



St Petersburg  
University

# Быстрая генерация откликов для передних адронных калориметров (без ML)

Андрей Серяков  
SPb, 29/8/2023, andrey.seryakov@cern.ch

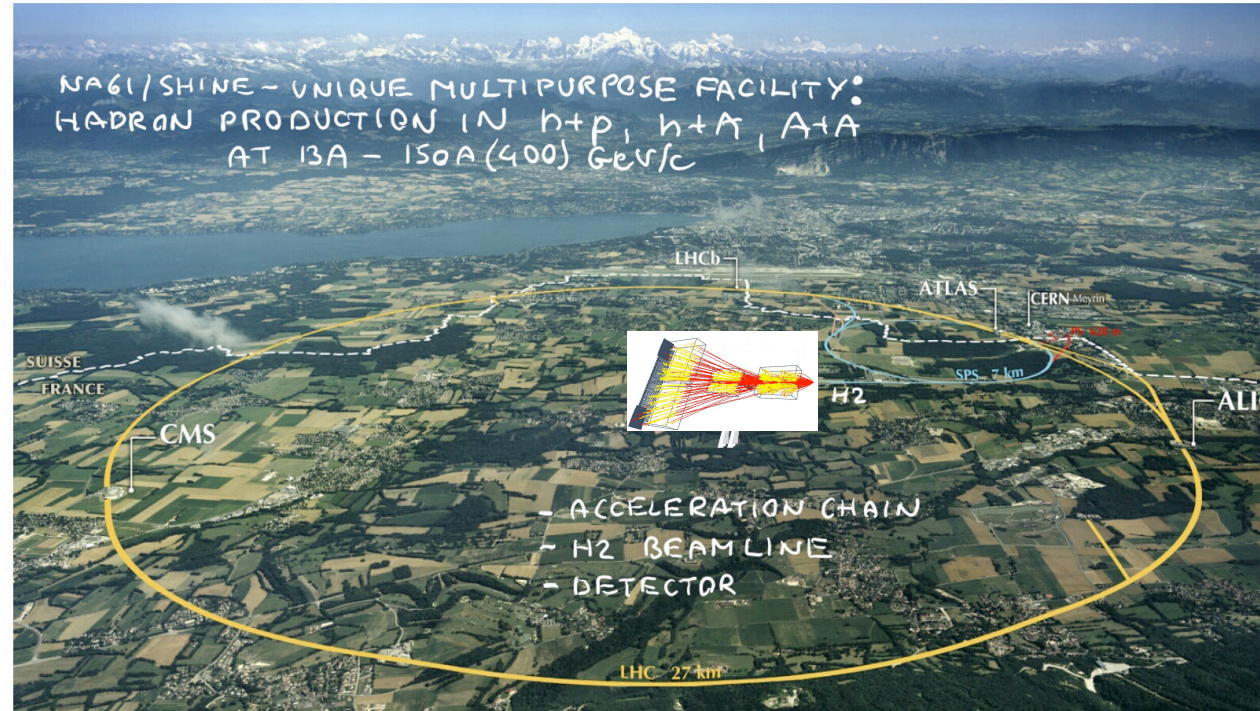
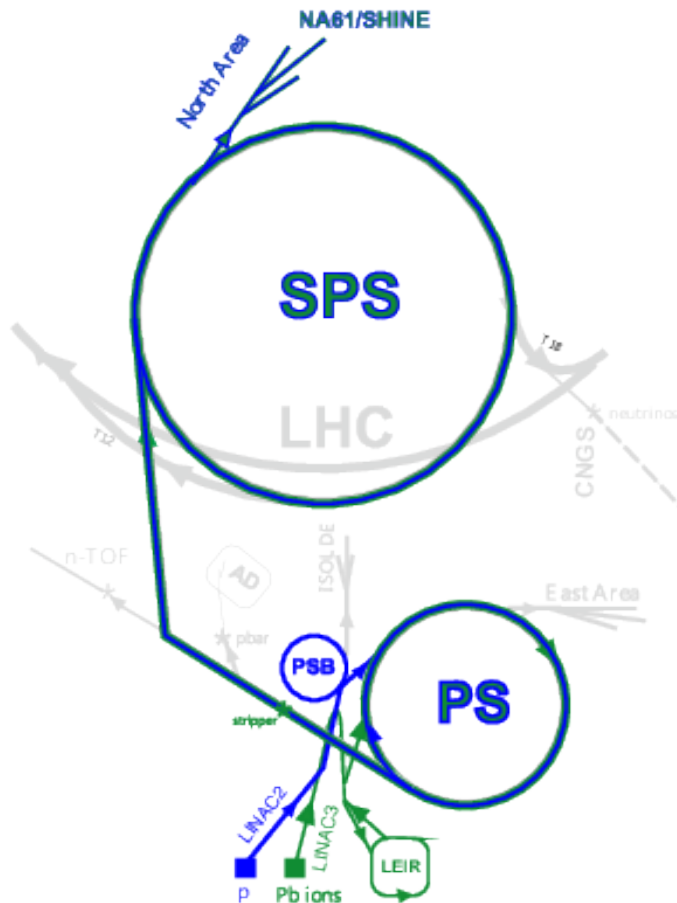
29.08.2023



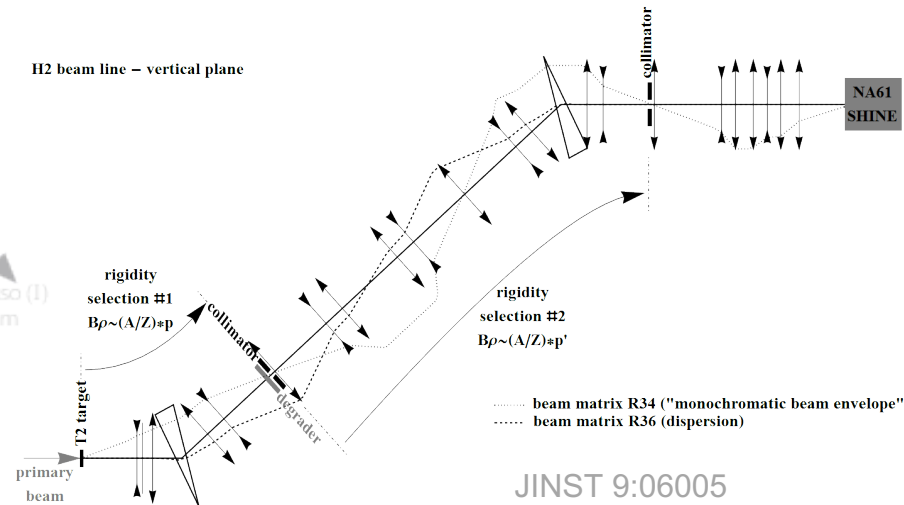
NICA ML 2023

1

# UNIQUE BEAM LINE

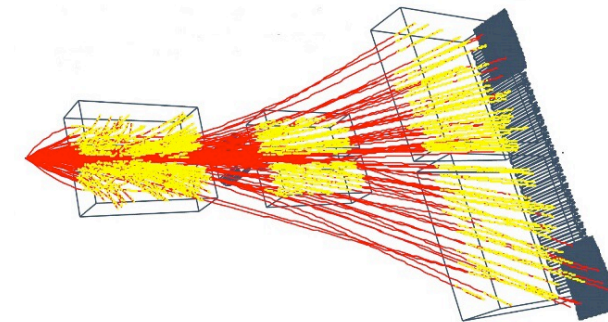


## primary and secondary beams

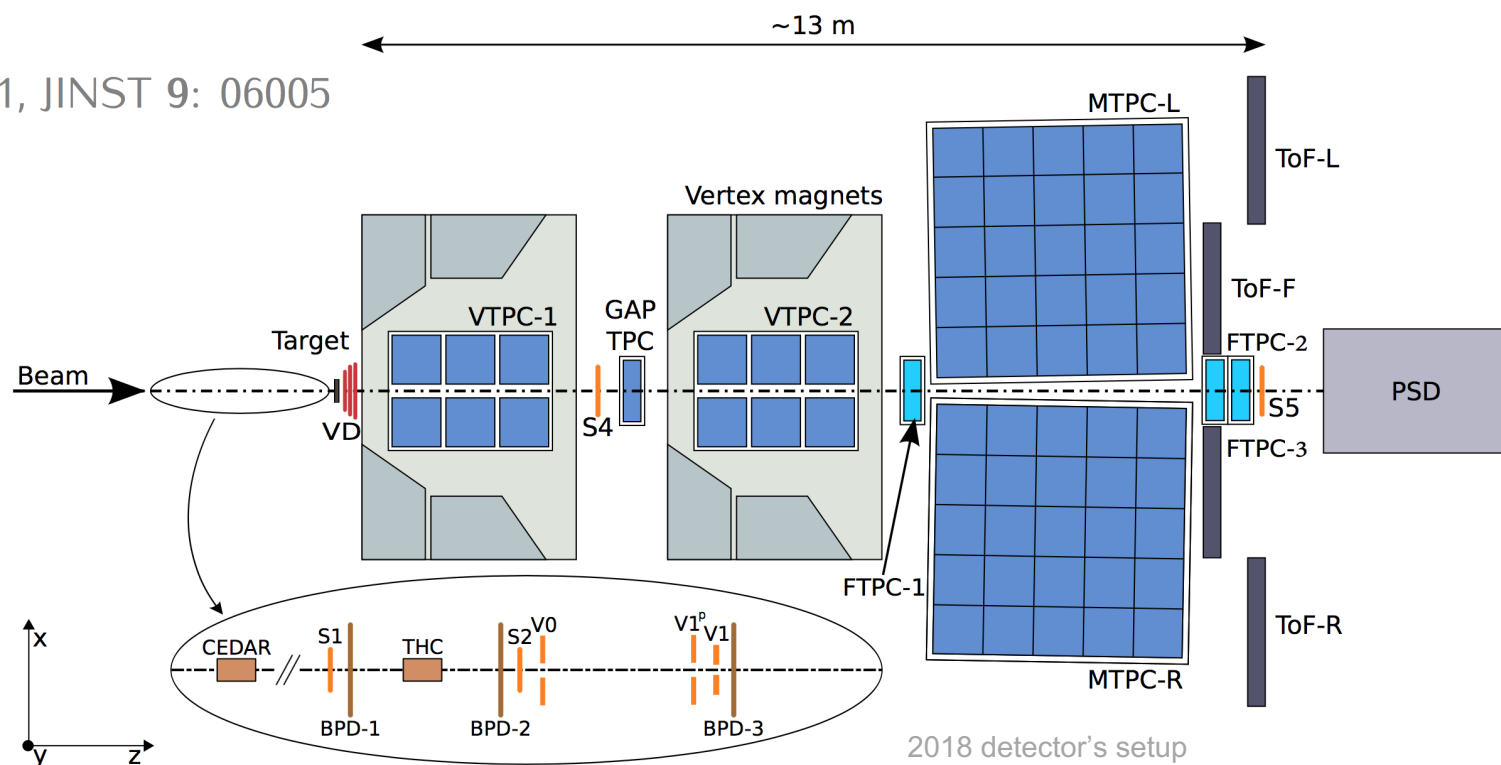


- hadrons (p, pi, ...) 13 - 400 GeV/c
- ions (Be, Ar, Pb ...) 13 - 150A GeV/c

# LARGE ACCEPTANCE DETECTOR

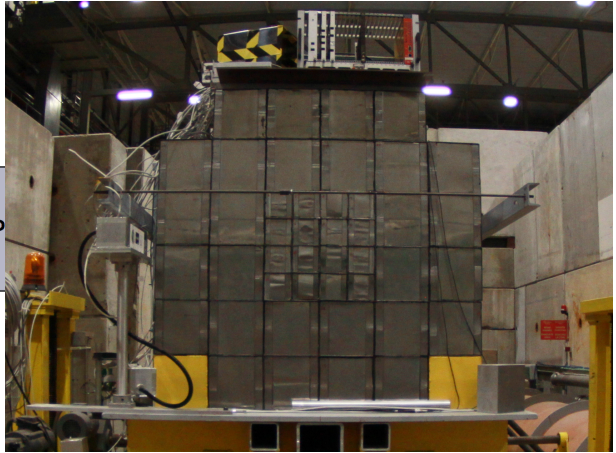
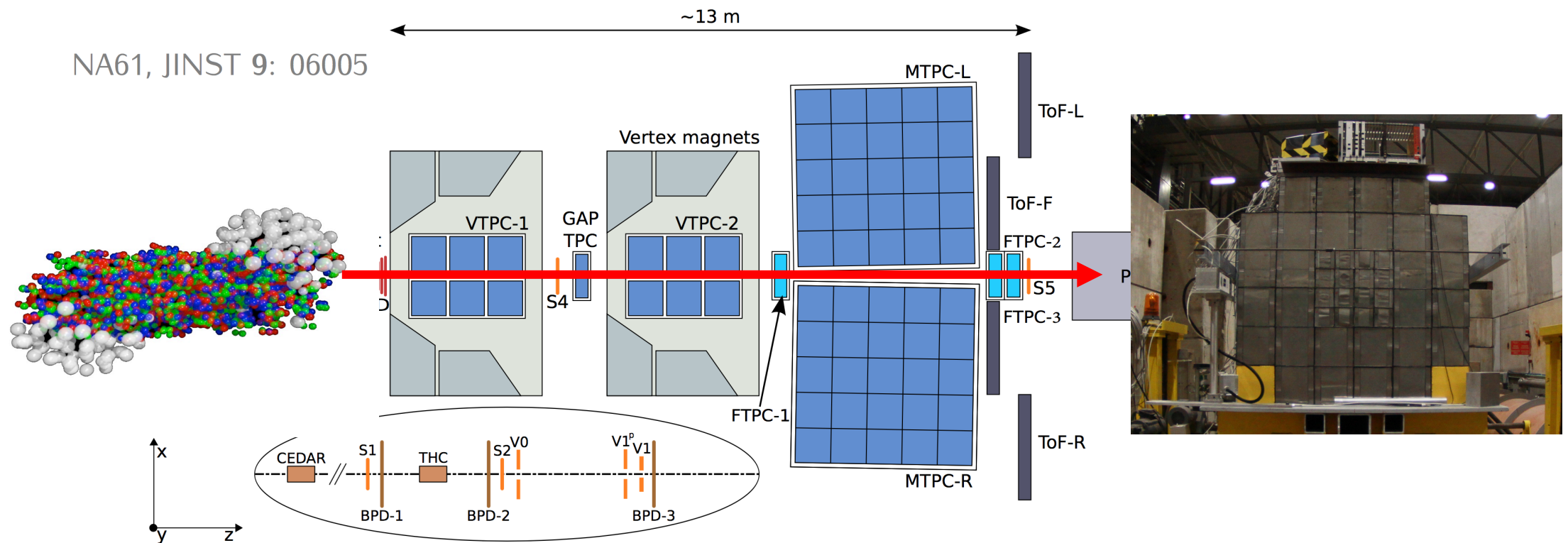


NA61, JINST 9: 06005



- Fixed target experiment
- Large forward acceptance
- High tracking efficiency
- Good particle identification

# PROJECTILE SPECTATORS DETECTOR



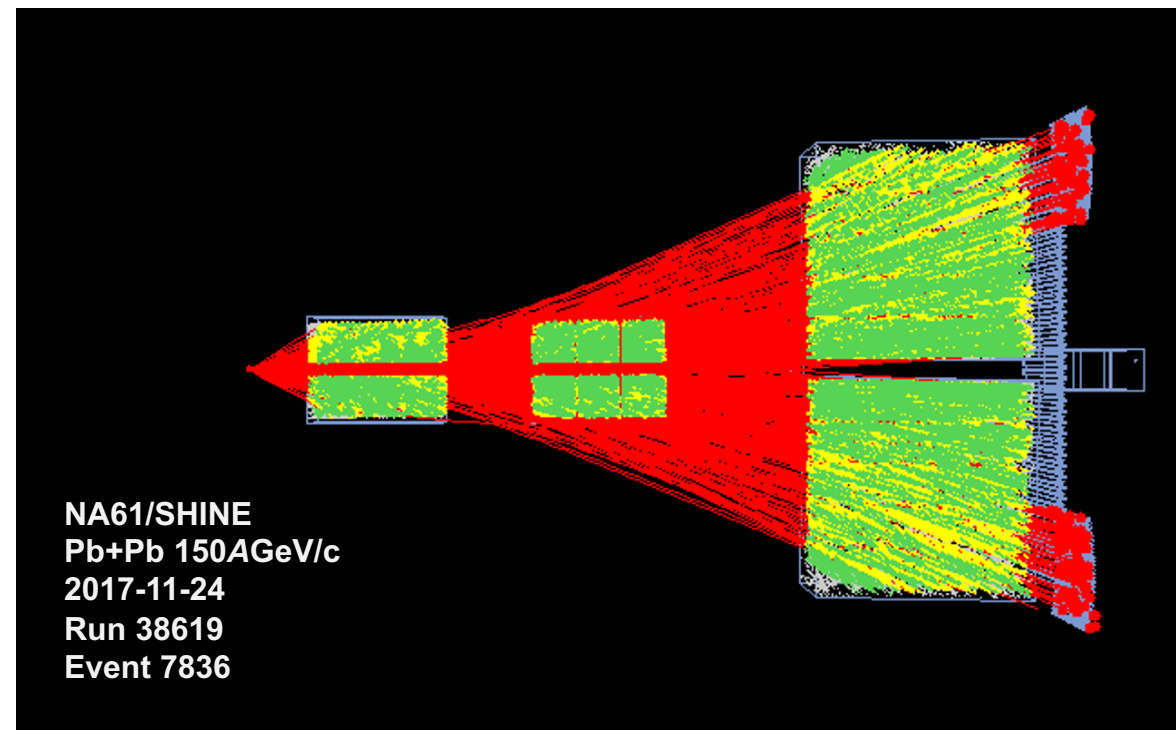
# В ЧЕМ ПРОБЛЕМА

90% анализируемых данных – симуляция.  
На каждое реальное событие нужно 10  
симулированных.

Количество данных в год: 100kk Pb+Pb  
столкновений т.е. надо 1kkk MC

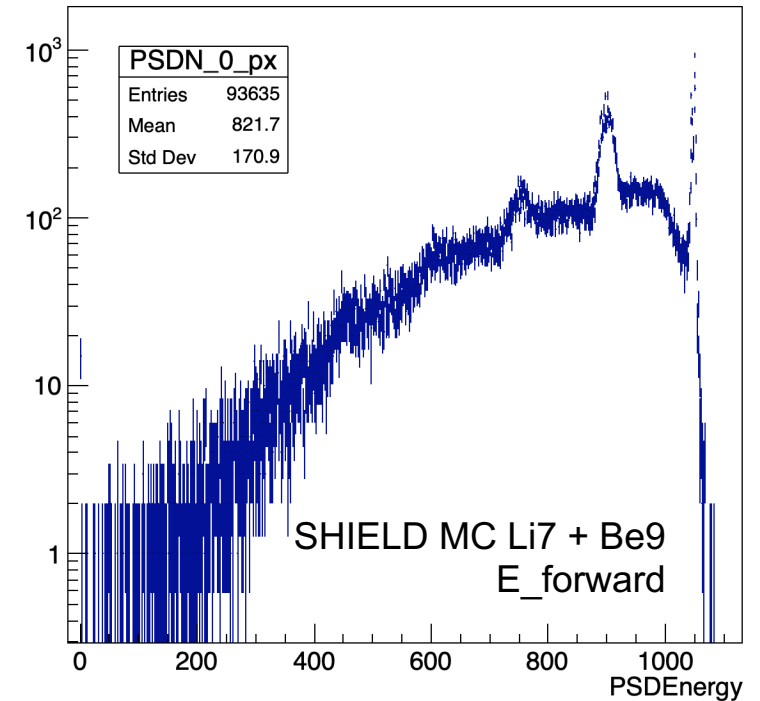
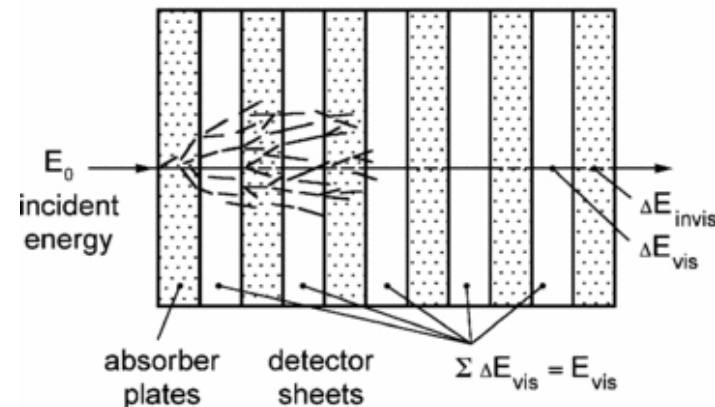
1 полностью симулированное Pb+Pb  
(GEANT4) ~ 10-20 минут.

Но, если убрать калориметр, то все  
сокращается в два раза ...



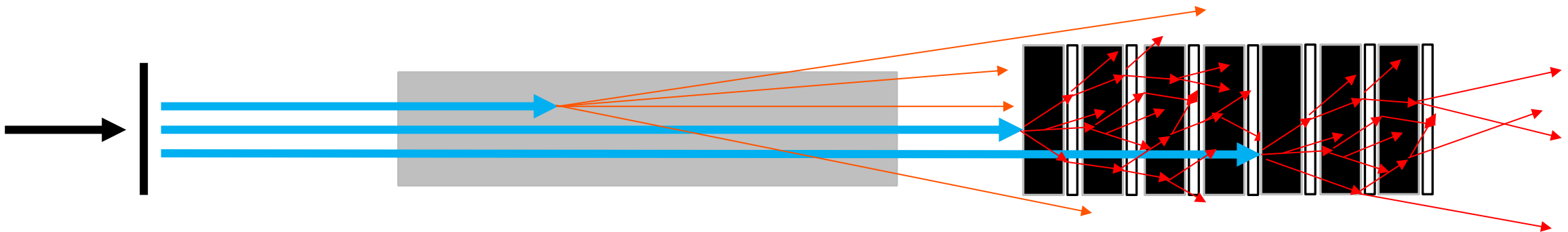
# В ЧЕМ ОСОБЕННОСТИ ОТКЛИКА

1. Большая часть прилетающей энергии заключена в нуклонах спектаторах, хотя рожденные частицы так же вносят непренебрежимый вклад.
2. Отклик калориметра = сумма откликов от всех частиц
3. Модели не описывают измеряемую энергию в калориметре.



# ЭТАПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ STEP-BY-STEP

1. пролет от мишени к калориметру
2. генерация отклика согласно разрешению
3. учет утечки энергии
4. распределение энергии между модулями



# ЭТАП 1. ОТ МИШЕНИ К КАЛОРИМЕТРУ

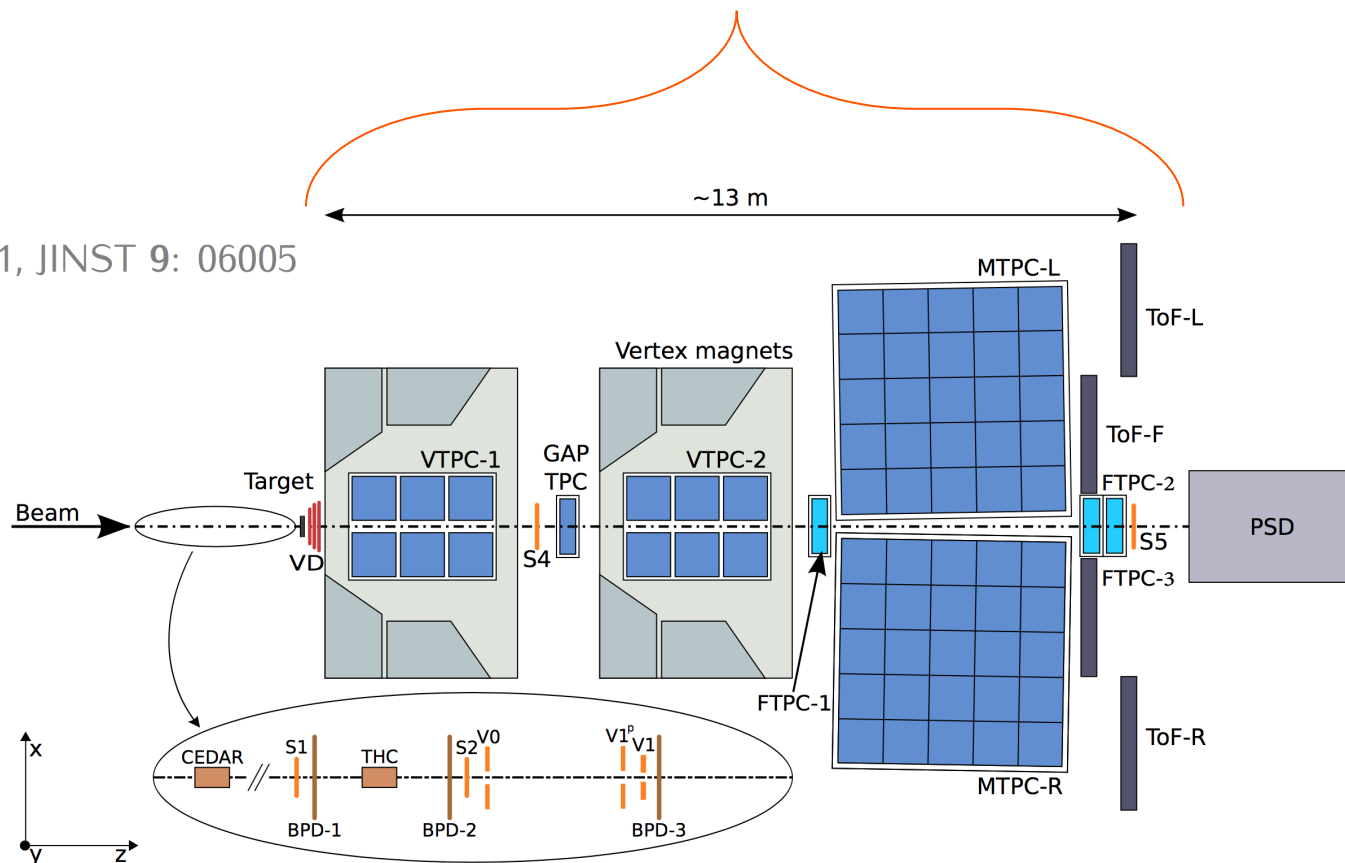
Задача:

Знать каждую частицу, которая долетает до калориметра.

Решение:

1. Храним ну-почти-все рожденные в GEANT частицы. Используя карту магнитного поля проверяем их позицию в плоскости Z калориметра. Тяжело.
2. В GEANT создаем тонкий чувствительный слой непосредственно перед позицией калориметра, и хранить только частицы, которые в него ударились.

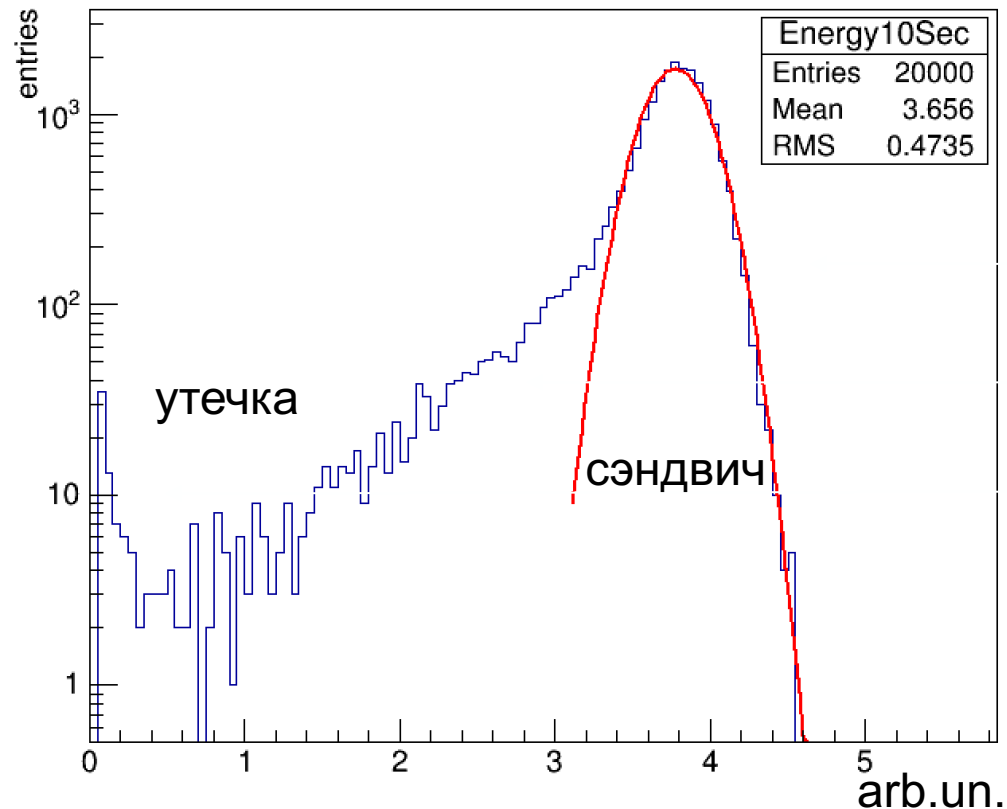
NA61, JINST 9: 06005





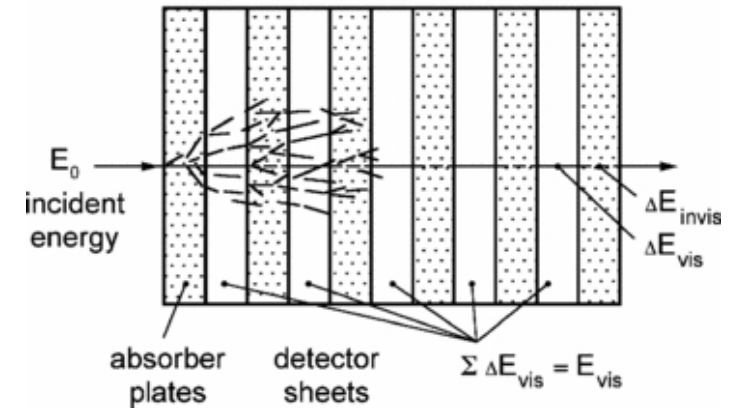
# ЭТАПЫ 2-4: СИМУЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА НА ЧАСТИЦУ

proton 150 GeV/c -> калориметр  
GEANT4



29.08.2023

1. Разрешение – сэндвич + электроника



2. Утечка энергии – недостаточная длина калориметра

- 60 Pb + scintillator layers (16 + 4 mm)
- 5.7 nuclear interaction lengths

NICA ML 2023

9

# ЭТАП 2. ГЕНЕРАЦИЯ РАЗРЕШЕНИЯ

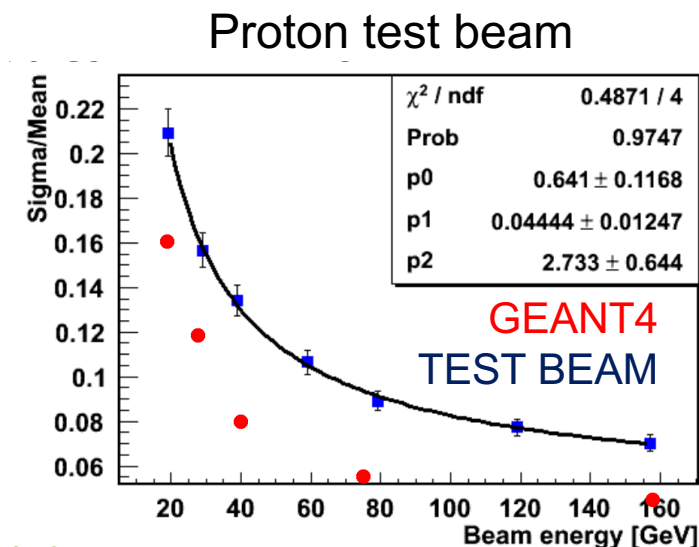
Как посчитать разрешение калориметра?



1. GEANT?  
Не учитывает электронику,  
разрешение может быть в разы  
оптимистичней, чем в реальности.

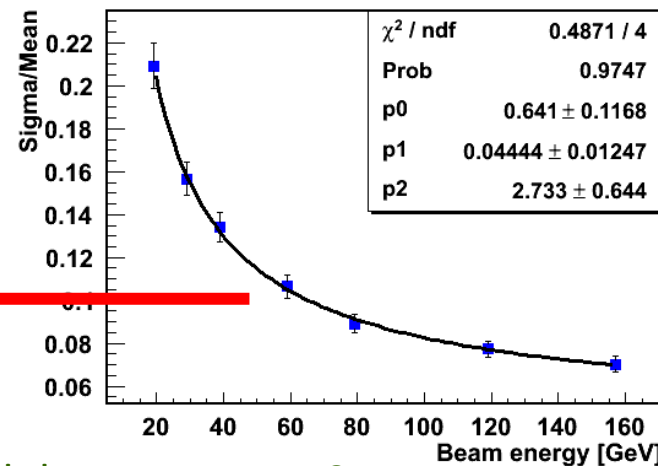
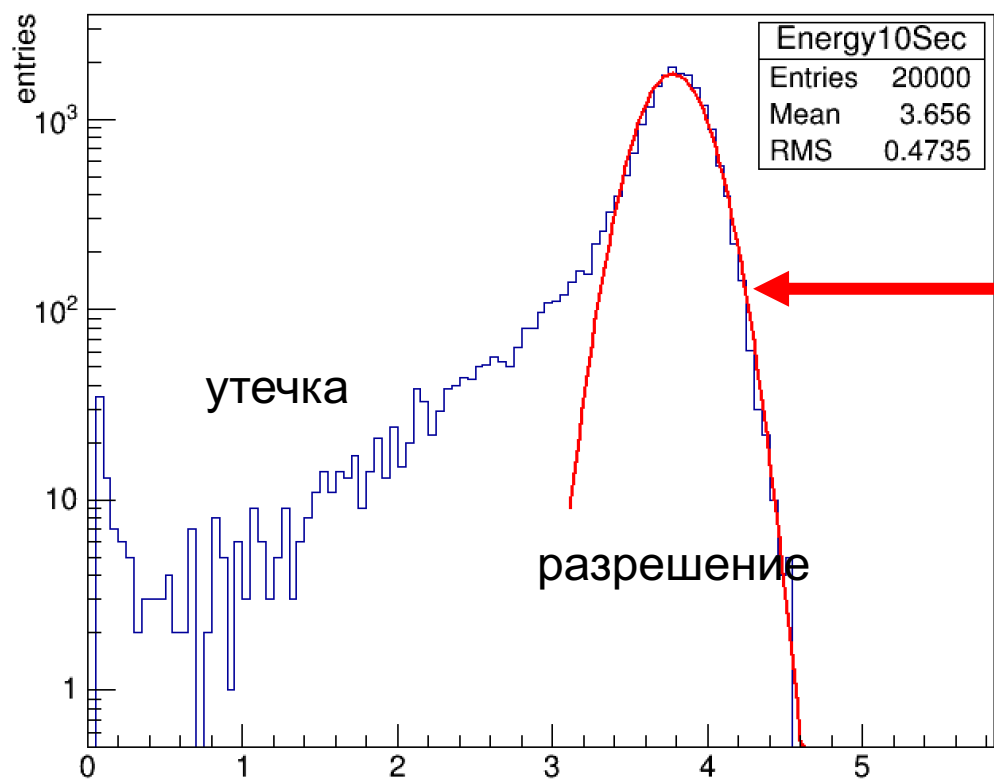


2. Эксперимент!  
Облучение калориметра пучком  
протонов.



$$\text{Sigma/mean} = \sqrt{\frac{[0]^2}{E} + [1]^2 + \frac{[2]^2}{E^2}}$$

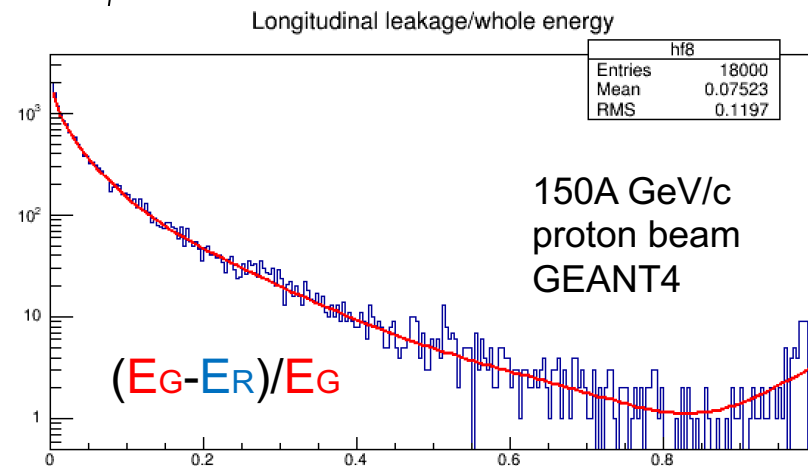
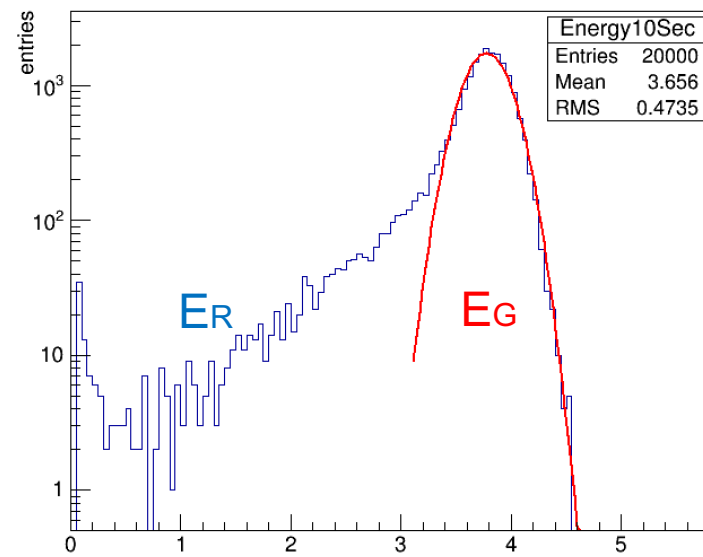
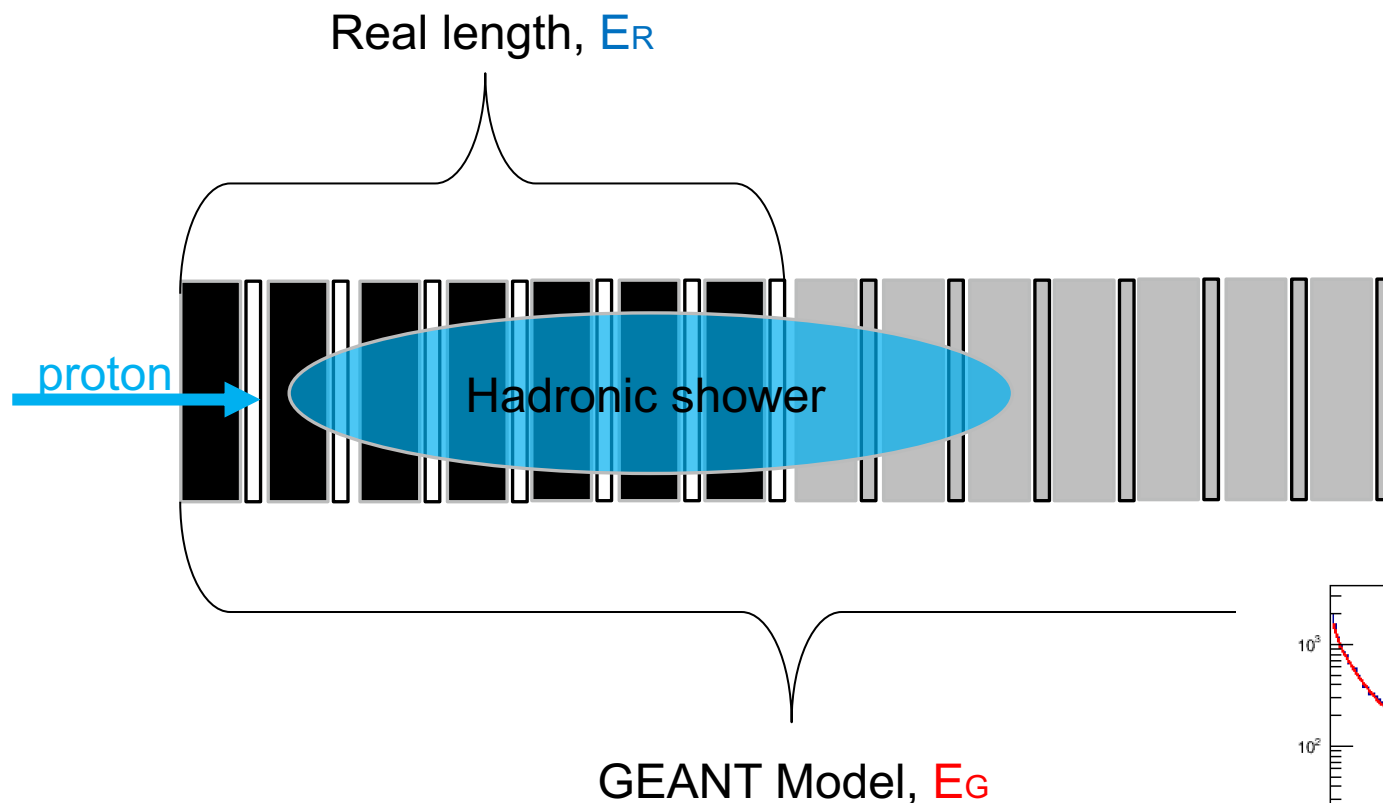
# ЭТАП 3. УТЕЧКА ЭНЕРГИИ С ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ



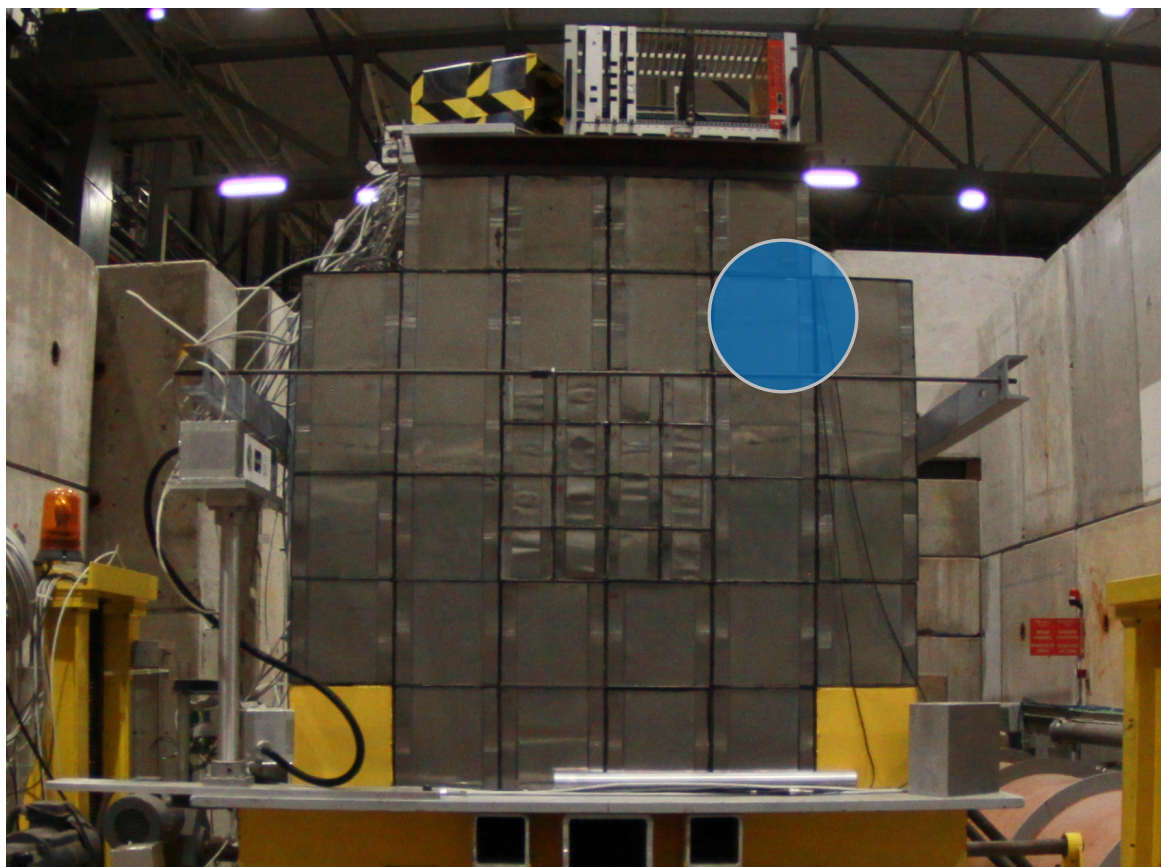
Но как сгенерировать хвост?

Идея: нормальное распределение – отклик ”бесконечного калориметра”.  
Сделаем GEANT модель

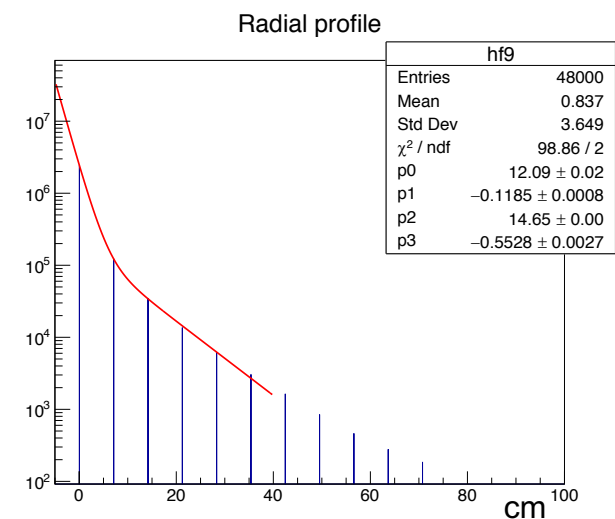
# ЭТАП 3. УТЕЧКА ЭНЕРГИИ С ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ



## ЭТАП 4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ МЕЖДУ МОДУЛЯМИ



Ливни спектров шире, чем размер одного модуля. Энергия "перетекает" (leak) из одного модуля в другие в том числе и за края в поперечной плоскости.



$$f(r) = Ae^{Br} + Ce^{Dr}; \quad 2\pi \int_0^{\infty} r f(r) dr = 1$$

2016 JINST 11 P06013

# FAST SIMULATION: STEP-BY-STEP

Для каждой частицы на поверхности калориметра:

1. Генерация энергии по нормальному распределению из экспериментальных данных.
2. Вычет “утекшей” через заднюю энергии сгенерированной по другому распределению.
3. Генерирование разброса между модулями по третьему распределению

Готово!

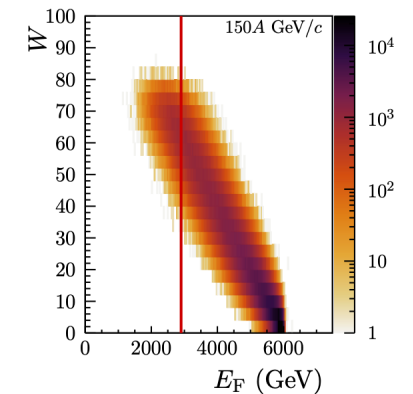
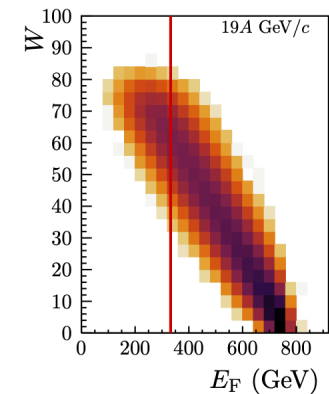
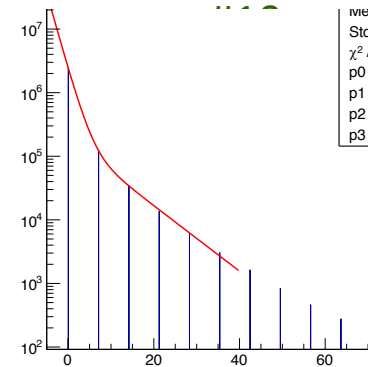
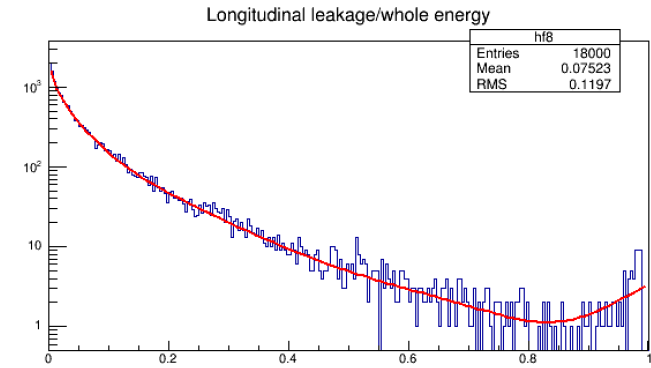
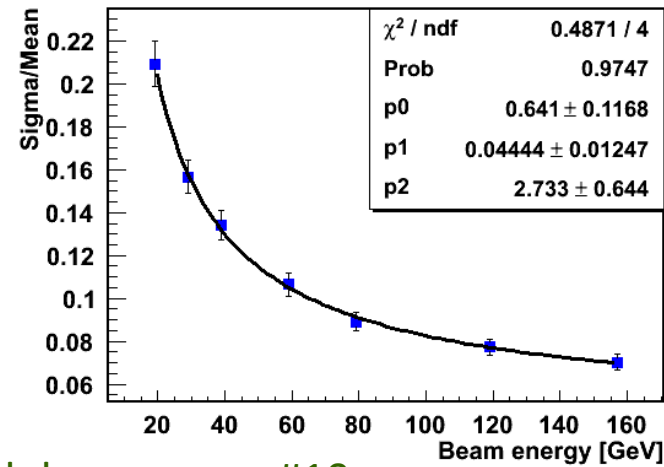


Figure 4: Distributions of  $W$  versus  $E_F$  for all inelastic collisions at 19A (left) and 150A GeV/c (right) beam momenta calculated from the EPOS1.99 model. The vertical red lines show the value of the cut on  $E_F$  for selecting the 5% most central collisions.

# PROS&CONS

- очень очень быстрый (меньше секунды на событие)
- нет нужды в симуляции электроники, она сразу заложена в экспериментальные данные
- нет event-by-event флуктуаций формы ливня.  
Есть величины, но не формы.
- нельзя симулировать насыщение отдельных частей одного модуля  
(в модулях независимые секции, которые могут независимо насыщаться)
- непонятно как симулировать отклик на низкоэнергетические частицы.  
Экспериментального его не проверить, остается опираться на GEANT.

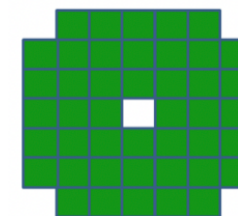
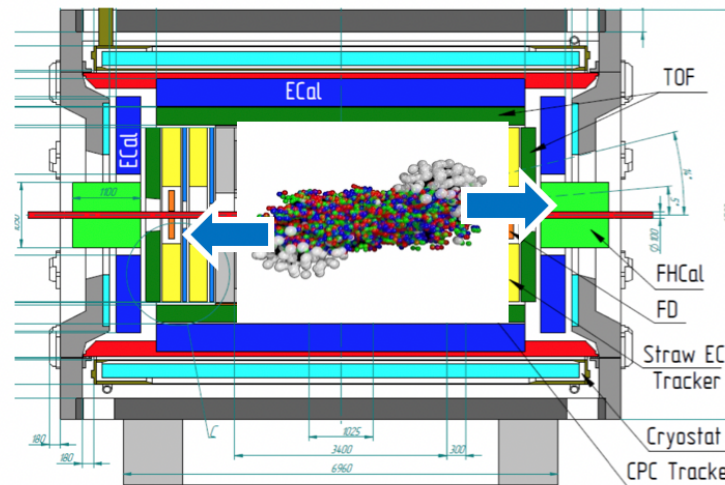
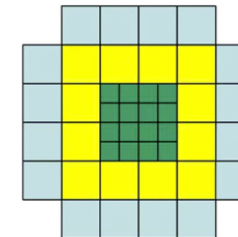
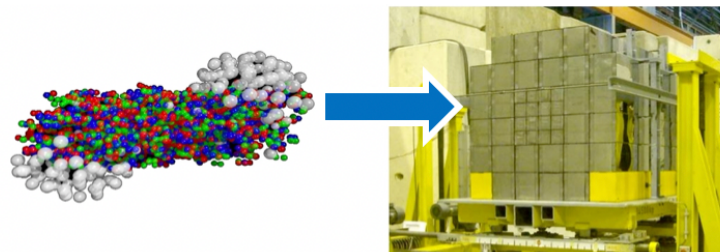
# MPD CASE

- **The HOLE**

Как быстро симулировать частицы, попавшие в соседние с дырой модули?

Я бы предложил создать в GEANT4 отдельную модель калориметра с куда более высокой гранулярностью, набрать очень много статистики р+FHCal со случайным разбросом **MPD | NICA** по поверхности, а потом уже в simulation chain выкидывать все спектаторы и вместо них вставлять случайным образом пресгенерированные отклики.

**NA61/SHINE**





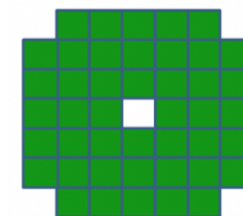
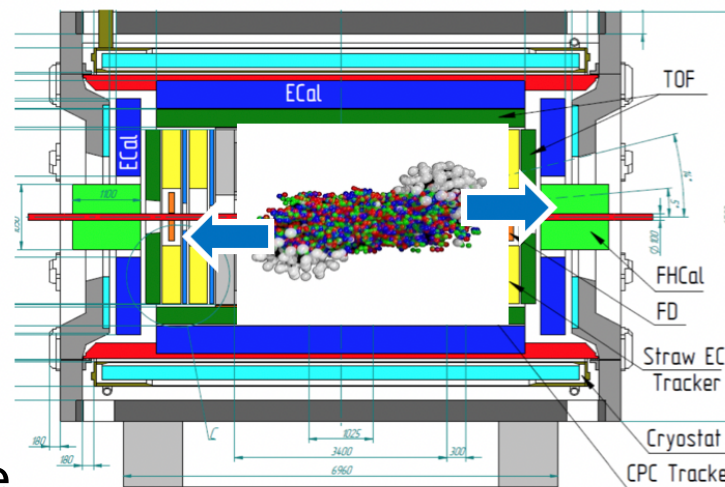
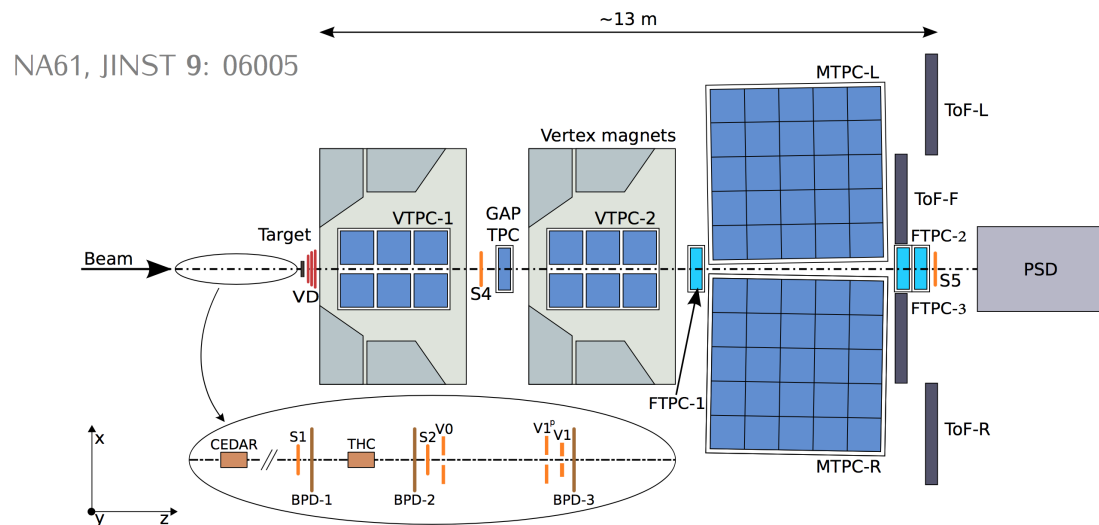
# MPD CASE

- **Углы**

Частицы будут прилетать с непренебрежительными углами  
 Расстояние в SHINE 13-16 метров  
 в MPD 3 метра ...

Я не берусь предсказать эффект.  
 Нужно симулировать и сравнивать. Идея с отдельным симулированием калориметра с высокой гранулярностью с particle gun протонами, которые бы потом подставлялись в разных комбинация вместо спектаторов здесь тоже, кажется, выходом.

**MPD | NICA**



# MPD CASE

- **Unknown resolution**

По опыту SHINE измеренное разрешение калориметра значительно уступает полученному из GEANT ...

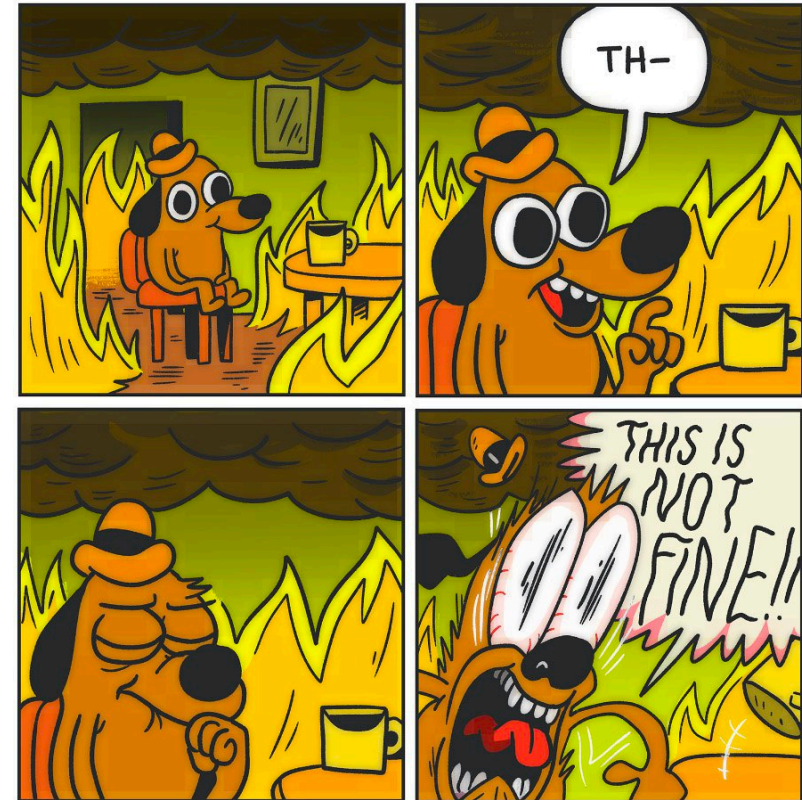
Сконструировать отдельный калориметр, который бы тестировался на протонных пучках с теми же настройками, что и в физических ранах MPD?

Иначе **we are doomed**



# CONCLUSIONS

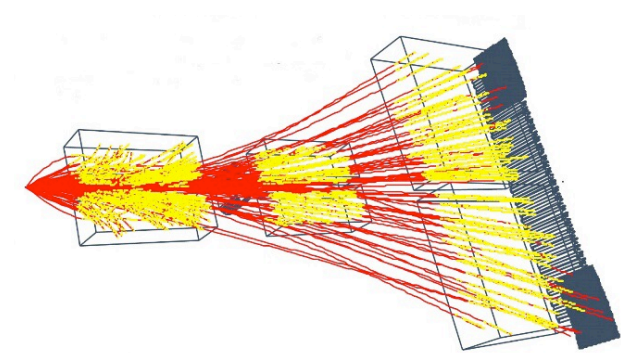
- Быстрая симуляция на основе большого количества пресгенерированных взаимодействий протонов с FHCaI высокого разрешения должна сработать.
- Отсутствие адекватного MC не дает применить ML (поправьте меня, если я не прав). Нужны работы по настройкам моделей, SHINE – естественная площадка, но нужна реопе power.
- Незнание реального разрешения ставит под сомнение любую симуляцию. Требуются пучковые испытания.



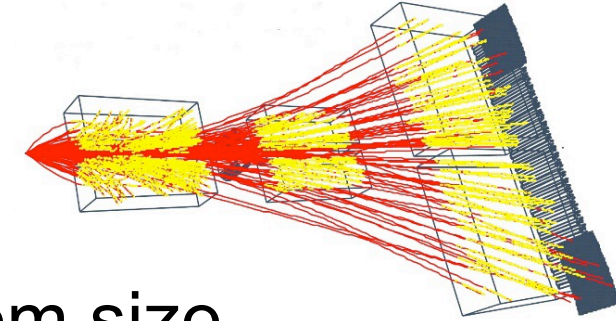
# BACKUP

# PHYSICS OUTLINE

- Strong interactions
- Measurements for cosmic rays physics
- Measurements for neutrino experiments



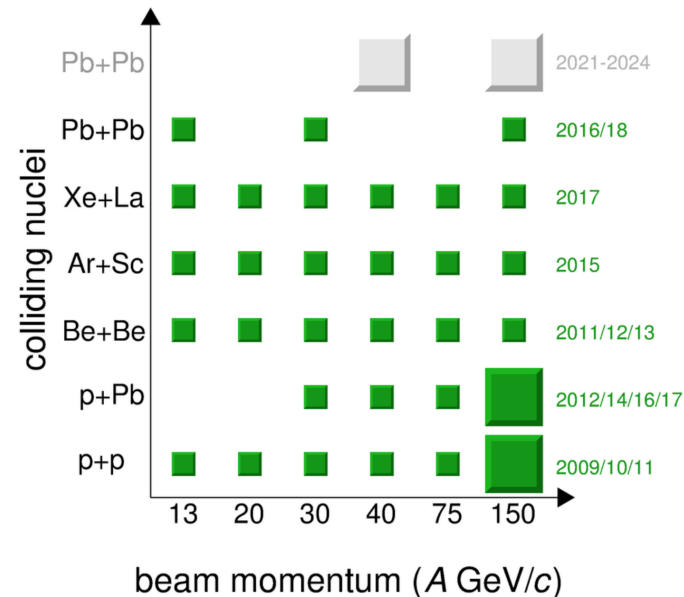
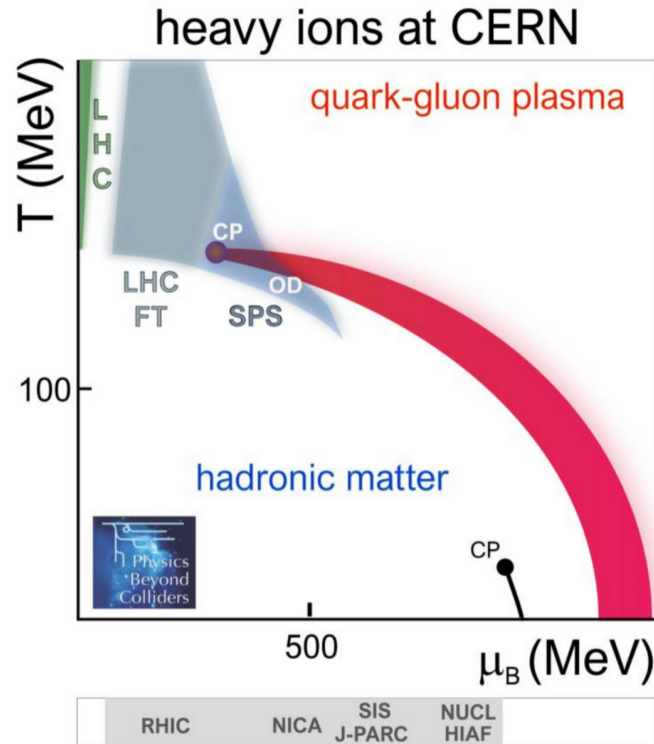
# STRONG INTERACTIONS



Search for the critical point

2018: energy and system size scan program is completed

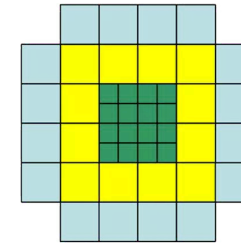
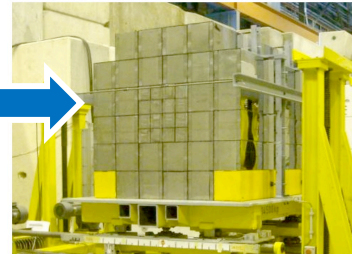
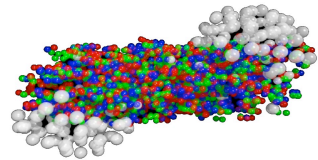
What is next?



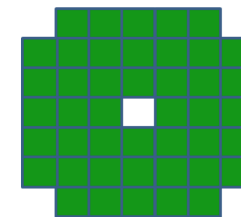
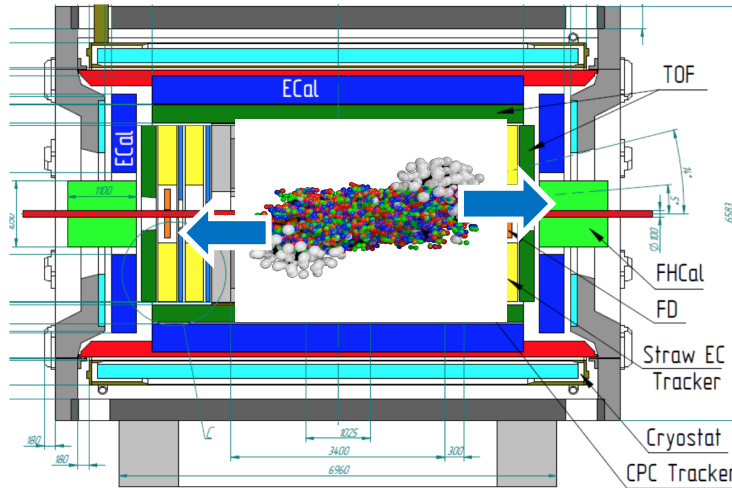
The data is being analyzed.  
No signal of the critical point so far.

# CENTRALITY BY HADRONIC CALORIMETERS

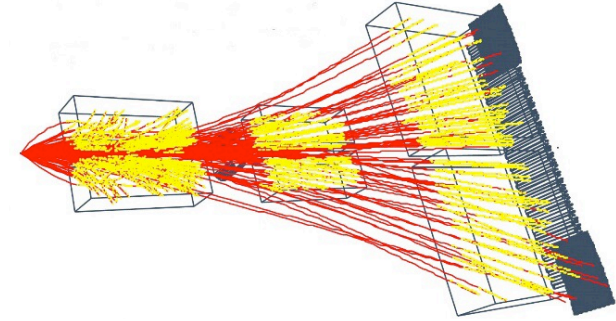
NA61/SHINE



MPD|NICA

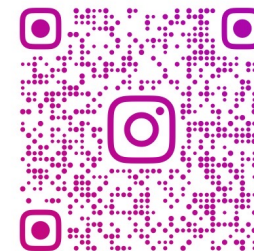


# THANK YOU



We are welcome new ideas and collaborators

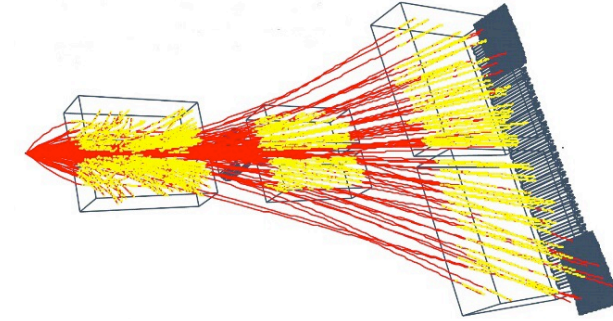
[a.seryakov@cern.ch](mailto:a.seryakov@cern.ch)  
<https://shine.web.cern.ch/>



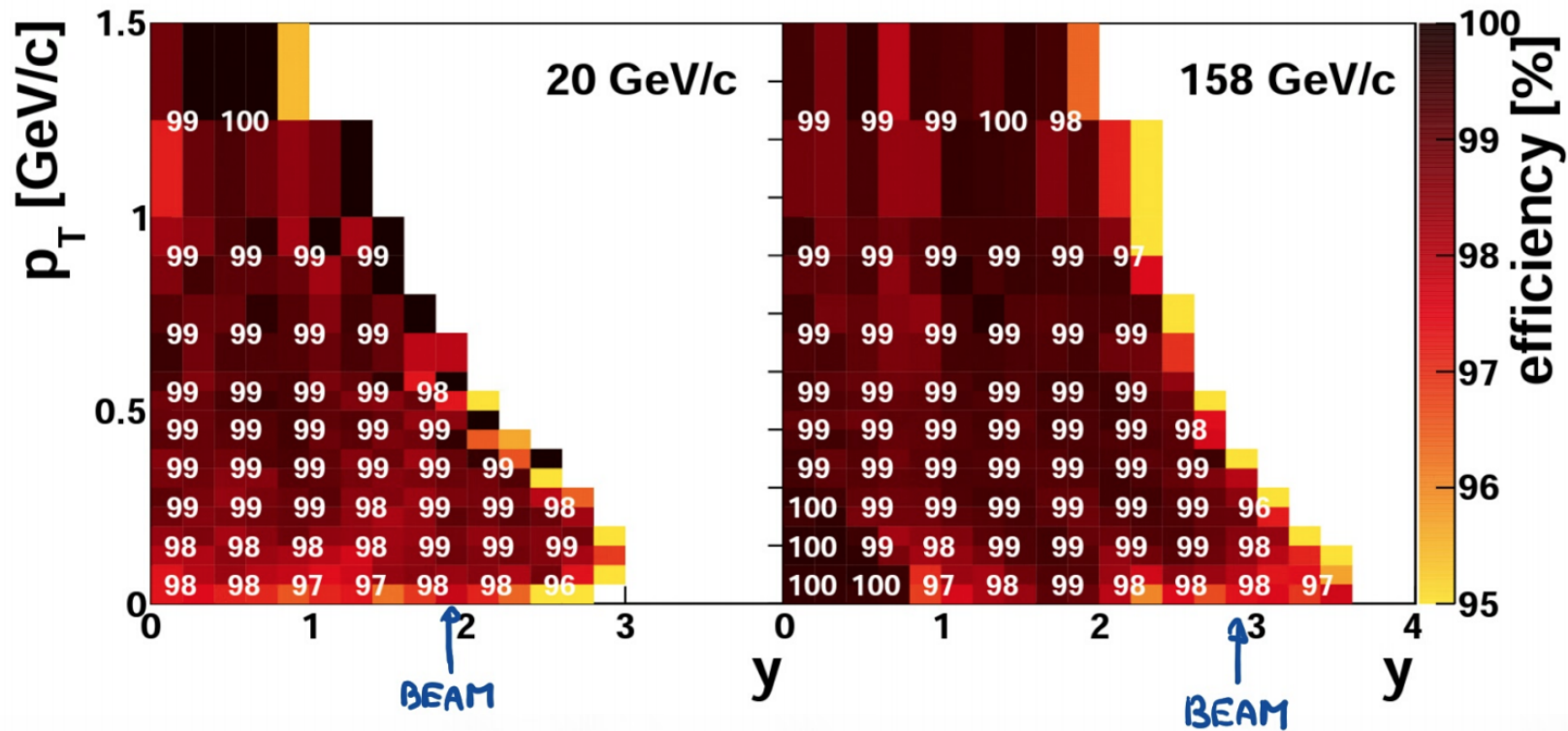
SHINE.EXPERIMENT



# LARGE ACCEPTANCE DETECTOR

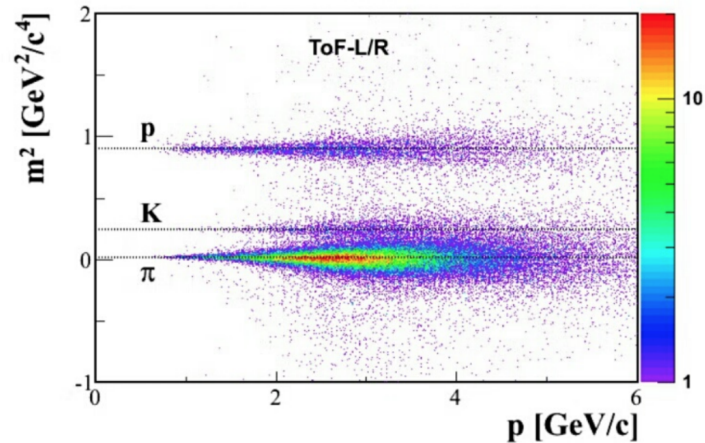
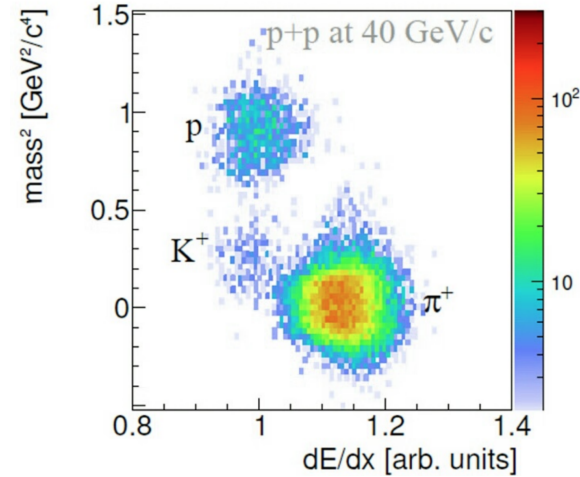
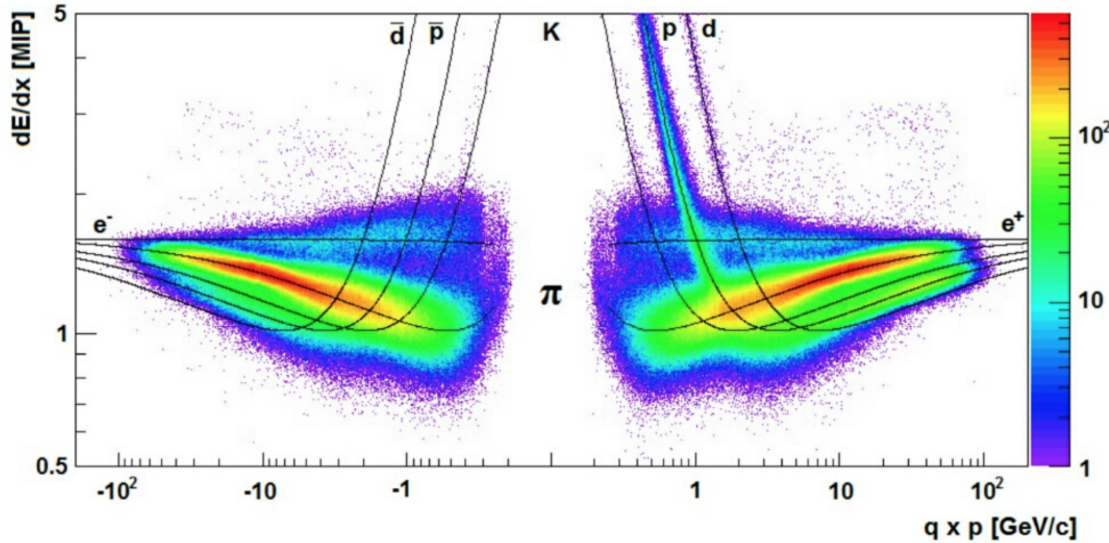
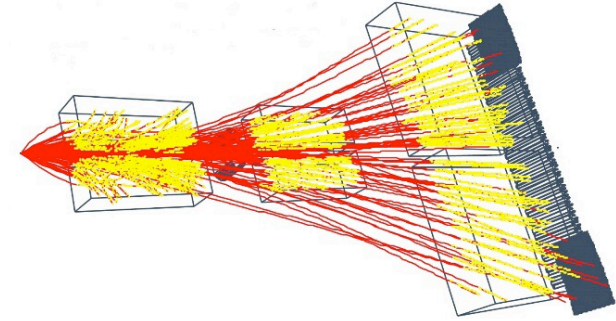


Eur.Phys.J. C74 (2014) no.3, 2794



- Fixed target experiment
- Large forward acceptance
- High tracking efficiency
- Good particle identification

# LARGE ACCEPTANCE DETECTOR



$$\sigma(\text{ToF}) \approx 100\text{ps}$$

$$\frac{\sigma(dE/dx)}{dE/dx} \approx 4\%$$

- Fixed target experiment
- Large forward acceptance
- High tracking efficiency
- Good particle identification