

Обратное комптоновское рассеяние в квантовой
электродинамике с нарушенной
Лоренц-инвариантностью

КЭД с нарушением Лоренц-инвариантности

$$E^2 = k^2 + \sum_n (\pm \xi_n) \frac{k^{n+2}}{M^n}.$$

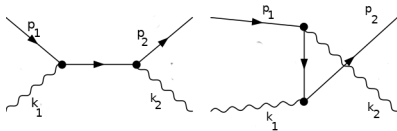
M - энергетический масштаб Лоренц-нарушения
Первое приближение для СРТ-инвариантной теории –

$$E^2 = k^2 + \frac{k^4}{M^2}$$

Лагранжиан, отвечающим новому дисперсионному соотношению –

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} - \frac{1}{2M^2} F_{ij} \Delta^2 F^{ij} + i\bar{\psi} \gamma^\mu D_\mu \psi - m\bar{\psi} \psi,$$

Кинематика обратного эффекта Комптона в лабораторной системе отсчёта



$$p_1^i = (p, 0, 0), \quad k_1^i = (\omega \cos \theta, \omega \sin \theta, 0)$$

$$p_2^i = \left(\frac{p + \omega \cos \theta}{2} (1 + x), \frac{\omega \sin \theta}{2} (1 + x) + p_{\perp} \cos \phi, p_{\perp} \sin \phi \right)$$

$$k_2^i = \left(\frac{p + \omega \cos \theta}{2} (1 - x), \frac{\omega \sin \theta}{2} (1 - x) - p_{\perp} \cos \phi, -p_{\perp} \sin \phi \right)$$

Кинематика обратного эффекта Комптона в лабораторной системе отсчёта

В случае высокоэнергетических электронов $p \gg m$

$$p_1^0 = \sqrt{p^2 + m^2} \approx p + \frac{m^2}{2p}$$

в первом приближении по параметру малости $\frac{\omega}{p}$

$$p_2^0 \approx \frac{p + \omega \cos \theta}{2} (1 + x) + \frac{p_{\perp}^2 + m^2}{p(1 + x)},$$

$$k_2^0 \approx \frac{p + \omega \cos \theta}{2} (1 - x) + \frac{p_{\perp}^2}{p(1 - x)} + \frac{p^3(1 - x)^3}{16M^2}$$

Отличия в расчете сечения рассеяния

$$\sum_{s=1,2} \varepsilon_{\mu}^{*(s)}(k_2) \varepsilon_{\nu}^{(s)}(k_2) = -g_{\mu\nu} - \frac{p^2(1-x)^2}{4M^2} u_{\mu} u_{\nu}$$

где $u_{\mu} = (1, 0, 0, 0)$

$$\frac{2p_{\perp}^2}{p(1-x^2)} = 2\omega \sin^2 \frac{\theta}{2} - \frac{m^2(1-x)}{2(1+x)} - \frac{p^3(1-x)^3}{16M^2}$$

Различия должны наблюдаться при $\frac{p^3}{M^2}$ порядка ω

Отличия в расчете сечения рассеяния

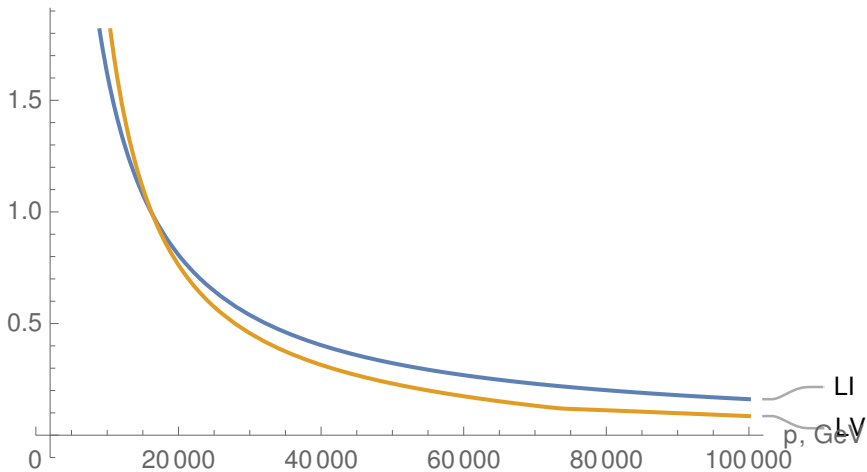
$$(x-1) \left(x^4 - 2x^3 + \left(\frac{32\omega M^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}}{p^3} + \frac{8M^2 m^2}{p^4} + 2 \right) x + \left(\frac{32\omega M^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}}{p^3} - \frac{8M^2 m^2}{p^4} - 1 \right) \right) < 0$$

Эффект Комптона в Лоренц-инвариантной теории –

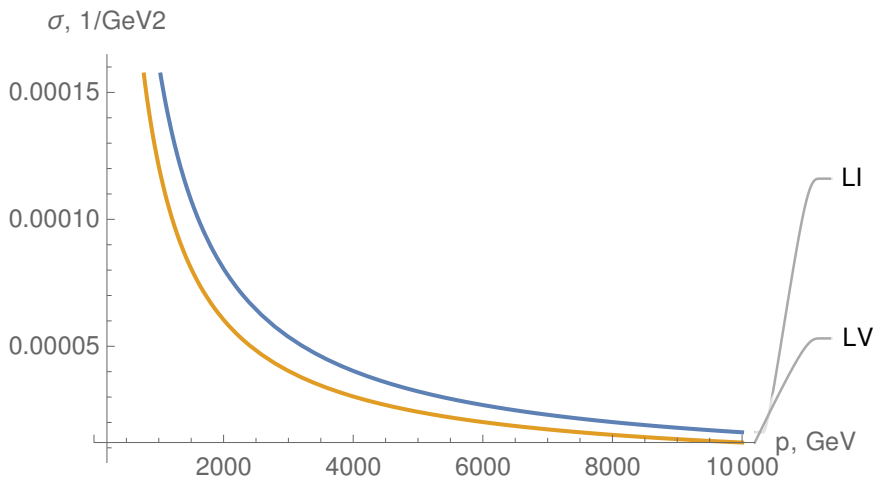
$$(x-1) \left(x + 1 - \frac{2m^2}{4p\omega \sin^2 \frac{\theta}{2} + m^2} \right) < 0$$

Сечение рассеяния. Результаты.

σ , 1/GeV²

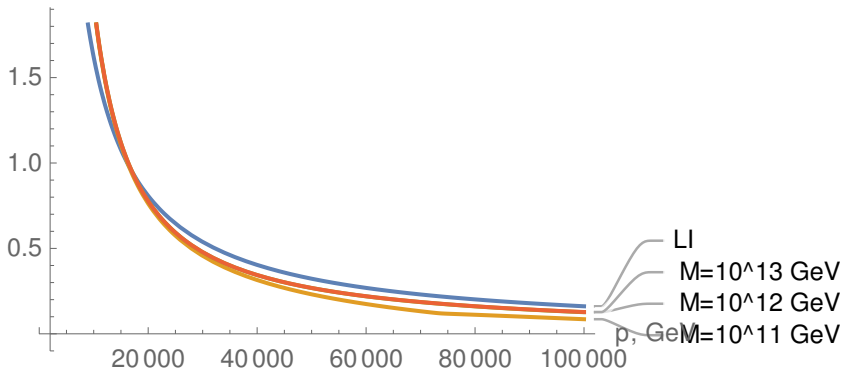


$\omega = 1$ MeV



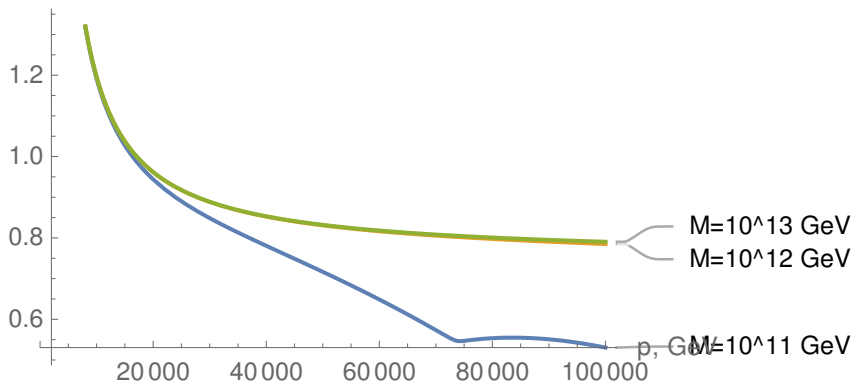
$\omega = 1 \text{ keV}$

$\sigma, 1/\text{GeV}^2$

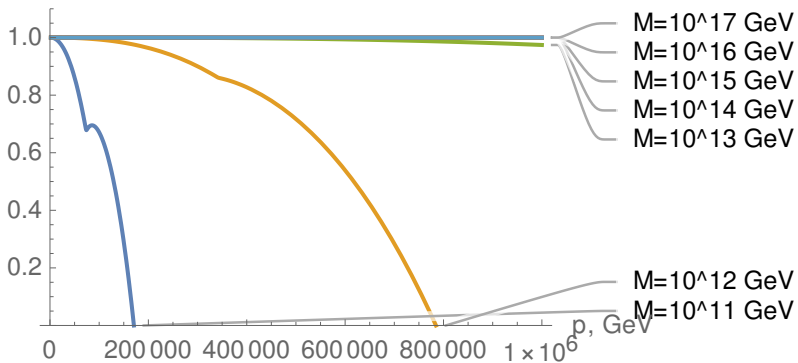


$\omega = 1 \text{ MeV}$

$\sigma(LV)/\sigma(LI)$



$\sigma(LV)/\sigma(M=10^{19})$



Заключение

- Было посчитано сечение обратного комптоновского рассеяния в квантовой электродинамике с нарушенной Лоренц-инвариантностью для ультрарелятивистского электрона
- Обратный эффект Комптона отвечает за ускорение фотонов высоких энергий в Крабовидной туманности. Данная работа позволяет ограничить масштаб M на основе наблюдений Крабовидной туманности