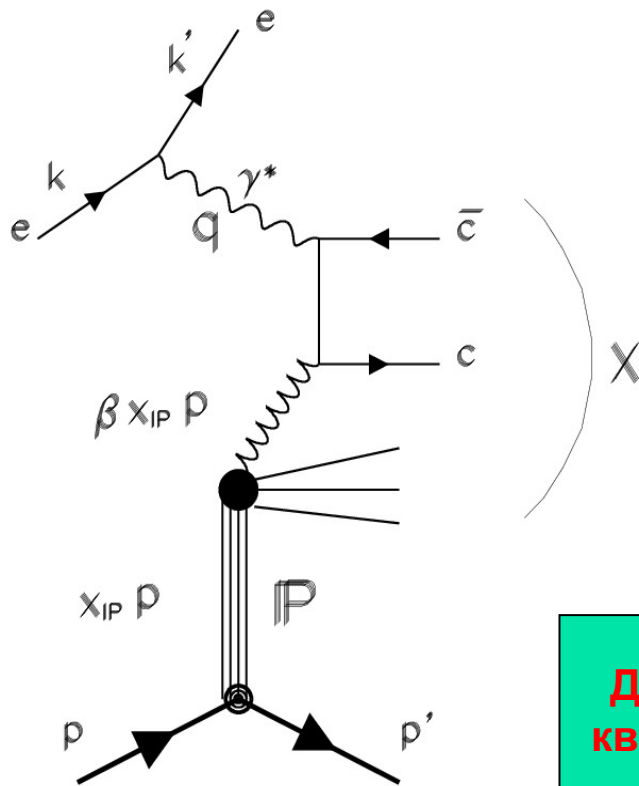


# Структура померона в процессах дифракционного рождения открытого чарма.

---

Московский Государственный Университет  
им. Ломоносова.  
Физический факультет.

# Чем интересно изучение дифракционного образования открытого чарма



Возможность применения пертурбативных методов расчёта, в отличие от анализа взаимодействий лёгких адронов.

**Дифракционные процессы образования тяжелых кварков дают информацию о динамике и структуре обменных агентов жёсткой дифракции.**



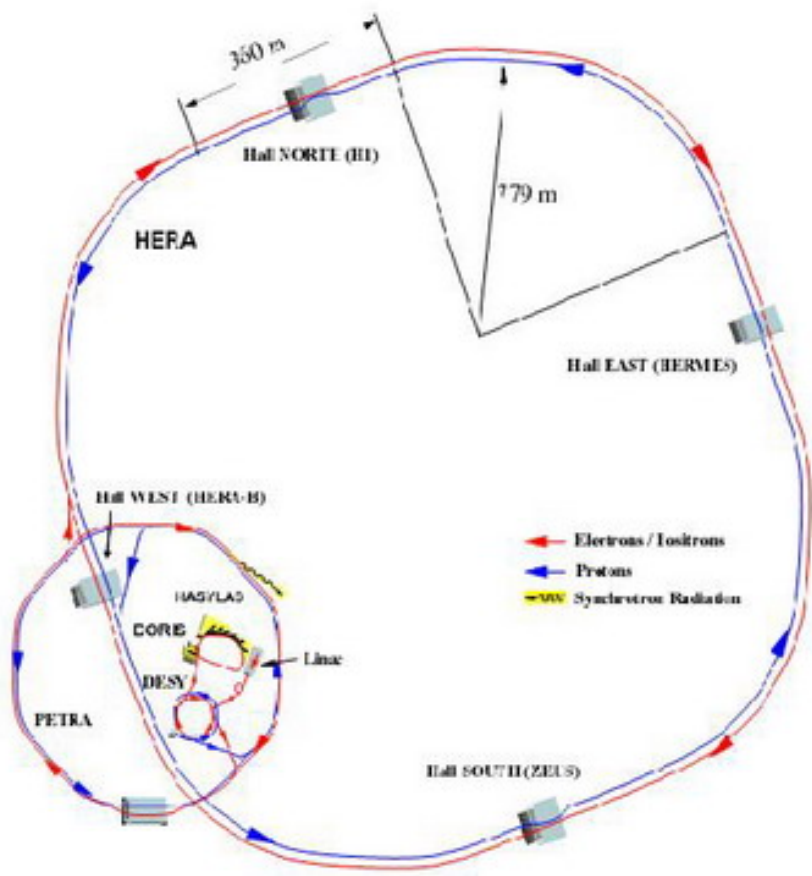
## Цель работы

---

Попытаться ответить на вопросы:

- представляет ли собой померон адроноподобную структуру,
- какова эта структура,
- справедлива ли гипотеза КХД факторизации в применении к жёстким дифракционным процессам,
- каков механизм жёсткой дифракции.

# Экспериментальная установка



Работа выполнена на основе экспериментальных данных, полученных сотрудничеством ZEUS, изучающим электрон-протонные взаимодействия на коллайдере HERA.

Отобрано

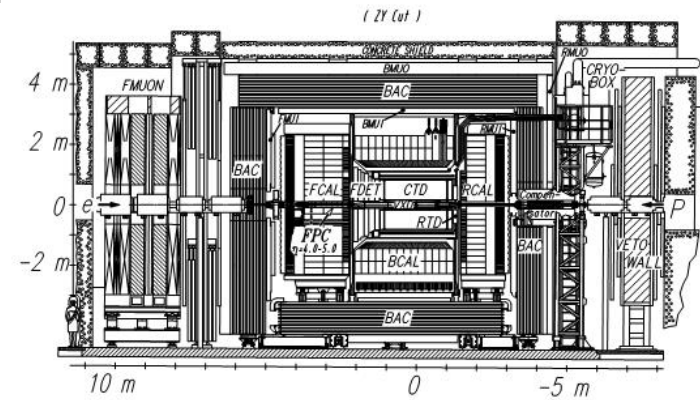
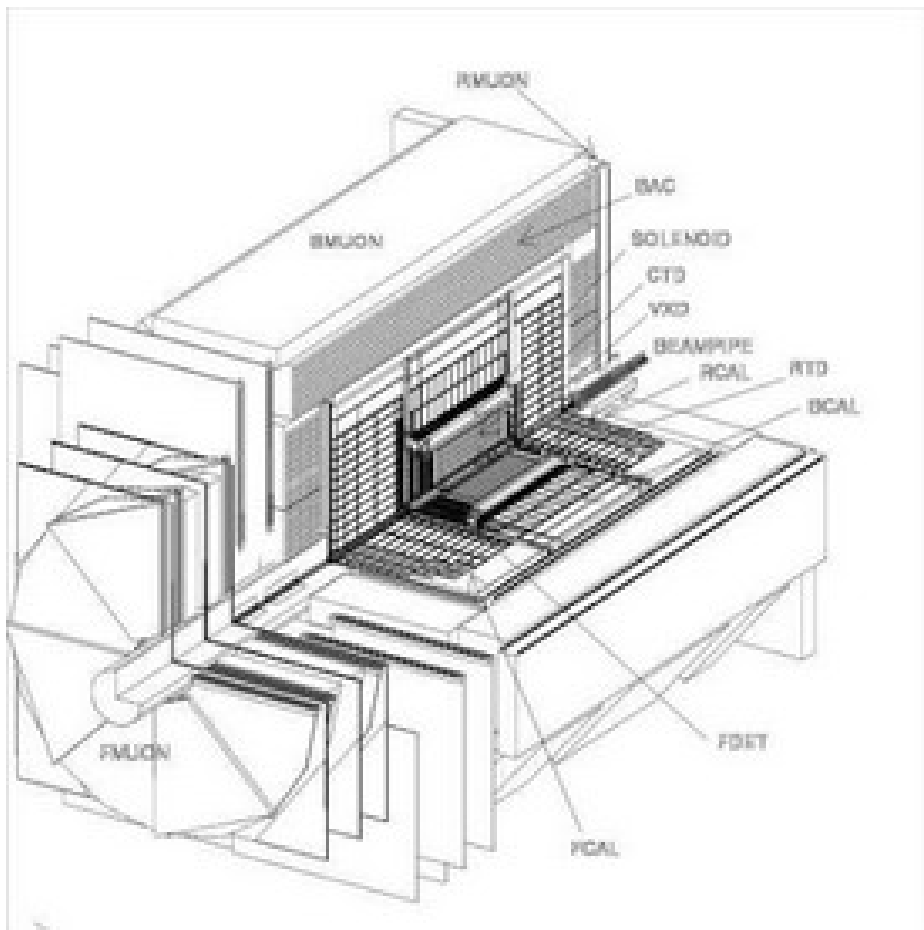
$5100 \pm 111$

ер-взаимодействий с образованием  $D^*$  мезонов

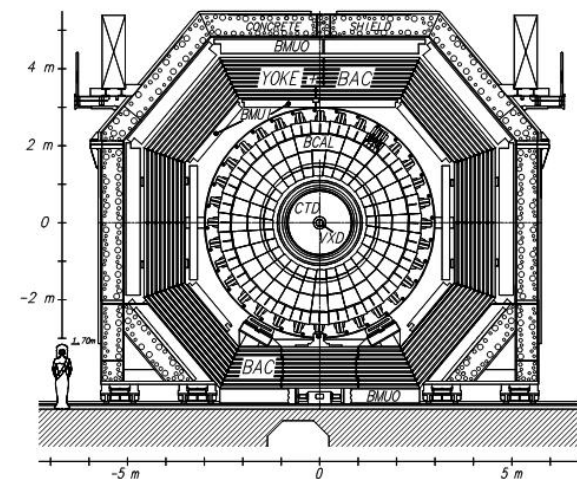
$261 \pm 22$

дифракционное событие,  
что соответствует сечению 512 пб

# Экспериментальная установка



Overview of the ZEUS Detector  
(cross section)





# Кинематика

---

$$e(k) + p(P) \rightarrow e'(k') + X$$

**X - конечное адронное состояние.**

$$Q^2 = -q^2 = -(k - k')^2$$

$$W^2 = \frac{Q^2(1-x)}{x} + M_p^2$$

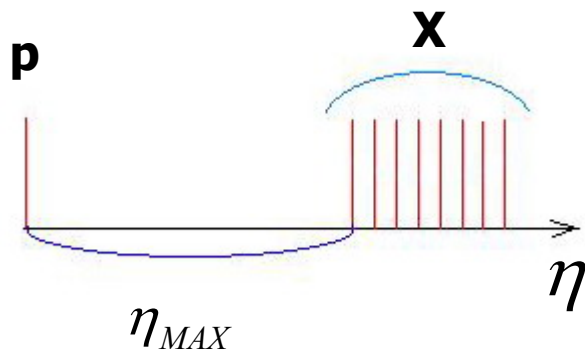
$$x = \frac{Q^2}{2Pq}$$

$$y = \frac{Pq}{Pk}$$

$$x_{IP} = \frac{M_x^2 + Q^2}{W^2 + Q^2}$$

$$\beta = \frac{Q^2}{Q^2 + M_x^2}$$

# Дифракционные взаимодействия



Главной отличительной характеристикой процессов дифракционной диссоциации является наличие большого быстротного зазора в пространстве быстрот между диссоциирующей системой (дифракционным кластером) и упруго рассеянным адроном.

Такая сигнатура дифракционных событий объясняется наличием в обменном канале померона, имеющего самый большой интерсепт среди всех реджеонов. Наличие наибольшего быстротного зазора в отобранных событиях с  $D^*$  мезонами устанавливалось методом максимальной быстроты.



# Кинематическая область

---

Полная кинематическая область, которой принадлежат отобранные дифракционные события:

$$0.02 < y < 0.7$$

$$1.5 < Q^2 < 200 \text{ ГэВ}^2$$

$$|\eta(D^*)| < 1.5$$

$$1.5 < p_T(D^*) < 10 \text{ ГэВ}$$

$$\eta_{MAX} < 3$$

$$x_{IP} < 0.035$$

$$\beta < 0.8$$





# Дифракционные взаимодействия

---

Дифференциальное сечение дифракционного образования чарма может быть записано в следующем виде:

$$\frac{d^4 \sigma_{DIF}}{dQ^2 dx_{IP} d\beta dt} = \frac{4\pi\alpha_{em}^2}{\beta Q^4} \left( 1 - y + \frac{y^2}{2} \right) F_2^{D(charm)}(Q^2, x_{IP}, \beta, t)$$

Для описания  $F_2^{D(charm)}$  используются различные феноменологические подходы. В дипломной работе использовалась модель СКМТ.

# Модель СКМТ

Модель СКМТ (Capella, Kaidalov, Merino, Tran Thanh Van) – **Н.Н.Власов, Л.К.Гладилин, Р.К.Дементьев, Препринт НИИЯФ МГУ.**

Глубоконеупругое дифракционное ер-рассеяние в модели представляется двумя независимыми подпроцессами (Редже факторизация). В частности для процесса дифракционного образования открытого чарма:

$$F_2^{D(charm)}(Q^2, \beta, x_{IP}, t) = f(x_{IP}, t) \cdot F_{IP}(Q^2, \beta)$$

$$f(x_{IP}, t) = \frac{|g_{pp}^{IP}(t)|^2}{16\pi} x_{IP}^{1-2\alpha_P(t)}$$

$$F_{IP}(Q^2, \beta) \sim \sigma(\gamma^* IP) = \int_{z_{\min}}^1 dz \mathcal{E}_{\gamma \rightarrow c\bar{c}}(\beta, z, Q^2) \cdot g(z, Q^2)$$

$$g_{pp}^{IP}(t) = g_{pp}^{IP}(0) \cdot \exp(Ct)$$

$$g_{pp}^{IP}(0)^2 = 23 \text{ мб}, C = 2.2 \text{ ГэВ}^{-2}$$

$$z_{\min} = \beta \cdot \left( 1 + \frac{4m_c^2}{Q^2} \right)$$



## Модель СКМТ

Сечение фотон-глюонного слияния с образованием  $c\bar{c}$  пары выражается через коэффициентные функции:

$$\mathcal{E}_{\gamma g \rightarrow c\bar{c}}(\beta, z, Q^2) = \frac{4\pi^2 \alpha_{em}}{(1-\beta)Q^2} \cdot 2 \cdot \beta \cdot e_c^2 \frac{\alpha_s(\mu_c^2)}{2\pi} \cdot C\left(\frac{\beta}{z}, \frac{m_c^2}{Q^2}\right)$$

Функции распределения глюонов  $g(\beta, Q^2)$  в помероне параметризуются согласно модели:

$$G_{IP}(\beta, Q^2) = \beta \cdot g(\beta, Q^2) = e_d^P \cdot C_g \cdot \beta^{-\Delta(Q^2)} (1-\beta)^{n_g}$$

# Модель СКМТ

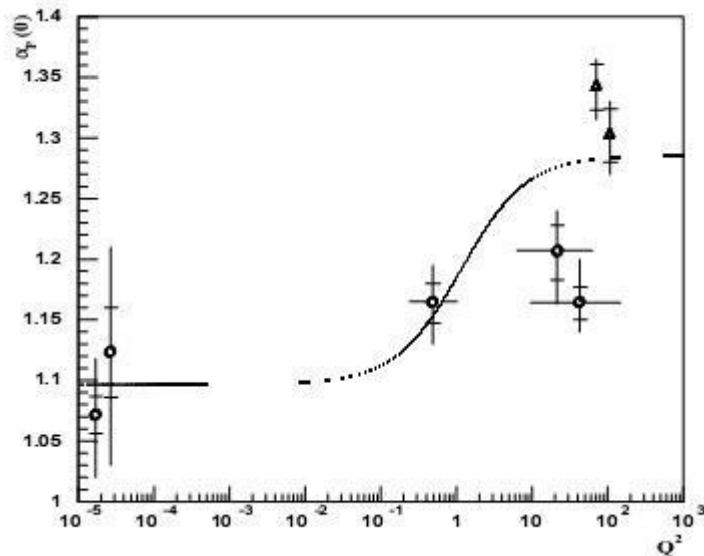


Рис.1: зависимость пересечения померонной траектории от виртуальности фотона. Кривая - предсказание модели СКМТ. Точки - данные экспериментов H1 и ZEUS по дифракционным - (o) и инклюзивным - ( $\Delta$ ) процессам.

Использовалась параметризация:

$$\alpha_{IP}(0) = 1 + \Delta(Q^2)$$

$$\Delta(Q^2) = \Delta(0) \cdot \left( 1 + \frac{d_0 Q^2}{Q^2 + d} \right)$$

$$\Delta(0) = 0.09663$$

$$d_1 = 1.16 \text{ ГэВ}^2, d_0 = 1.95$$

A.Capella, A.Kaidalov, C.Merino, J.Tran Thanh Van,  
Phys.Lett.B 343,403 (1995)



## Модель СКМТ

---

**В силу условий эксперимента, измерение поперечного импульса  $D^*$  мезона и его псевдобыстроты проводилось в ограниченной кинематической области:**

$$\begin{aligned} |\eta(D^*)| &< 1.5 \\ 1.5 &< p_T(D^*) < 10 \text{ ГэВ} \end{aligned}$$

**Чтобы воспользоваться аппаратом модели, построенным для полной кинематической области, необходимо провести экстраполяцию экспериментальных данных. Для этого воспользовались схемой АСТW.**



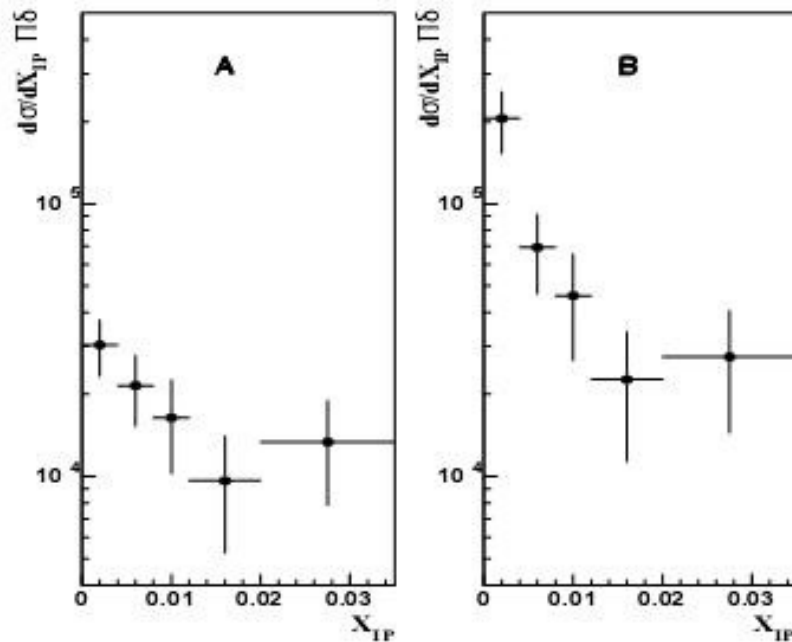
## Экстраполяция данных

---

В работе Alvero, Collins, Terron, Whitmore (ACTW) разработана схема определения функционального вида плотности партонов в помероне по существующим экспериментальным данным. Схема позволяет рассчитывать сечения дифракционного рождения  $D^*$  мезона в требуемой кинематической области для трёх траекторий померона  $\alpha_{IP}(0) = 1.08$ ,  $\alpha_{IP}(0) = 1.14$ ,  $\alpha_{IP}(0) = 1.2$  ( $\alpha'_{IP} = 0.25$ ) и пяти схем структуры померона:

- А – померон состоит только из мягких кварков
- В – померон состоит из глюонов с примесью мягких кварков
- С – в состав померона входят мягкие кварки с примесью жёстких кварков
- D – померон состоит из глюонов с примесью мягких и жёстких кварков
- SG – померон состоит из супержёстких глюонов с примесью мягких кварков

# Экстраполяция данных



$$\left( \frac{d\sigma}{dx_{IP}} \right)_{EXP}^{full} = \frac{\left( \frac{d\sigma}{dx_{IP}} \right)_{ACTW}^{full}}{\left( \frac{d\sigma}{dx_{IP}} \right)_{ACTW}^{restrict}} \cdot \left( \frac{d\sigma}{dx_{IP}} \right)_{EXP}^{restrict}$$

Рис.2: Распределение по  $x_{IP}$  ; (а) – экспериментально измеренное в ограниченной области  $p_T$  и  $\eta$   $D^*$  мезона, (б) – экстраполированное на полную кинематическую область

# Определение параметра глюонной функции

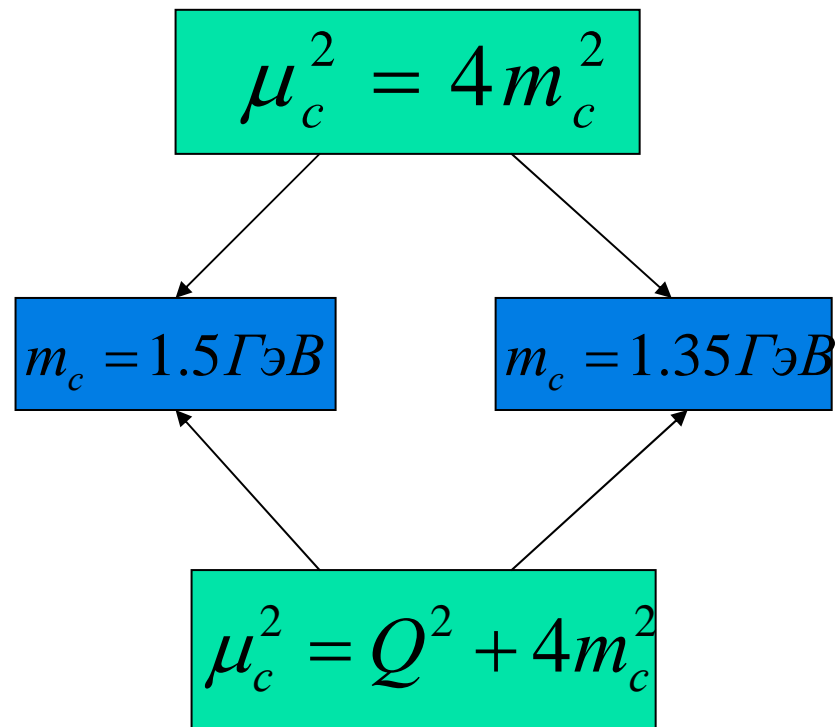
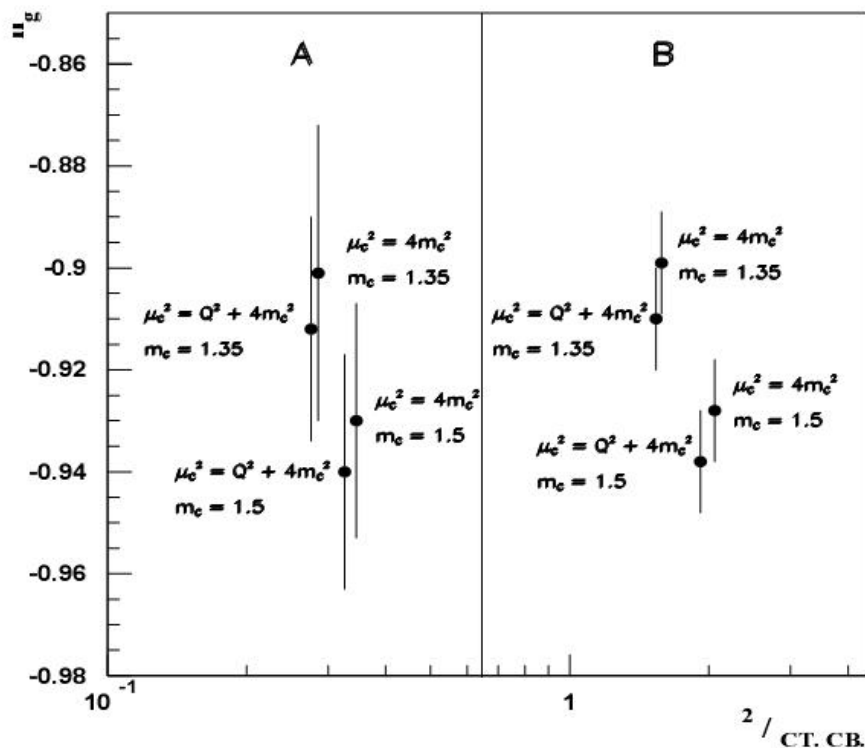


Рис.3: Параметры подгонки дифференциального сечения, рассчитанного по модели СКМТ, к экстраполированному экспериментальному распределению для двух вариантов шкалы факторизации и массы с-кварка с учётом (а) и без учёта (б) систематических ошибок  $\left(\frac{d\sigma}{dx_{IP}}\right)_{EXP}^{full}$





# Дифракционная структурная функция

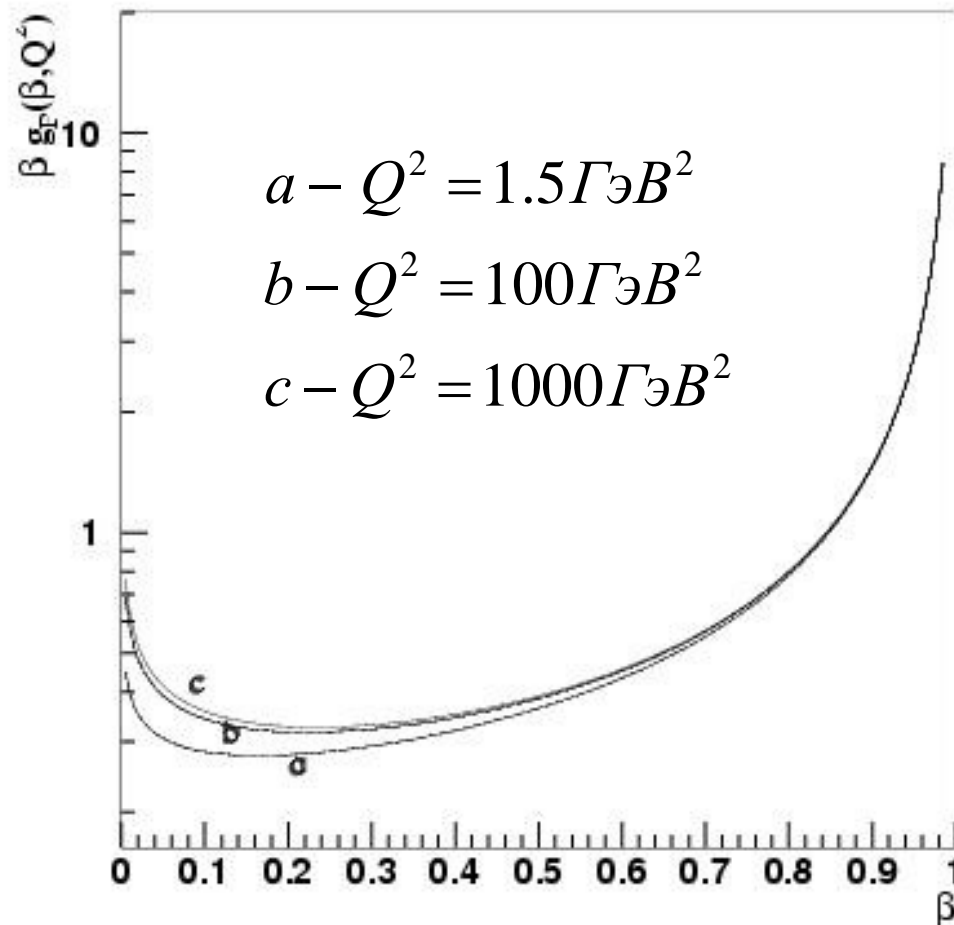
---

После определения параметра  $n_g$  дифракционная структурная функция может быть рассчитана по модели СКМТ и сопоставлена экспериментальным измерениям вклада открытого чарма в дифракционную структурную функцию, проведённым в эксперименте ZEUS.

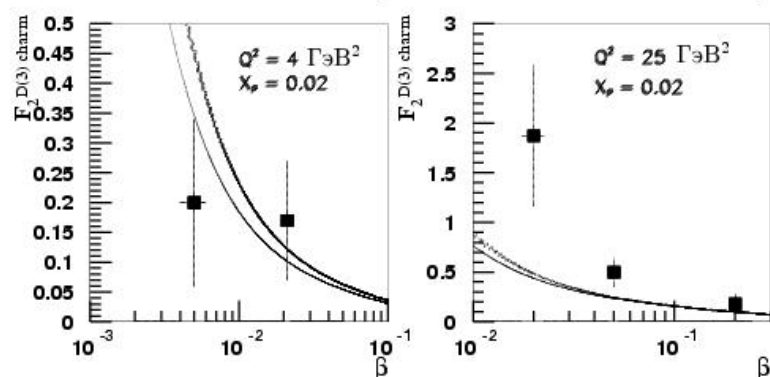
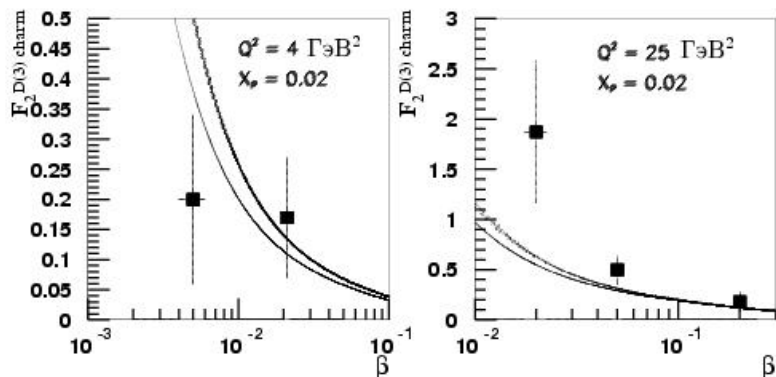
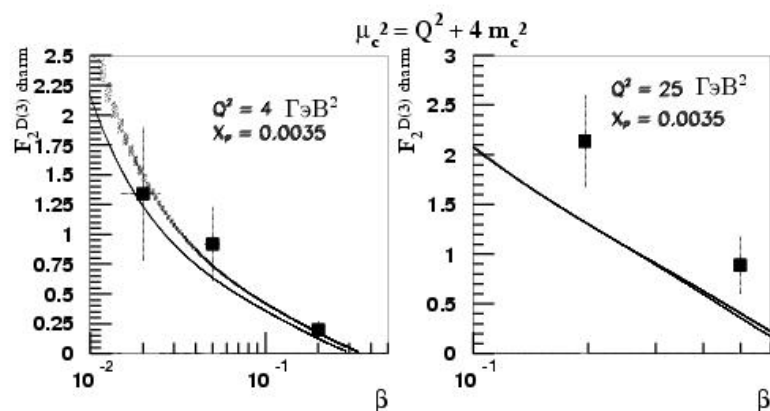
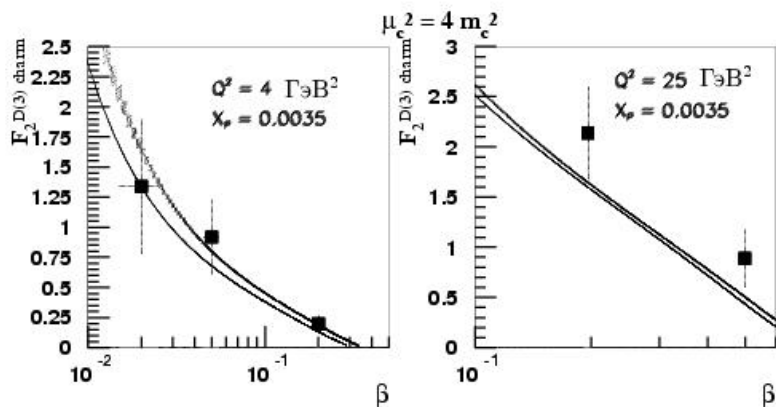
Для сравнения с экспериментом, расчёты проводились для двух значений масс с-кварка, для массы 1.35 ГэВ было взято значение параметра глюонной функции равное 0.905, а для массы 1.5 ГэВ – 0.935.

**ZEUS Collaboration; S.Chekanov et al.,  
Nucl. Phys. B672, 3 (2003)**

# Функция распределения глюонов в помероне при трёх значениях виртуальности фотона



# Дифракционная структурная функция в зависимости от $\beta$





## Выводы

---

**Предсказания модели хорошо согласуются с экспериментальными измерениями дифракционной структурной функции.**

- **Проведённый анализ не противоречит гипотезам Редже и КХД факторизации, а так же представлениям об адроподобной структуре померона;**
- **Жёсткая глюонная компонента присутствует в помероне независимо от величины виртуальности зондирующего его фотона, составляя постоянную («валентную») часть померона;**
- **Доля мягких глюонов в помероне варьируется в зависимости от степени виртуальности фотона. С ростом его виртуальности вклад мягкой глюонной компоненты растёт. При этом увеличение доли мягких глюонов с возрастанием виртуальности существенно замедляется при виртуальности фотона больше  $100 \text{ ГэВ}^2$**