

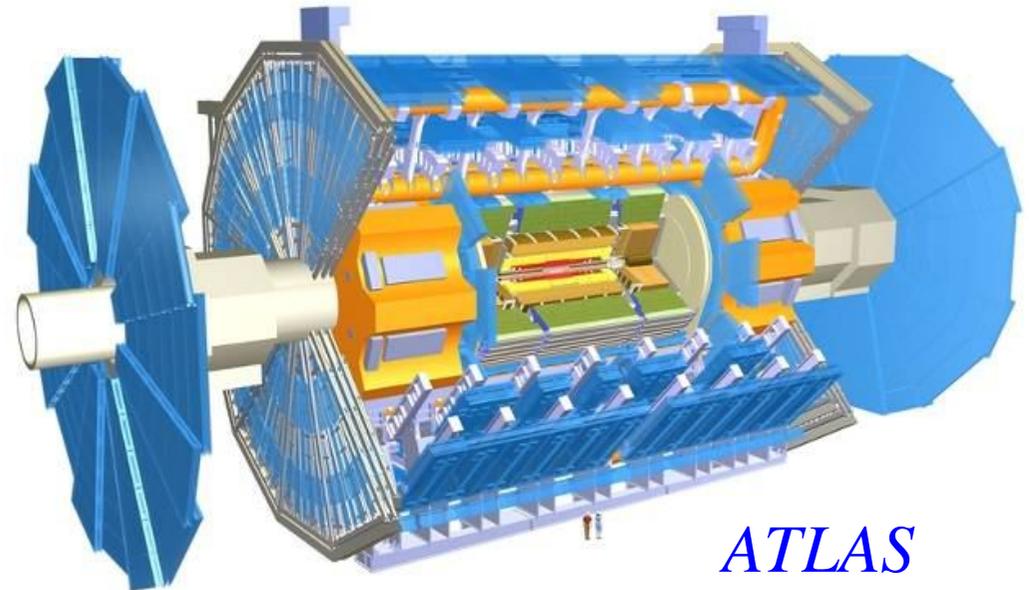
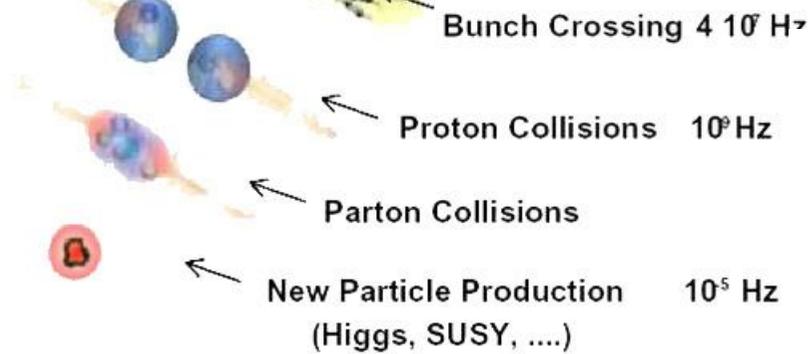
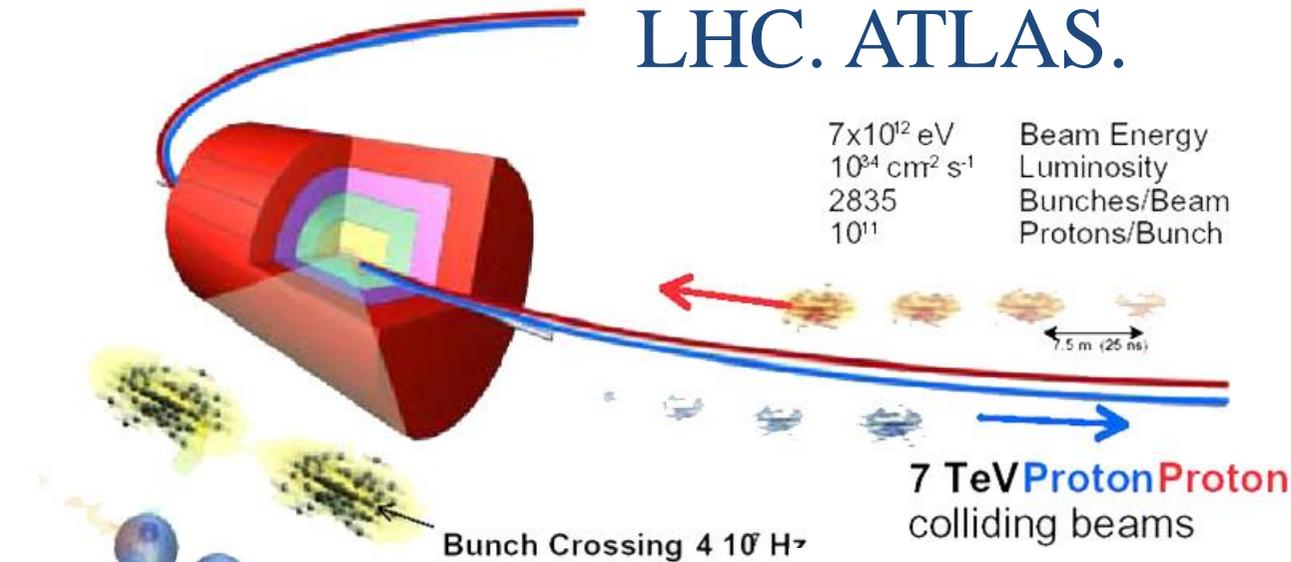
Исследование возможности регистрации
гравитона по его дилептонной моде
распада для поиска и идентификации
дополнительных пространственных
измерений на LHC.

Научный руководитель

д.ф.м.н.

Бедняков В.А.

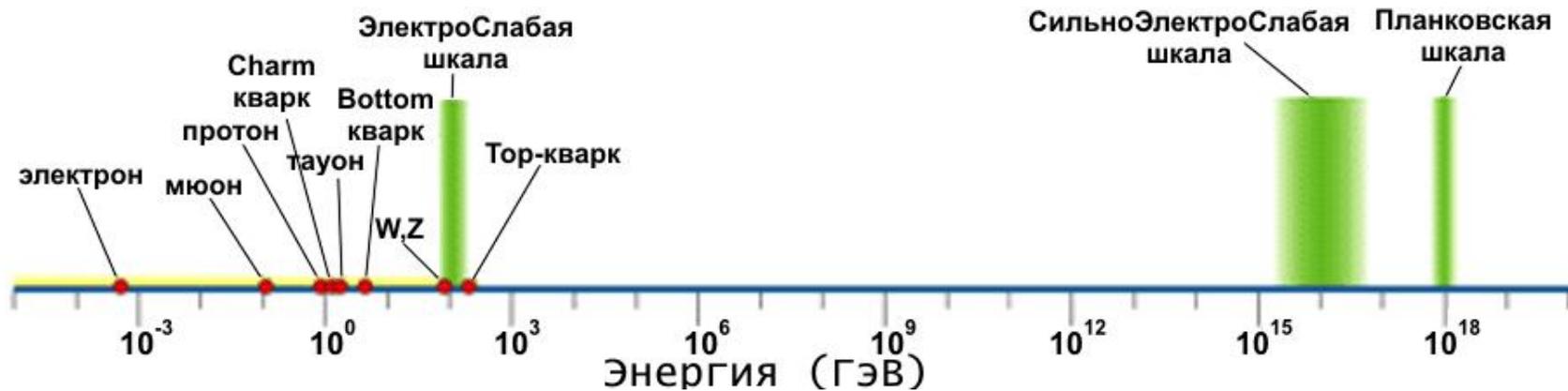
LHC. ATLAS.



ATLAS

Diameter	25 m
Barrel toroid length	26 m
End-cap end-wall chamber span	46 m
Overall weight	7000 Tons

Гравитация при энергетическом масштабе $\sim O(\text{TeV})$. Теории LED.



$$V(r) \sim \frac{m_1 m_2}{M_{Pl(4+n)}^{n+2}} \frac{1}{r^{n+1}}, (r \ll R)$$

$$M_{Pl}^2 \sim M_{Pl(4+n)}^{n+2} R^n$$

$$V(r) \sim \frac{m_1 m_2}{M_{Pl(4+n)}^{n+2} R^n} \frac{1}{r}, (r \gg R)$$

$$R \sim 10^{\frac{30}{n}-17} \text{ cm} \times \left(\frac{1 \text{ TeV}}{m_{EW}} \right)^{1+\frac{2}{n}}$$

LED (large extra spatial dimensions)

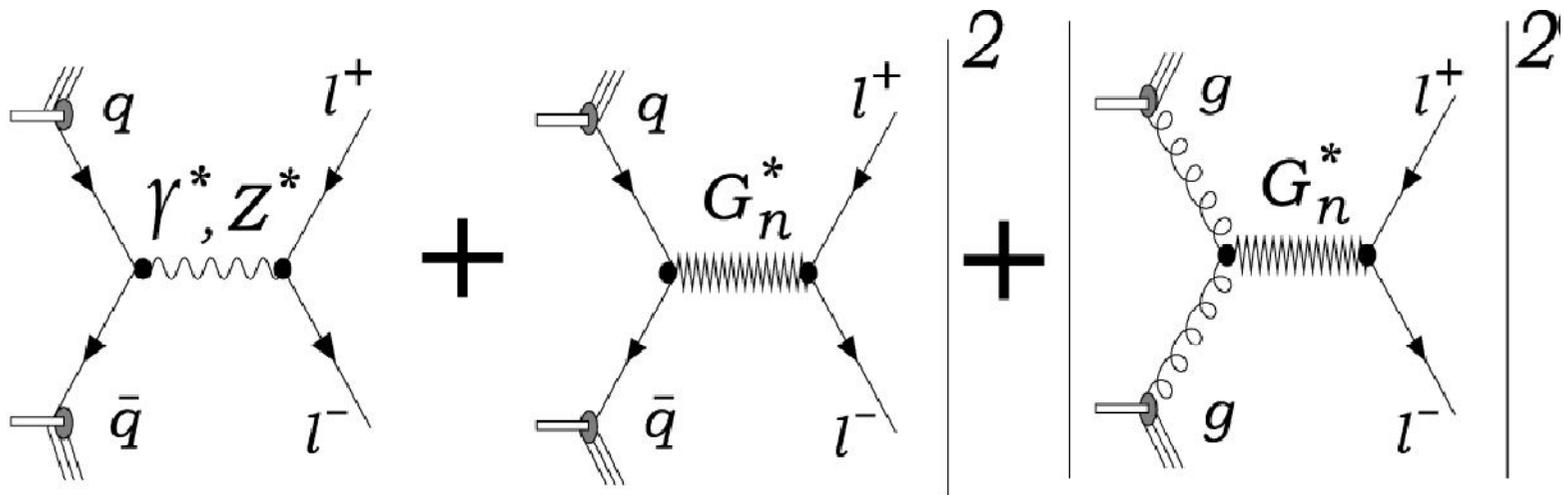
- \Rightarrow ADD-модель (N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos and G. Dvali)
- \Rightarrow RS-модель (L. Randall and R. Sundrum)

$$p + p \rightarrow l^+ l^- + X$$

$$q\bar{q} \rightarrow \gamma, Z^0, Z' \rightarrow l^+ l^- \quad l = e, \mu$$

$$q\bar{q} \rightarrow G^* \rightarrow l^+ l^- \quad u$$

$$gg \rightarrow G^* \rightarrow l^+ l^-$$



Изучение на уровне генератора событий.

Pythia6.305

процессы рождения G^* :

$$\text{msub}(391): \quad f \bar{f} \rightarrow G^*$$

$$\text{msub}(392): \quad gg \rightarrow G^*$$

и фоновые процессы:

$$\text{msub}(141) : \quad f \bar{f} \rightarrow \gamma^* / Z^0 / Z' +$$

(mstp(44)=7 - $\gamma^* / Z^0 / Z'$ -интерференция в матричных элементах)

включен распад только на $l^+ l^-$ ($l = e, \mu.$)

Распределение числа частиц по инвариантной массе лептонной пары.

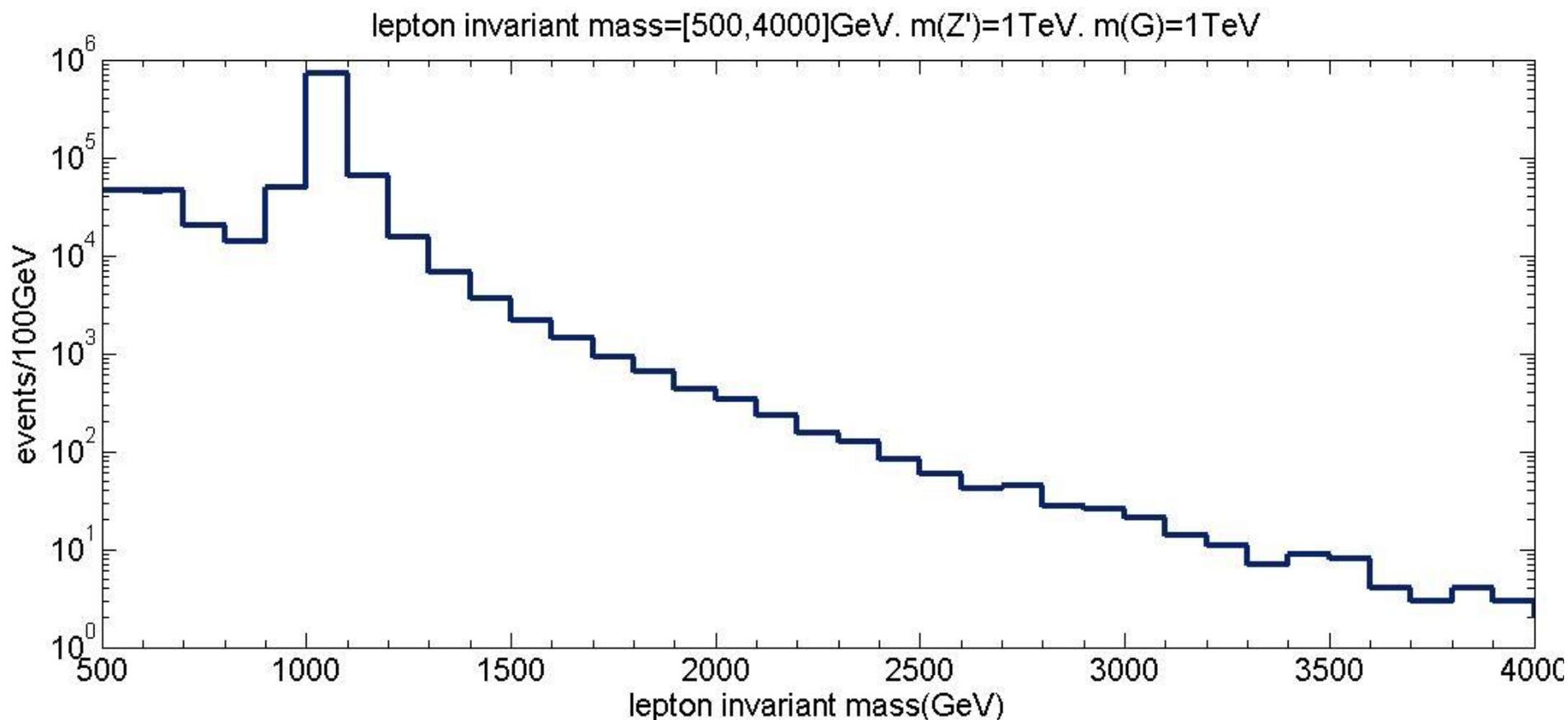
$$pp \rightarrow \gamma, Z^0, Z', G^* \rightarrow l^+ l^-$$

$$m(Z') = 1\text{TeV}$$

общий вклад процессов

$$f\bar{f} \rightarrow G^* \text{ и } gg \rightarrow G^* \sim 1\%$$

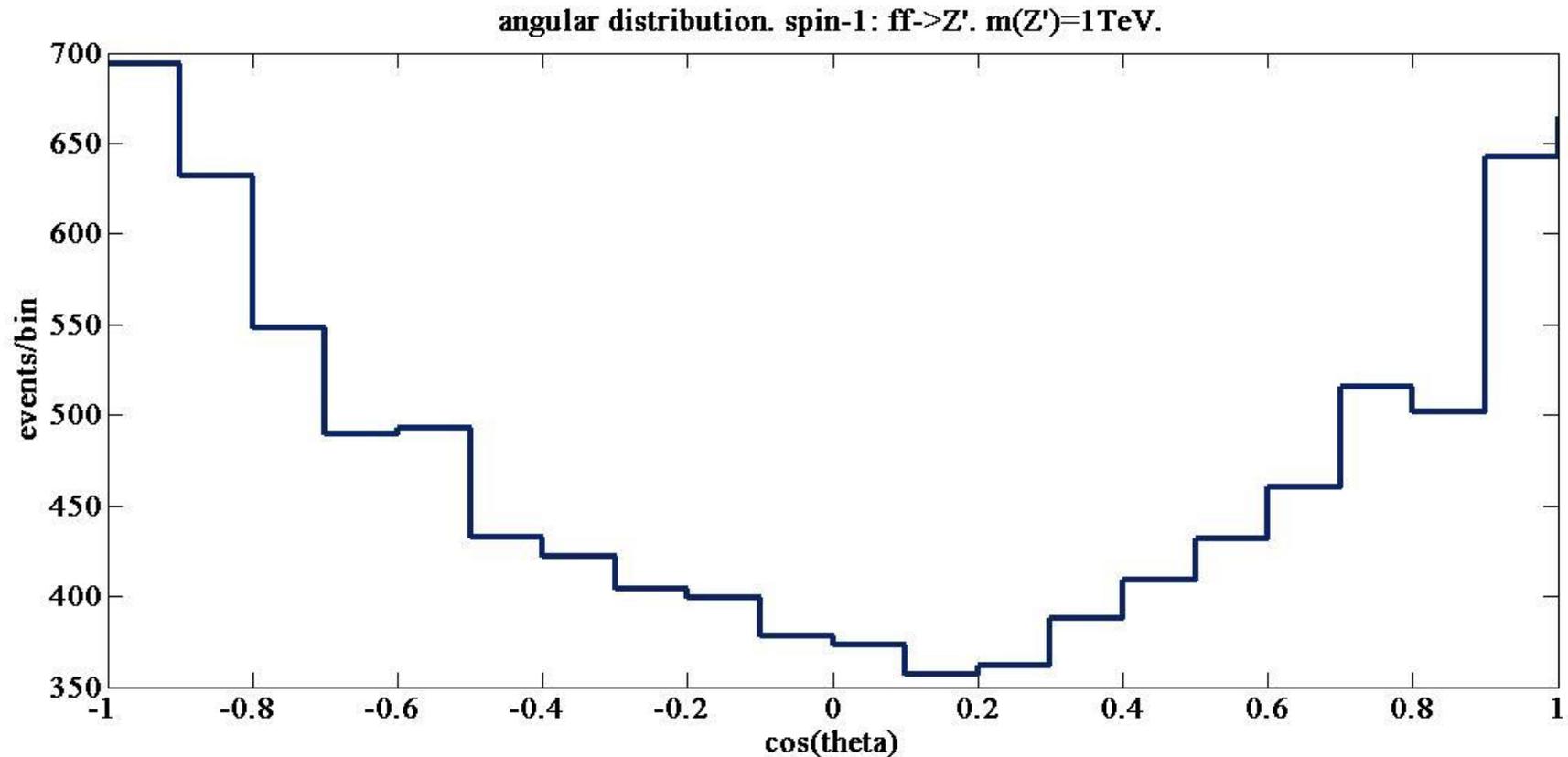
$$m(G^*) = 1\text{TeV}$$



Угловое распределение лептонов.

spin-1(Z')

$$f\bar{f} \rightarrow Z' \rightarrow l^+l^- : \chi(1 + \cos^2 \theta)$$

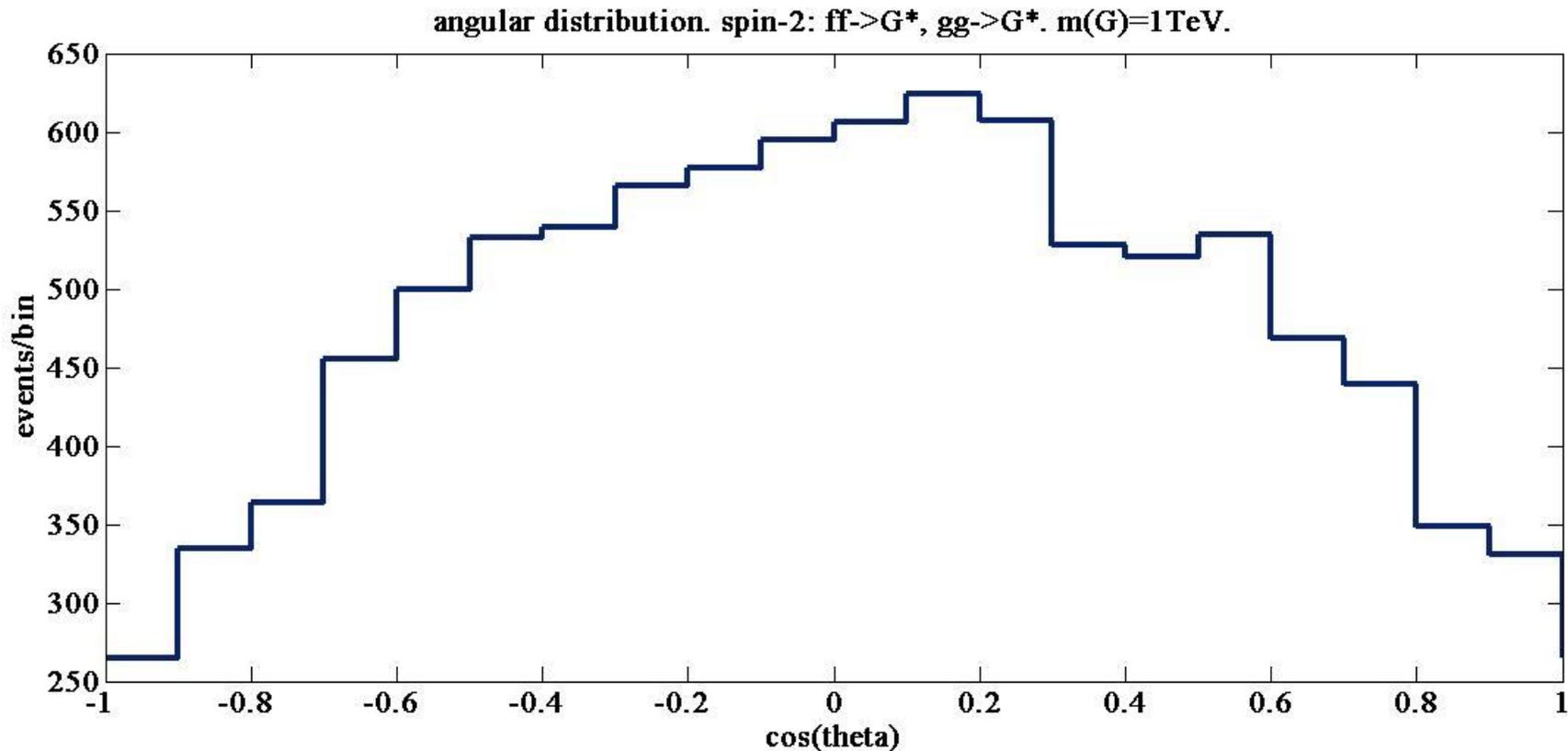


Угловое распределение лептонов.

$spin-2(G^*)$

$$f\bar{f} \rightarrow G^* \rightarrow l^+l^- : \chi_1(1 - 3\cos^2\theta + 4\cos^4\theta)$$

$$gg \rightarrow G^* \rightarrow l^+l^- : \chi_2(1 - \cos^4\theta)$$



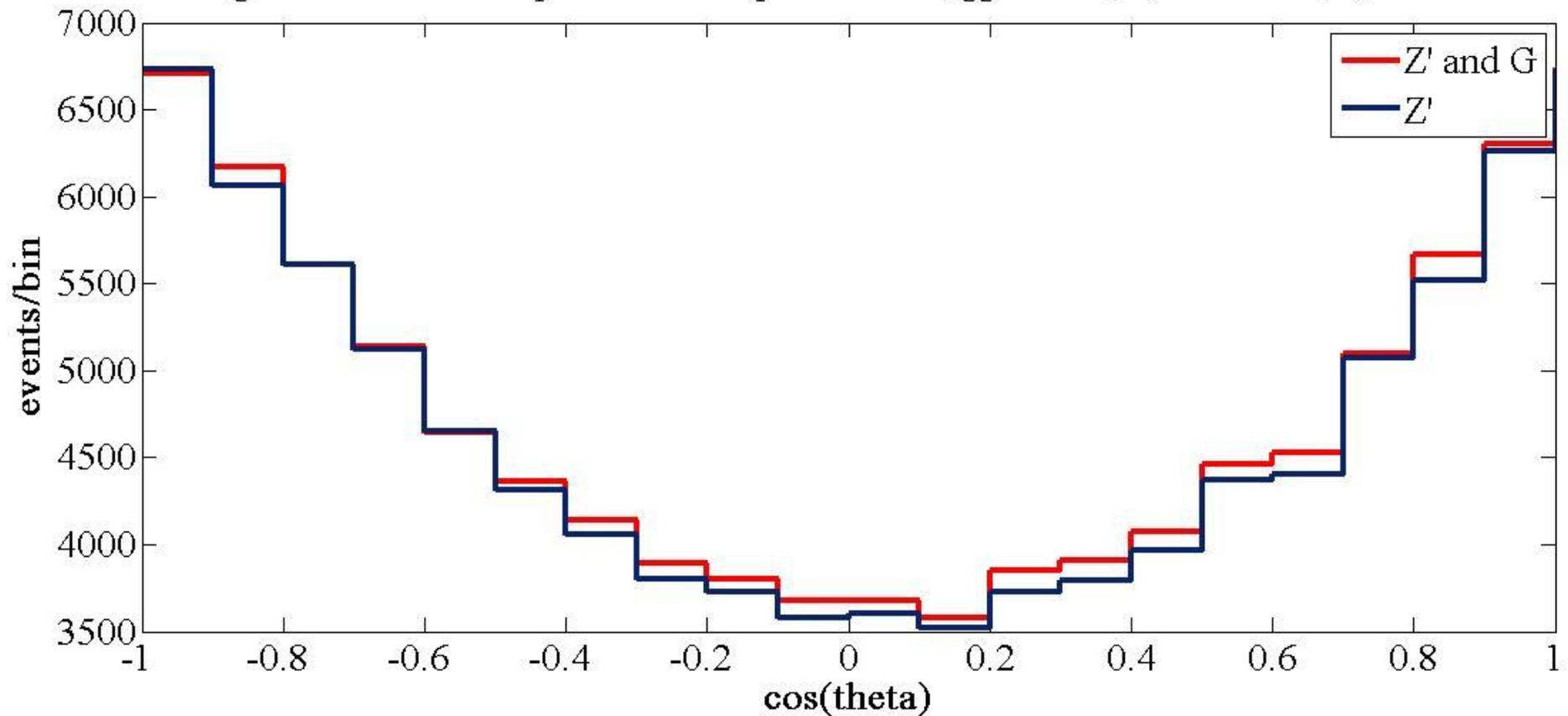
Угловое распределение лептонов.

$$\text{spin-1}(Z'): f\bar{f} \rightarrow Z' \rightarrow l^+l^- \quad u$$

$$\text{spin-2}(G^*): f\bar{f} \rightarrow G^* \rightarrow l^+l^-$$

$$gg \rightarrow G^* \rightarrow l^+l^-$$

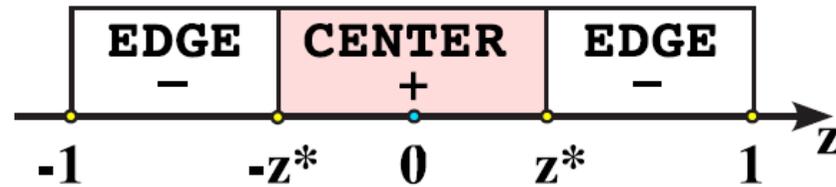
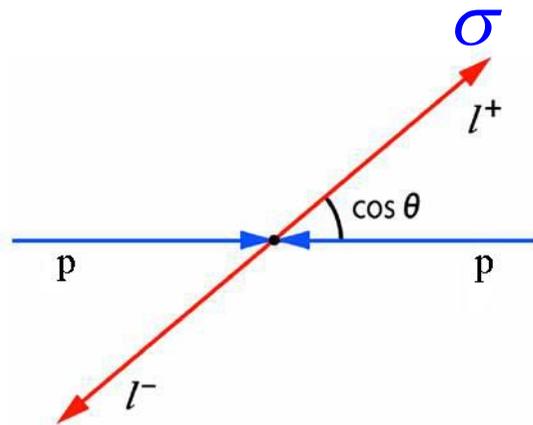
angular distribution. spin-1: $ff \rightarrow Z'$. spin-2: $ff \rightarrow G$, $gg \rightarrow G$. $m(Z')=1\text{TeV}$. $m(G)=1\text{TeV}$.



Center-edge асимметрия.

$$\hat{\sigma}_{CE} \equiv \left[\int_{-z^*}^{z^*} - \left(\int_{-1}^{-z^*} + \int_{z^*}^1 \right) \right] \frac{d\hat{\sigma}}{dz} dz, \quad \hat{\sigma} \equiv \int_{-1}^1 \frac{d\hat{\sigma}}{dz} dz$$

$$\Rightarrow A_{CE} = \frac{\hat{\sigma}_{CE}}{\hat{\sigma}}, \text{ где } z^* \equiv z_{CM}^* = \cos \theta_{CM}$$



$\theta_{CM} = \angle(p, e^-)$ в системе центра масс двух лептонов

Center-edge асимметрия.

$$\text{СПИН-1: } A_{CE}^{SPIN-1}(z^*) = \frac{\hat{\sigma} \left[\frac{1}{2} z^* (z^{*2} + 3) - 1 \right]}{\hat{\sigma}} = \frac{1}{2} z^* (z^{*2} + 3) - 1$$

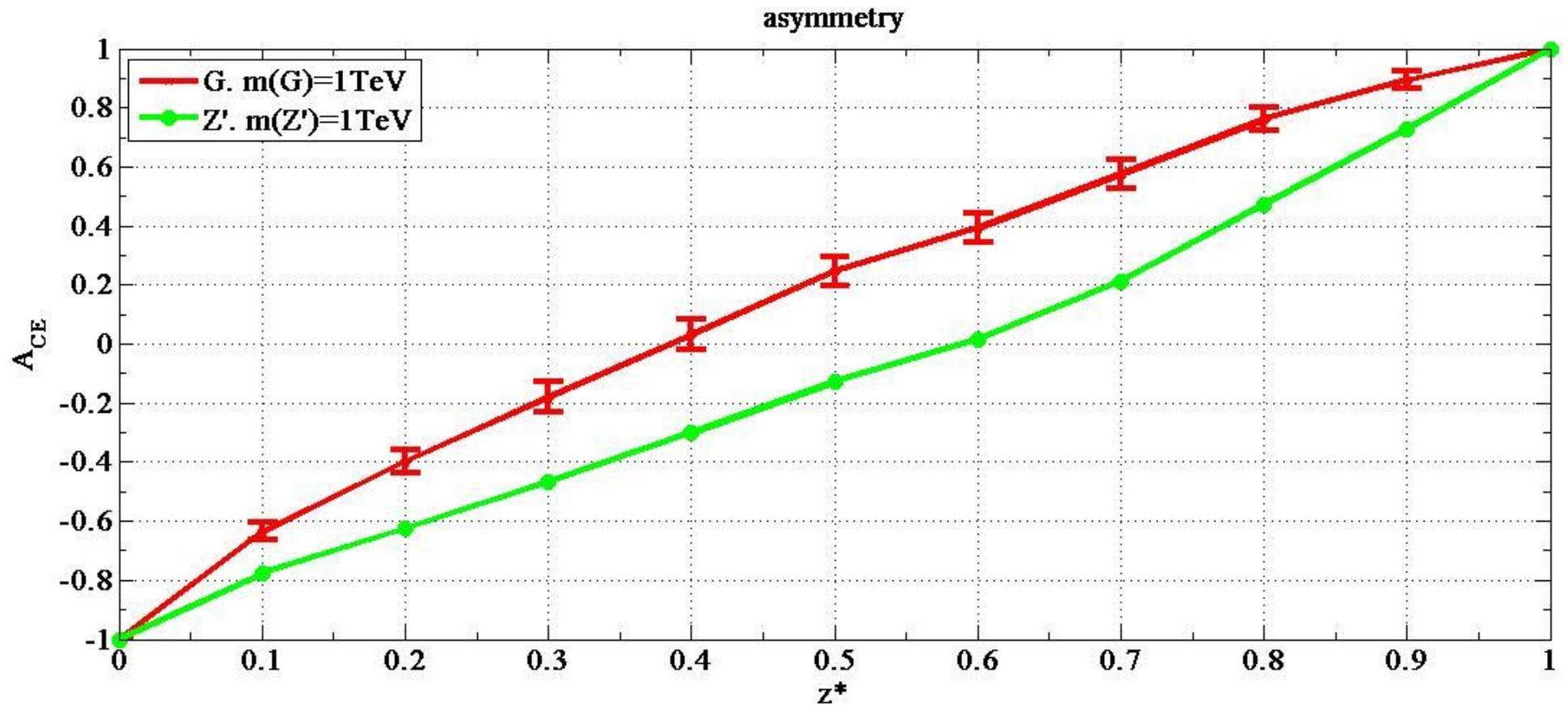
$$A_{CE}^{SPIN-1}(z_0^*) = 0 \Rightarrow z_0^* = \left(\sqrt{2} + 1 \right)^{1/3} - \left(\sqrt{2} - 1 \right)^{1/3} \approx 0.596 \quad (\theta_{cm} = 53.4^\circ)$$

и для процессов рождения гравитона:

$$\hat{A}_{ggCE}^G = \frac{\hat{\sigma}_{ggCE}^G}{\hat{\sigma}_G} = \frac{1}{2} z_0^* (5 - z_0^{*4}) - 1 \cong 0.453$$

$$\hat{A}_{q\bar{q}CE}^G = \frac{\hat{\sigma}_{q\bar{q}CE}^G}{\hat{\sigma}_{q\bar{q}}} = 2z_0^{*5} + \frac{5}{2} z_0^* (1 - z_0^{*2}) - 1 \cong 0.111$$

Center-edge асимметрия.



Возможность выделения сигнала от гравитона.

для z^*_i : $\Delta A_{CE}(z^*_i) = A_{CE}(z^*_i) - A_{CE}^{spin-1}(z^*_i)$

статистическая неопределенность: $\delta A_{CE}(z^*_i) = \sqrt{\frac{1 - A_{CE}(z^*_i)^2}{\varepsilon_l L_{int} \sigma}}$

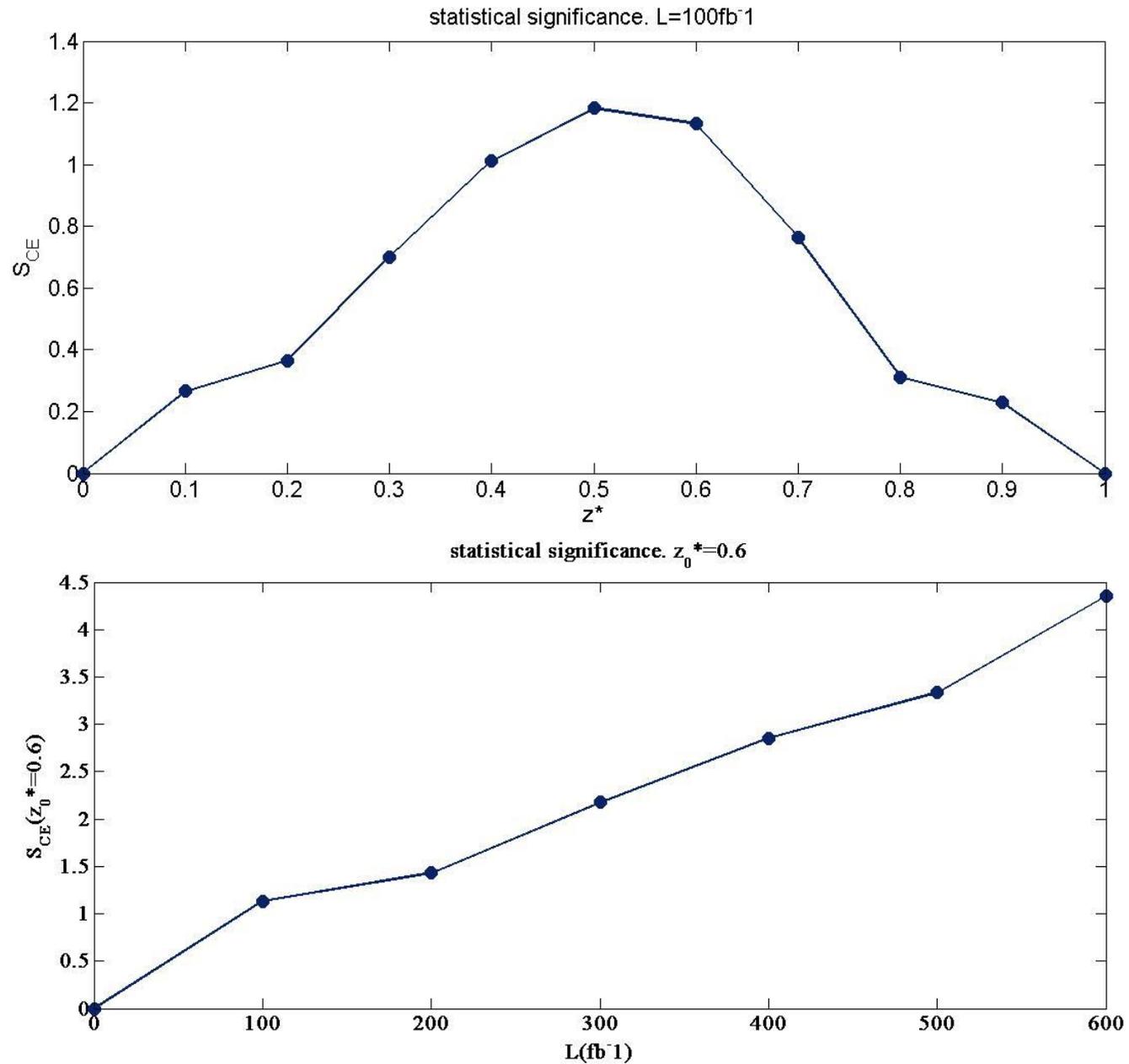
статистическая достоверность: $S_{CE}(z^*_i) = \frac{|\Delta A_{CE}(z^*_i)|}{\delta A_{CE}(z^*_i)}$

где $A_{CE}(z_i)$ - фактически полученная асимметрия,

ε_l - эффективность реконструкции лептонных пар

L_{int} - светимость

Статистическая достоверность.



Заключение и перспективы.

- 1) особенностью процессов рождения G (спин 2) является характерное угловое распределение лептонов, отличное от угловых распределений лептонов для процессов с промежуточным состоянием со спином 1 (в частности процессов SM).
- 2) center-edge асимметрия является хорошим «инструментом» для отделения сигнала гравитона от сигналов процессов с промежуточным состоянием со спином 1 (при $z^*_0 \approx 0.6$ ($z^* = \cos \theta_{cm}$) A_{CE}^G не будет обращаться в 0, в отличие от A_{CE}^{SPIN-1}).
- 3) дальнейшее развитие этого метода состоит в увеличении S_{CE} за счёт ограничения на p_{\perp} регистрируемых лептонов, а также в изучении исследуемых процессов с помощью программных пакетов, моделирующих детектор (например, Athena-Atlfast).

Список используемой литературы:

- <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>
- <http://lhathome.cern.ch/lhathome/>
- Atlas Detector and Physics Performance. Technical Design Report ATLAS TDR 14, CERN/LHCC 99-14
- N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos and G. R. Dvali, Phys. Lett. B 429 (1998) 263 [arXiv:hep-ph/9803315]
- L. Randall and R. Sundrum, Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 3370 [arXiv:hep-ph/9905221]
- V.A. Bednyakov, A.A. Pankov, N.A. Rusakovich and I.A. Serenkova. Probing and identifying large extra dimensions in dilepton production with ATLAS detector at LHC. Доклад на ATLAS-JINR рабочем совете, 25.12.2007
- E.W. Dvergsnes, P. Oslanda, A.A. Pankov and N. Paveric. Center–Edge Asymmetry at Hadron Colliders; arXiv:hep-ph/0401199 v1, 26 Jan 2004
- Sjostrand T. et al. Pythia 6.4 Physics and Manual. FERMILAB-PUB-03-457, LU-TP-03-38; hep-ph/0308153
- Т. Съестранд. Pythia 5.6 и Jetset 7.3 Физическое описание и руководство пользователя (перевод с английского М.В. Савина).

Распределение числа частиц по инвариантной массе.

$$pp \rightarrow \gamma, Z^0, Z', G^* \rightarrow l^+ l^- \quad m(Z') = 0.5 \text{TeV}$$

общий вклад процессов $m(G) = 1 \text{TeV}$

$$f \bar{f} \rightarrow G^* \text{ и } gg \rightarrow G^* < 0.1\%$$

