

Вычисления в NLO QCD и EW приближении с помощью mcsanc-v1.0

Андрей Сапронов

ЛЯП ОИЯИ

24.02.2014

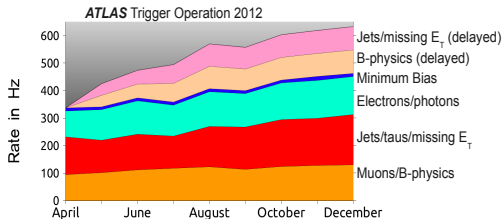
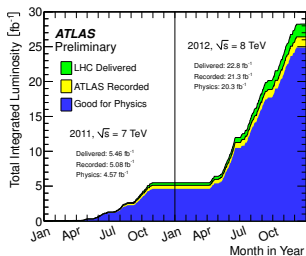
Достижения LHC

1 LHC RUN-I

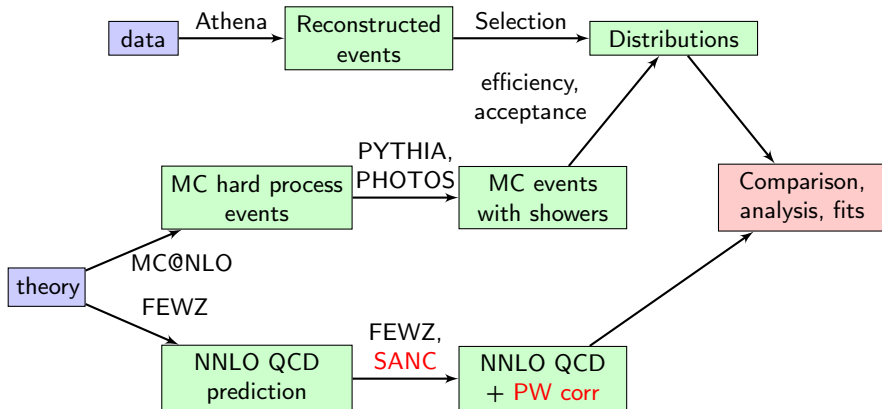
- ▶ Стабильные протон-протонные пучки с 2009 по 2012гг с постепенным повышением энергии от 450GeV до 4TeV
- ▶ Основные периоды набора данных 2011 и 2012:
 - 5fb^{-1} @ 7TeV
 - 20fb^{-1} @ 8TeV
- ▶ Открыт бозон Хиггса экспериментами ATLAS и CMS

2 Результативность детектора ATLAS:

- ▶ Зарегистрировано $\sim 25\text{fb}^{-1}$ интегральной светимости
- ▶ Загрузка детектора по времени составила $> 99\%$
- ▶ Эффективность отбора данных $\sim 93.5\%$

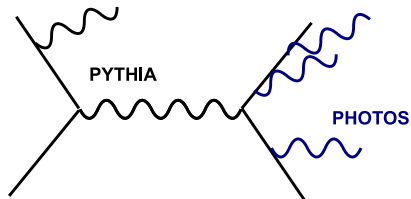


Пример анализа в ATLAS.



Дрелл–Ян: дополнительные поправки

Стандартная цепочка MC в ATLAS использует MC@NLO+PYTHIA для моделирования жесткого процесса в приближении NLO QCD и партонных ливней (PS) и PHOTOS для учета излучения из конечных состояний (FSR) :



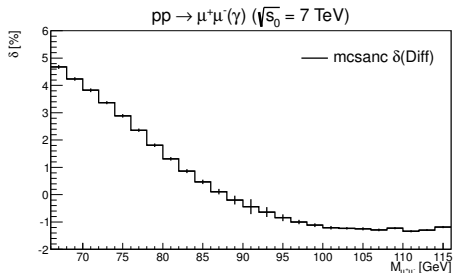
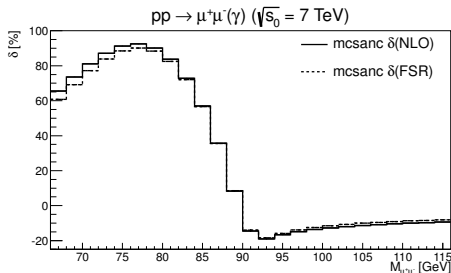
В дополнение в SANC реализованы следующие поправки NLO EW:

- чисто слабые (PW);
- интерференция между начальным и конечным QED излучением (IFI);
- оставшиеся от ISR после вычитания коллинеарных расходимостей.

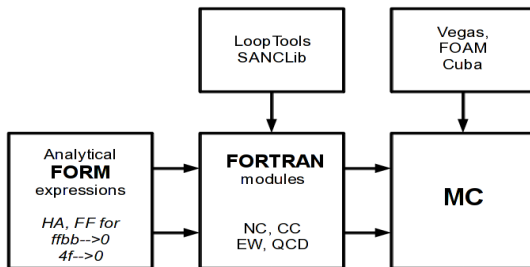
Оценка дополнительных поправок

Дополнительные поправки зависят от кинематических ограничений: например, для процесса $pp \rightarrow Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$ поправки к распределению по $M_{\mu^+ \mu^-}$ меняются от -1% до 5% вокруг Z -резонанса, что делает необходимым их учёт в анализе

$$\delta_{\bar{X}} = \frac{d\sigma_{\bar{X}}^{\text{SUPL}}}{d\sigma_{\bar{X}}^{\text{LO}}}, \quad \%$$



Характеристики метода SANC



- Вычисления производятся в схеме перенормировки на массовой поверхности в R_ξ калибровке;
- Полное сечение NLO делится на несколько вкладов. Например, для электрослабых поправок:

$$\sigma^{\text{NLOEW}} = \sigma^{\text{Born}} + \sigma^{\text{virt}}(\lambda) + \sigma^{\text{soft}}(\lambda, \bar{\omega}) + \sigma^{\text{hard}}(\bar{\omega}) + \sigma^{\text{subt}}$$

- Поддерживаются схемы вычитания $\overline{\text{MS}}$ и DIS.
- На основе модулей SANC было создано несколько Монте-Карло программ, в том числе интегратор `mcsanc`

Свойства интегратора mcsanc

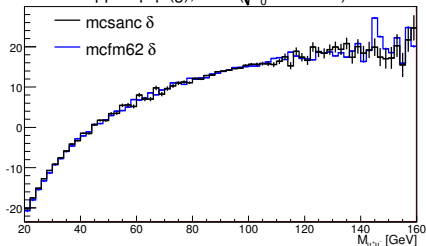
- Вычисляет **полностью дифференциальное сечение** для ряда процессов протон-протонных столкновений для условий LHC;
- Позволяет вычислять **электрослабые и QCD NLO** поправки;
- Различные электрослабые схемы ($\alpha(0)$, $\alpha(M_Z)$, G_μ) и шкалы факторизации и перенормировки;
- **Параллелизация вычислений** для многоядерных процессоров благодаря библиотеке Cuba (<http://www.feynarts.de/cuba/>)

pid	$ff \rightarrow$
001:003 004	$l^+ l^- (l = e, \mu, \tau)$ $Z^0 + H$
\pm 101:103 \pm 104	$l^\pm + \nu_l$ $W^\pm + H$
105 106 -105 -106	$t + \bar{b}$ (s-channel) $t + q$ (t-channel) $\bar{t} + b$ (s-channel) $\bar{t} + q$ (t-channel)

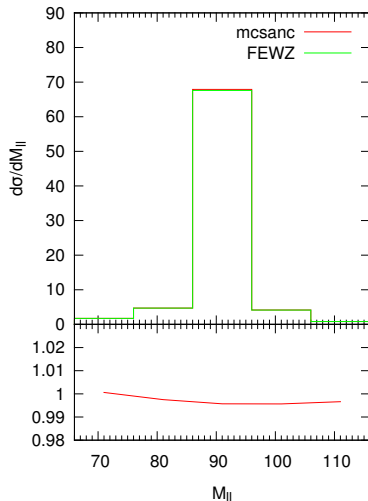
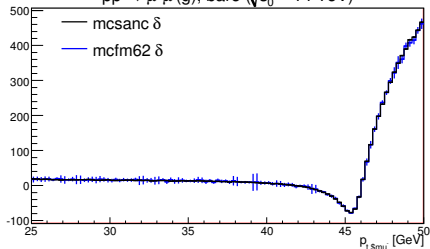
Сравнения с MC_{CFM} и FEWZ (EW)

Проводились для условий LHC при $\sqrt{s_0} = 14\text{TeV}$

$pp \rightarrow \mu^+\mu^-(g)$, bare $\sqrt{s_0} = 14\text{ TeV}$

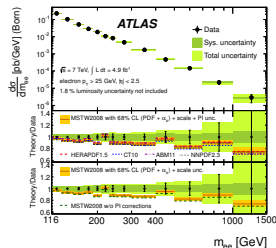
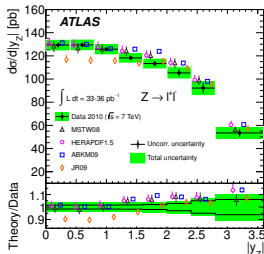
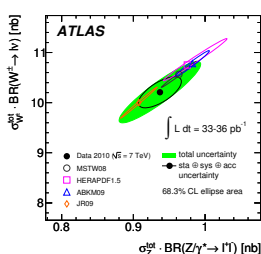


$pp \rightarrow \mu^+\mu^-(g)$, bare $\sqrt{s_0} = 14\text{ TeV}$



Дополнительные поправки для анализа ATLAS.

- Производился на данных, набранных за 2010-2012гг, с интегральной светимостью более 25fb^{-1} .
- Для анализа рождения W/Z бозонов в SANC вычислялись электрослабые NLO поправки.
- Дополнительные поправки вычислялись для $M_{\ell\ell}$ в диапазонах 26–66, 66–116 и 116–1500 GeV.
- Также вычисления электрослабых поправок SANC использовались при QCD-анализе данных ATLAS за 2010г, в котором было измерено соотношение плотности морских s - и d -кварков.



Заключение

- Группа SANC разработала интегратор `msanc`, вычисляющий **одновременно NLO QCD и EW-поправки** к ряду процессов, включая процессы типа Дрелла–Яна.
- Программа **ориентирована на физику LHC** и позволяет получать дифференциальные распределения различных наблюдаемых при требуемых входных параметрах и кинематических ограничениях.
- `msanc` активно используется для вычисления дополнительных поправок, необходимых для проведения анализа процессов типа Дрелла–Яна в эксперименте ATLAS.