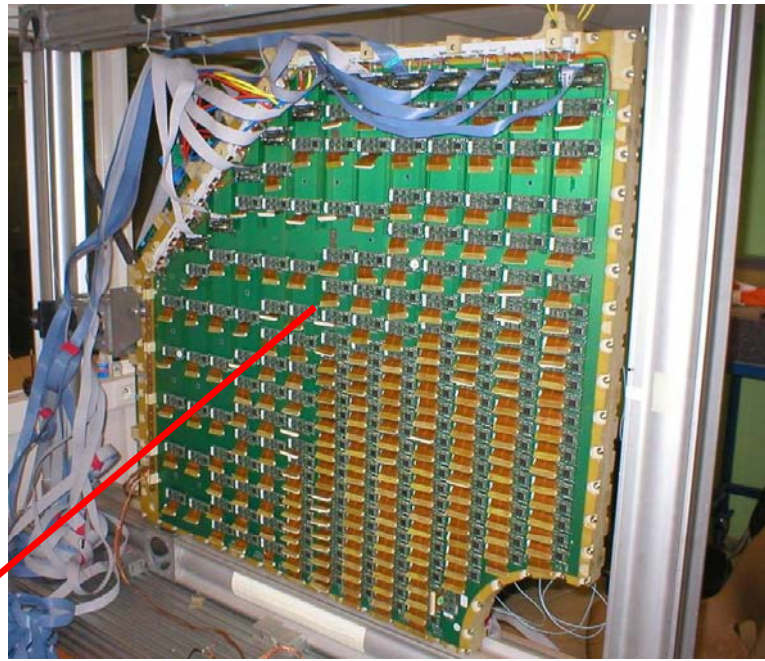


- Плътен като олово и прозрачен като кристал

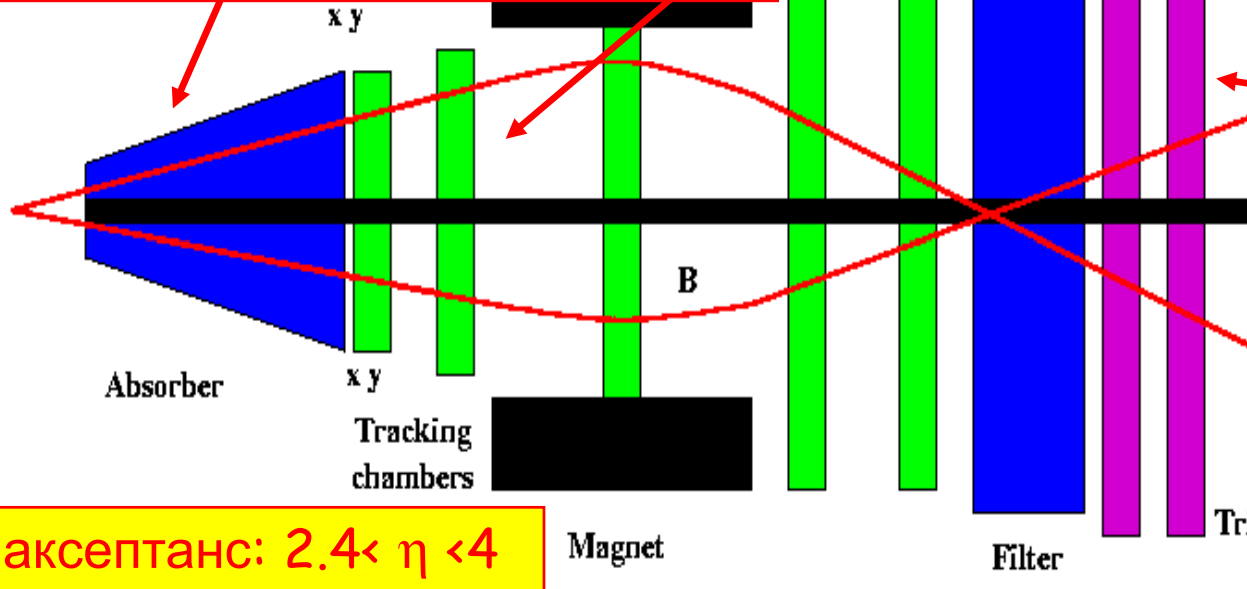


- Фотоните предизвикват каскади от електрони и позитрони
- Електроните възбуждат атомите на кристала
- Възбудените атоми излъчват в ултравиолетовия спектър
- Ултравиолетовото излъчване се регистрира от едната страна на кристала от фотодиод

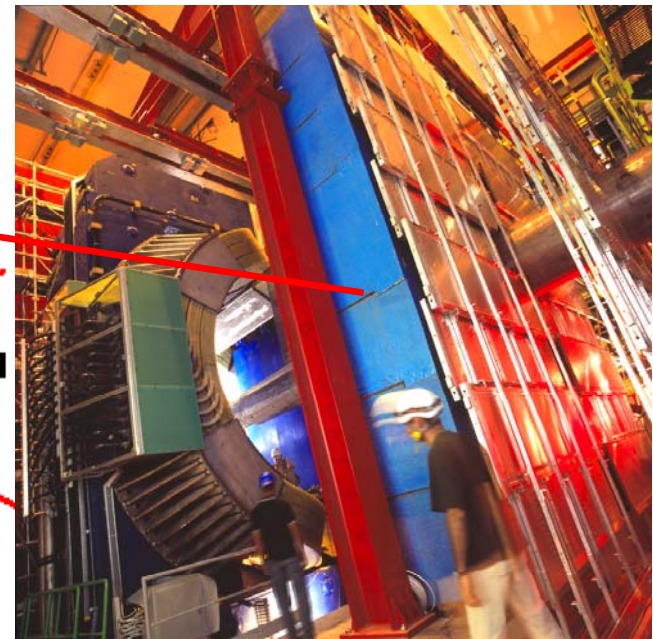
(Ди)мюонен спектрометър



Разделителна способност:
70 MeV @ J/Ψ , 100 MeV @ Υ



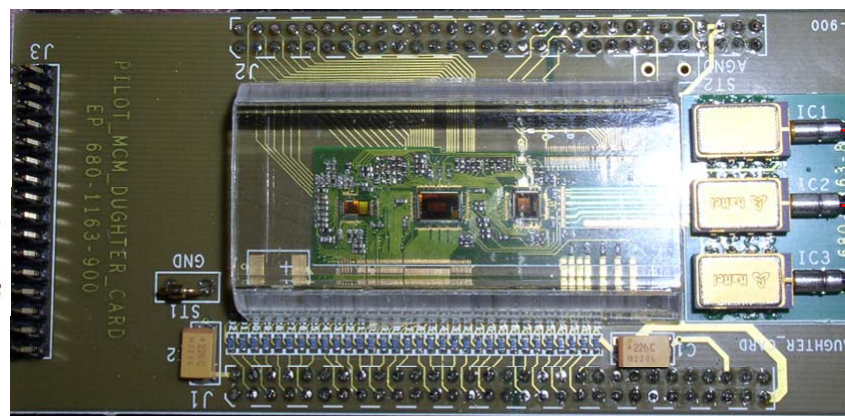
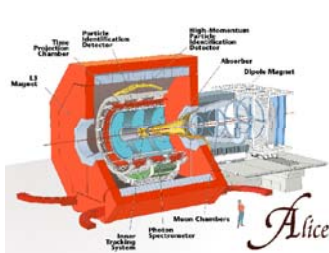
аксептанс: $2.4 < \eta < 4$





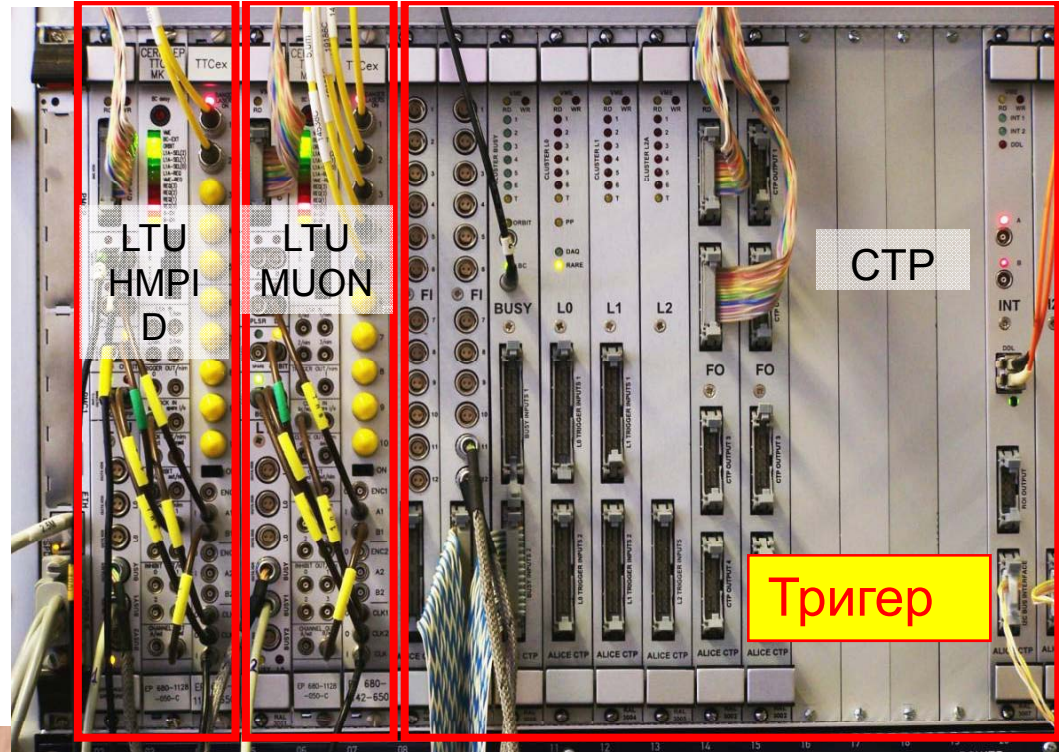
От волт към байт

- Сигналът от всяка клетка (~16 милиона) се обработва от високо интегрирана електроника ;
- Електрическият сигнал се оцифрова, за да се обработи след това от компютър ;
- Информацията се предава по оптически кабели.

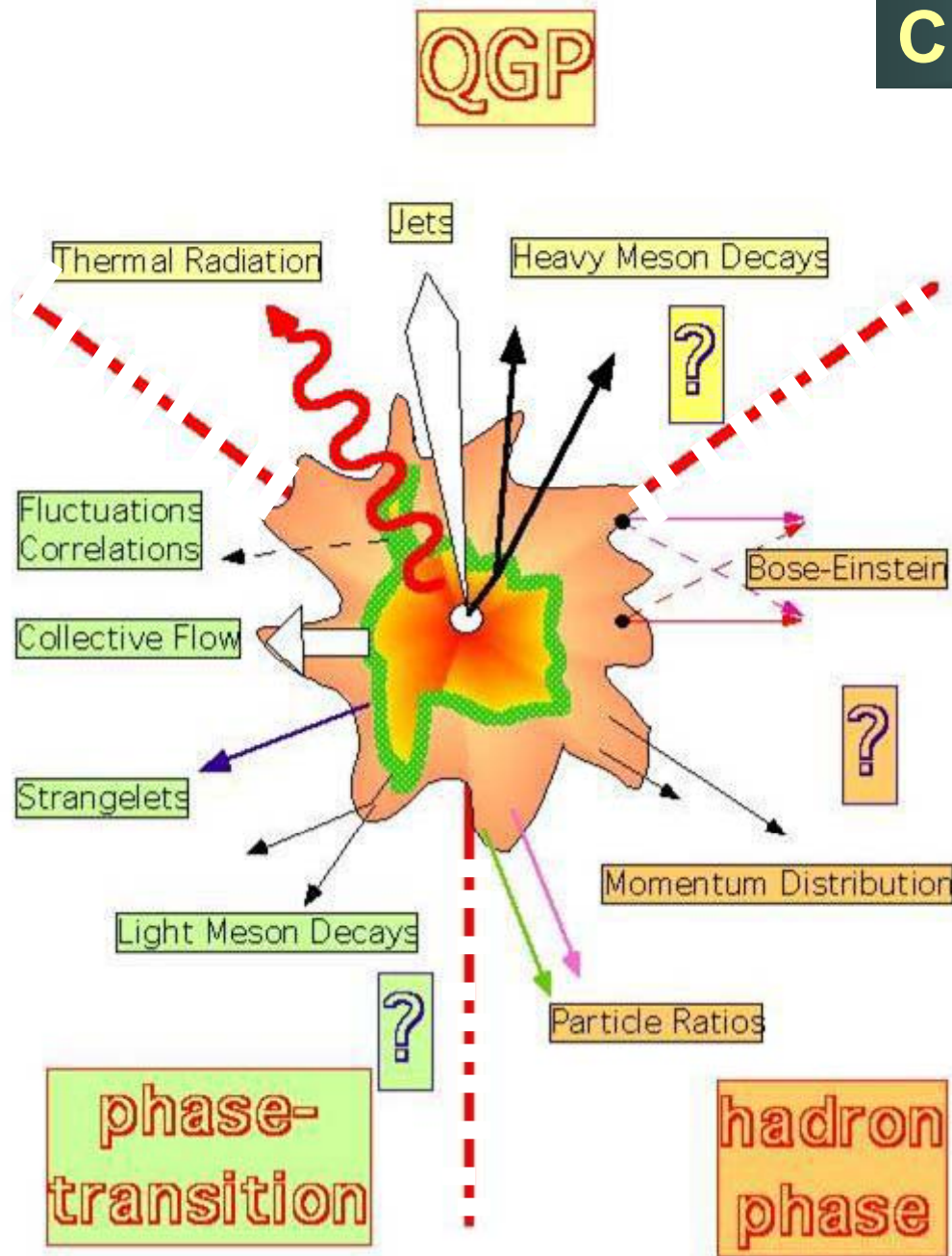




Система за събиране на данни



Сигнали и наблюдаеми



“Мека” физика

- Засилено раждане на странност: $\Omega, \Xi, \Lambda, \Sigma$
- Кинематични спектри: $p_T, dN/dy, dE_T/dy$
- Форма и положение на резонанси: ρ, ω, ϕ, K^*

Тежки кварки & сс-, bb-резонанси

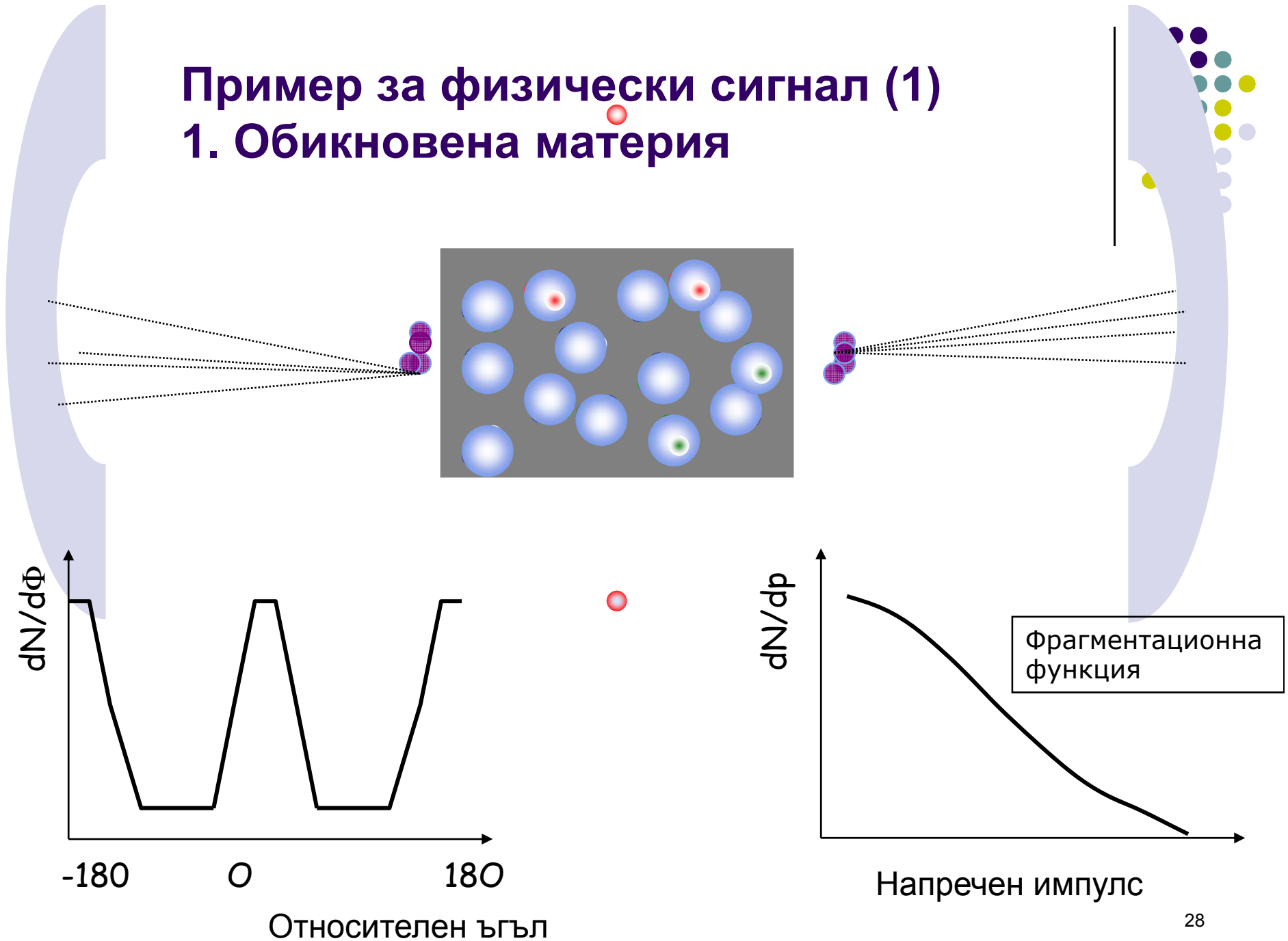
- Намалено раждане на $J/\psi, \psi_c, \Upsilon$

“Твърди” проби

- Модифицирани струи
- Електромагнитни сигнали: γ, e^+e^-

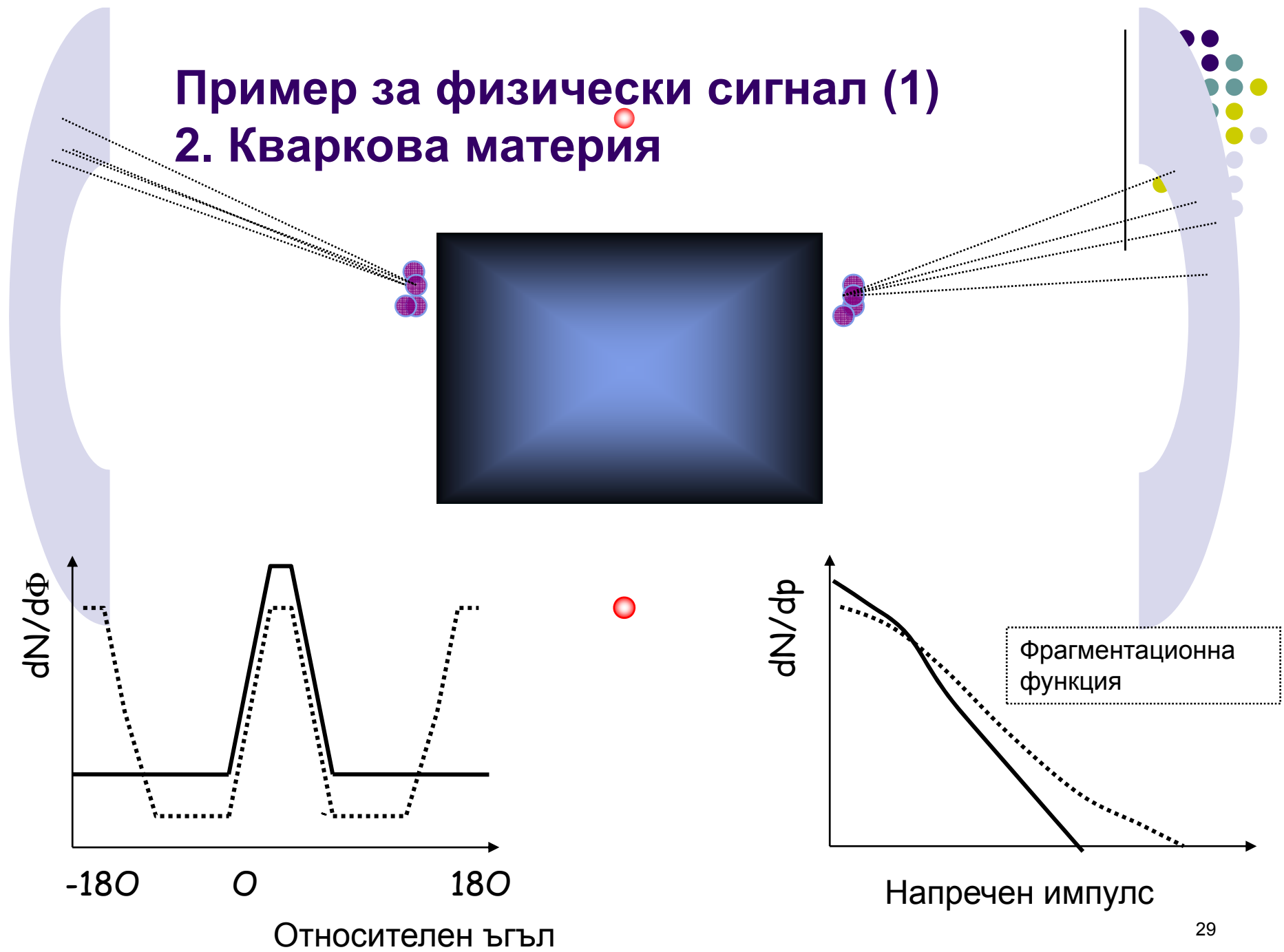
Пример за физически сигнал (1)

1. Обикновена материя



Пример за физически сигнал (1)

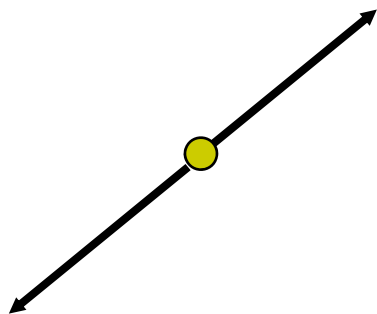
2. Кваркова материя



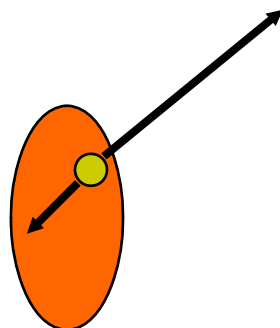
Азимутална корелация



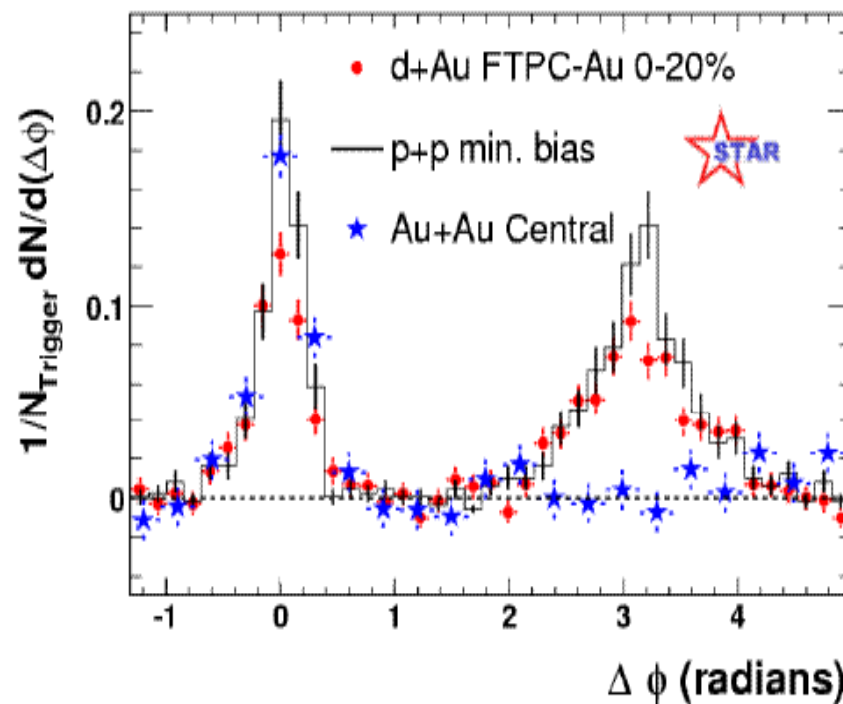
p-p



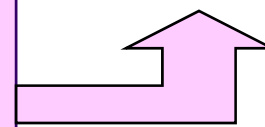
Au-Au
central



Phys. Rev. Lett. 91, 072304 (2003).

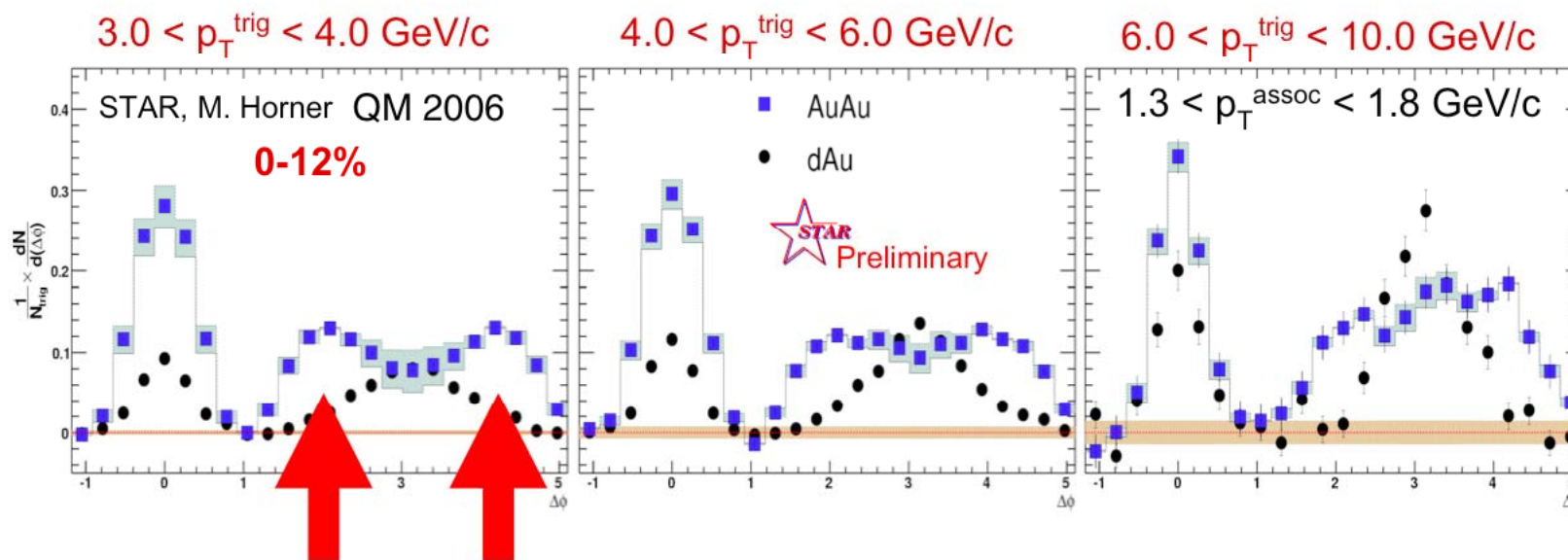


Струята-партньор може да загуби много енергия \rightarrow азимуталната корелация се размива





[Similar results for PHENIX and also SPS (Ceres)]



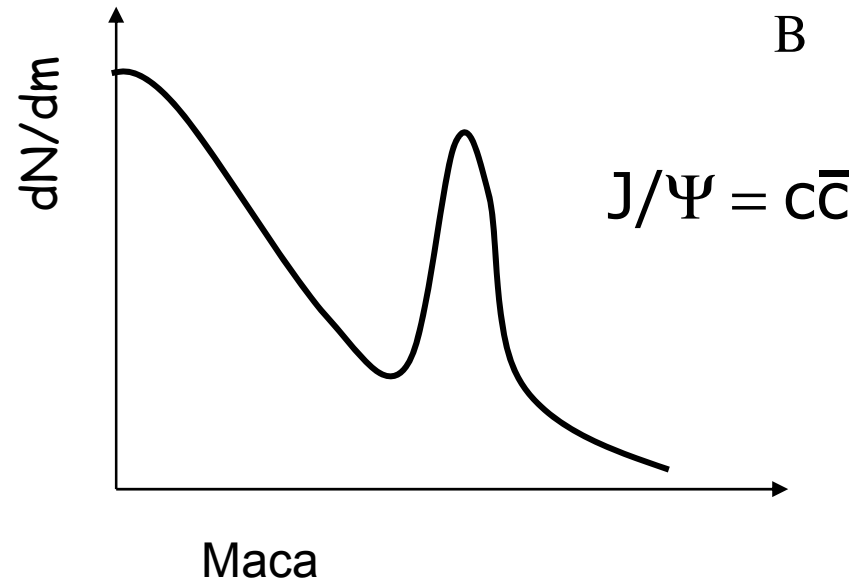
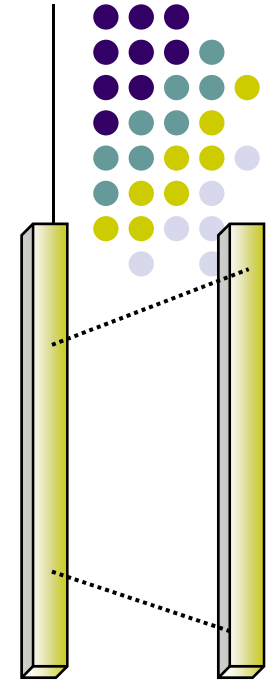
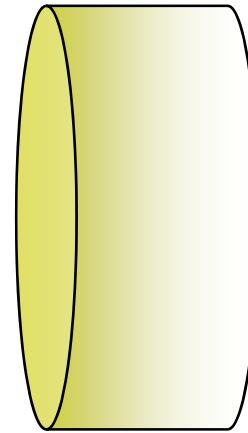
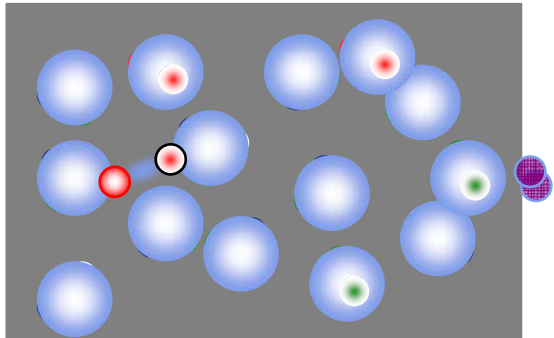
⇒ Nontrivial angular dependences in the away side

↘ Large broadening

↘ Two-peaks when $p_t^{\text{trigg}} \sim p_t^{\text{assoc}}$

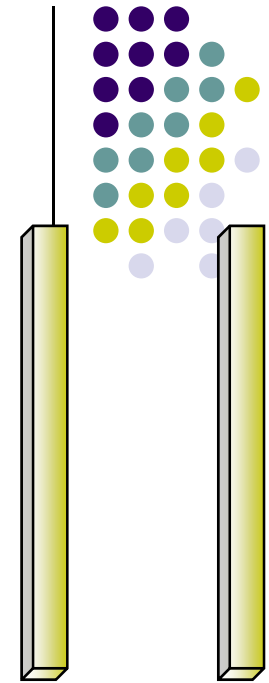
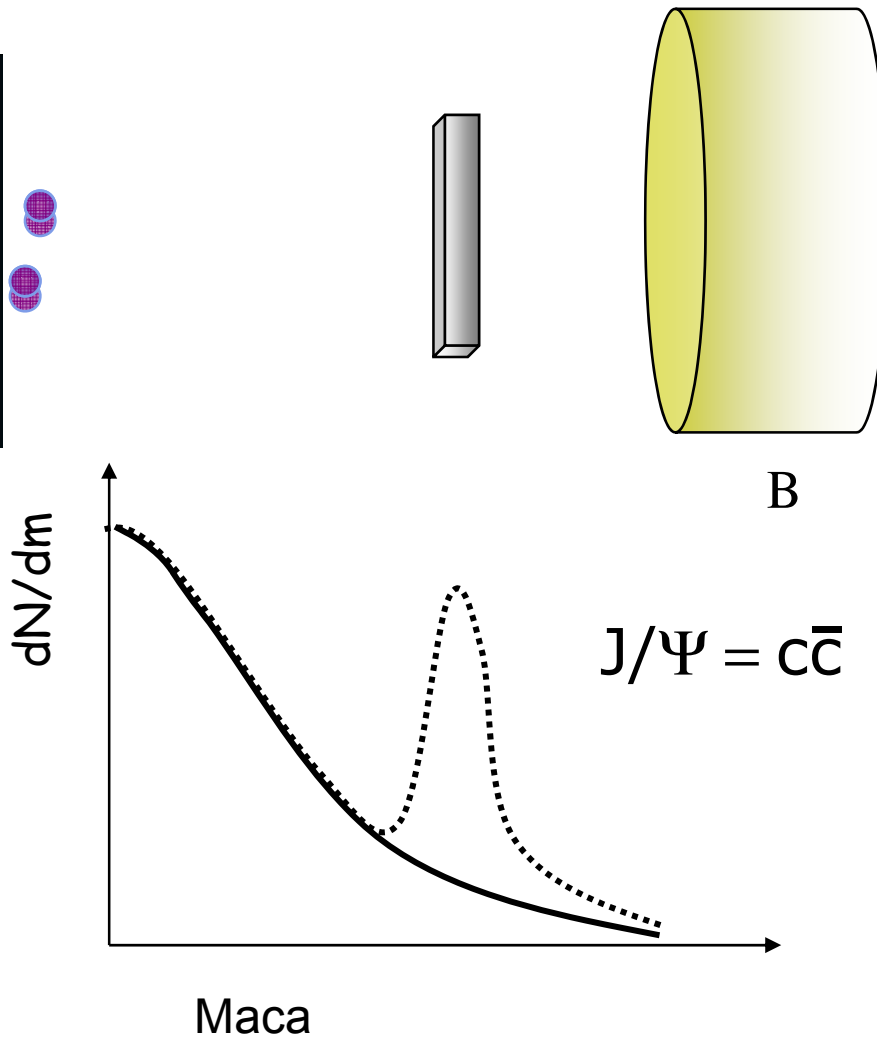
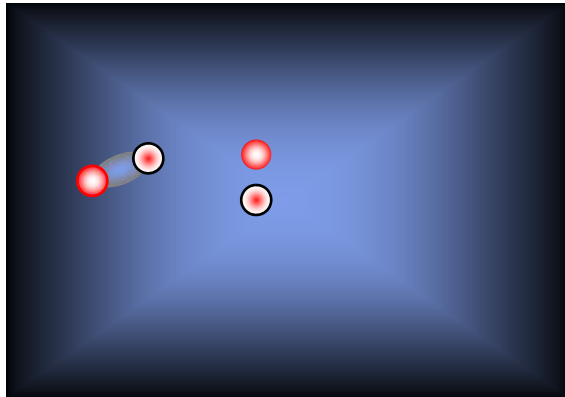
Пример за физически сигнал (2)

1. Обикновена материя



Пример за физически сигнал (2)

2. Кваркова материя

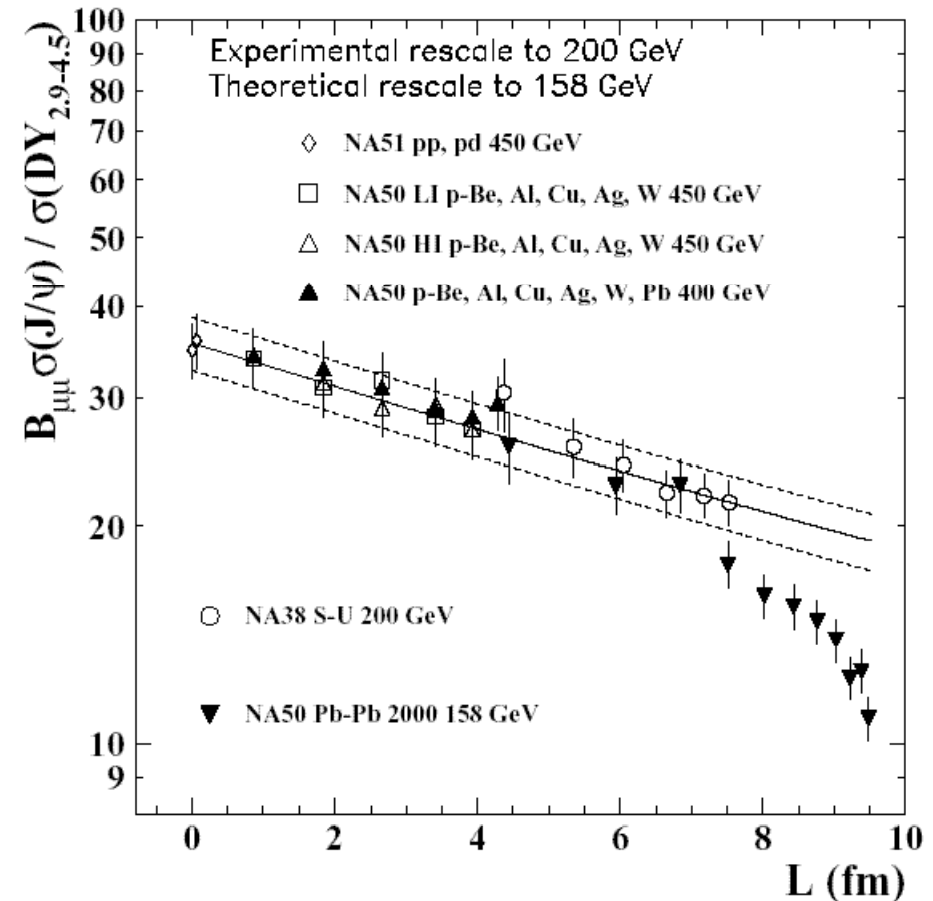
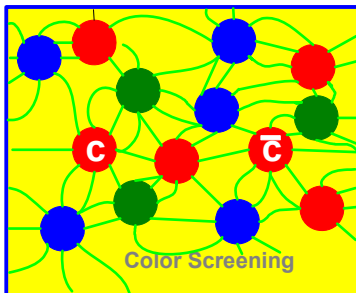


“Нормално” поглъщане на J/ψ

- В р-р, S-U и периферни Pb-Pb събития:

$$\frac{\sigma(J/\psi)}{\sigma(DY)} \approx e^{-\rho\sigma_{cc}L}$$

- L - среден път, изминат от c-c_{bar} в ядрената материя
- Този ефект на поглъщане съществува в р-A и не е резултат на КГП!!



Ясно отклонение от кривата на нормално поглъщане при $L \approx 8$ fm (централни Pb-Pb събития)

Спектър на лептонни двойки



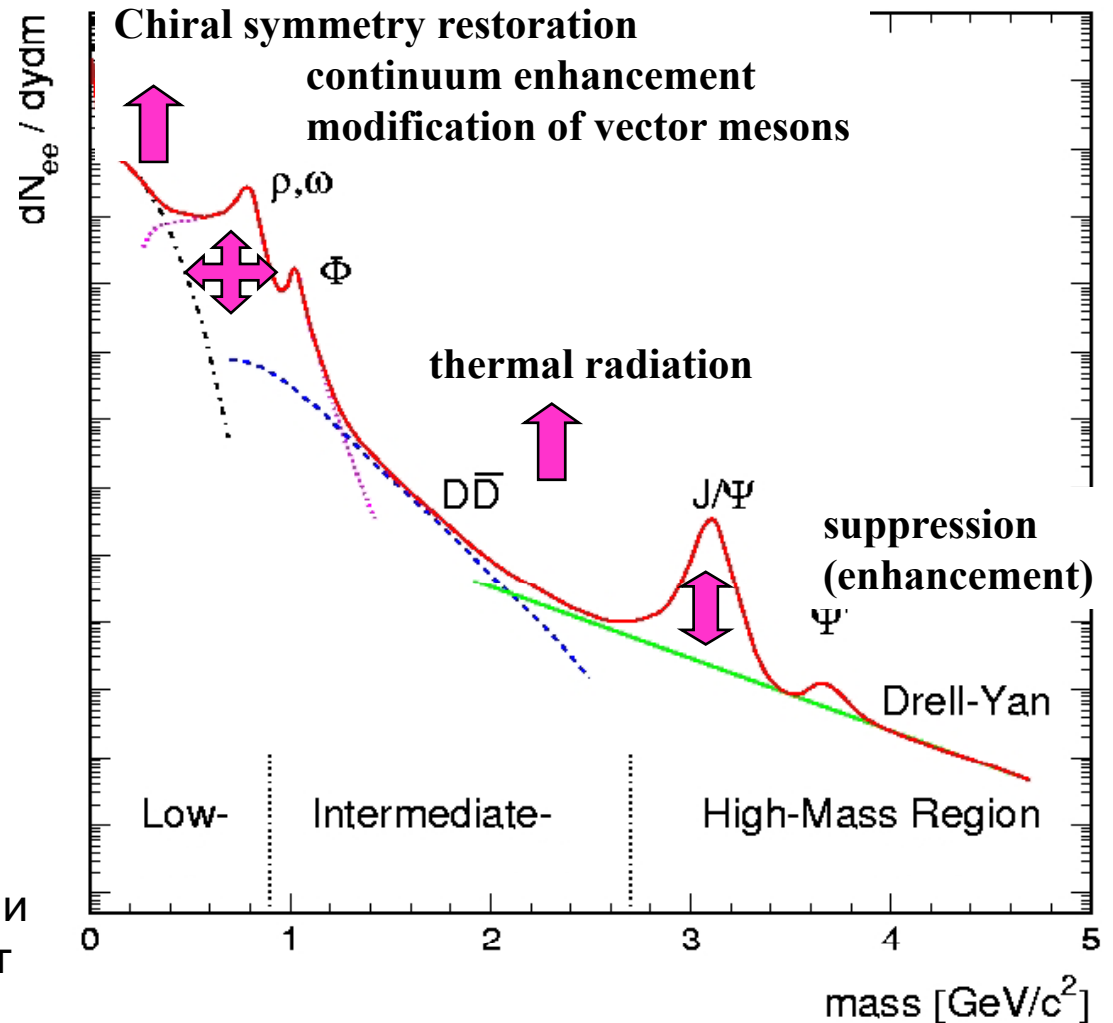
Много физически процеси
модифицират масовия спектър
на лептонните двойки



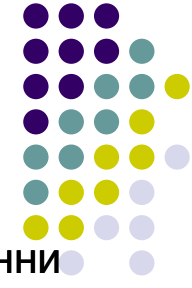
2 следствия

- Богата физическа картина, но е трудно да се разделят тривиалните и "интересните" източници
- Дори за интересните източници ние измерваме **интегралния** брой двойки от различните стадии на сблъсъка: кои двойки идват от КГП ?

Modifications due to QCD phase transition



Странност: резултати на NA57 (158 GeV)

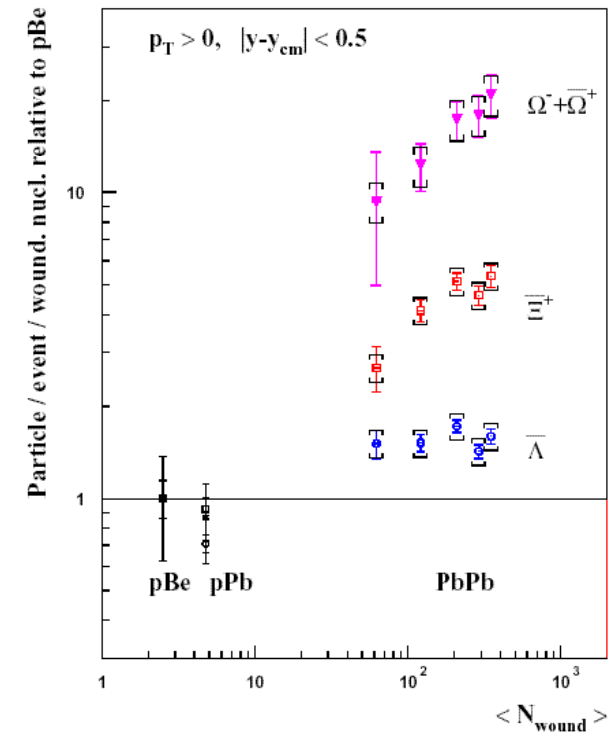
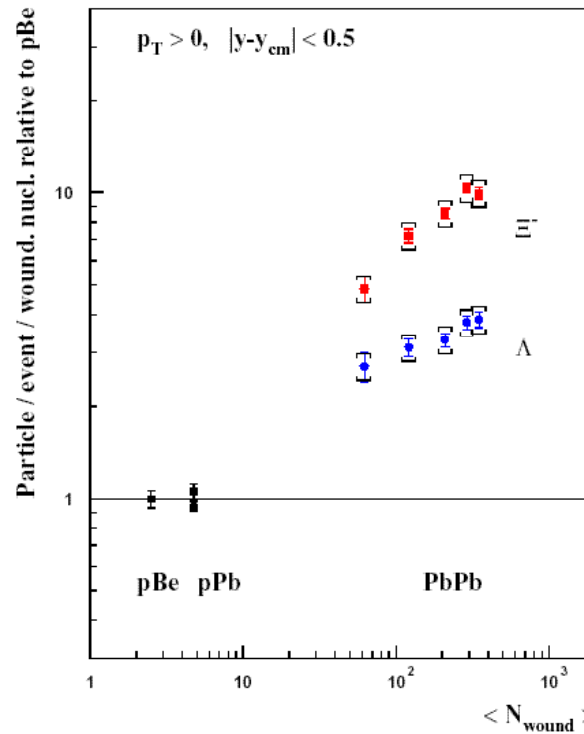


- Образуването на КГП се очаква да предизвика разширено раждане на странни частици (Rafelsky, 1982) поради:
 - Принципа на Паули (има малко свободни състояния за u,d кварки)
 - Намаляване масата на s кварките

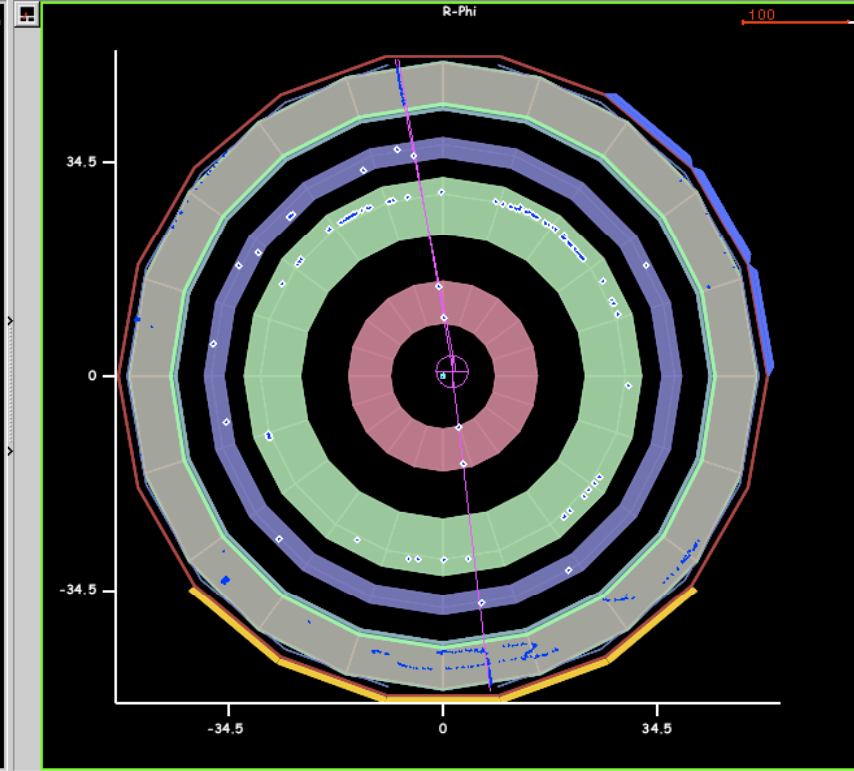
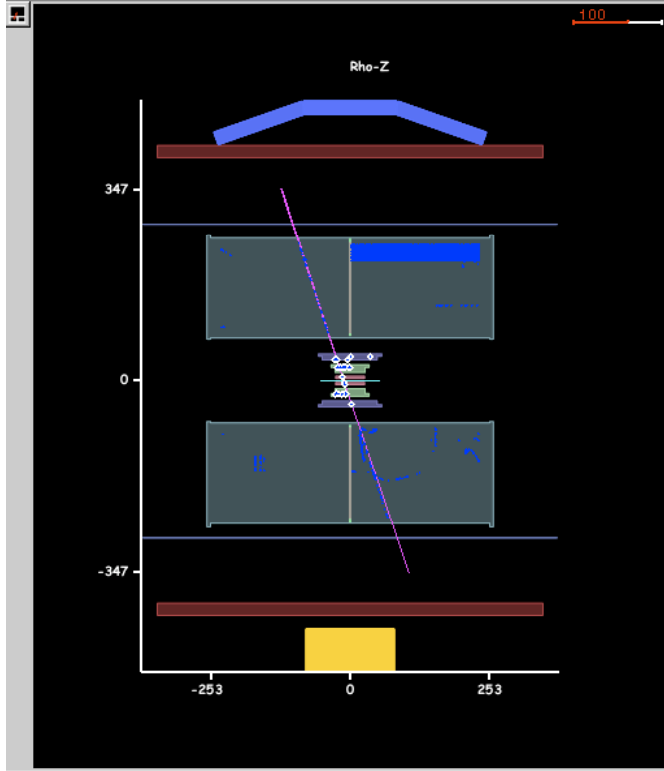
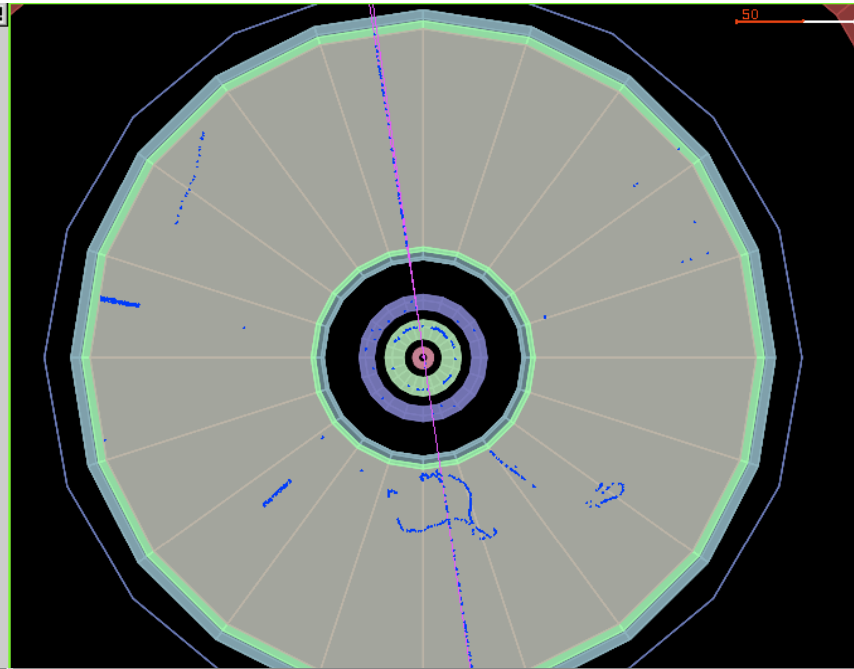
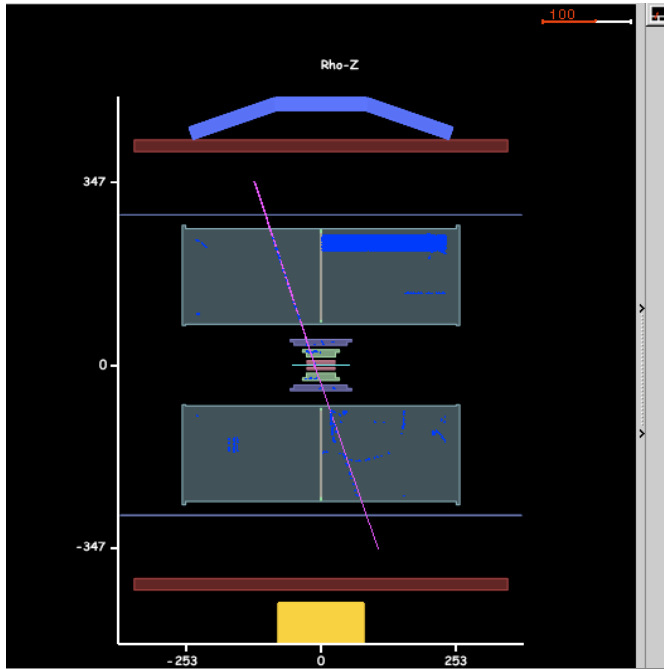
Изследвани са следните канали на разпад (и съответните канали за античастиците)



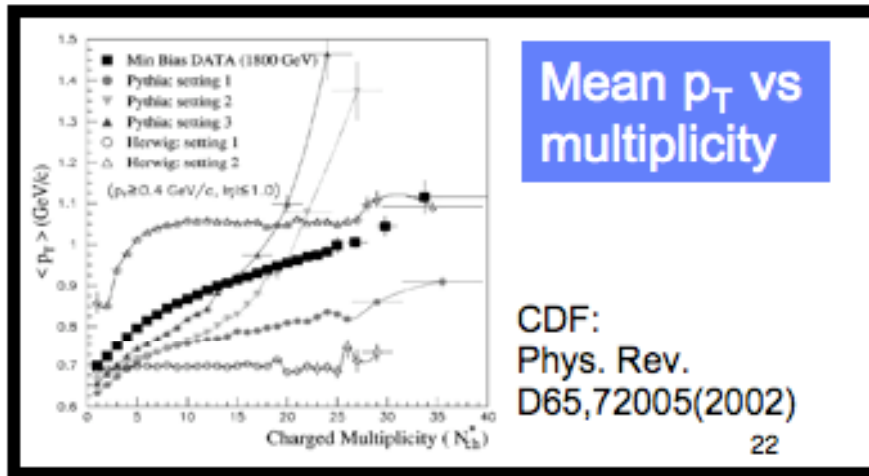
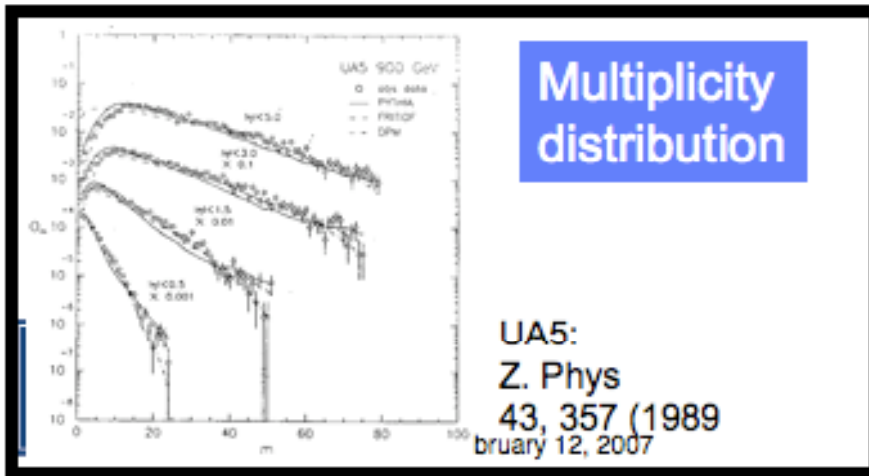
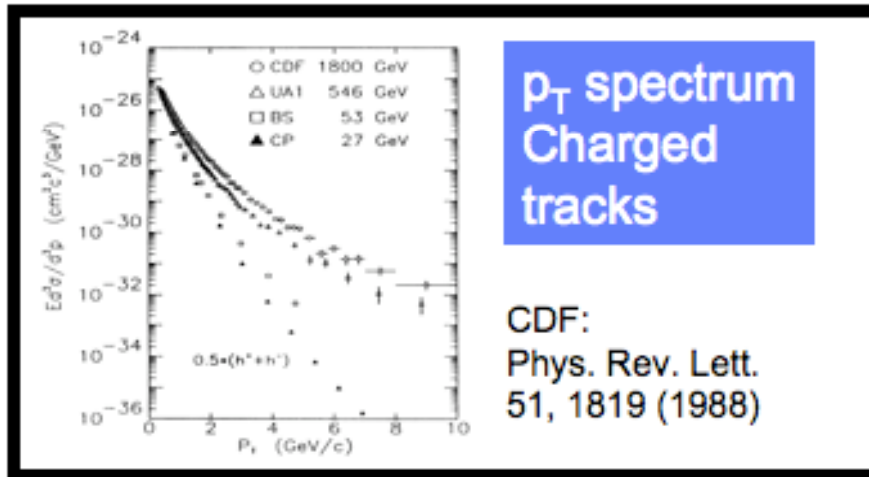
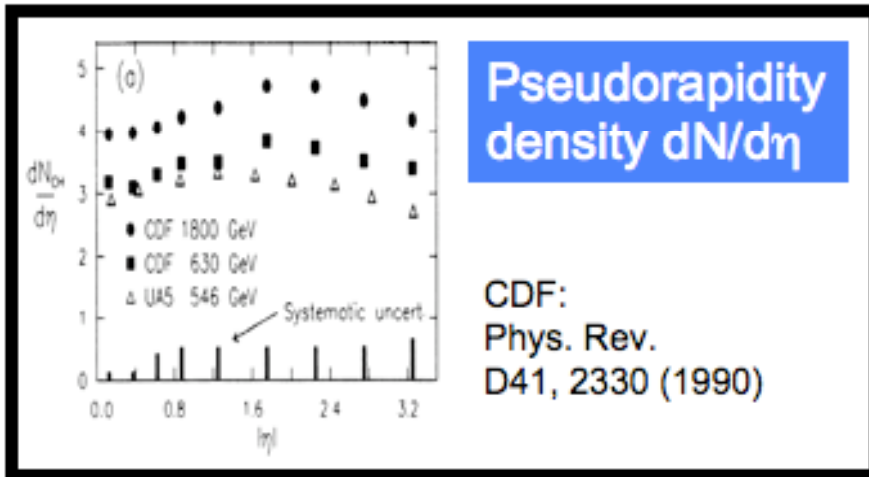
Използвани са кинематични критерии



КОСМИЧЕСКИ
ТЕСТ



Първите четири статии (pp)



Пример: Измерване с TRC на разпределението по псевдобързина за първични заредени ЧАСТИЦИ (ALICE-INT-2007-005)



- Избор по качество на събития и следи.
 - Събития с реконструирана точка на взаимодействие (вертекс)
 - Следи, започващи близо до точката на взаимодействие
- Корекции
 - От следа към частица (ниво следа): $f(\eta, z_{vtx}, p_T)$ Геометричен аксептанс, ефективност на реконструкцията, разпади, вторични частици
 - Ефективност за намиране точката на взаимодействие (ниво събитие) $f(z_{vtx}, multiplicity)$
 - Ефективност на тригера (ниво събитие). Типове събития: INEL, NSD $f(z_{vtx}, multiplicity)$
- Систематични ефекти
 - Избор на следи
 - Влияние на вторични частици
 - Вероятност за всеки тип частици
 - Ограничение по P_t
 - Относителна честота на процесите
 - Взаимодействия сноп-газ, суперпозиция на събития
 - Юстировка на детектора
 - Изместване поради реконструкцията на точката на взаимодействие

MC данни от PDC06:
400К събития (корекция)
100К събития (анализ)
Независими извадки за
анализ и корекции!

