



Измерение угловых коэффициентов в процессах Дрелла-Яна в эксперименте CMS на LHC

В. Шалаев
ОИЯИ, Дубна

Объединенный Институт Ядерных Исследований
07.03.2019



- Процесс Дрелла-Яна
- Детектор CMS на LHC
- Некоторые результаты Run 1 и Run 2:
 - Угловые коэффициенты A_i при 8 ТэВ
 - Первые результаты измерения A_i при 13 ТэВ
- Заключение



Процесс Дрелла-Яна

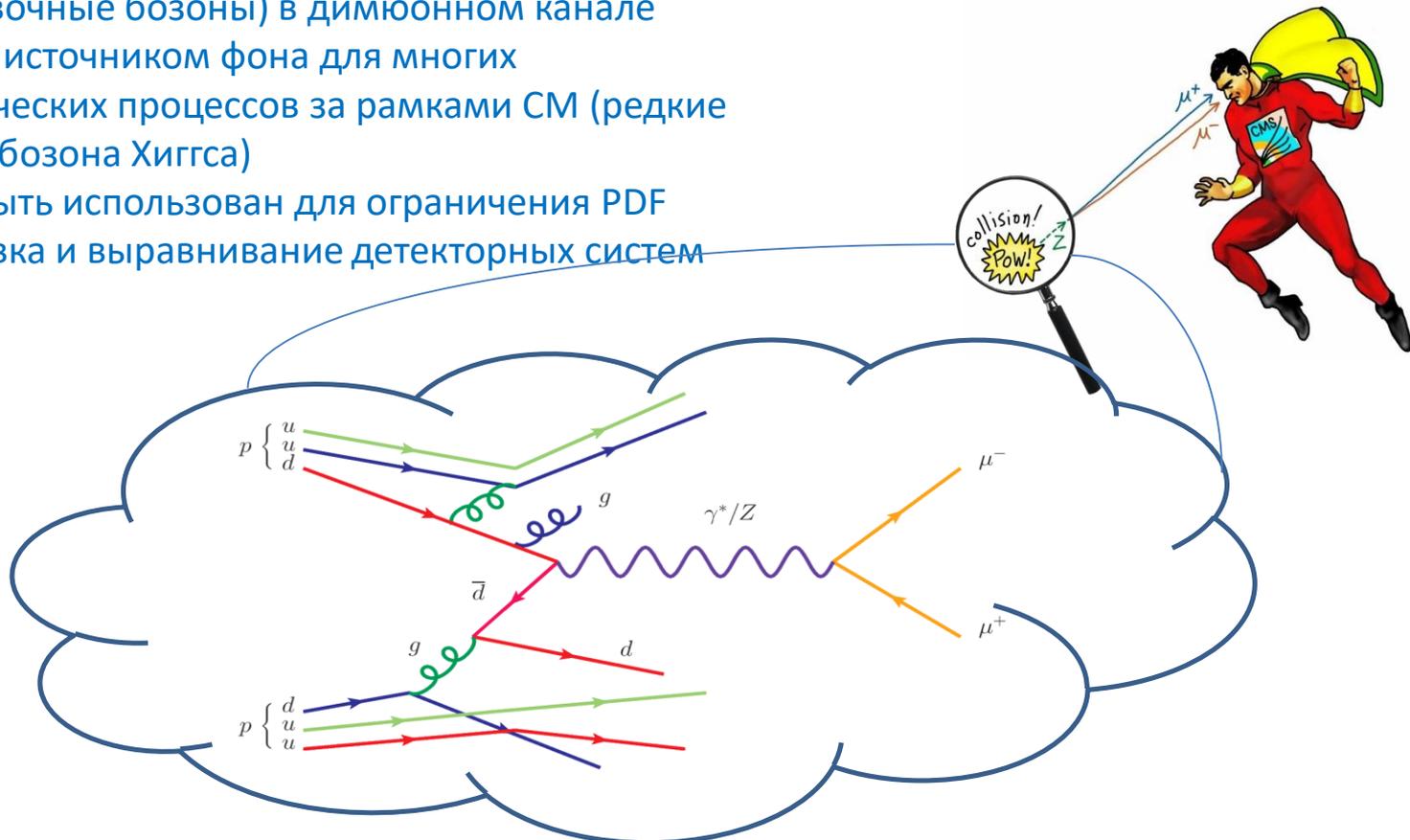


Зачем изучать димюоны на CMS?

- Важный канал для проверки Стандартной модели (сечения посчитаны в NNLO порядке КХД теории возмущений и LO ЭС-теории)
- Множество теоретических сценариев предсказывает вклад новой физики (дополнительные измерения, новые калибровочные бозоны) в димюонном канале
- Является источником фона для многих гипотетических процессов за рамками СМ (редкие распады бозона Хиггса)
- Может быть использован для ограничения PDF
- Калибровка и выравнивание детекторных систем

Основные направления:

1. Измерение дифференциальных сечений
2. Изучение спиновой структуры
3. Измерение асимметрии «вперед-назад» вылета лептона





Компактный мюонный соленоид (CMS)



- Длина – 22 метра
- Диаметр – 15 метров
- Магнитное поле – 3.8 Т
- Вес – 14 000 тонн!

Run	1	2	Projection
\sqrt{s} (TeV)	7, 8	13	14
L_{int} (fb^{-1})	4.5, 19.7	163.2	300
Year	2009-2014	2015-2018	2021-2023

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
 Overall diameter : 15.0 m
 Overall length : 28.7 m
 Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
 12,500 tonnes

SILICON TRACKERS
 Pixel ($100 \times 150 \mu\text{m}$) $\sim 16\text{m}^2$ $\sim 66\text{M}$ channels
 Microstrips ($80 \times 180 \mu\text{m}$) $\sim 200\text{m}^2$ $\sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
 Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

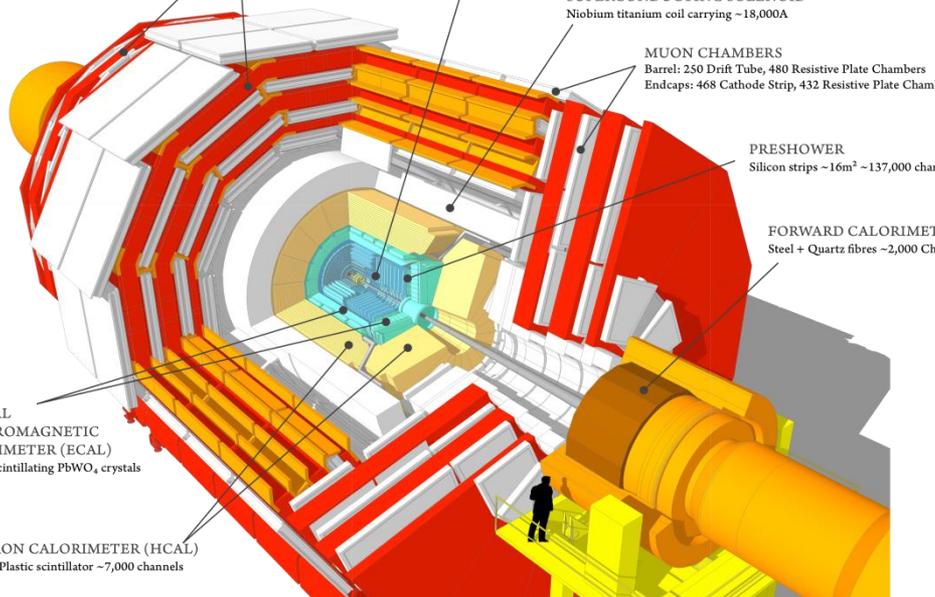
MUON CHAMBERS
 Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
 Endcaps: 468 Cathode Strip, 432 Resistive Plate Cham

PRESHOWER
 Silicon strips $\sim 16\text{m}^2$ $\sim 137,000$ char

FORWARD CALORIMET
 Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Ch

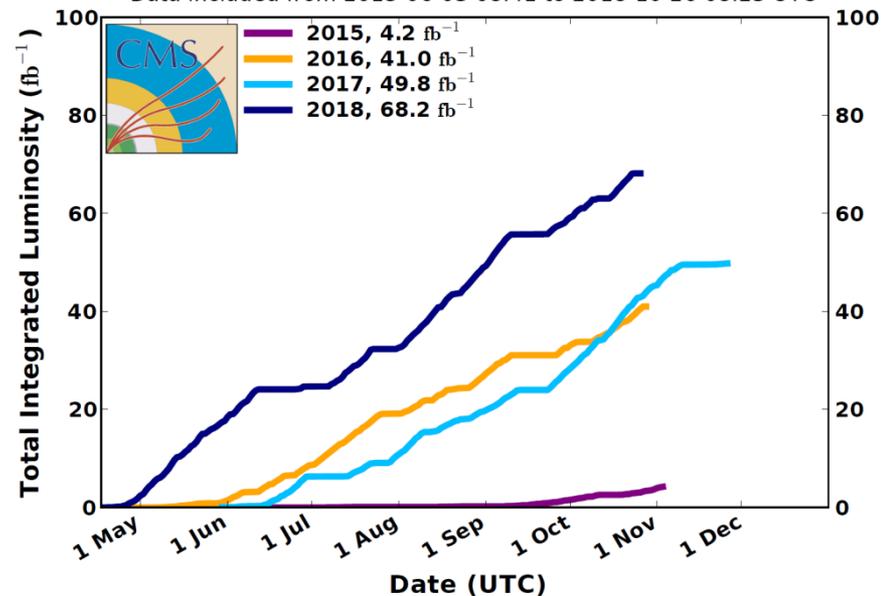
CRYSTAL ELECTROMAGNETIC CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO_4 crystals

HADRON CALORIMETER (HCAL)
 Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels



CMS Integrated Luminosity Delivered, pp, $\sqrt{s} = 13$ TeV

Data included from 2015-06-03 08:41 to 2018-10-26 08:23 UTC





Угловые распределения

Угловое распределение лептонов в процессах Дрелла-Яна в системе покоя γ^*/Z может быть описано следующим образом:

$$\frac{d^2\sigma}{d\cos\theta^*d\phi^*} \propto \left[(1 + \cos^2\theta^*) + A_0 \frac{1}{2}(1 - 3\cos^2\theta^*) + A_1 \sin(2\theta^*) \cos\phi^* + A_2 \frac{1}{2} \sin^2\theta^* \cos(2\phi^*) \right. \\ \left. + A_3 \sin\theta^* \cos\phi^* + A_4 \cos\theta^* + A_5 \sin^2\theta^* \sin(2\phi^*) + A_6 \sin(2\theta^*) \sin\phi^* + A_7 \sin\theta^* \sin\phi^* \right].$$

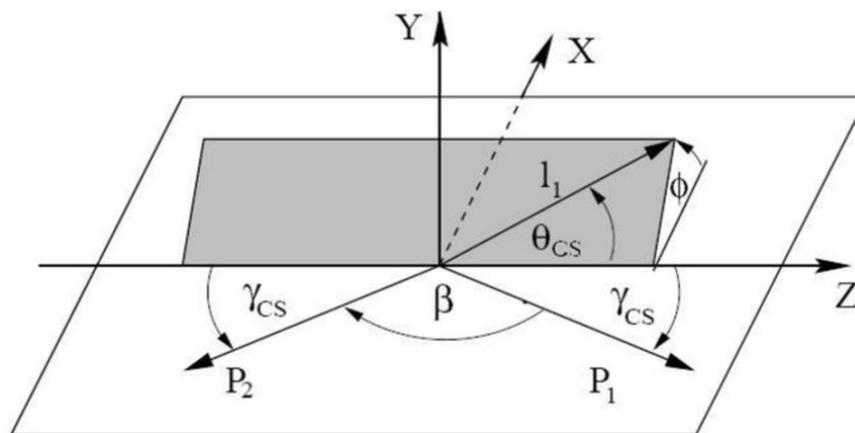
где θ^* и ϕ^* - полярный и азимутальный угол вылета l^- (e^- или μ^-) в системе покоя γ^*/Z (Коллинса-Сопера), коэффициенты $A_0 - A_7$ являются функциями кинематических переменных: p_T , Y , M , а также поляризованных и неполяризованных сечений

При интегрировании по ϕ^* :

$$\frac{d^2\sigma}{d\cos\theta^*} = 1 + A_4 \cos\theta^* + \cos^2\theta^*$$

где A_4 пропорционален асимметрии «вперед-назад»

$$(A_4 \sim \frac{3}{8} A_{FB})$$





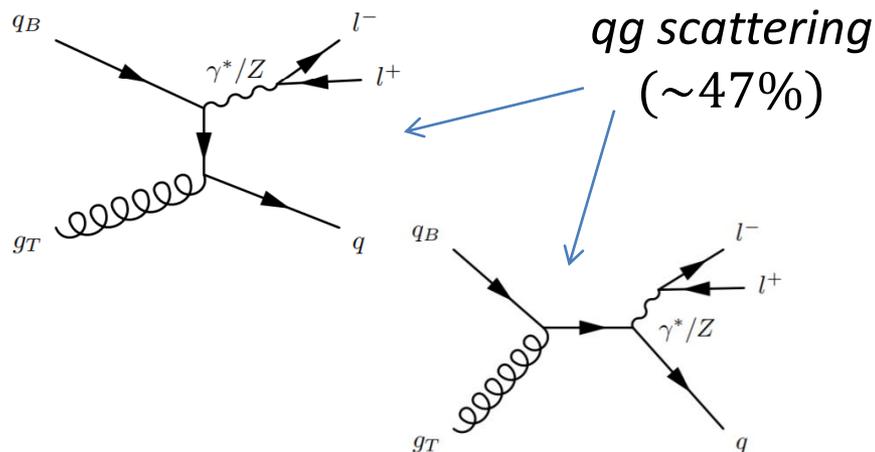
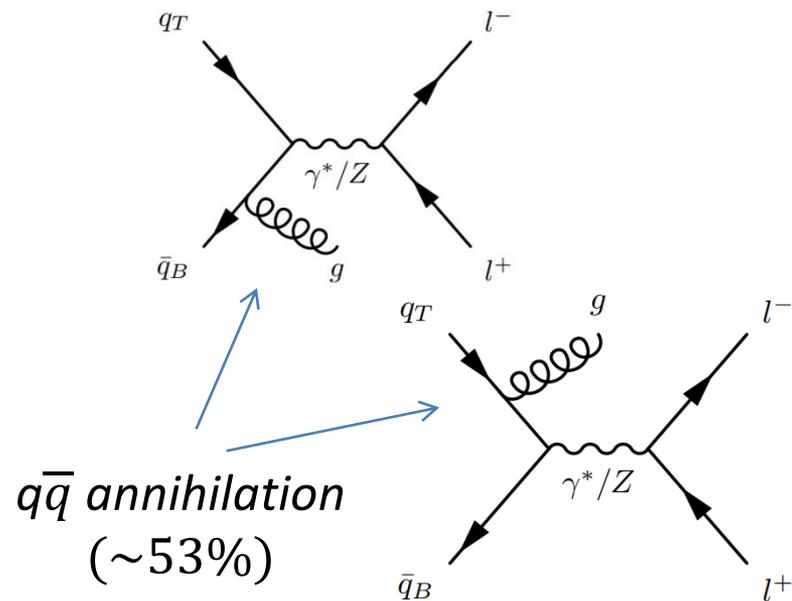
Угловые коэффициенты



- В LO-порядке ТВ только A_4 отличен от нуля
- $A_0 = A_2$ (соотношение Лама-Тунга) в LO КХД-порядке ТВ, но нарушается в более высоких порядках

Нарушение соотношения Лама-Тунга для Z-бозонов с ненулевым p_T может быть обусловлено:

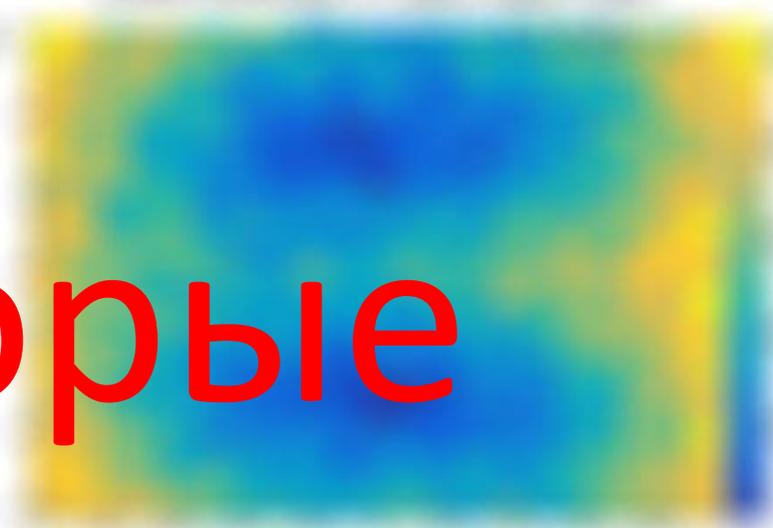
- Эффектами высших порядков и твистами
- Нетривиальной структурой вакуума КХД



$A_0 - A_2$ связаны с поляризацией Z-бозона
 $A_3 - A_6$ чувствительны к V-A структуре токов и нарушению четности

- A_i зависят от PDF
- A_4 связан с асимметрией «вперед-назад»
- $A_5 - A_7$ не равны нулю только в NNLO КХД; в NLO КХД-порядке очень малы и обычно полагаются равными нулю

Некоторые результаты





Чем хорош этот доклад?



- Актуальные, «горячие» результаты из текущего анализа данных LHC Run 2
- Доклад будет on behalf of CMS collaboration (процедура рецензирования на CINKO)
- Кратко освещен эксперимент CMS (полезно для слушателей, не связанных с экспериментами в CERN)
- Кратко описан процесс Дрелла-Яна и мотивация к его изучению (полезно, в том числе, и для людей, работающих с CERN)
- *Я весёлый =)*



*Спасибо!
И с наступающим*

МАРТА