



Физический факультет
Московского
государственного университета
имени М.В.Ломоносова



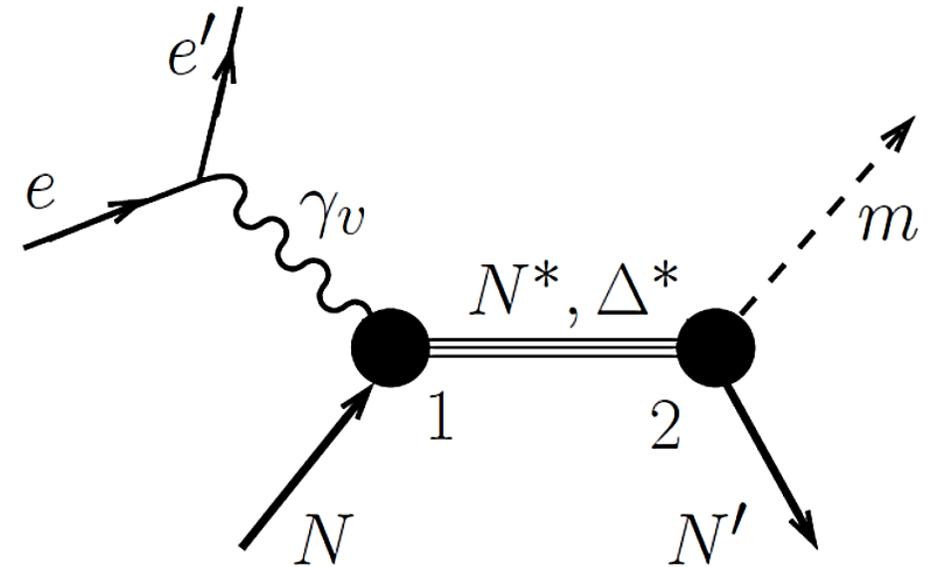
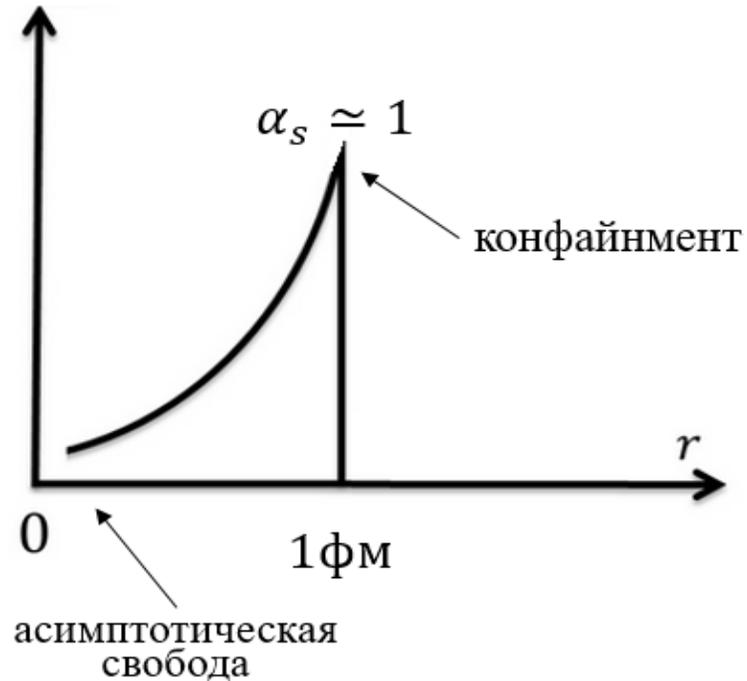
Jefferson Lab
Thomas Jefferson National Accelerator Facility

Валидация алгоритмов машинного обучения в применении к данным детектора CLAS по электророждению одиночного пиона

студентка Чистякова В.В., аспирант Голда А.В.,
к.ф.-м.н., асс. Голубенко А.А., к.ф.-м.н., с.н.с. Исупов Е.Л.

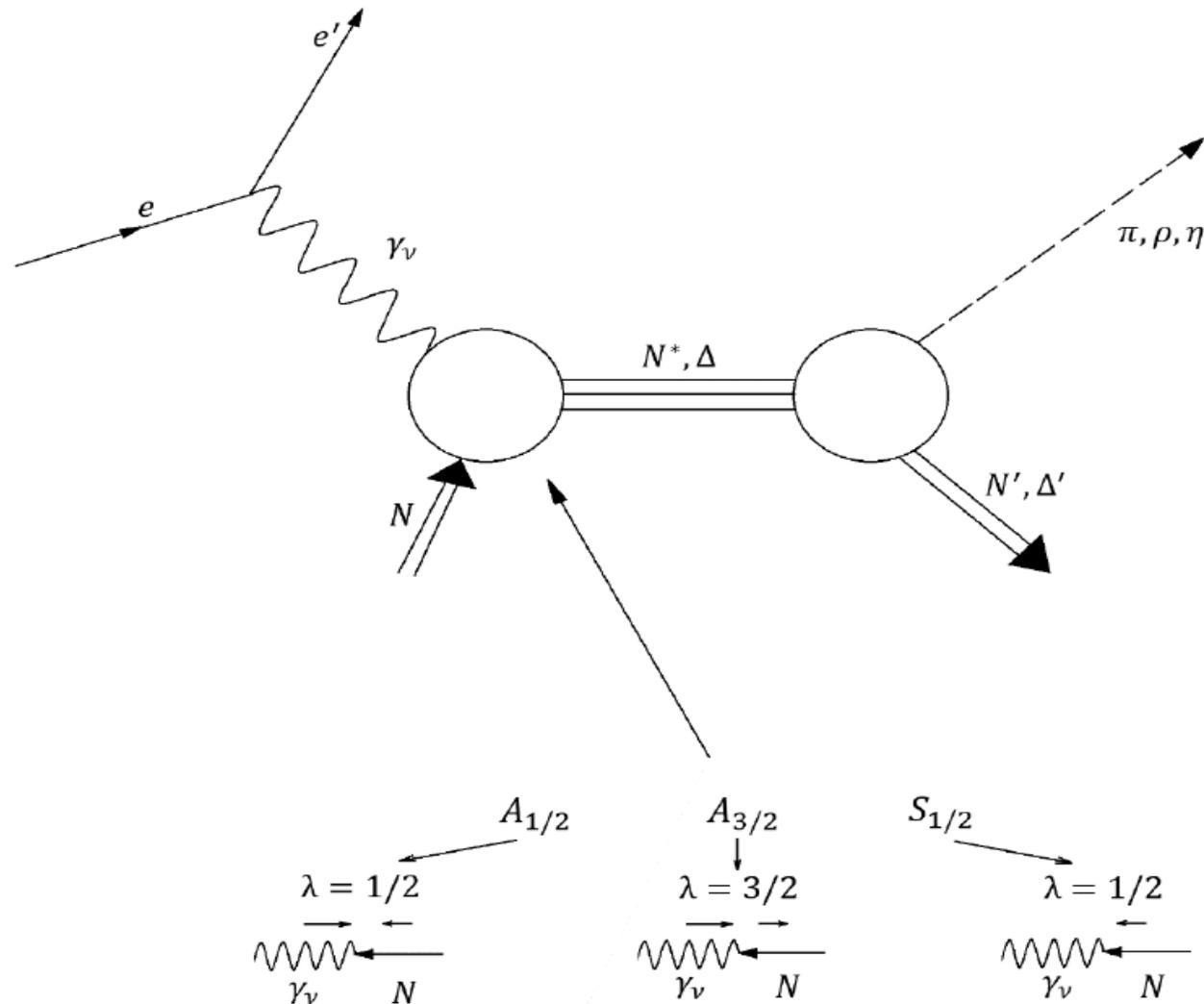


Предмет исследования



Непертурбативная область ответственна за формирование структуры нуклона и нуклонных резонансов. Анализ основного и возбуждённых состояний нуклона открывает доступ к исследованию структуры одетых кварков и глюонов с расстоянием.

Электромагнитное возбуждение нуклонных резонансов



Дифференциальное сечение рождения ОДИНОЧНОГО ПИОНА

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

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

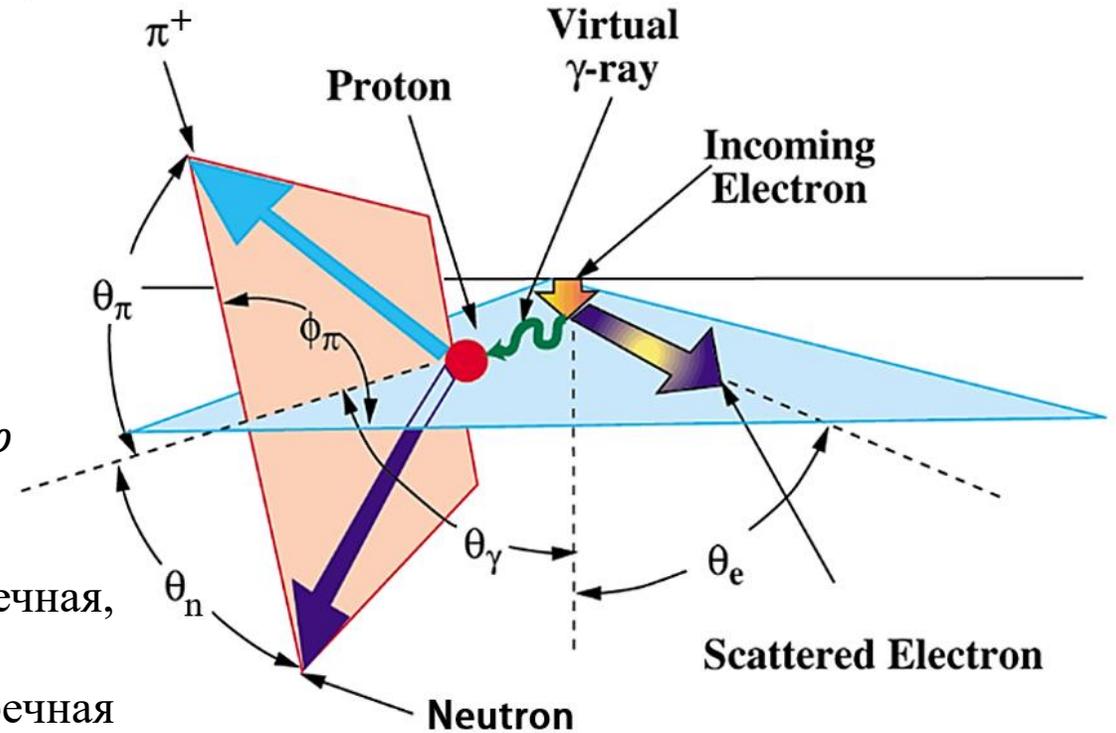
или в более компактном виде: $\frac{d\sigma_{\gamma\nu}}{d\Omega_{\pi}} = A + B\cos 2\varphi + C\cos \varphi$

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

продольная, продольно-поперечная, поперечно-поперечная

структурные функции соответственно

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

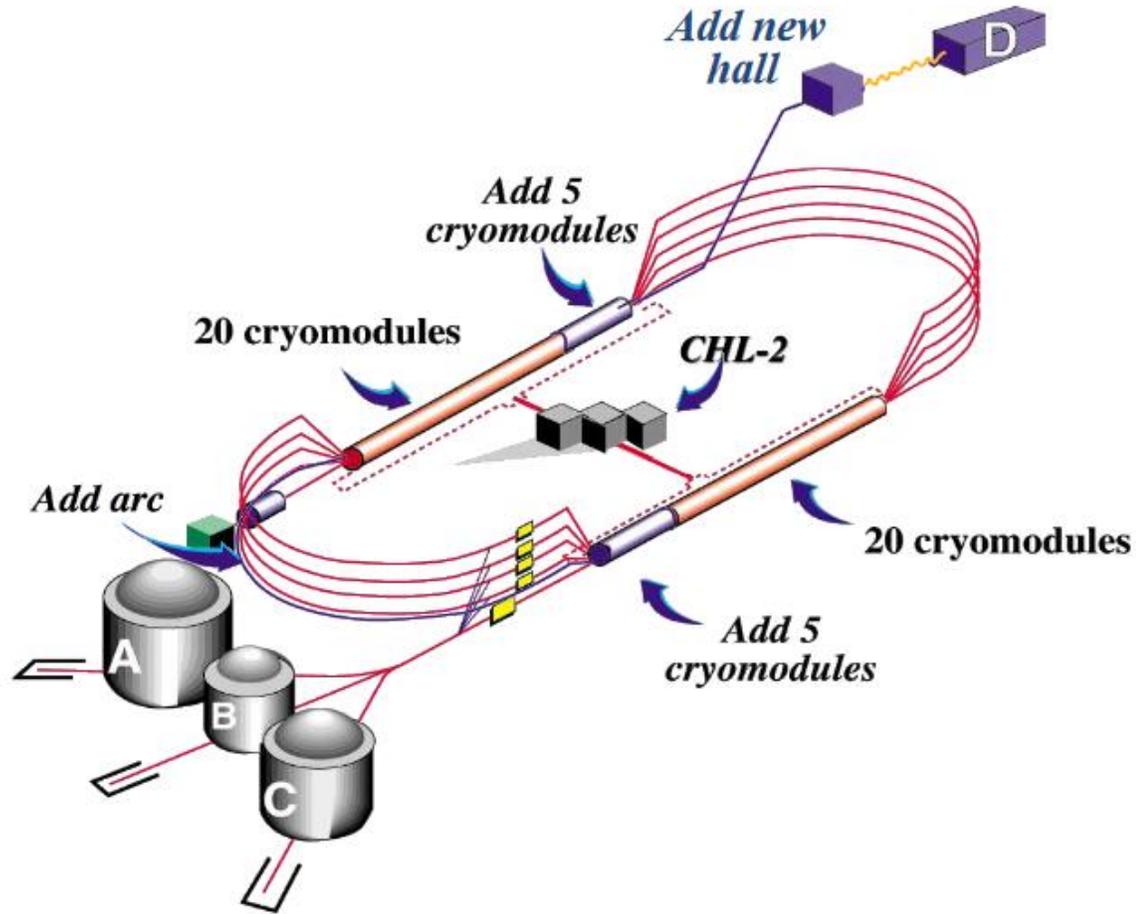


θ_e – полярный угол рассеяния электрона
 φ – угол между плоскостью рассеяния электрона и плоскостью реакции

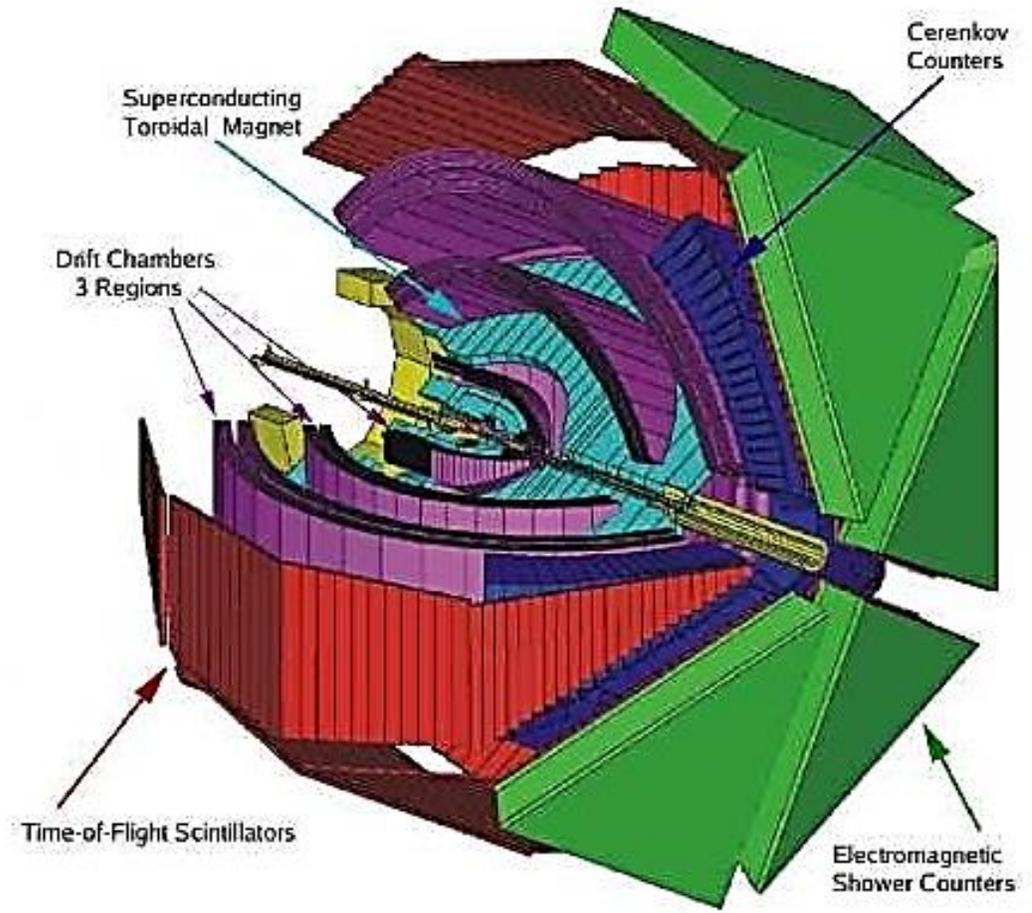
Кинематические переменные реакции

- W – инвариантная масса конечных адронов
- $W^2 = M^2 + 2M(E - E') - Q^2$
- E, E' - энергия начального и конечного электронов
- $q^2 = -Q^2$ - квадрат переданного четырёхимпульса виртуального фотона
- $Q^2 = 4EE' \sin^2 \frac{\theta_e}{2}$, где $\theta_e = \arccos \frac{p'_z}{E'}$ - угол рассеяния электрона





Ускоритель CEBAF
 $E_{max} = 6.75 \text{ GeV}$



Детектор CLAS
 (JLAB Experimental Hall B)

CLAS Physics Database

(создана в коллаборации между Hall B at Jefferson Lab и ОЭПВАЯ НИИЯФ МГУ)



Experimental Hall B

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:	Target:	Final state:	
<input type="text" value="any"/>	<input type="text" value="any"/>	<input type="text" value="any"/>	
polarization:	polarization:	polarization:	
<input type="text" value="none"/>	<input type="text" value="any"/>	<input type="text" value="any"/>	
Select kinematics range:			
<input type="checkbox"/> Search for average values			
Q^2_{\min} , [GeV] ² :	<input type="text"/>	Q^2_{\max} , [GeV] ² :	<input type="text"/>
W_{\min} , [GeV]:	<input type="text"/>	W_{\max} , [GeV]:	<input type="text"/>
X_{\min} :	<input type="text"/>	X_{\max} :	<input type="text"/>
$E_{Y\min}$, [GeV]:	<input type="text"/>	$E_{Y\max}$, [GeV]:	<input type="text"/>
Select observables:			
Quantity measured:	<input type="text" value="any"/>		
	any		
	dσ/dΩ (exclusive)		
	dσ/dΩ (quasi-free)		
	σ (exclusive)		
	sigma		
	sigma (quasi-free)		

Additional search criteria:	
Spokespersons:	<input type="text"/>
Year:	<input type="text"/>
Experiment identifier(s):	<input type="text"/>
Text table options	
<input type="checkbox"/> Show results as a plain text table	<input type="checkbox"/> Show average value for W, Q ² ranges
<input type="checkbox"/> Add W and Q ² columns	How to save text data
[-] Search Results Table Composition	

Available fields:	Fields selected for output:
Final state polarization	Measurement identifier
Beam	Final state
Beam polarization	Q ² min
Target	Q ² max
Target polarization	W min
x min	W max
x max	Quantity
E _Y min	Experiment title
E _Y max	Authors
W	Year

Limit: Results in a new window

clas.sinp.msu.ru



База данных по дифференциальным сечениям реакции $\gamma p \rightarrow n \pi^+$

	Ebeam	W	Q2	cos_theta	phi	dsigma_dOmega	error
0	1.515	1.11	0.3	0.991445	0.261799	15.3700	5.264366
1	1.515	1.11	0.3	0.991445	0.785398	4.5110	1.743136
2	1.515	1.11	0.3	0.991445	1.308997	4.4780	1.611260
3	1.515	1.11	0.3	0.991445	1.832596	5.1360	1.523529
4	1.515	1.11	0.3	0.991445	2.356194	5.0780	1.219442
...
93430	5.499	2.01	4.0	0.975000	3.730641	0.1012	0.043165
93431	5.499	2.01	4.0	0.975000	3.992441	0.1199	0.076638
93432	5.499	2.01	4.0	0.975000	4.646939	0.1578	0.095391
93433	5.499	2.01	4.0	0.975000	4.777839	0.2346	0.158557
93434	5.499	2.01	4.0	0.975000	6.086836	0.1250	0.077753

93435 rows × 7 columns

E_{beam} :
1.515 ГэВ
5.499 ГэВ
5.754 ГэВ



Цель работы

Цель настоящей работы заключается в построении алгоритма для описания дифференциальных сечений, способного осуществлять надёжную интерполяцию данных в четырёхмерном пространстве

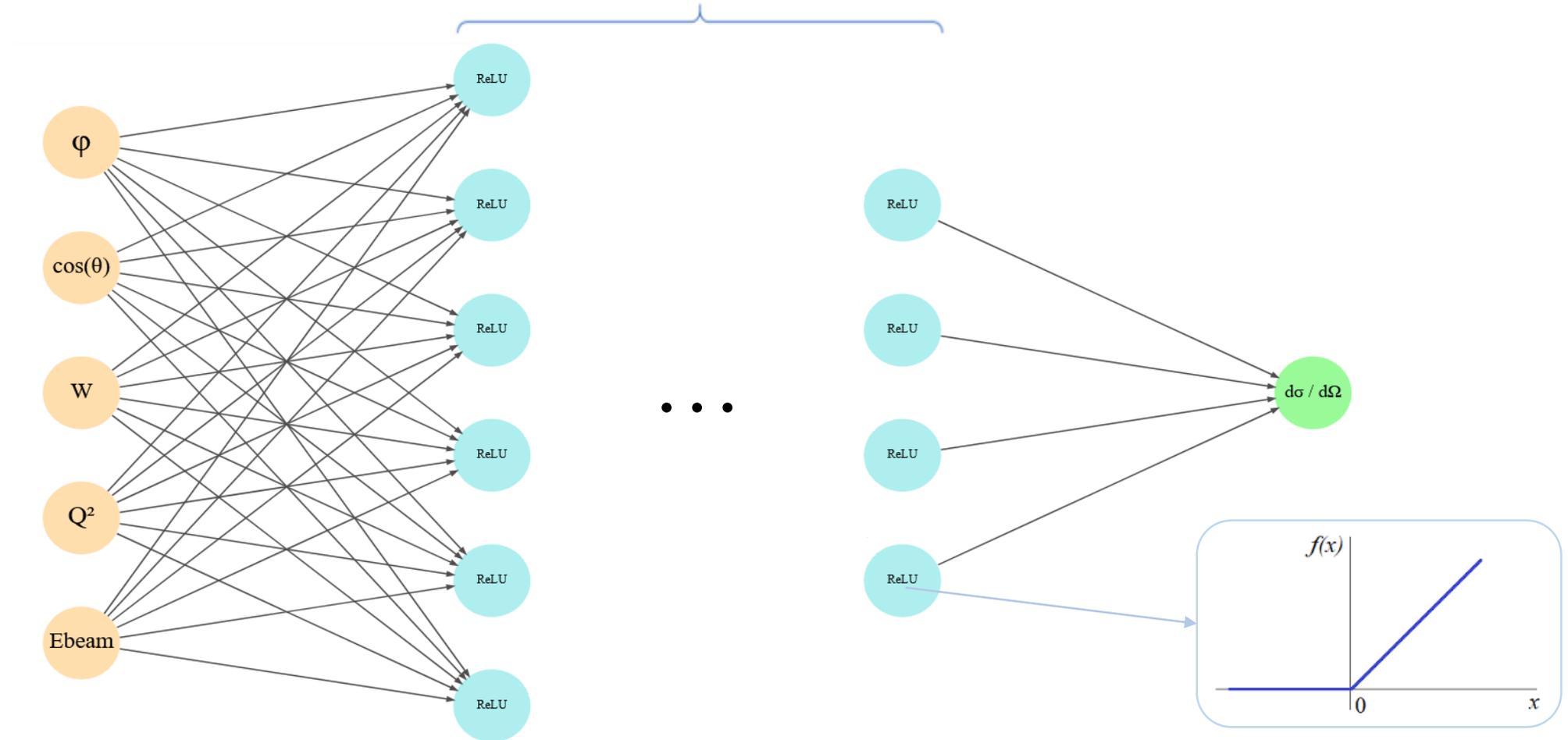


Архитектура нейронной сети

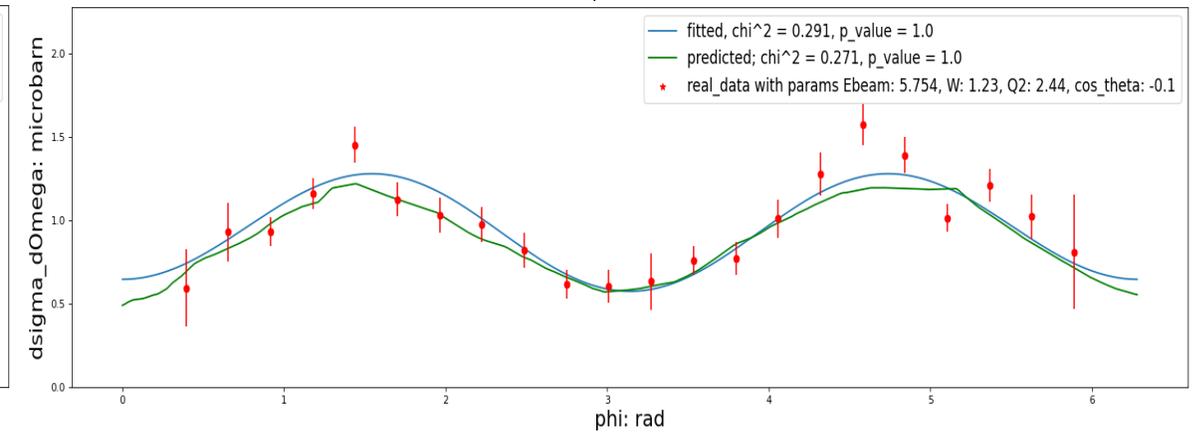
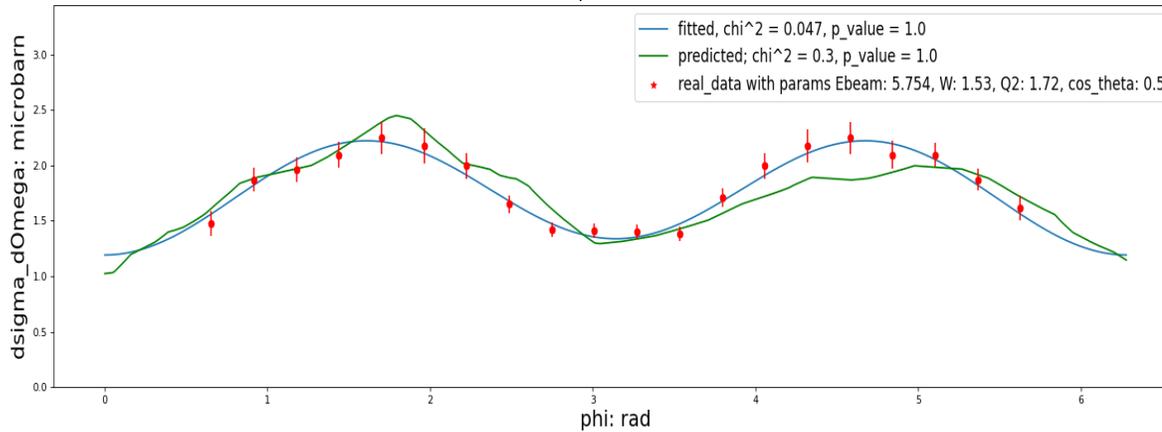
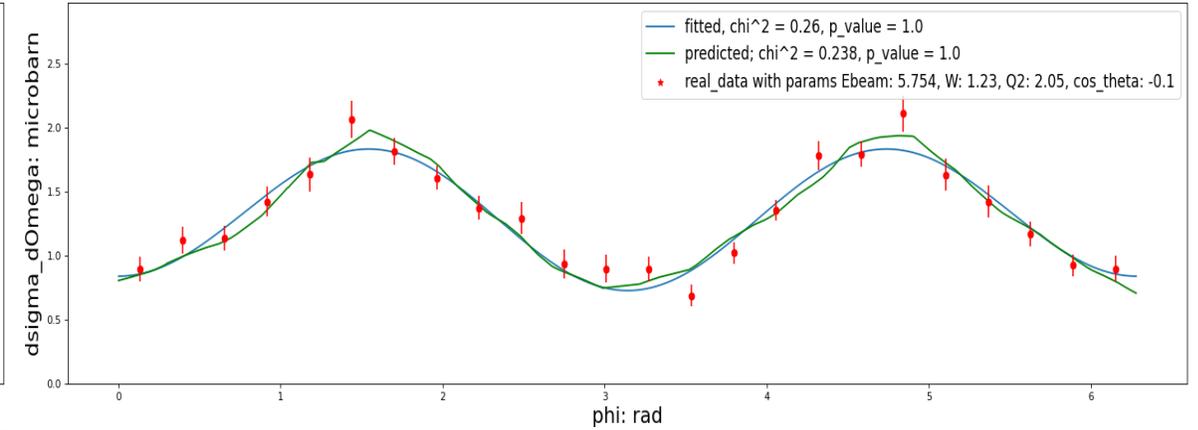
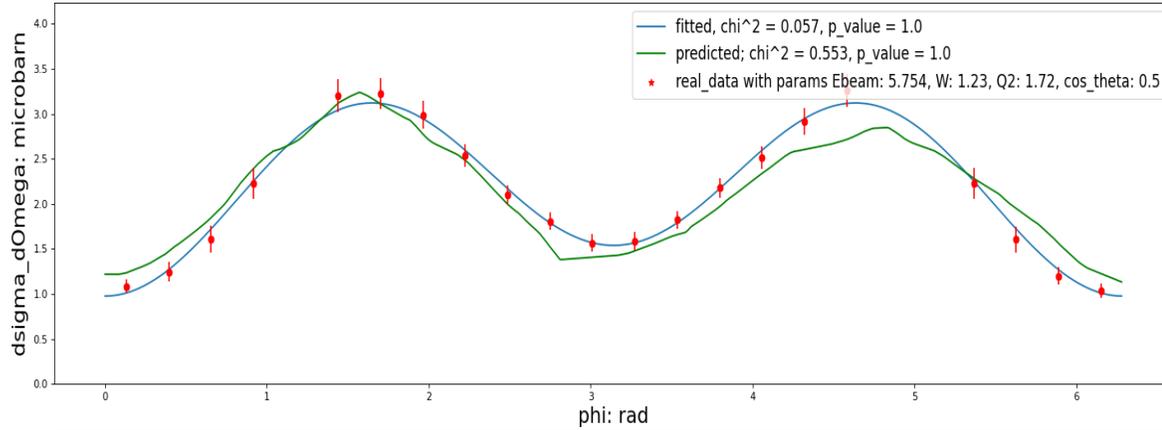
input layer

19 hidden layers

output layer



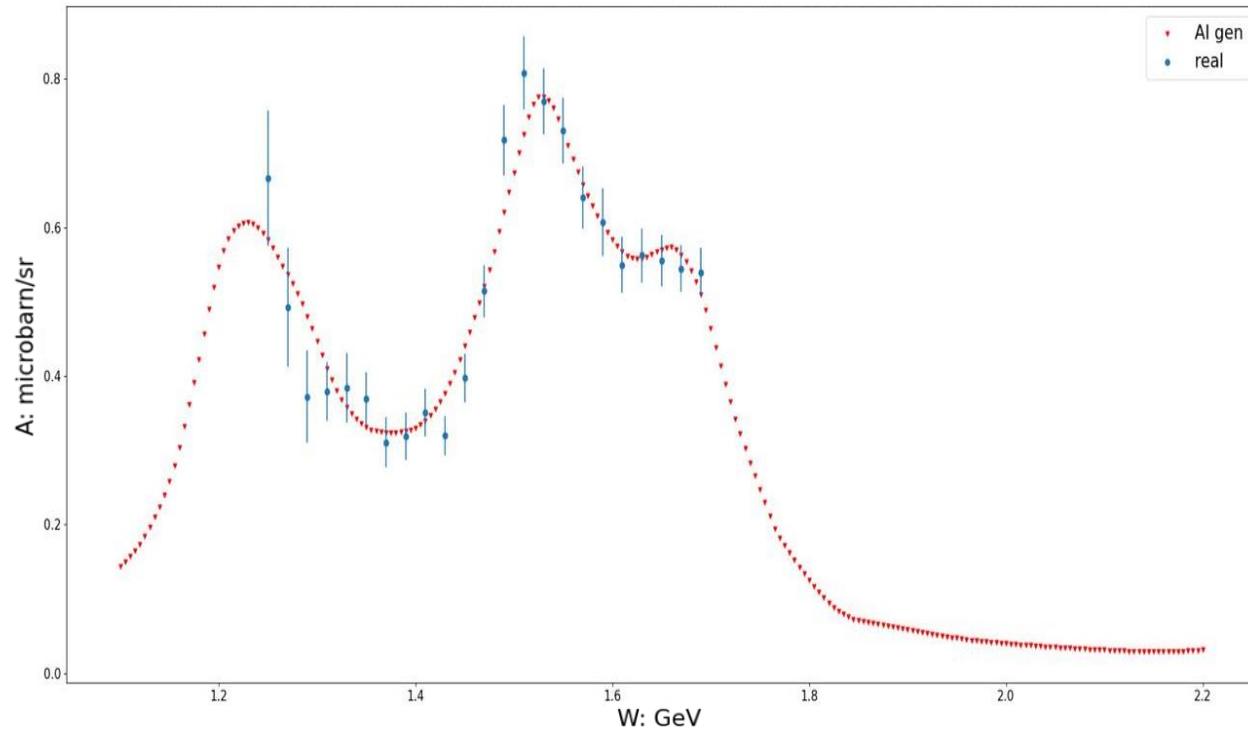
Предсказанные дифференциальные сечения реакции $\gamma\nu\rho \rightarrow n\pi^+$



Фитирование:
$$\frac{d\sigma_{\gamma\nu}}{d\Omega_{\pi}} = A + B\cos 2\varphi + C\cos\varphi$$

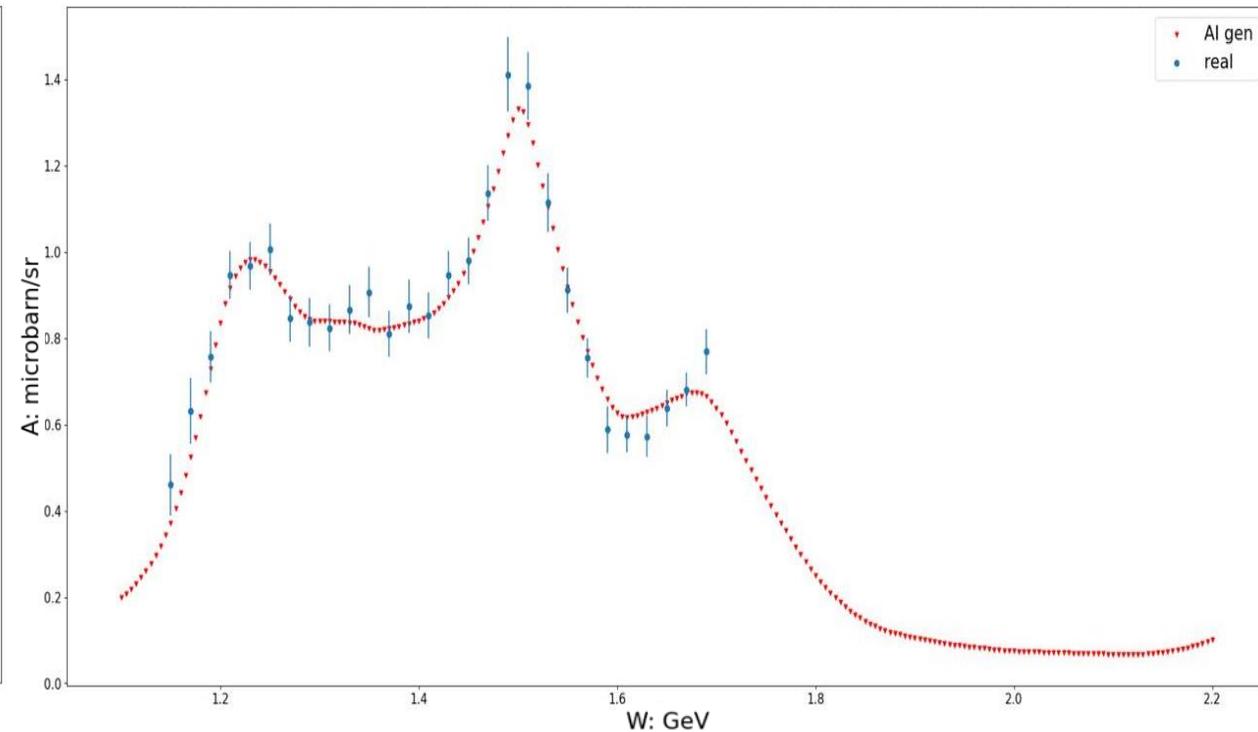


Предсказанные неполяризованные структурные функции



Gen: 'Ebeam': 5.754 GeV; ' Q^2 ': 2.4 GeV²; ' $\cos \theta$ ': -0.7

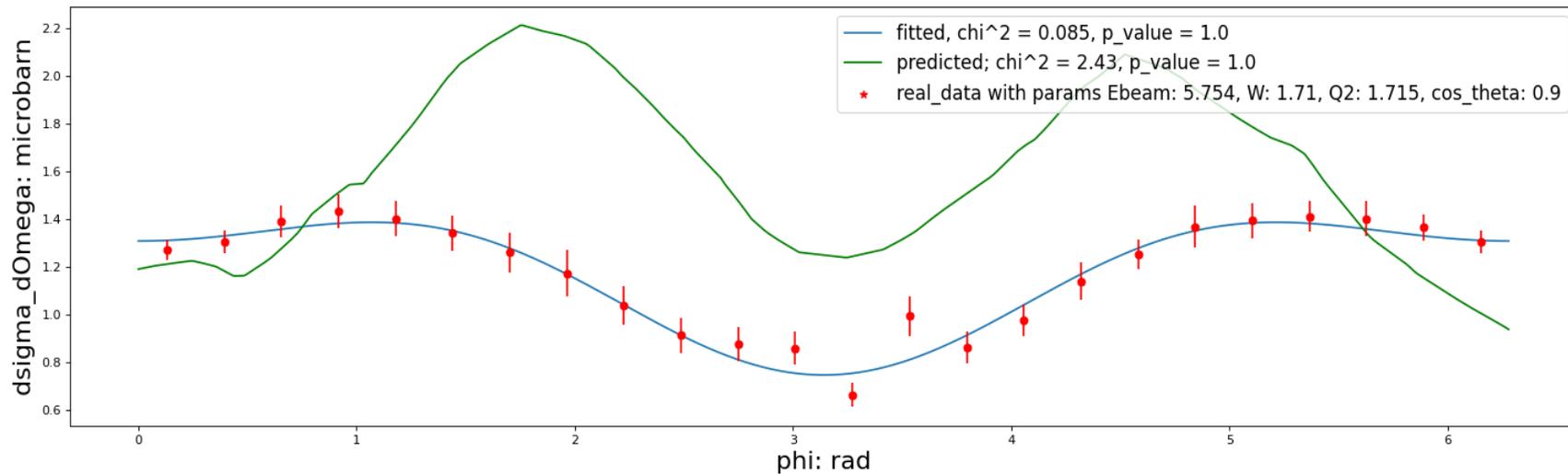
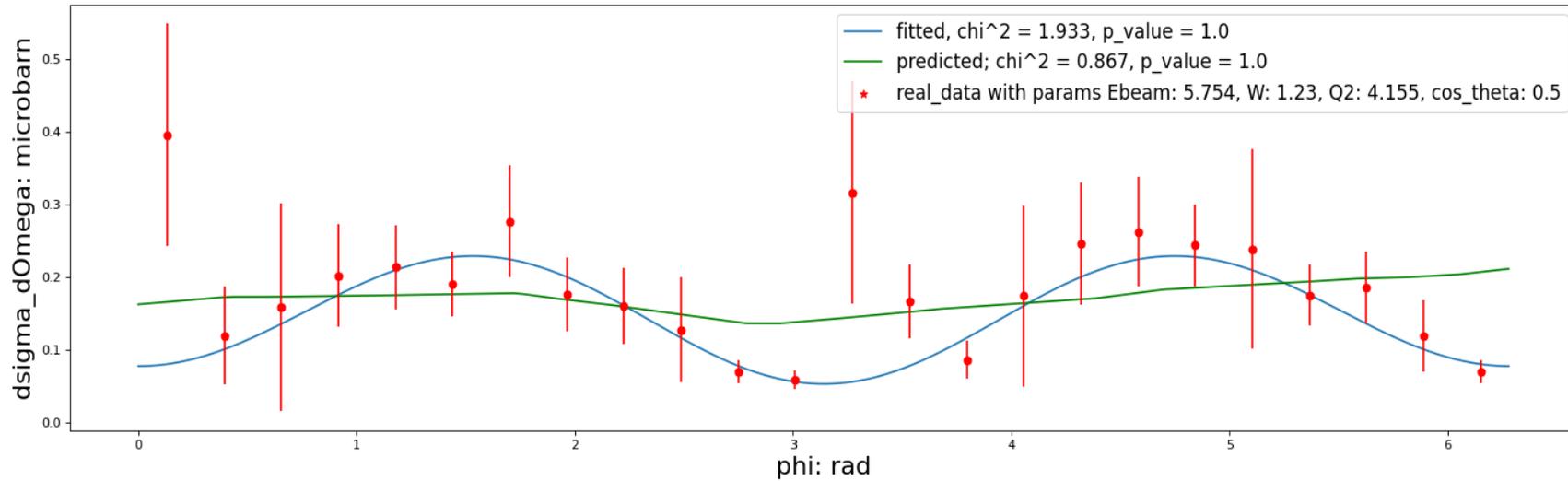
Real: ' Q^2 ': 2.44 GeV²; ' $\cos \theta$ ': -0.7



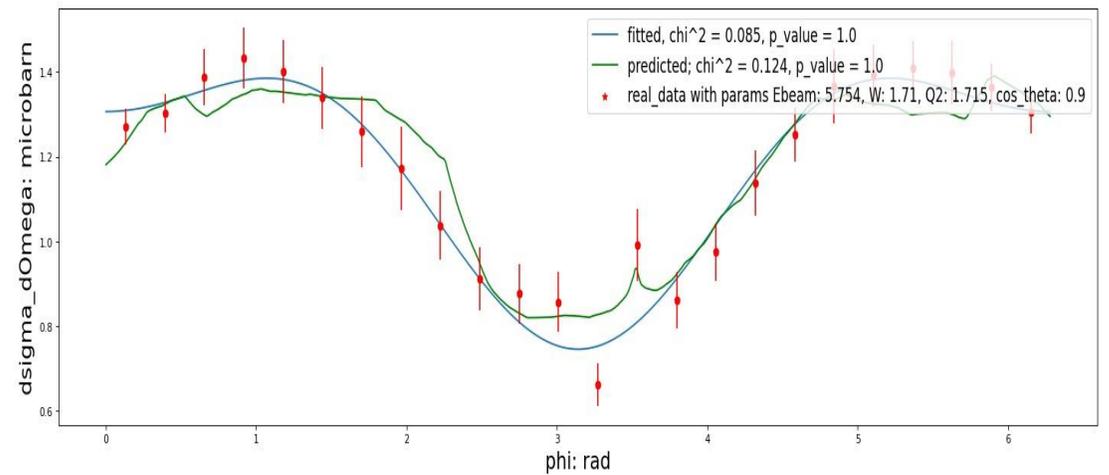
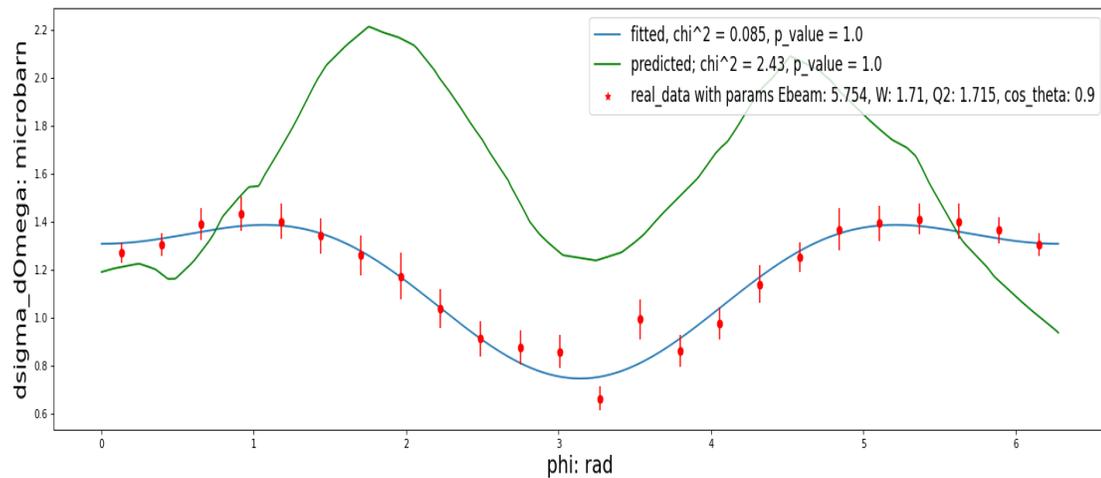
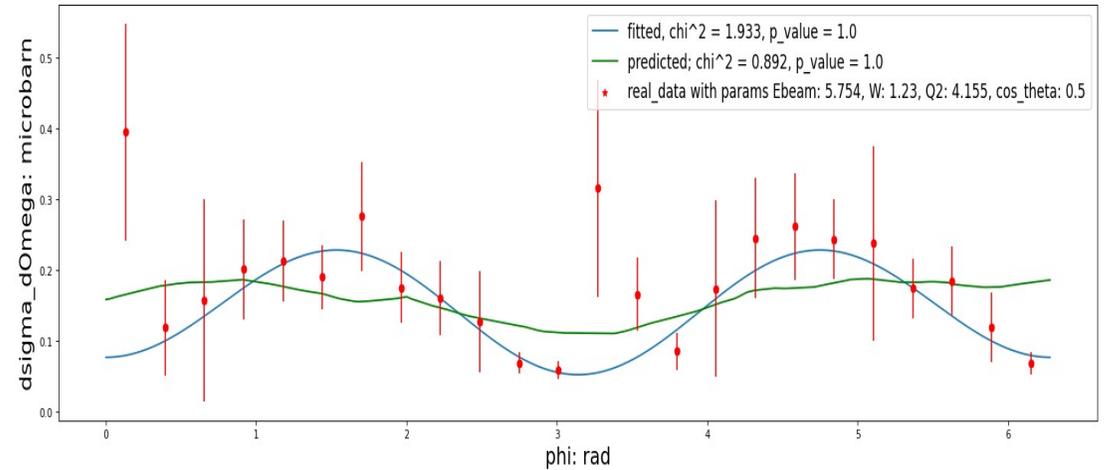
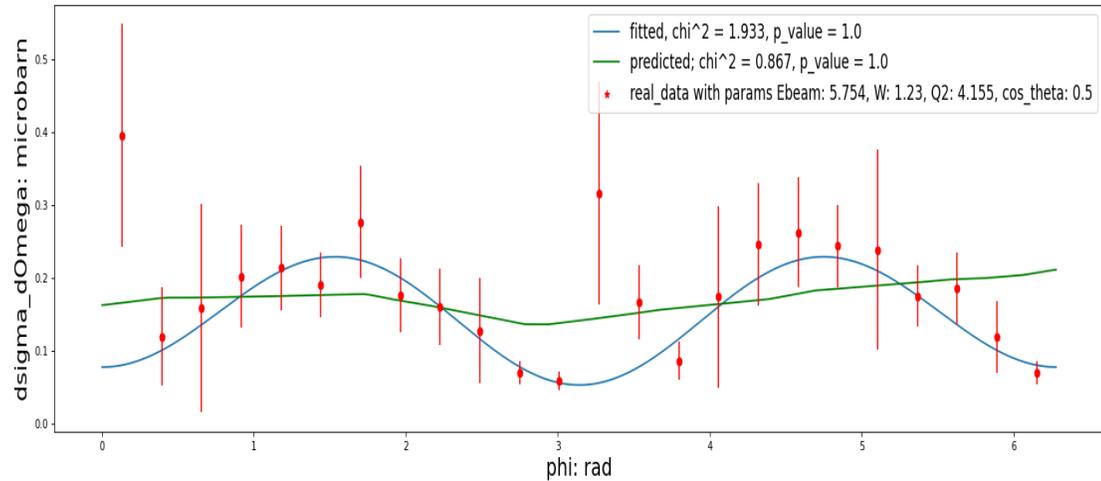
Gen: 'Ebeam': 5.754 GeV; ' Q^2 ': 2.4 GeV²; ' $\cos \theta$ ': 0.1

Real: ' Q^2 ': 2.44 GeV²; ' $\cos \theta$ ': 0.1

Предсказанные дифференциальные сечения реакции $\gamma \nu \rho \rightarrow n \pi^+$



Модернизация алгоритма работы нейронной сети



Результаты работы

- аспирантом кафедры общей ядерной физики Голда А.В. разработан алгоритм на основе нейронной сети для предсказания дифференциальных сечений, ведётся работа по улучшению алгоритма;
- качество работы алгоритма проверяется путём построения зависимости структурных функций от инвариантной массы системы конечных адронов исследуемой реакции;
- производится валидация алгоритма в применении к данным детектора CLAS по электророждению одиночного пиона.



Спасибо за внимание!

