



Физический факультет  
Московского  
государственного университета  
имени М.В.Ломоносова  
Кафедра Общей ядерной физики

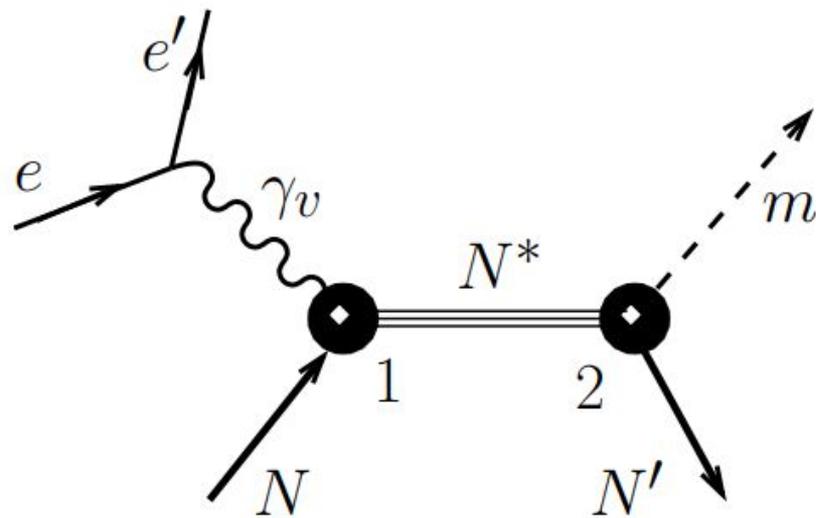
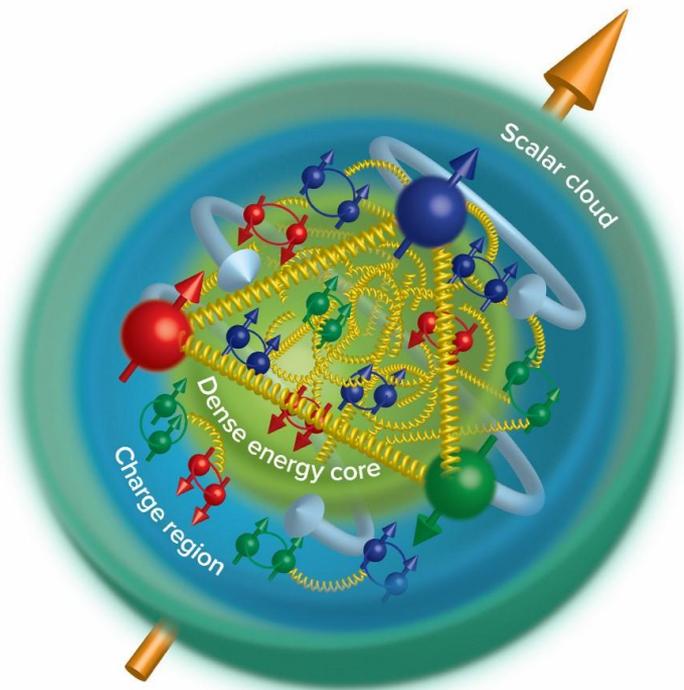
# Оценка вкладов реакции эксклюзивного электророждения одиночного заряженного пиона на протоне в инклюзивные наблюдаемые

студент Сорокин С.А.,  
ст.науч.сотр. Исупов Е.Л.,  
асс. Русова А.А.

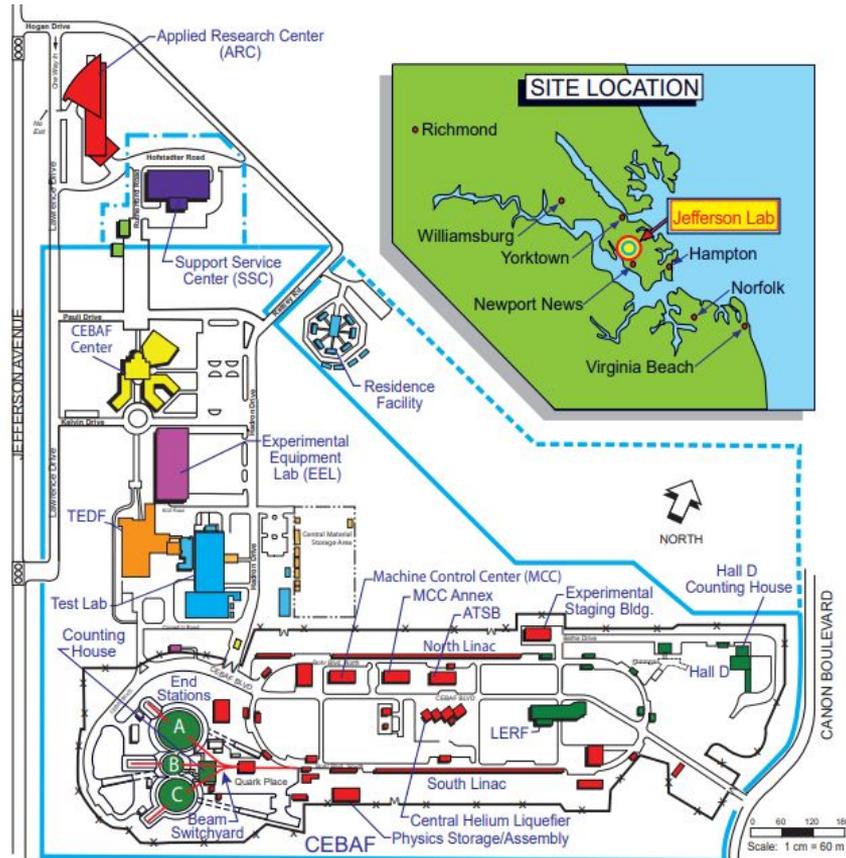
Ломоносовские чтения,  
Москва, 2025



# Структура нуклона



# Jefferson Lab

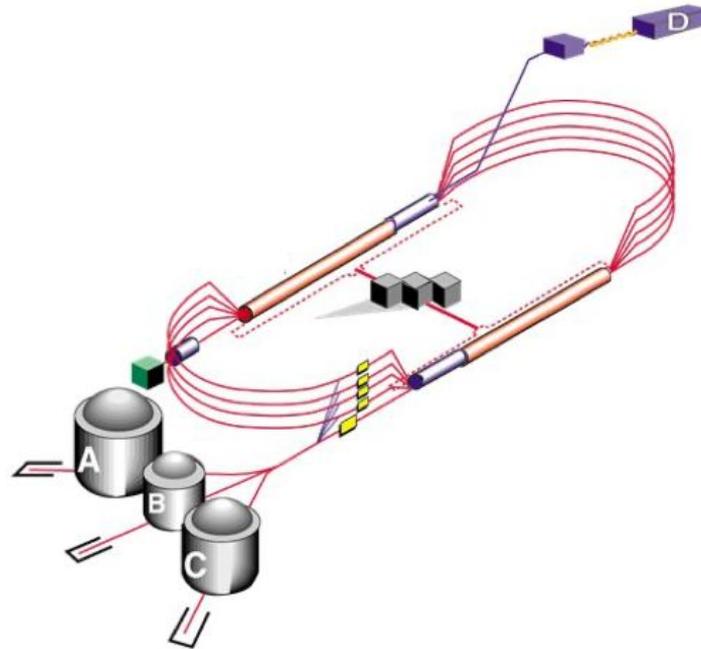


ColorSitePlan OCT 2017.mxd

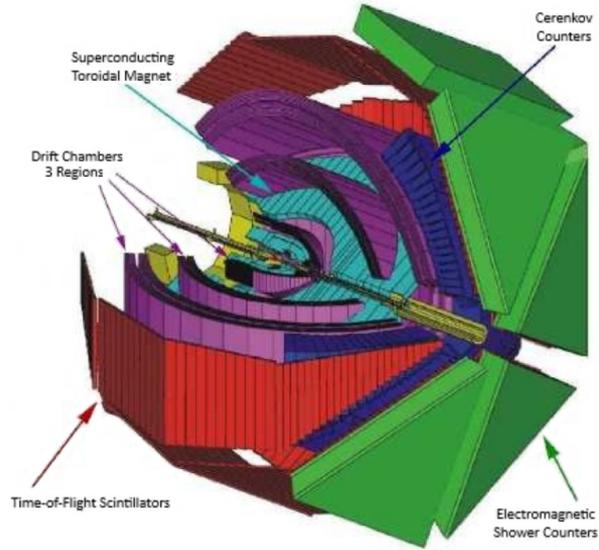


# CEBAF

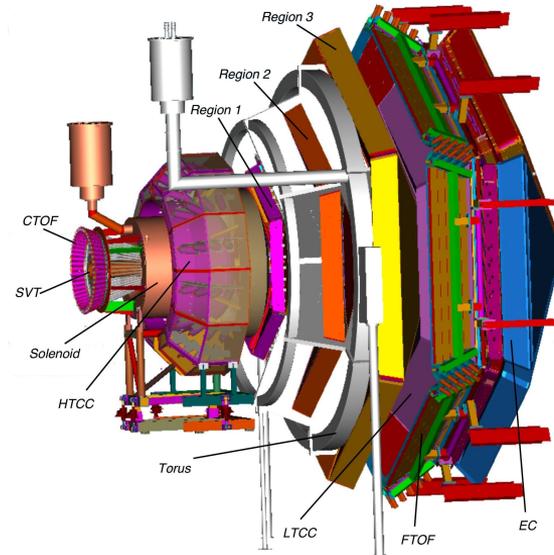
(*Continuous Electron Beam  
Accelerator Facility*)



# CEBAF Large Acceptance Spectrometer



CLAS



CLAS12

### CLAS Physics Database

[JLab](#) | [Search](#) | [Overview](#) | [Login](#) | [Edit](#) | [Register](#)

Search form for the data related to the CLAS physics

You are not logged in. [Login](#).

**Select reaction:**

Beam: any <input type="text"/>	Target: any <input type="text"/>	Final state: any <input type="text"/>
polarization: any <input type="text"/>	polarization: any <input type="text"/>	polarization: any <input type="text"/>

**Select kinematics range:**

Search for average values

Q <sup>2</sup> <sub>min</sub> [GeV] <sup>2</sup> : <input type="text"/>	Q <sup>2</sup> <sub>max</sub> [GeV] <sup>2</sup> : <input type="text"/>
W <sub>min</sub> [GeV]: <input type="text"/>	W <sub>max</sub> [GeV]: <input type="text"/>
x <sub>min</sub> : <input type="text"/>	x <sub>max</sub> : <input type="text"/>
E <sub>Ymin</sub> [GeV]: <input type="text"/>	E <sub>Ymax</sub> [GeV]: <input type="text"/>

**Select observables:**

Quantity measured:	<div style="font-size: 0.8em;">                     any                      dσ/dΩ (exclusive)                      dσ/dΩ (quasi-free)                      σ (exclusive)                      sigma                      sigma (quasi-free)                 </div>
--------------------	---

**Additional search criteria:**

Spokespersons:	
Year:	
Experiment identifier(s):	

**Text table options**

Show results as a plain text table   
  Show average value for W, Q<sup>2</sup> ranges  
 Add W and Q<sup>2</sup> columns   
 [How to save text data](#)

# Коллаборация НИИЯФ МГУ (ОЭПВАЯ) с Лабораторией Джефферсона

**[ - ] Search Results Table Composition**

<b>Available fields:</b> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; font-size: 0.8em;">                     Final state polarization                      Beam                      Beam polarization                      Target                      Target polarization                      x min                      x max                      E<sub>Y</sub> min                      E<sub>Y</sub> max                      W                 </div>	<b>Fields selected for output:</b> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; font-size: 0.8em;">                     Measurement identifier                      Final state                      Q<sup>2</sup>min                      Q<sup>2</sup>max                      W min                      W max                      Quantity                      Experiment title                      Authors                      Year                 </div>
--	---

Limit:    
    
    
 Results in a new window

Member of CLAS Collaboration are encouraged to send available data to the CLAS Physics Database.

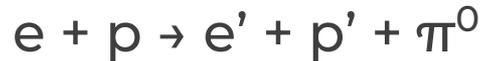
You can use our [data editing interface](#) (preferred) to enter your structured data or submit your data in arbitrary format using this [submission form](#).

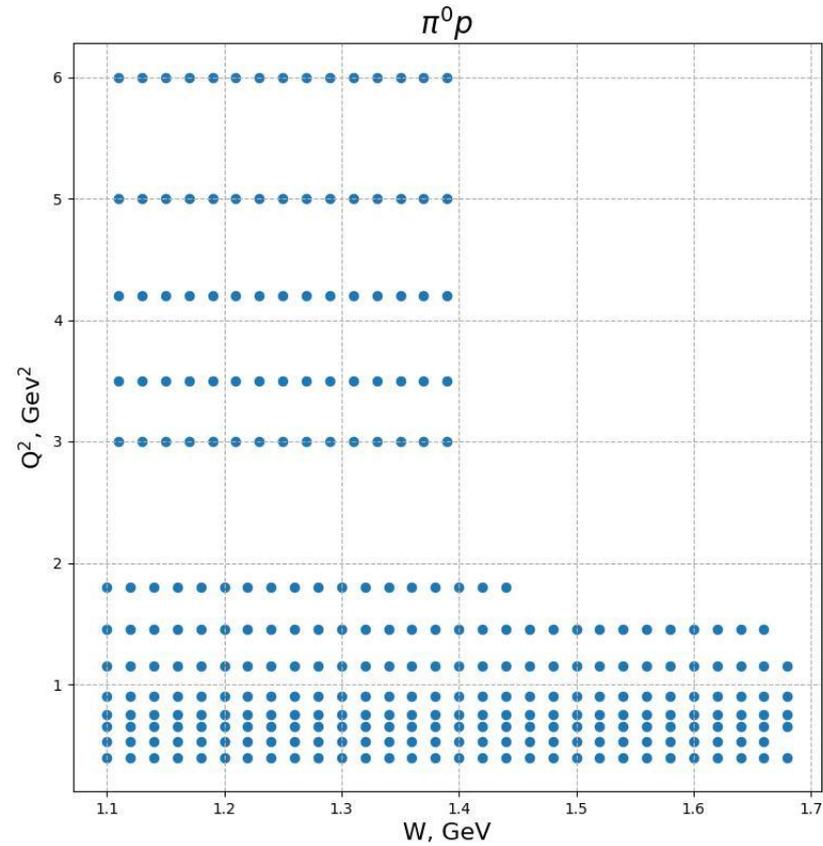
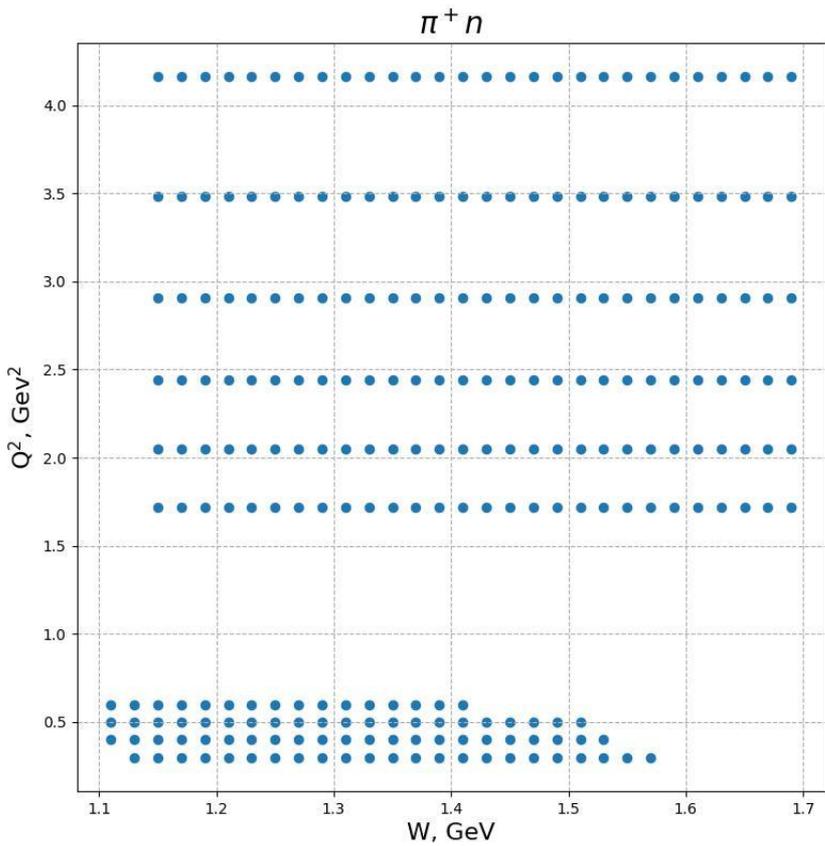
If you have any questions, suggestions or comments, please, feel free to contact developers: [clasdb@desync.jlab.org](mailto:clasdb@desync.jlab.org)



# Цели

- Изучение вкладов реакций эксклюзивного электророждения одиночного пиона на протоне в инклюзивные структурные функции  $F_1$  и  $F_2$
- Проверить согласованность данных в разных каналах реакций
- Получение надежной экстраполяции данных





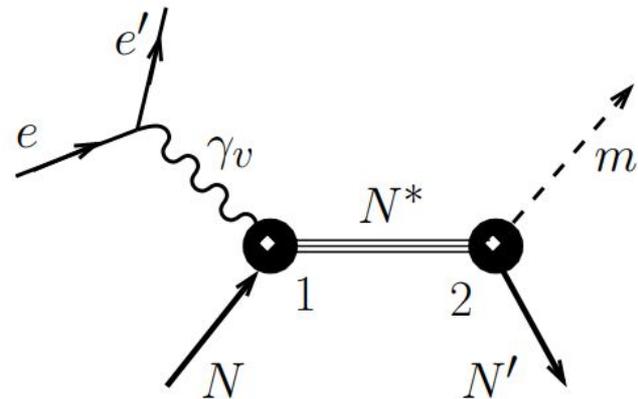
# Формализм

$$\frac{d^{n+2} \sigma_e}{dE_{ef} d\Omega_{ef} d\tau^n} = \Gamma_{\gamma_v} \frac{d^n \sigma_{\gamma_v}}{d\tau^n}$$

$\frac{d^{n+2} \sigma_e}{dE_{ef} d\Omega_{ef} d\tau^n}$  – дифференциальное сечение электророждения мезонов

$\Gamma_{\gamma_v}$  – поток виртуальных фотонов

$\frac{d^n \sigma_{\gamma_v}}{d\tau^n}$  – дифференциальное сечение рождения мезонов под действием виртуальных фотонов



# Формализм

$$\Gamma_{\gamma_v} = \frac{\alpha}{4\pi} \cdot \frac{1}{E_{beam}^2 m_p^2} \cdot \frac{W(W^2 - m_p^2)}{(1 - \varepsilon)Q^2} \text{ – поток виртуальных фотонов}$$

$$\varepsilon = \left( 1 + 2 \left( 1 + \frac{\nu^2}{Q^2} \right) \tan^2 \frac{\theta_e}{2} \right)^{-1} \text{ – поляризация виртуального фотона}$$

$$W = \sqrt{(q + P_p)^2} \text{ – инвариантная масса конечной адронной системы}$$

$$Q^2 = -q^2 = -(P_{e'} - P_e)^2 \text{ – виртуальность фотона}$$



# Формализм

$$\frac{d\sigma_{\gamma\nu}}{d\Omega_{\pi}} = \frac{d\sigma_u}{d\Omega_{\pi}} + \varepsilon \frac{d\sigma_{tt}}{d\Omega_{\pi}} \cdot \cos 2\varphi + \sqrt{2\varepsilon(1+\varepsilon)} \frac{d\sigma_{lt}}{d\Omega_{\pi}} \cdot \cos \varphi$$

$$\frac{d\sigma_u}{d\Omega_{\pi}} = \frac{d\sigma_t}{d\Omega_{\pi}} + \varepsilon \frac{d\sigma_l}{d\Omega_{\pi}}$$

$\frac{d\sigma_u}{d\Omega_{\pi}}$ ,  $\frac{d\sigma_t}{d\Omega_{\pi}}$ ,  $\frac{d\sigma_l}{d\Omega_{\pi}}$ ,  $\frac{d\sigma_{lt}}{d\Omega_{\pi}}$ ,  $\frac{d\sigma_{tt}}{d\Omega_{\pi}}$  – неполяризованная, поперечная,

продольная, продольно-поперечная, поперечно-

поперечная структурные функции



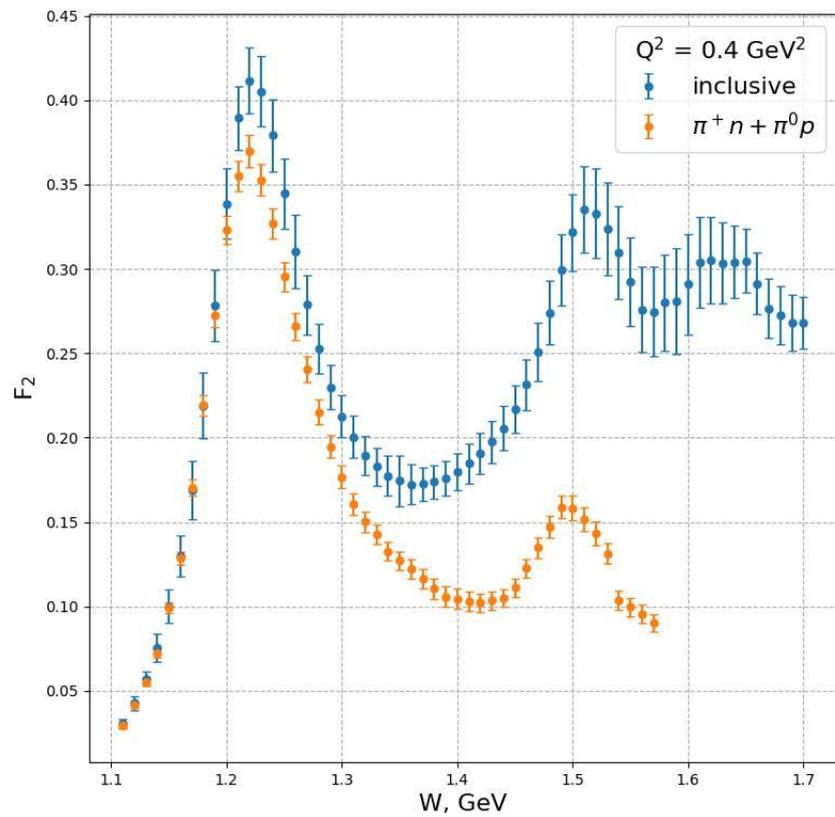
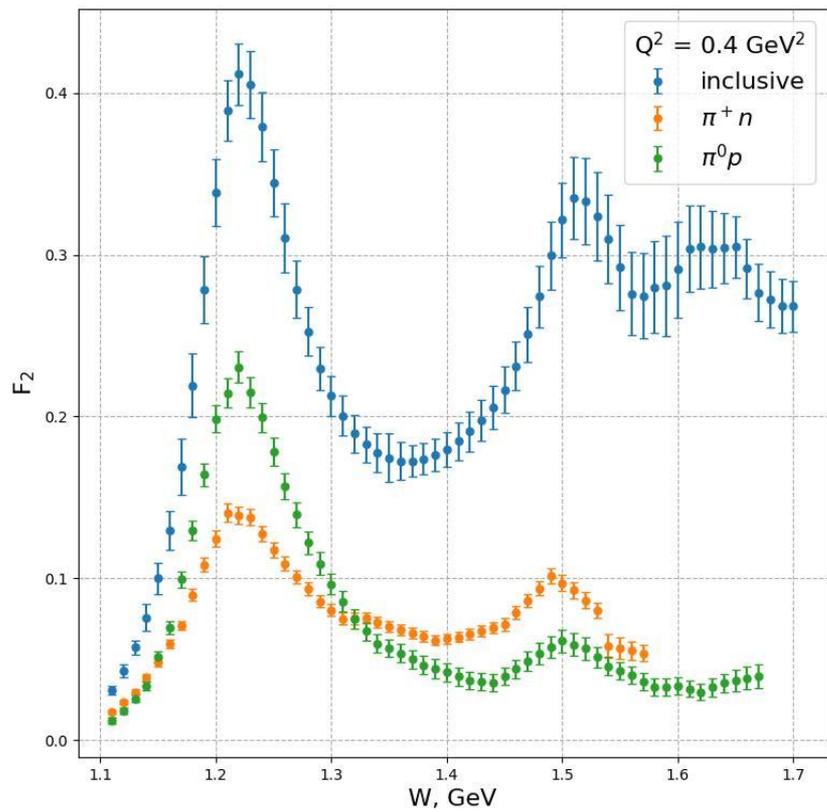
## Формализм

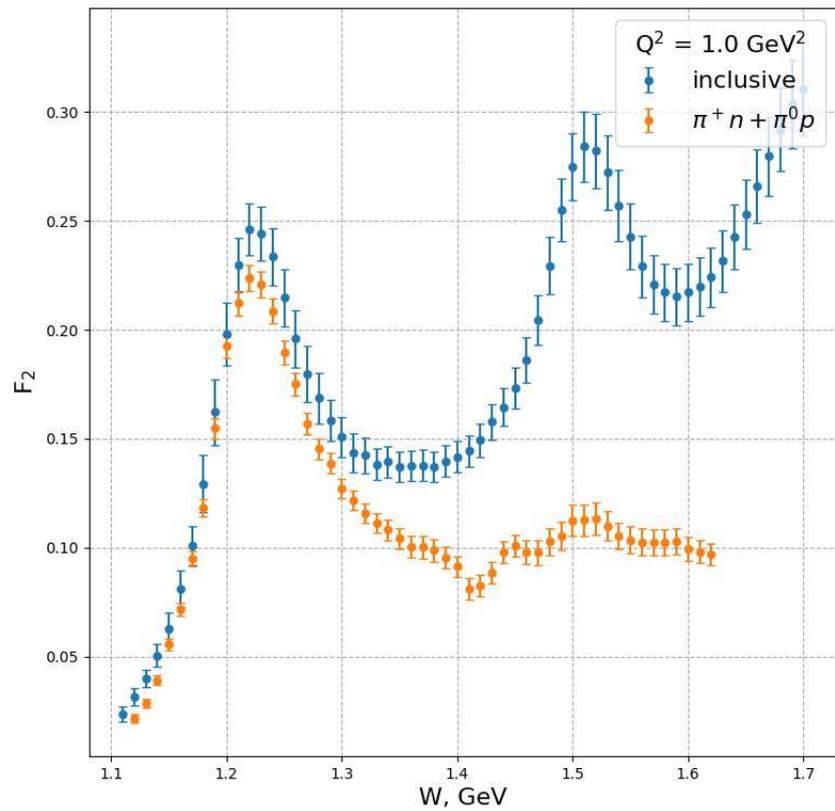
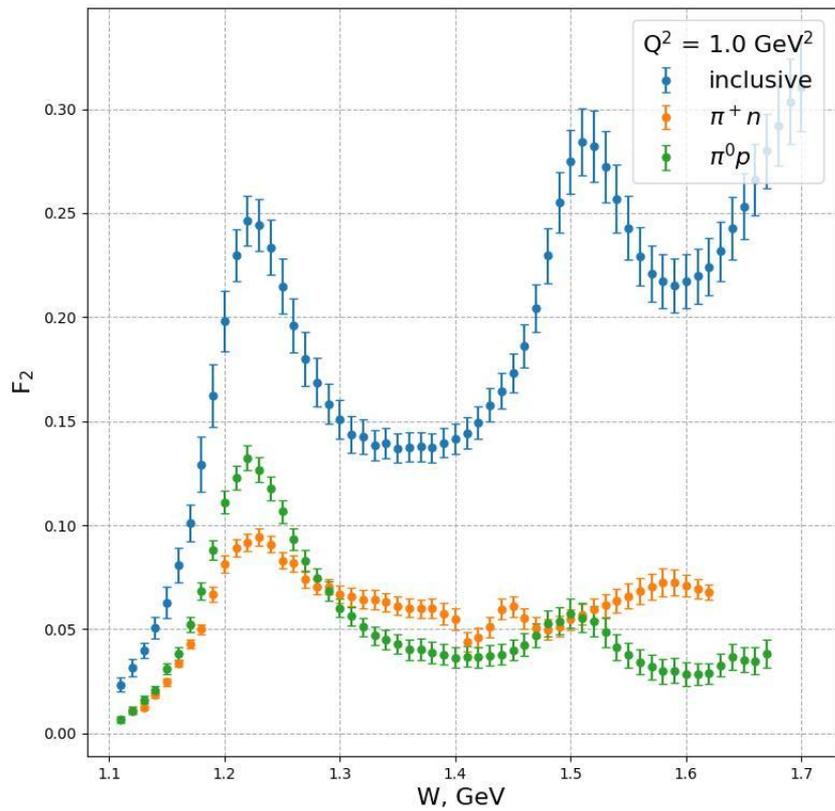
$$F_1 (Q^2, W) = \frac{KW}{4\pi^2\alpha} \sigma_T (Q^2, W)$$

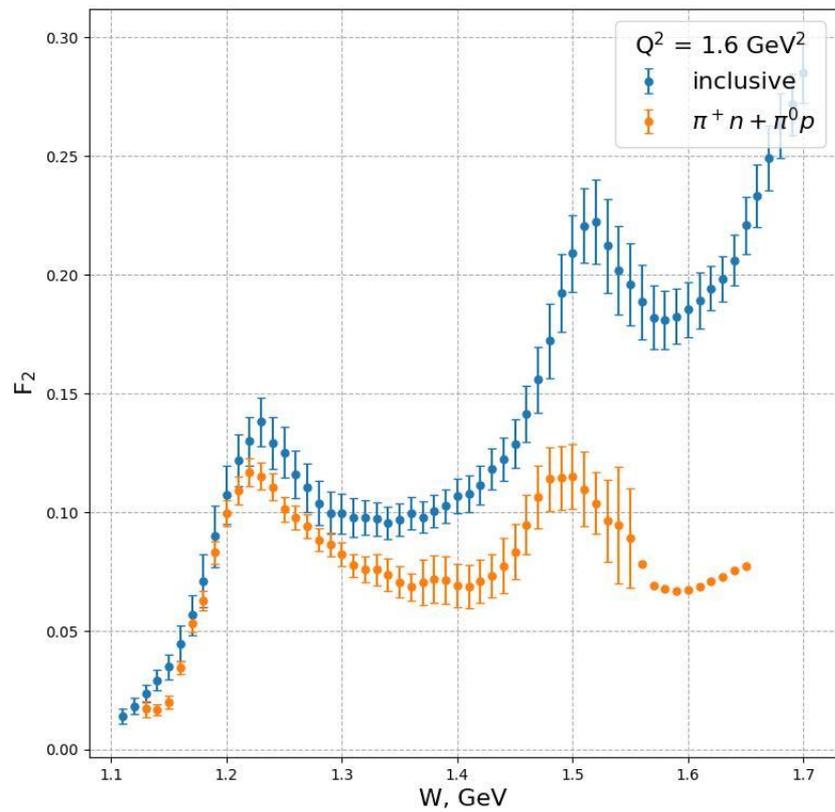
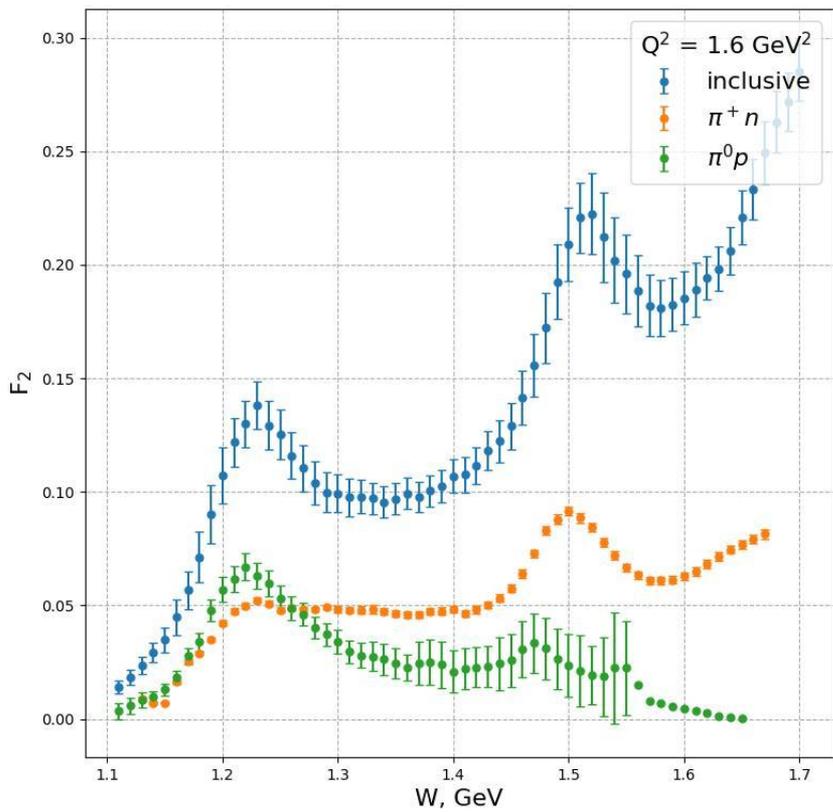
$$F_2 (Q^2, W) = \frac{KW}{4\pi^2\alpha} \frac{2x}{1 + \frac{Q^2}{\nu^2}} (\sigma_T (Q^2, W) + \sigma_L (Q^2, W))$$

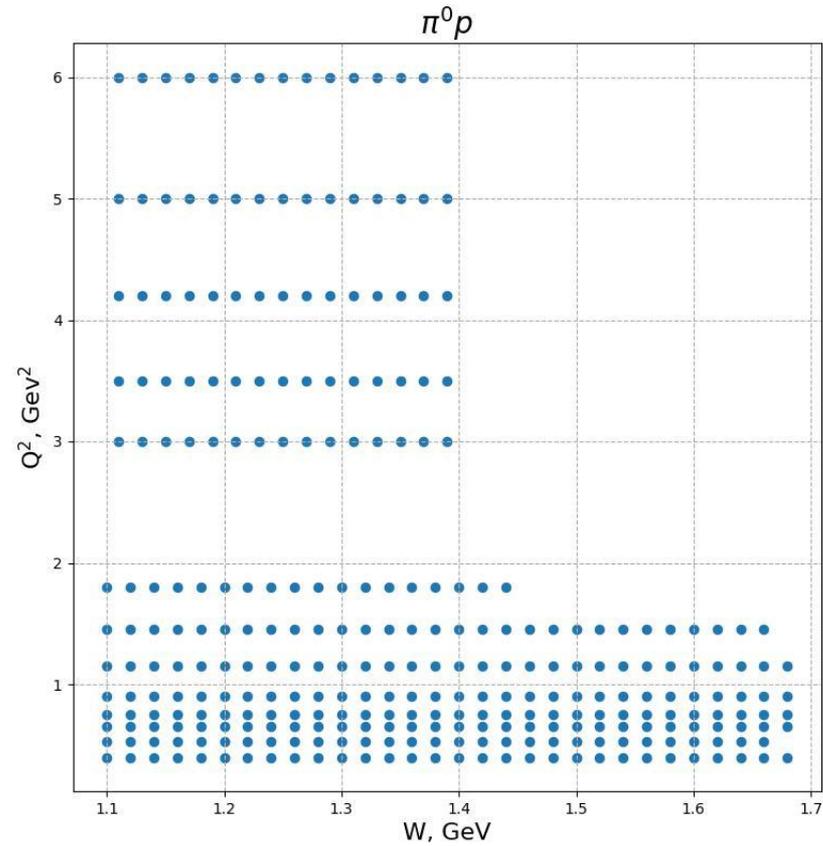
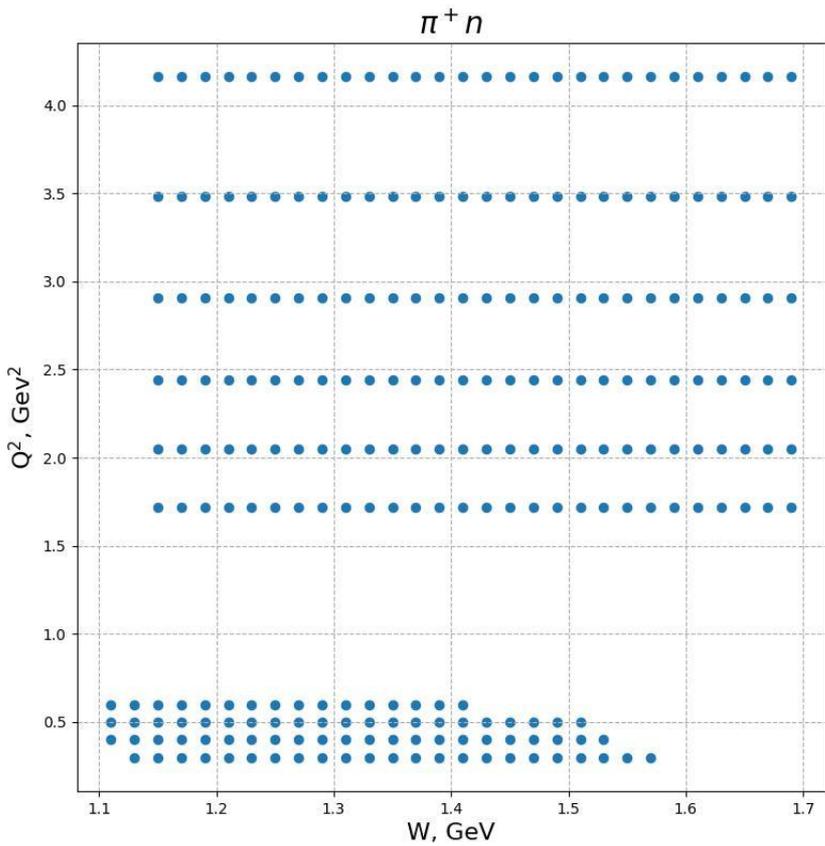
$$K = \frac{W^2 - M_p^2}{2M_p} \quad x = \frac{Q^2}{2M_N\nu} \quad \nu = \frac{W^2 - M_p^2 + Q^2}{2M_p}$$











# Заключение

- Оценка вкладов эксклюзивных каналов электророждения одиночного пиона в инклюзивные наблюдаемые показывает достоверную согласованность экспериментальных данных
- Экстраполяция данных для канала  $\pi^+n$  дала надежные результаты в оценке вкладов
- Выявлены недостатки линейной интерполяции структурных функций



