

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова  
Физический факультет

# Открытие и исследование векторных бозонов в эксперименте ATLAS

Работу выполнила  
студентка 218 группы  
Токур Я. А.

Научный руководитель  
профессор Смирнова Л. Н.

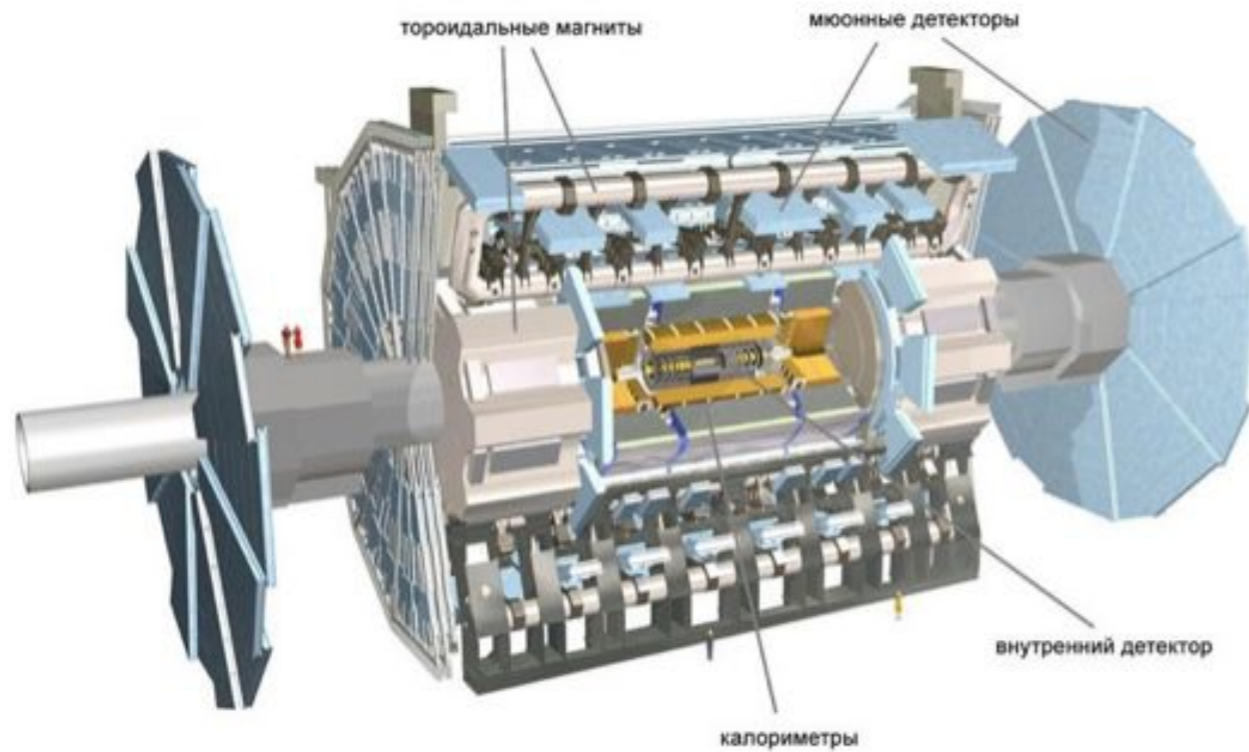
# Стандартная модель

Фундаментальными частицами Стандартной модели являются лептоны, кварки и калибровочные бозоны.

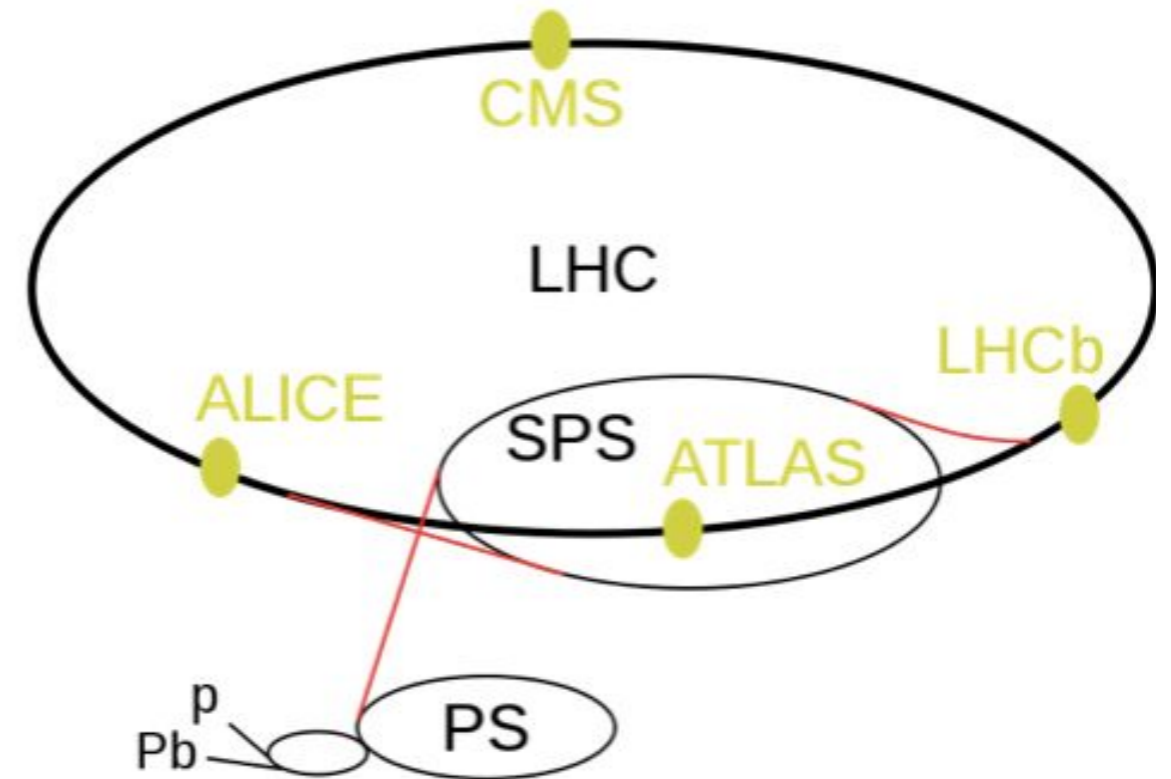
Калибровочные бозоны имеют целочисленный спин и являются носителями взаимодействия между фундаментальными фермионами.

Тип взаимодействия	Частицы, на которые распространяется	Калибровочные бозоны	Характеристики калибровочных бозонов
Сильное	Все частицы, имеющие цвет	8 безмассовых глюонов	спин $J = 1$
Электромагнитное	Все частицы, имеющие электрический заряд	Безмассовый фотон	спин $J = 1$
Слабое	Кварки, лептоны, калибровочные бозоны $W^+$ , $W^-$ , $Z$	Массивные бозоны $W^+$ , $W^-$ , $Z$	$J = 1$ , $M_W \sim 80,4$ ГэВ $M_Z \sim 91,2$ ГэВ
Гравитационное	Все частицы	Безмассовый гравитон	спин $J = 2$

# ЦЕРН и БАК. Детектор ATLAS



Строение детектора ATLAS



Общая схема БАК

Энергия столкновения протонов достигает 13ТэВ

# W- и Z-бозоны

Кванты слабого поля -  
массивные частицы

$$M_w \sim 80,4 \text{ ГэВ}$$

$$M_z \sim 91,2 \text{ ГэВ}$$

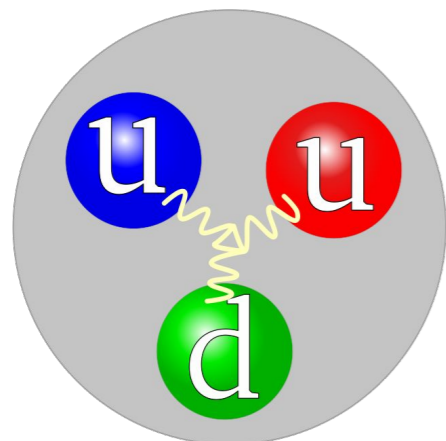
$$J = 1$$

Были предсказаны теоретически  
задолго до их экспериментального  
обнаружения как «промежуточные»  
частицы, передающие слабое  
взаимодействие.

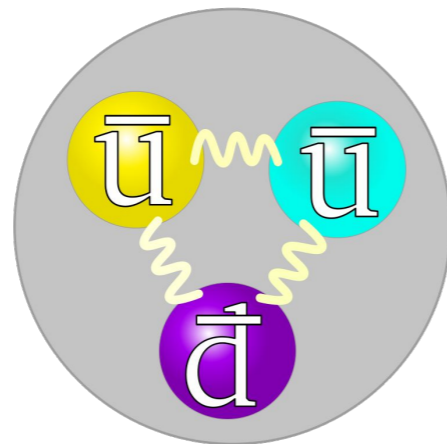
Впервые наблюдались в 1983 г. в специально  
для этого поставленном эксперименте ЦЕРНа.

# Открытие $W^-$ и $Z^-$ бозонов

$p + p^* \rightarrow W + X; \quad p + p^* \rightarrow Z + X,$   
где  $X$  - совокупность других частиц.



Протон



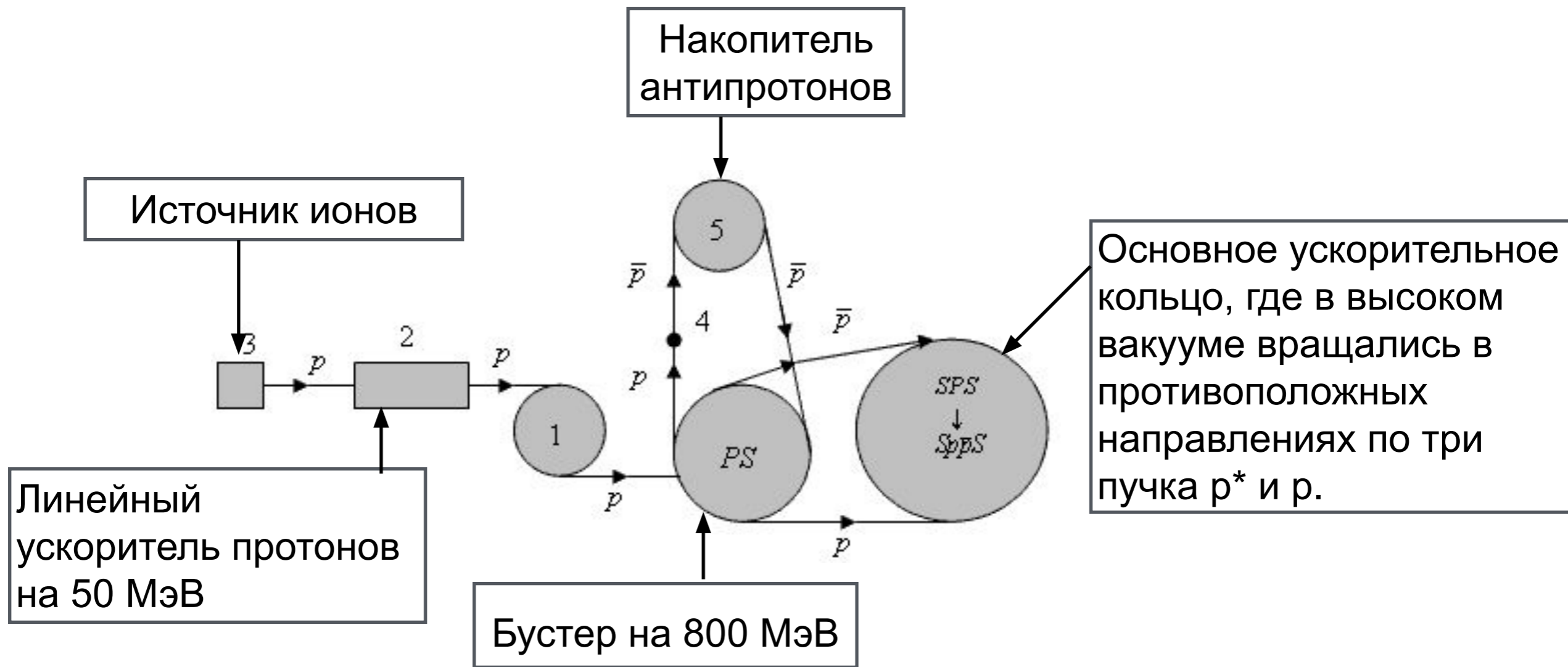
Антипротон

$$\begin{aligned} u + d^* &\rightarrow W^+ & u^* + d &\rightarrow W^- \\ u + u^* &\rightarrow Z & d + d^* &\rightarrow Z \end{aligned}$$

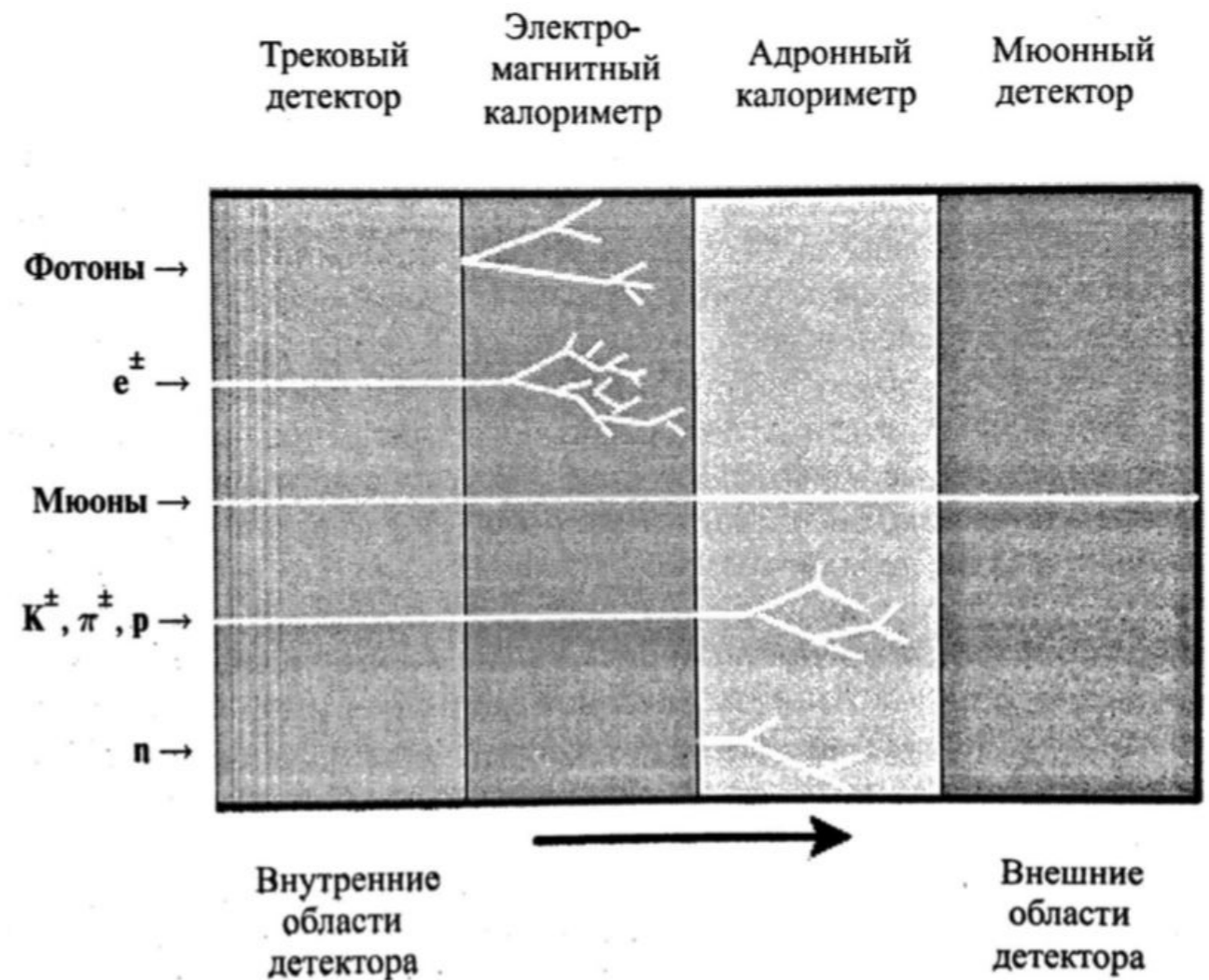
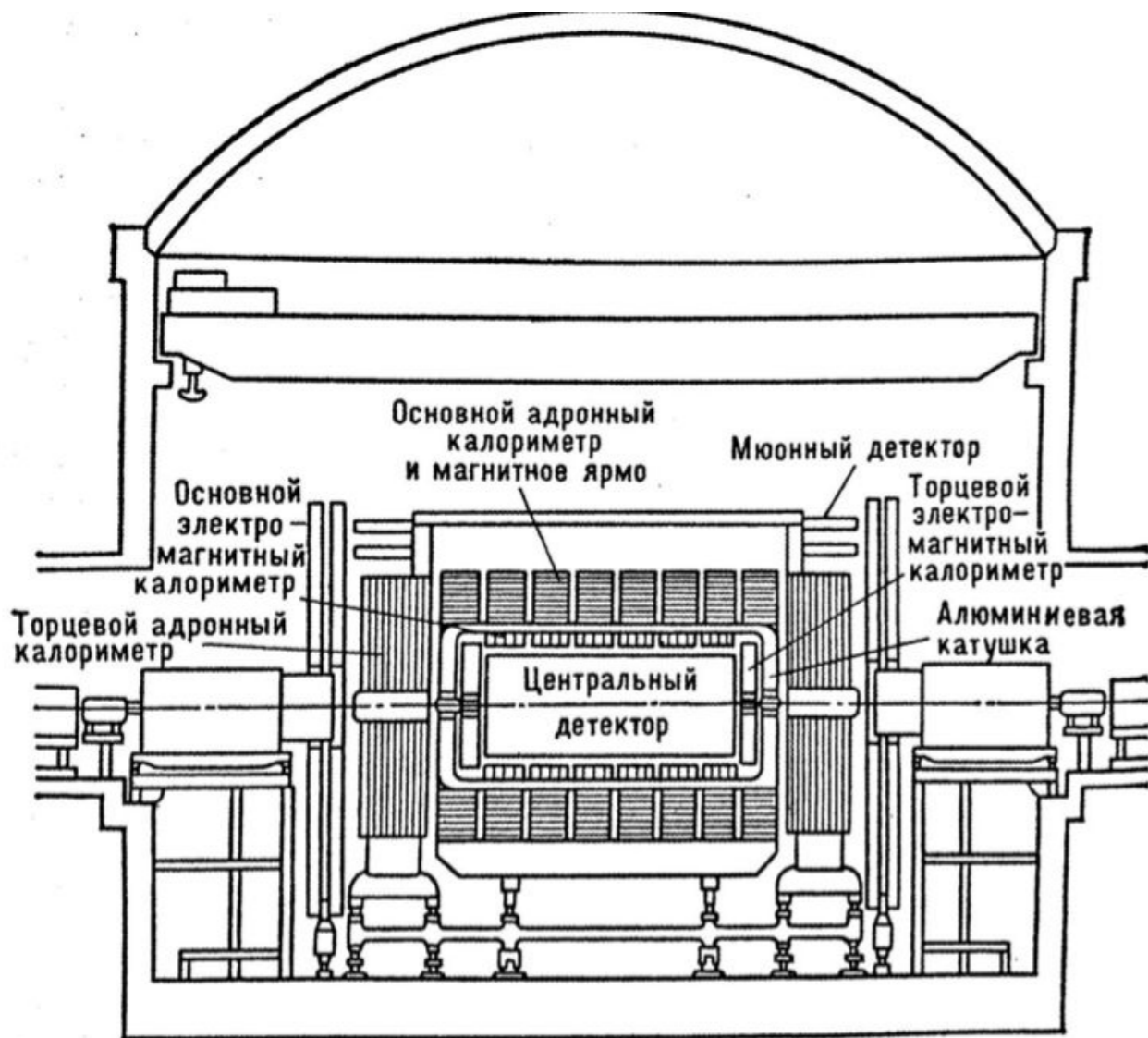
Искать  $W^-$  и  $Z^-$  бозоны по кварк-антикварковой ветви их распада нецелесообразно. Надёжно из адронного фона выделяются распады  $W^-$  и  $Z^-$  бозонов на лептоны:

$$\begin{aligned} W^+ &\rightarrow e^+ + \nu_{e^*} \\ W^- &\rightarrow e^- + \nu_e \\ Z &\rightarrow e^+ + e^- \end{aligned}$$

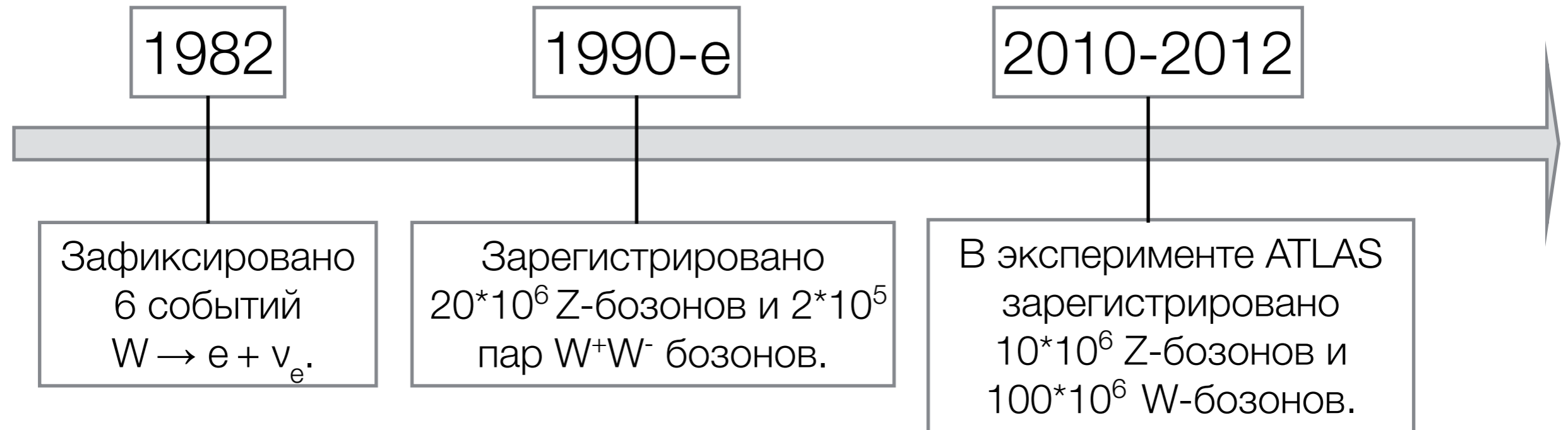
# Ускоритель SPS



# Детекторы UA1 и UA2



# Современные измерения $W$ - и $Z$ -бозонов в эксперименте ATLAS



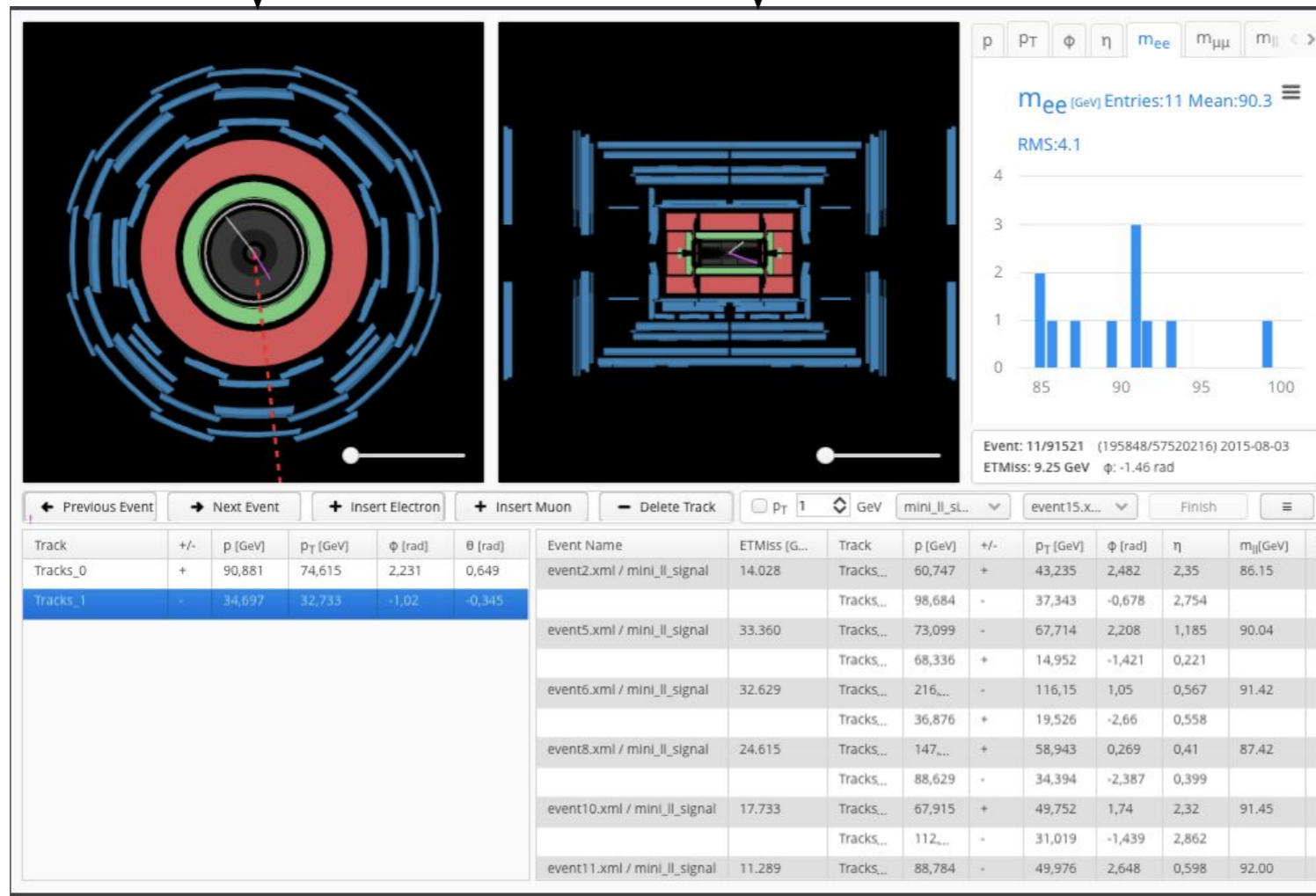
## Зачем изучать электрослабые распады?

- Количественные оценки качества работы детектора
- Проверка теоретических расчётов
- Возможность извлечь информацию о ещё не открытых частицах



# Моделирование событий в детекторе ATLAS с помощью HYPATIA.

Изображения детектора ATLAS



Гистограммы, построенные на основе измеренных данных

Список исследованных треков и их характеристики

# Заключение

1. Векторные бозоны являются важными составляющими СМ
1. Они были открыты на коллайдере SPS в 1982 году.  
Наблюдалось 6 событий рождения  $W$ -бозонов и 13 событий рождения  $Z$ -бозонов
3. На данный момент в эксперименте ATLAS зарегистрировано  $\sim 10 \cdot 10^6$   $Z$ -бозонов и  $\sim 100 \cdot 10^6$   $W$ -бозонов, что позволяет проверять Стандартную модель
4. С помощью программного пакета HYPATIA были проанализированы события распада  $Z \rightarrow e^+ + e^-$