



Физический факультет  
Московского  
государственного университета  
имени М.В.Ломоносова



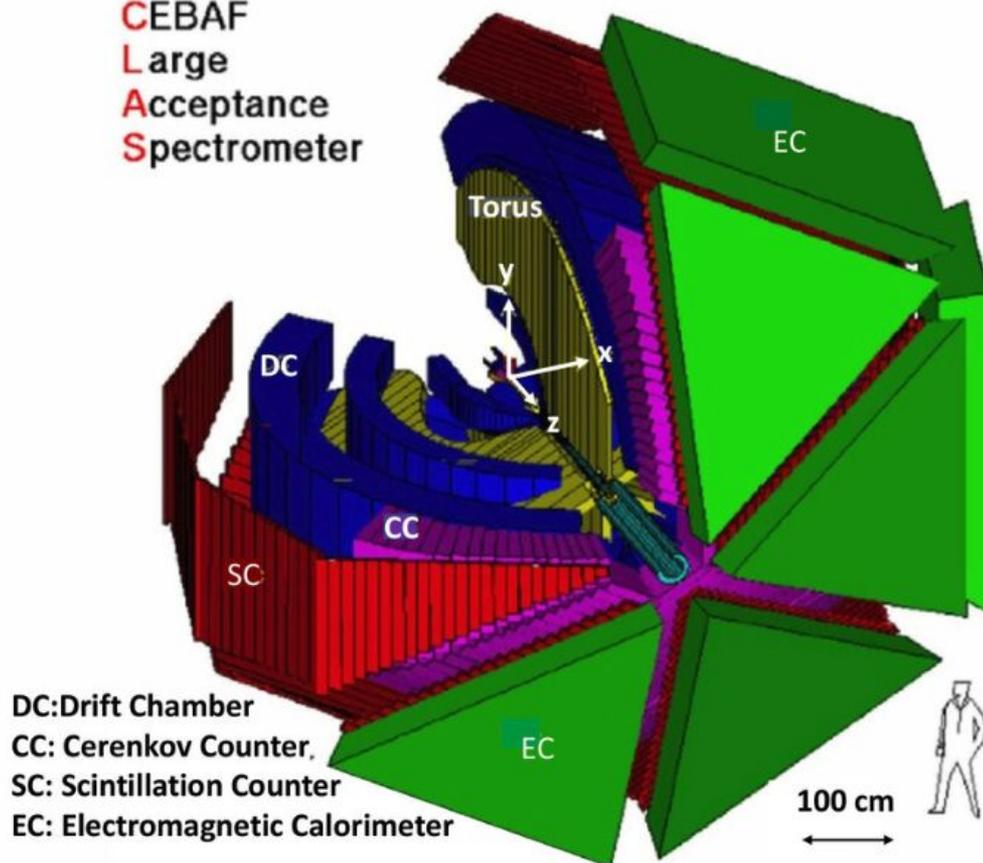
**Jefferson Lab**  
*Thomas Jefferson National Accelerator Facility*

## Методы машинного обучения в задаче предсказания дифференциальных сечений и структурных функций электророждения пиона на протоне в резонансной области.

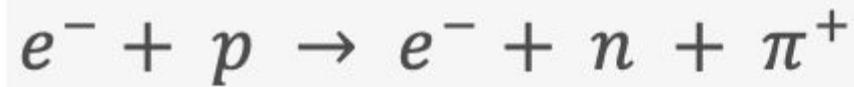
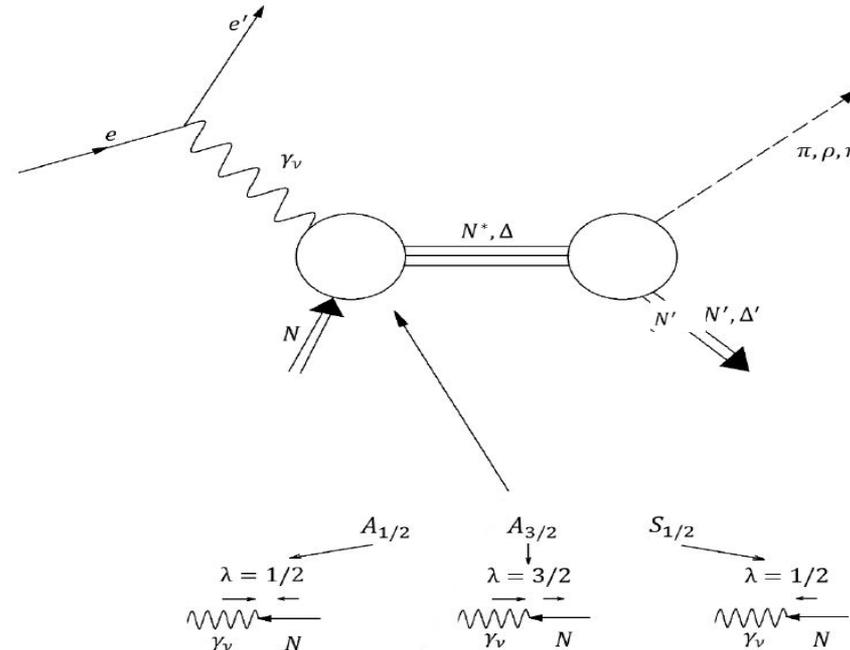
аспирант Голда А.В.  
кафедра общей ядерной физики

# Детектор CLAS

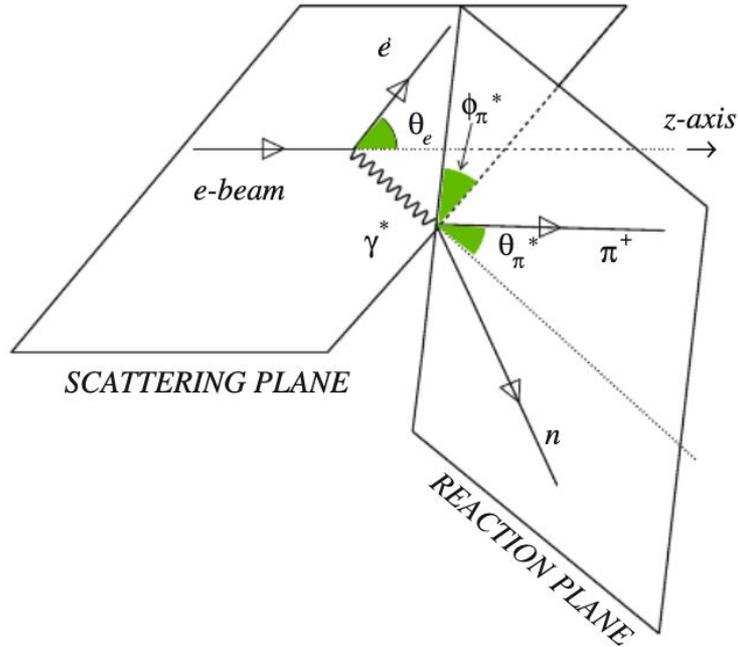
CEBAF  
Large  
Acceptance  
Spectrometer



# Исследуемая реакция



# Кинематика реакции одиночного электророждения пиона



$E$  - начальная энергия пучка электронов

$W$  - инвариантная масса системы конечных адронов

$Q^2$  - виртуальность фотона

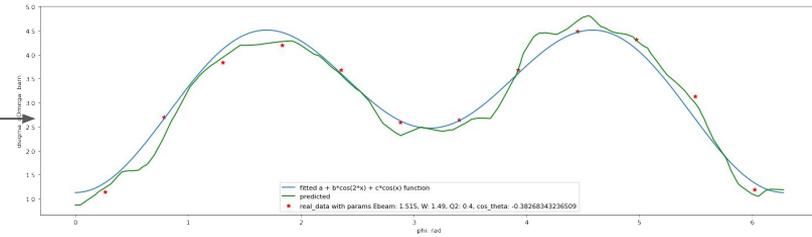
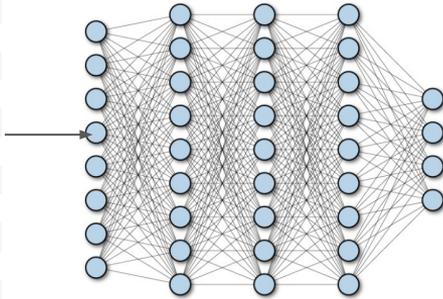
$\Theta$  - полярный угол эмиссии пиона

$\Phi$  - угол между плоскостями рассеяния и реакции

$d\sigma/d\Omega$  - дифференциальное сечение рассеяния

# Цель работы

	Ebeam	W	Q2	cos_theta	phi	dsigma_dOmega	error	id
0	1.515	1.11	0.3	0.991445	0.261799	15.3700	5.264366	E8M1
1	1.515	1.11	0.3	0.991445	0.785398	4.5110	1.743136	E8M1
2	1.515	1.11	0.3	0.991445	1.308997	4.4780	1.611260	E8M1
3	1.515	1.11	0.3	0.991445	1.832596	5.1360	1.523529	E8M1
4	1.515	1.11	0.3	0.991445	2.356194	5.0780	1.219442	E8M1
...	...	...	...	...	...	...	...	...
98022	5.499	2.01	4.0	0.975000	3.730641	0.1012	0.043165	E141M160
98023	5.499	2.01	4.0	0.975000	3.992441	0.1199	0.076638	E141M160
98024	5.499	2.01	4.0	0.975000	4.646939	0.1578	0.095391	E141M160
98025	5.499	2.01	4.0	0.975000	4.777839	0.2346	0.158557	E141M160
98026	5.499	2.01	4.0	0.975000	6.086836	0.1250	0.077753	E141M160



93435 rows x 8 columns

# Входные данные

## CLAS Physics Database

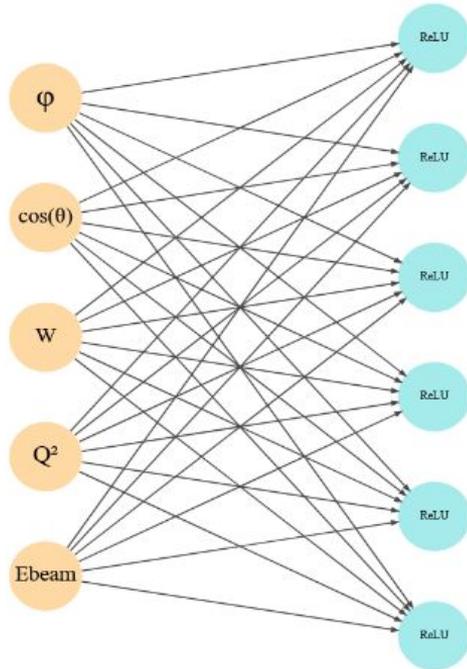
(создана в коллаборации между Hall B at Jefferson Lab и ОЭПВАЯ НИИЯФ МГУ)

	<b>Ebeam</b>	<b>W</b>	<b>Q2</b>	<b>cos_theta</b>	<b>phi</b>	<b>dsigma_dOmega</b>	<b>error</b>	<b>id</b>
<b>0</b>	1.515	1.11	0.3	0.991445	0.261799	15.3700	5.264366	E8M1
<b>1</b>	1.515	1.11	0.3	0.991445	0.785398	4.5110	1.743136	E8M1
<b>2</b>	1.515	1.11	0.3	0.991445	1.308997	4.4780	1.611260	E8M1
<b>3</b>	1.515	1.11	0.3	0.991445	1.832596	5.1360	1.523529	E8M1
<b>4</b>	1.515	1.11	0.3	0.991445	2.356194	5.0780	1.219442	E8M1
...	...	...	...	...	...	...	...	...
<b>98022</b>	5.499	2.01	4.0	0.975000	3.730641	0.1012	0.043165	E141M160
<b>98023</b>	5.499	2.01	4.0	0.975000	3.992441	0.1199	0.076638	E141M160
<b>98024</b>	5.499	2.01	4.0	0.975000	4.646939	0.1578	0.095391	E141M160
<b>98025</b>	5.499	2.01	4.0	0.975000	4.777839	0.2346	0.158557	E141M160
<b>98026</b>	5.499	2.01	4.0	0.975000	6.086836	0.1250	0.077753	E141M160

93435 rows × 8 columns

# Архитектура сети

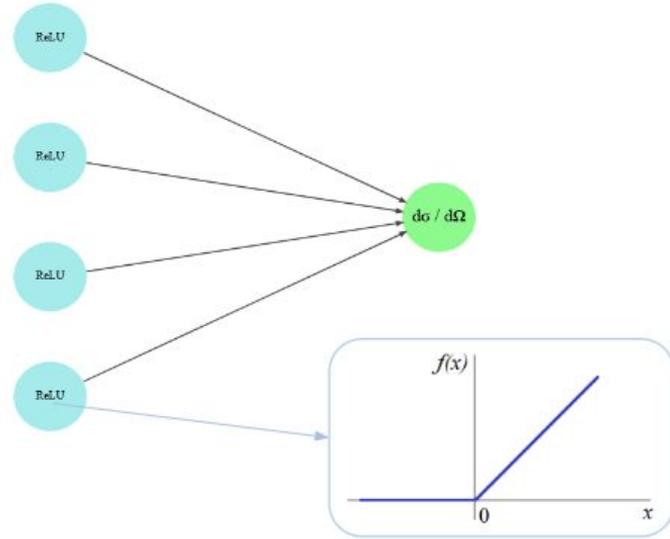
input layer



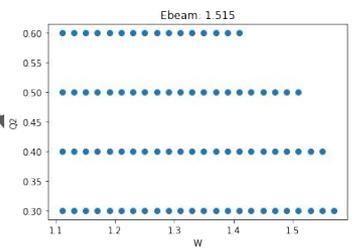
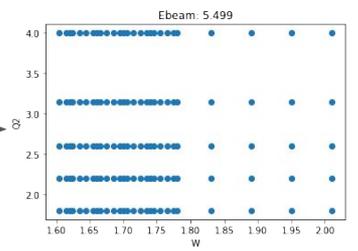
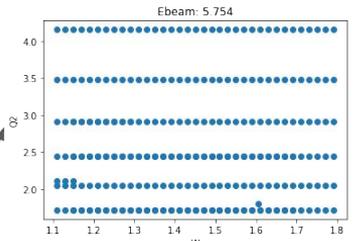
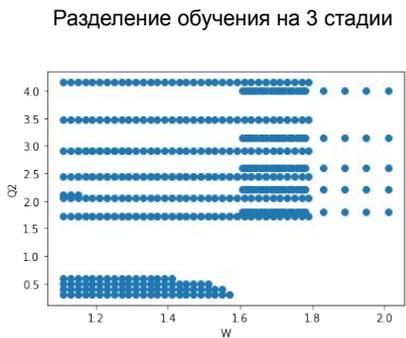
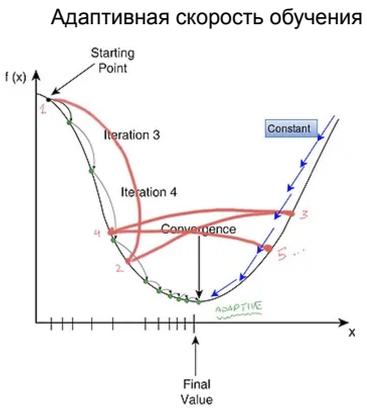
19 hidden layers

...

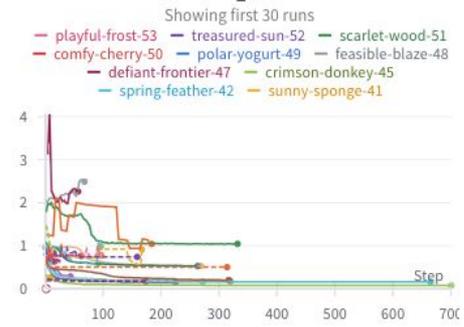
output layer



# Особенности обучения



Современные методы мониторинга обучения и версионирования экспериментов



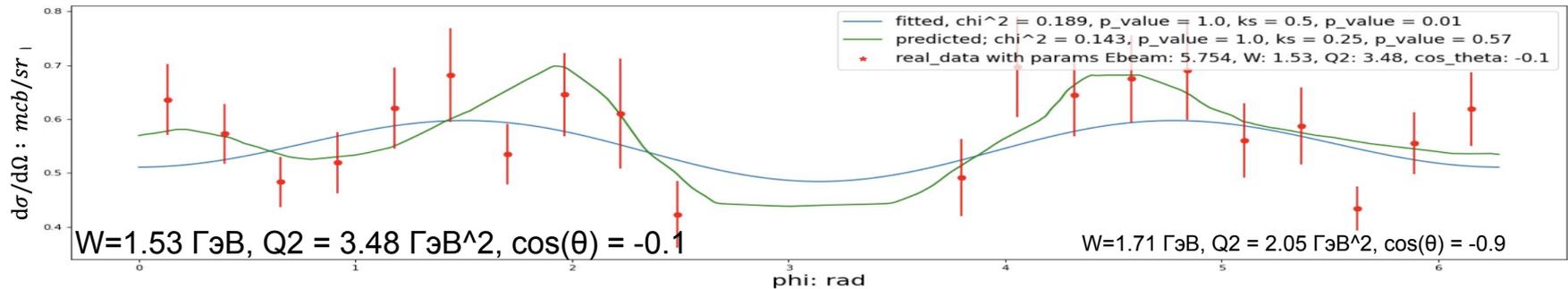
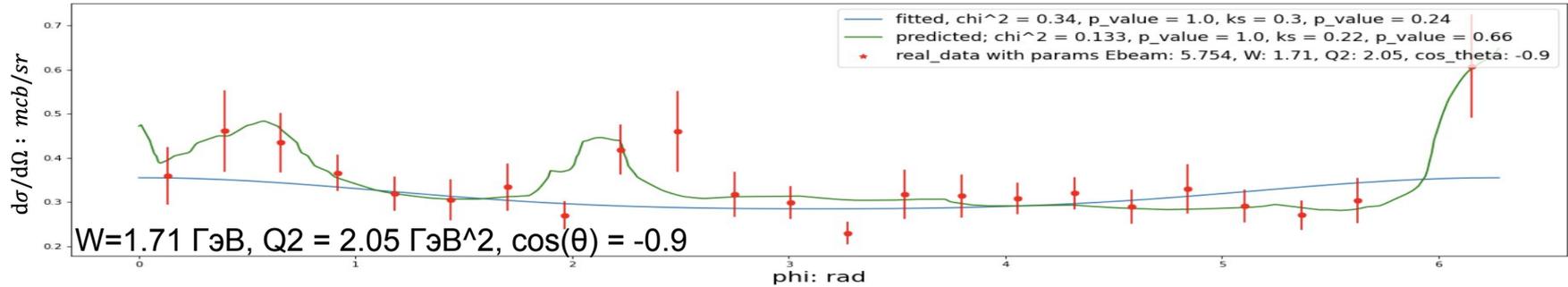
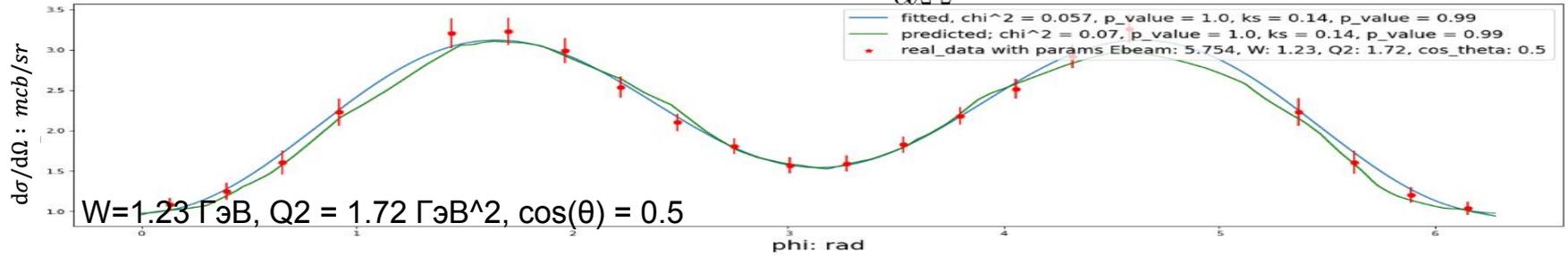
# Валидация

$$MAE(d\sigma/d\Omega) \cong 0.08 \text{ mcb/sr}$$

$$AVG(d\sigma/d\Omega) = 1.158 \pm 0.2 \text{ mcb/sr}$$

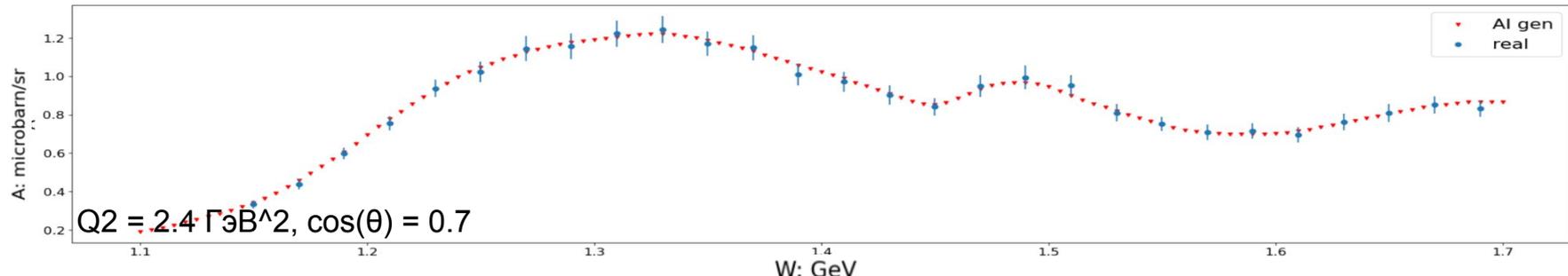
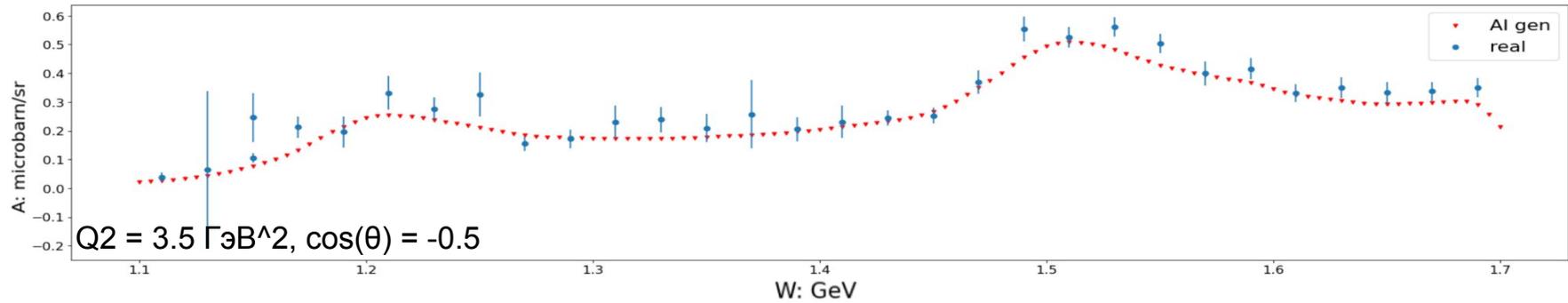
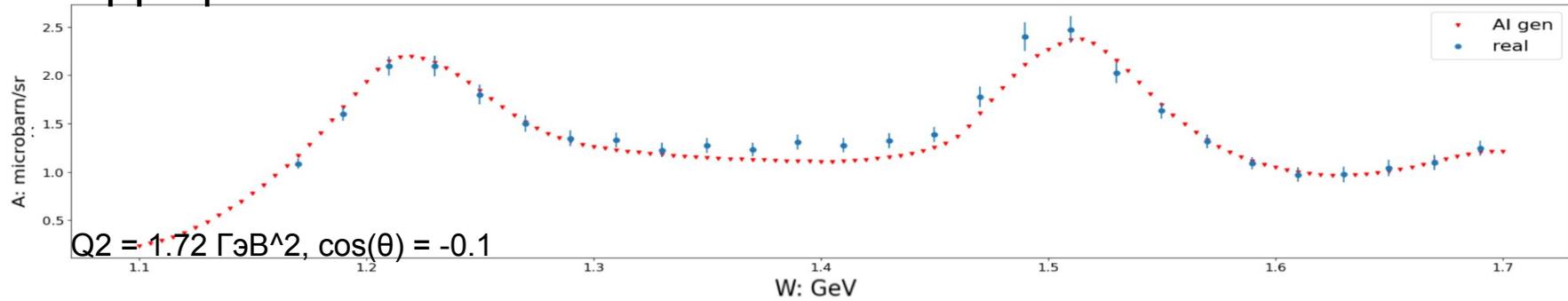
# Валидация

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = A + B\cos(2\phi) + C\cos(\phi)$$



# Валидация

$$A = \sigma_t + \varepsilon\sigma_1$$



# Результаты работы

- разработан алгоритм на основе нейронных сетей для предсказания дифференциальных сечений, ведётся работа по улучшению алгоритма;
- качество работы алгоритма проверяется путем сравнения  $\Phi$ -зависимостей по предсказаниям и фитированным дифференциальных сечений;
- приводятся сравнения предсказанных структурных функций с известными экспериментальными данными.

**Спасибо за внимание!**