

# Восстановление плоскости события второго порядка

Левков Анатолий Александрович

UrQMD, Kr+Kr,  $\sqrt{s_{NN}} = 6$  GeV

2026 г.

в данном отчете представлено восстановление плоскостей события для соответствующих интервалов центральности и корреляцию между правой и левой стороной детектора.

## Что представлено

- центральность события по reference multiplicity  $R_{\text{Mult}}$ ;
- плоскости события  $\Psi_2^{\text{left}}$  и  $\Psi_2^{\text{right}}$  через  $Q$ -векторы;
- корреляция двух независимых подсобытий

$$\left\langle \cos \left[ 2(\Psi_2^{\text{right}} - \Psi_2^{\text{left}}) \right] \right\rangle;$$

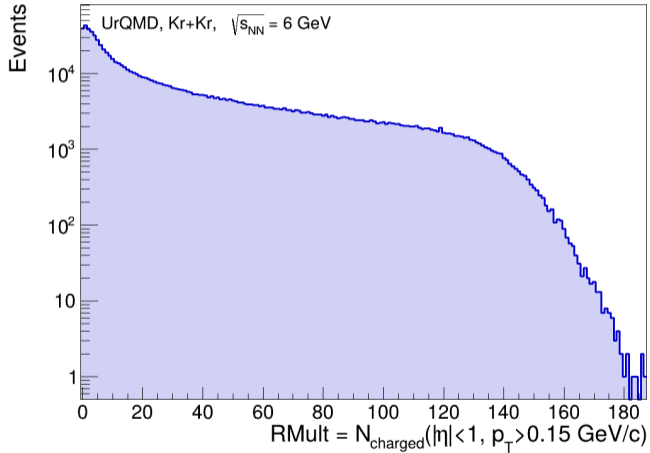
# Определение центральности

Центральность задается через reference multiplicity в области трековой системы:

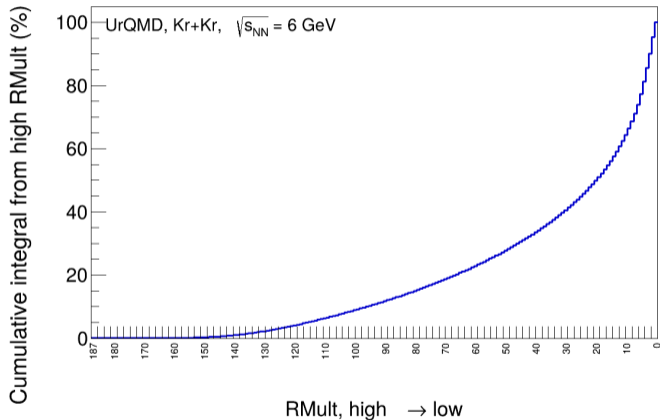
$$R_{\text{Mult}} = N_{\text{charged}}(|\eta| < 1, p_T > 0.15 \text{ GeV}/c).$$

- Большая  $R_{\text{Mult}}$  соответствует более центральным столкновениям.
- Маленькая  $R_{\text{Mult}}$  соответствует более периферическим событиям.

# Распределение $R_{\text{Mult}}$



# Интеграл по $R_{Mult}$ от больших множественностей



# Правило выбора границ центральности

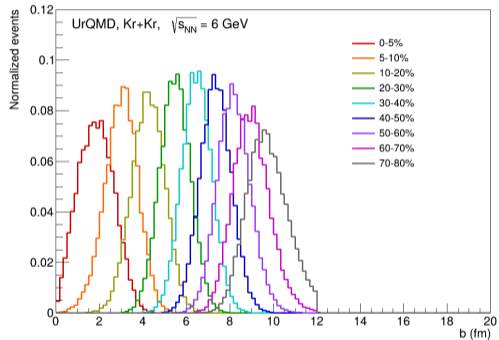
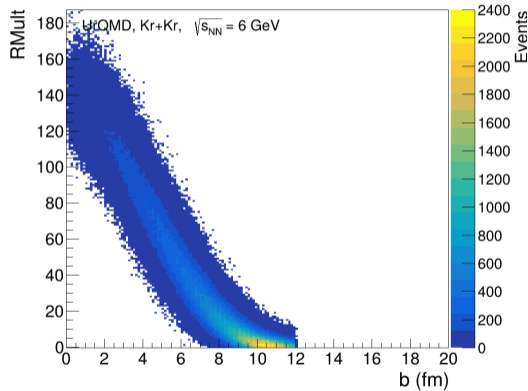
Для целевых значений центральности будет выбирается ближайшая целочисленная граница по кумулятивному интегралу.

Цель, %	$R_{Mult}$ промежуточная	До, %	После, %	Выбранная $R_{Mult}$
5	115	4.925	5.153	116
10	96	9.722	10.013	96
20	66	19.875	20.280	67
30	45	29.908	30.490	46
40	30	39.757	40.532	31
50	19	49.904	51.032	20
60	12	59.078	60.716	12
70	7	68.609	71.132	7
80	4	77.377	81.231	4

# Итоговые классы центральности

Центральность	$R_{Multmin}$	$R_{Multmax}$	$N_{events}$	$\langle R_{Mult} \rangle$	$\langle b \rangle$ , fm
0-5%	116	187	40754	130.12	1.846
5-10%	96	115	42109	105.10	2.988
10-20%	67	95	81614	80.08	4.227
20-30%	46	66	83031	55.40	5.471
30-40%	31	45	81505	37.61	6.474
40-50%	20	30	83979	24.68	7.353
50-60%	12	19	89469	15.22	8.190
60-70%	7	11	86205	8.80	8.995
70-80%	4	6	83577	4.90	9.715

# распределение центральности от $b$



# Восстановление плоскости события методом $Q$ -векторов

Для каждой стороны строится  $Q$ -вектор второго гармонического порядка:

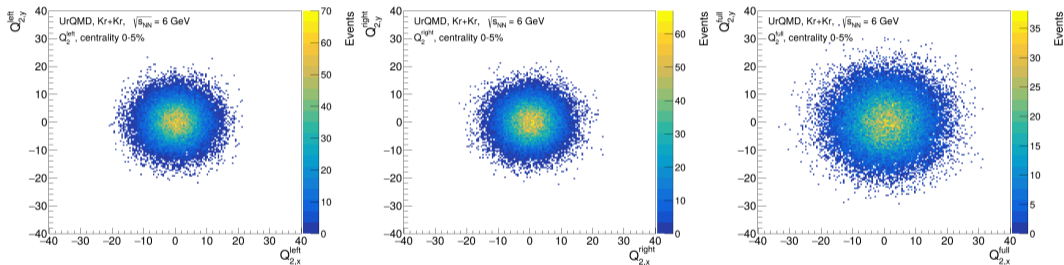
$$Q_{2,x} = \sum_i w_i \cos(2\varphi_i), \quad Q_{2,y} = \sum_i w_i \sin(2\varphi_i).$$

Угол плоскости события:

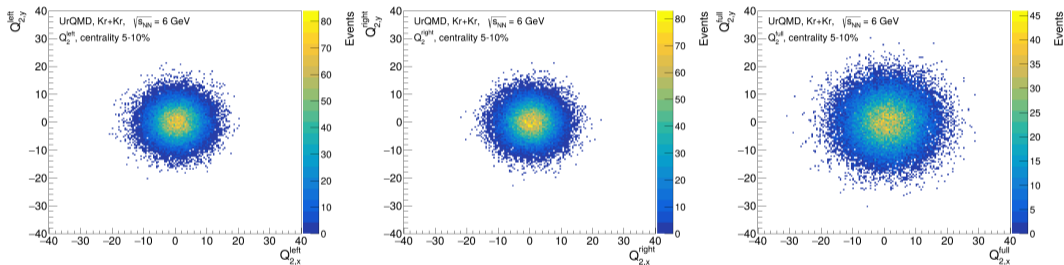
$$\Psi_2 = \frac{1}{2} \operatorname{atan2}(Q_{2,y}, Q_{2,x}).$$

**Правило отбора:** Заряженные адроны,  $0.15 < p_T < 3.0 \text{ GeV}/c$ , веса  $w_i = 1$ .

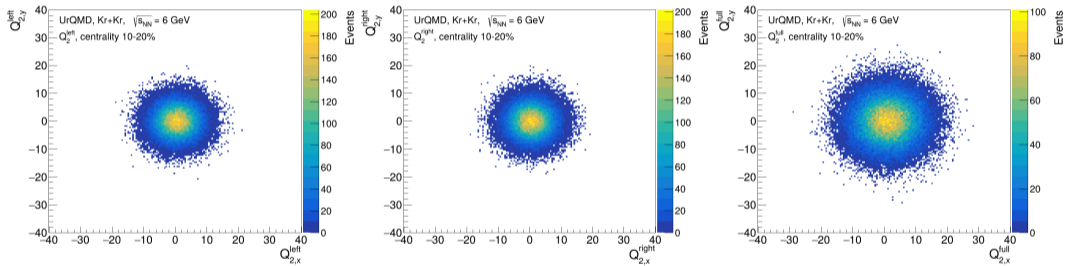
# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 0–5%



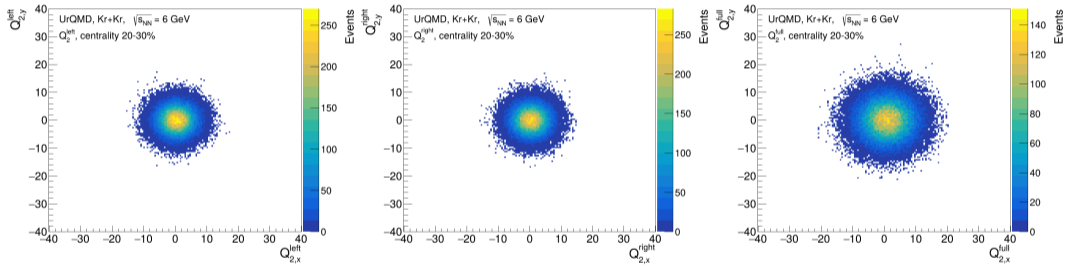
# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 5-10%



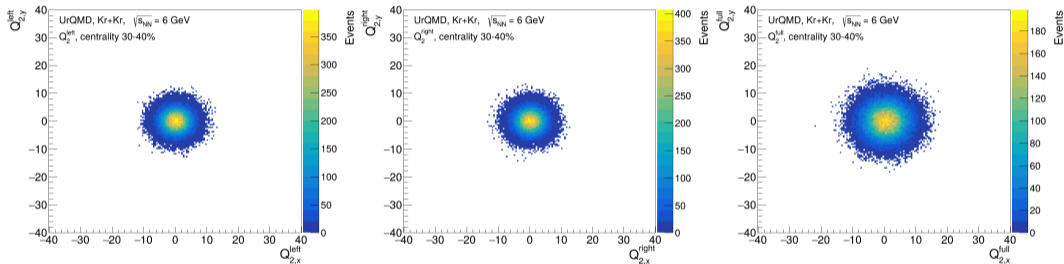
# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 10–20%



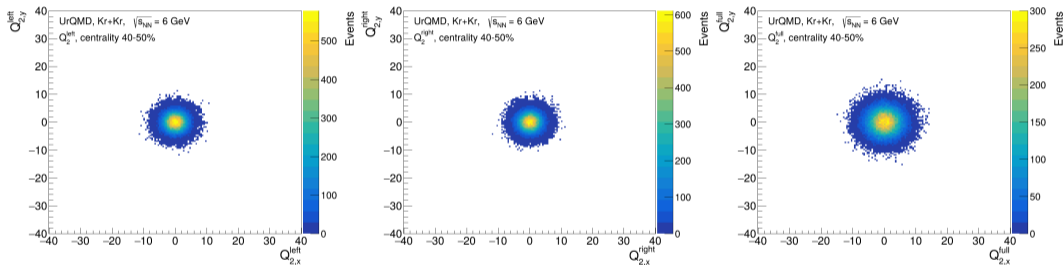
# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 20–30%



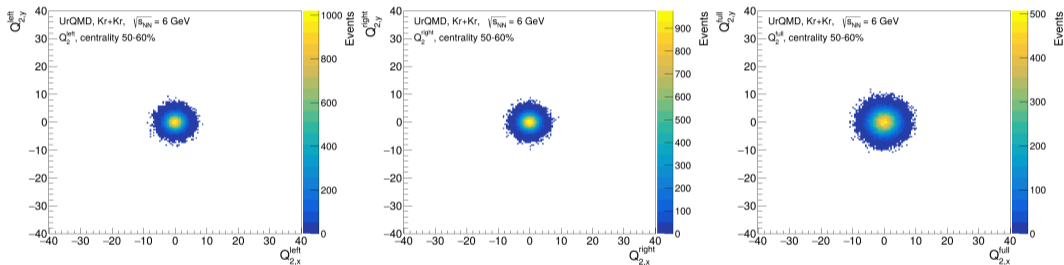
# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 30–40%



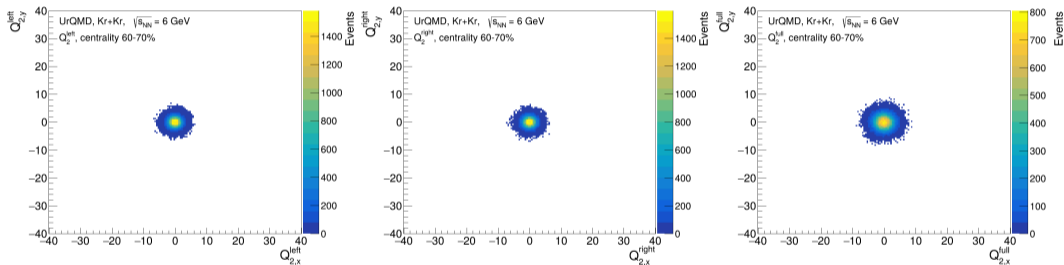
# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 40–50%



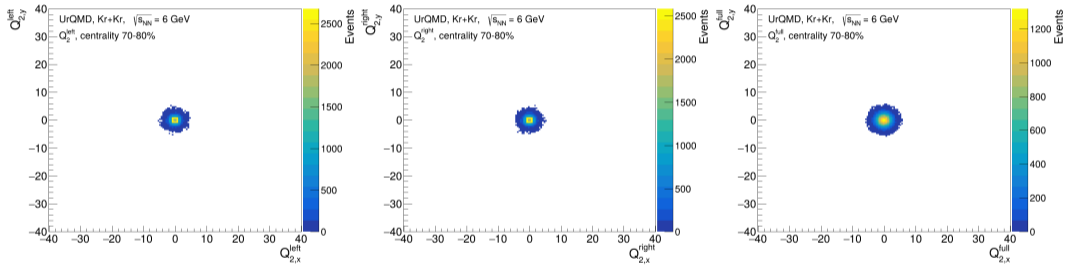
# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 50–60%



# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 60–70%



# Распределения $Q_2$ -векторов центральность 70–80%



# Левая и правая стороны детектора

В данном анализе области задаются как две независимые  $\eta$ -подобласти трековой системы:

$$-1 < \eta < -0.05, \quad 0.05 < \eta < 1.$$

разделение нужно, чтобы проверить согласованность двух независимых оценок плоскости события и уменьшить вклад автокорреляций.

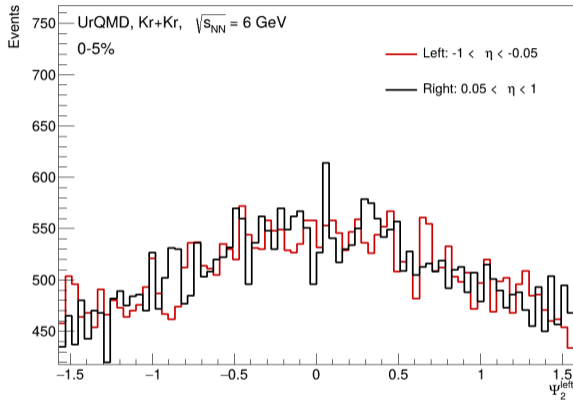
Корреляция:

$$\langle \cos [2(\Psi_2^{right} - \Psi_2^{left})] \rangle.$$

Для симметричных подсобытий из нее строится оценка разрешения:

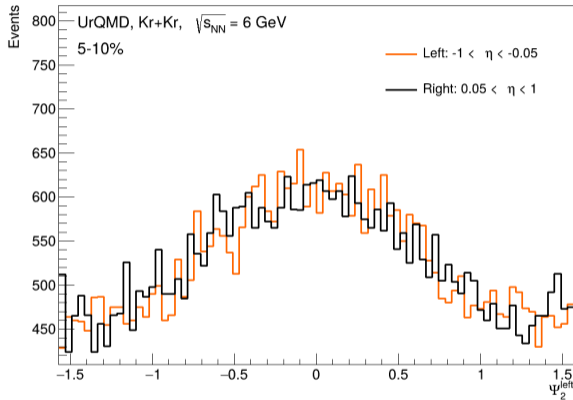
$$R_2 = \sqrt{\langle \cos [2(\Psi_2^{right} - \Psi_2^{left})] \rangle}.$$

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 0–5%



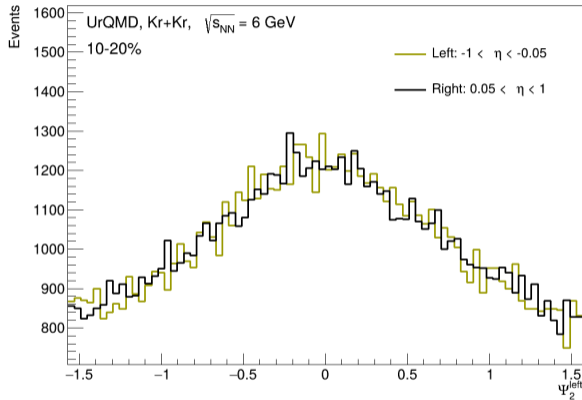
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 0–5%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 5–10%



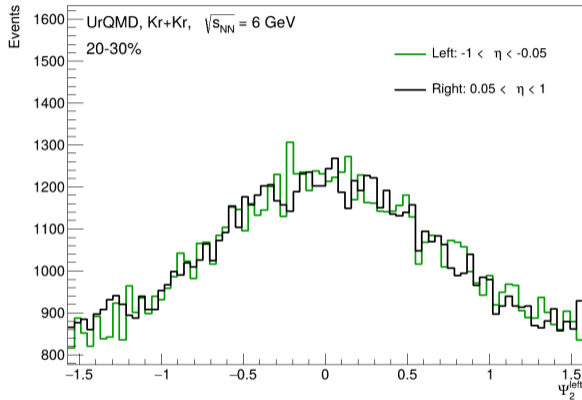
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 5–10%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 10–20%



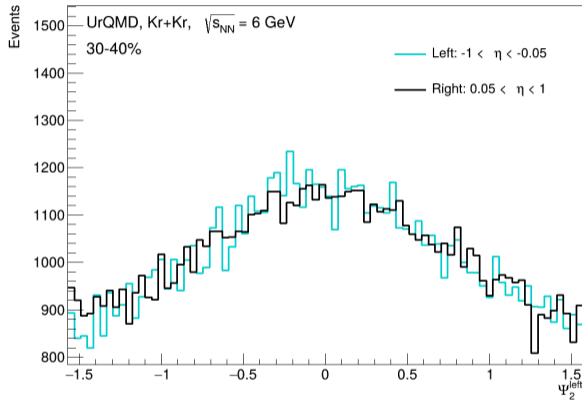
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 10–20%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 20–30%



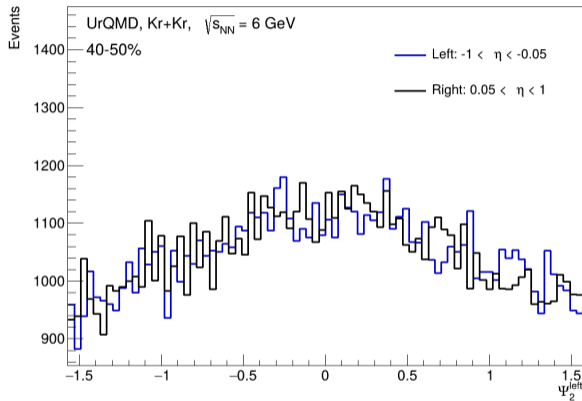
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 20–30%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 30–40%



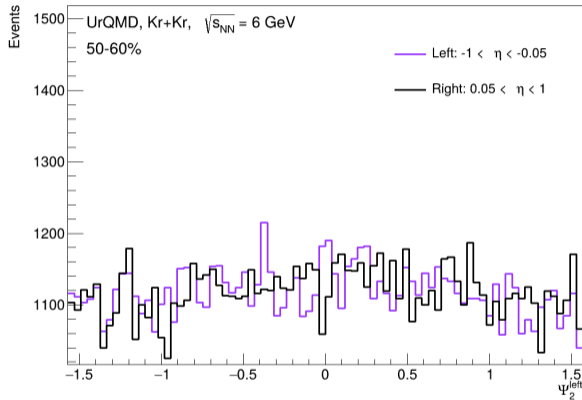
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 30–40%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 40–50%



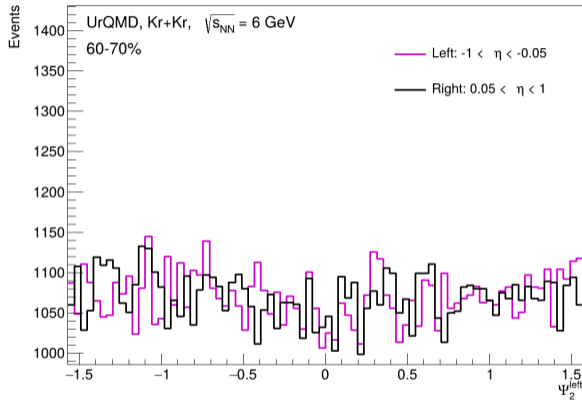
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 40–50%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 50–60%



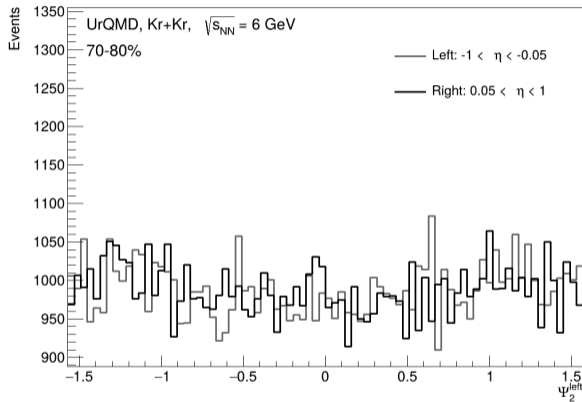
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 50–60%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 60–70%



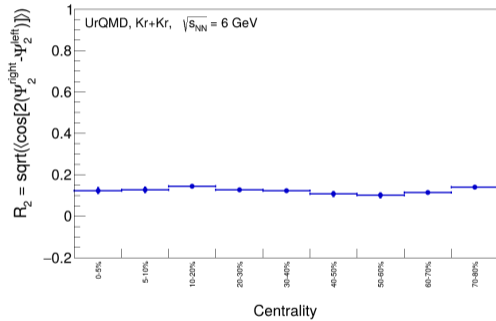
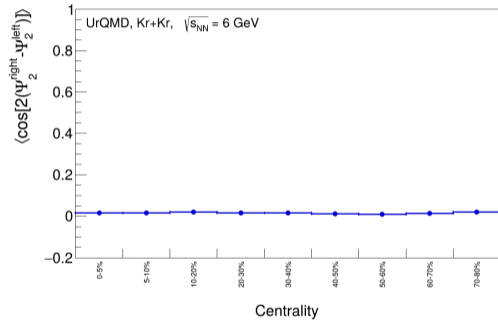
Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 60–70%.

# Распределения $\Psi_2$ для центральности 70–80%



Распределение восстановленных углов  $\Psi_2^{left}$  и  $\Psi_2^{right}$  для класса центральности 70–80%.

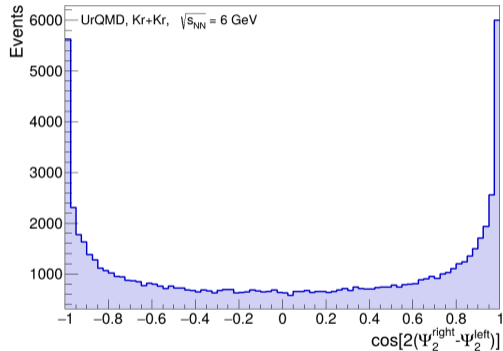
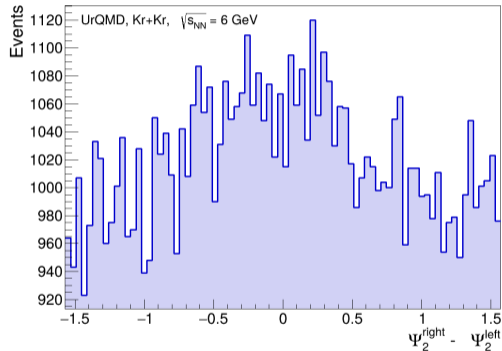
# Корреляция right-left и $R_2$



# Численные значения корреляции

Центральность	$N_{both}$	$\langle \cos 2\Delta\Psi \rangle$	$R_2$
0-5%	40754	0.01537	0.12398
5-10%	42109	0.01632	0.12773
10-20%	81614	0.02112	0.14532
20-30%	83031	0.01631	0.12772
30-40%	81505	0.01528	0.12360
40-50%	83979	0.01152	0.10735
50-60%	89427	0.01021	0.10104
60-70%	84959	0.01297	0.11391
70-80%	74483	0.01988	0.14098

# Разность плоскостей



Слева: распределение  $\Delta\Psi_2$ . Справа: распределение  $\cos[2\Delta\Psi_2]$  для 10–20%.

Дополнительно строится объединенная плоскость как сумма  $Q$ -векторов:

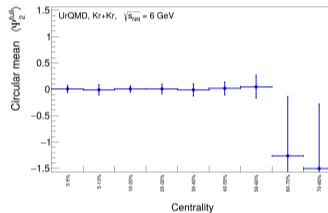
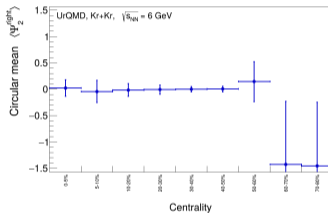
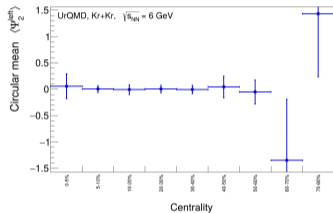
$$Q_2^{full} = Q_2^{left} + Q_2^{right}.$$

$$\Psi_2^{full} = \frac{1}{2} \text{atan2}(Q_{2,y}^{full}, Q_{2,x}^{full}).$$

Циклическое среднее по центральности:

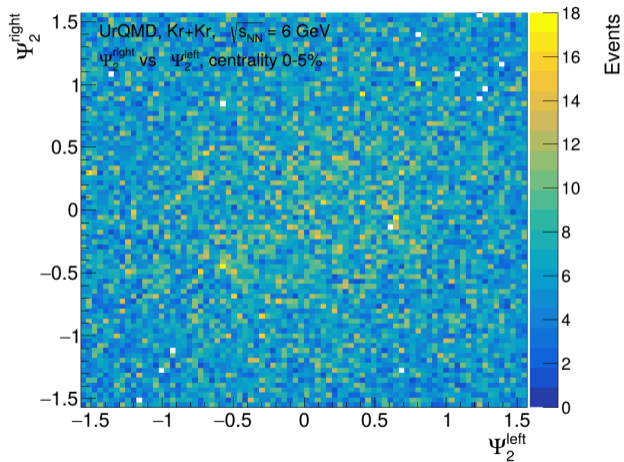
$$\langle \Psi_2^{full} \rangle = \frac{1}{2} \text{atan2} \left( \langle \sin 2\Psi_2^{full} \rangle, \langle \cos 2\Psi_2^{full} \rangle \right).$$

# Средняя $\Psi_2$ для левого, правого и полного $Q$ -вектора

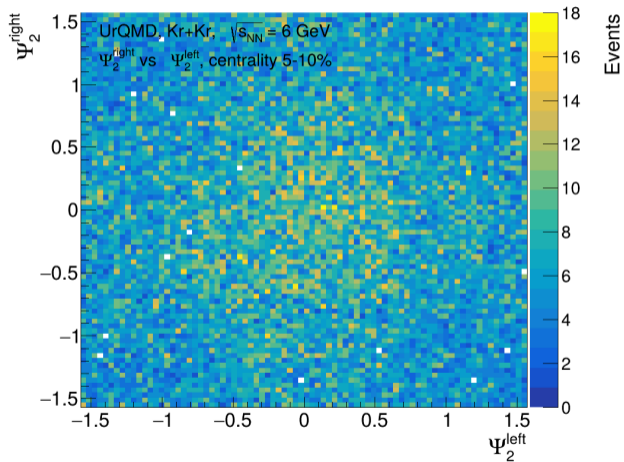


$\langle \Psi_2^{left} \rangle$ ,  $\langle \Psi_2^{right} \rangle$ ,  $\langle \Psi_2^{full} \rangle$  по классам центральности.

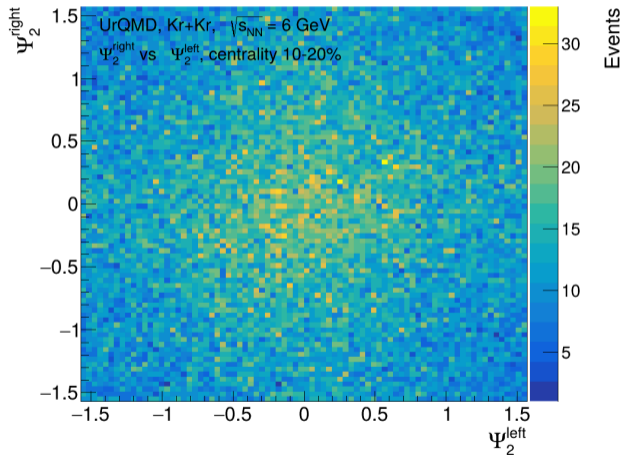
# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 0-5%



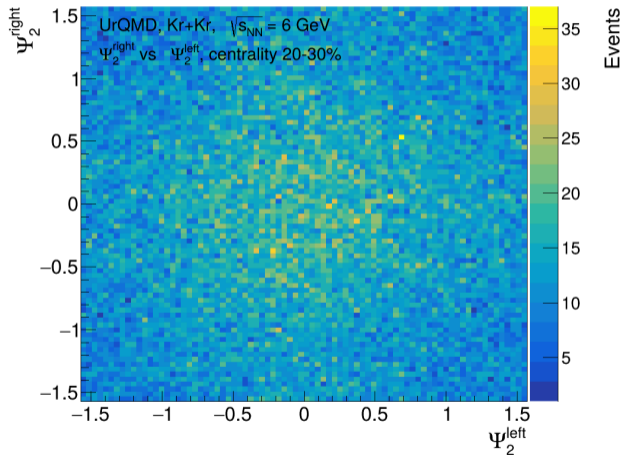
# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 5-10%



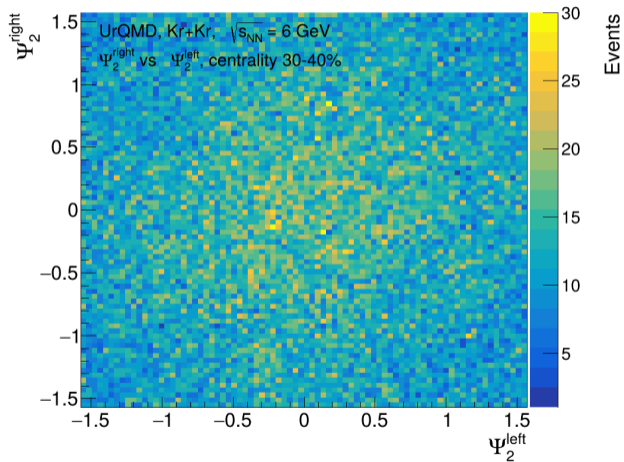
# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 10–20%



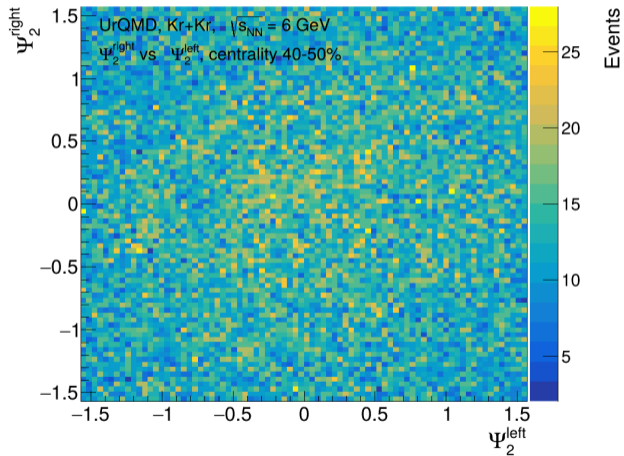
# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 20–30%



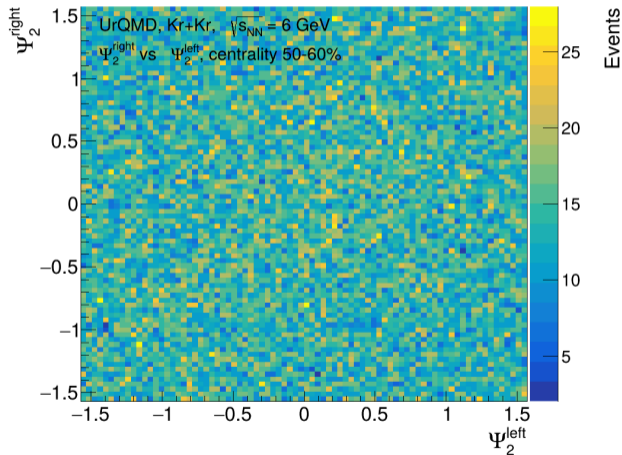
# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 30–40%



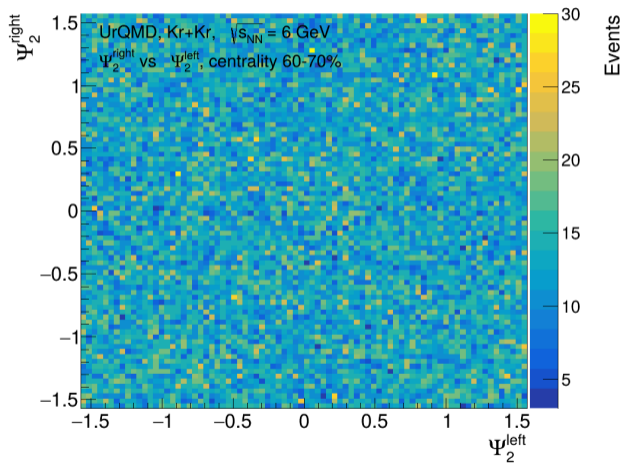
# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 40–50%



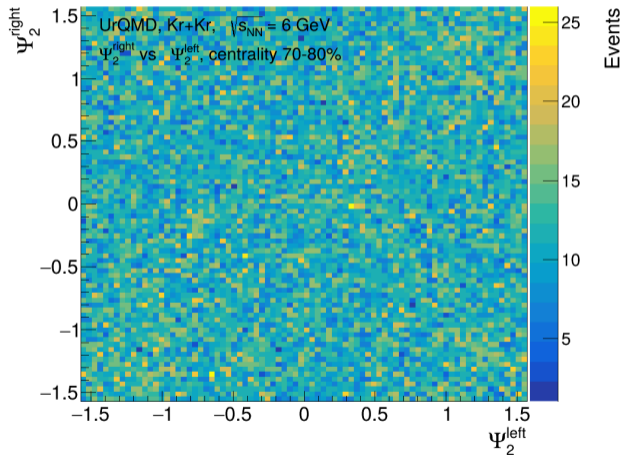
# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 50–60%



# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 60–70%



# $\Psi_2^{right}$ vs $\Psi_2^{left}$ , центральность 70–80%



- Центральность была определена по reference multiplicity  $R_{\text{Mult}}$ : заряженные частицы при  $p_T > 0.15$  ГэВ/с и  $|\eta| < 1$ .
- Границы центральностей получены интегрированием распределения  $R_{\text{Mult}}$  от больших множественностей к малым.
- Для каждого класса центральности восстановлены плоскости события  $\Psi_2^{\text{left}}$ ,  $\Psi_2^{\text{right}}$  и  $\Psi_2^{\text{full}}$  через  $Q_2$ -векторы.
- Корреляция  $\langle \cos[2(\Psi_2^{\text{right}} - \Psi_2^{\text{left}})] \rangle$  показывает слабую связь между независимыми подсобытиями, но разрешение плоскости остается ограниченным.