

Гидродинамическая спиральность и
киральность (handedness) в столкновениях
тяжелых ионов.

О. Teryaev R. Usubov

JINR

18 ноября 2015 г.

Гидродинамическая спиральность.

Гидродинамическая спиральность. Определения.

- Гидродинамическая спиральность $H = \int (\vec{v}, \text{rot}\vec{v})dV$,
- $H_{\uparrow(\downarrow)} = \int (\vec{v}, \text{rot}\vec{v})dV, v_y > 0(v_y < 0)$,
- $\phi = \frac{(\int (\vec{v}, \text{rot}\vec{v})dV)^2}{\int v^2dV \int (\text{rot}\vec{v})^2dV}$.

Эффекты обусловленные спиральностью.

Результатом наличия завихренности в киральной среде может быть Киральный Вихревой Эффект. Так же как и киральный магнитный эффект он может привести к разделению частиц по зарядам, при столкновении тяжелых ионов. [O. Rogachevsky, A. Sorin and O. Teryaev, Phys. Rev. C82, (2010) 054910].

$$J_e^\gamma = \frac{N_c}{4\pi^2 N_f} \varepsilon^{\gamma\beta\alpha\rho} \partial_\alpha u_\rho \partial_\beta (\theta \sum_j e_j \mu_j),$$

Эффекты обусловленные спиральностью.

Кроме того, в киральной жидкости при наличии завихренности, нужно ввести дополнительный член в выражение для потока.

[D. T. Son, P. Surowka Phys. Rev. Lett. 103, 191601]

$$\omega^\mu = \frac{1}{2} \epsilon^{\mu\nu\lambda\rho} u_\nu \partial_\lambda u_\rho.$$

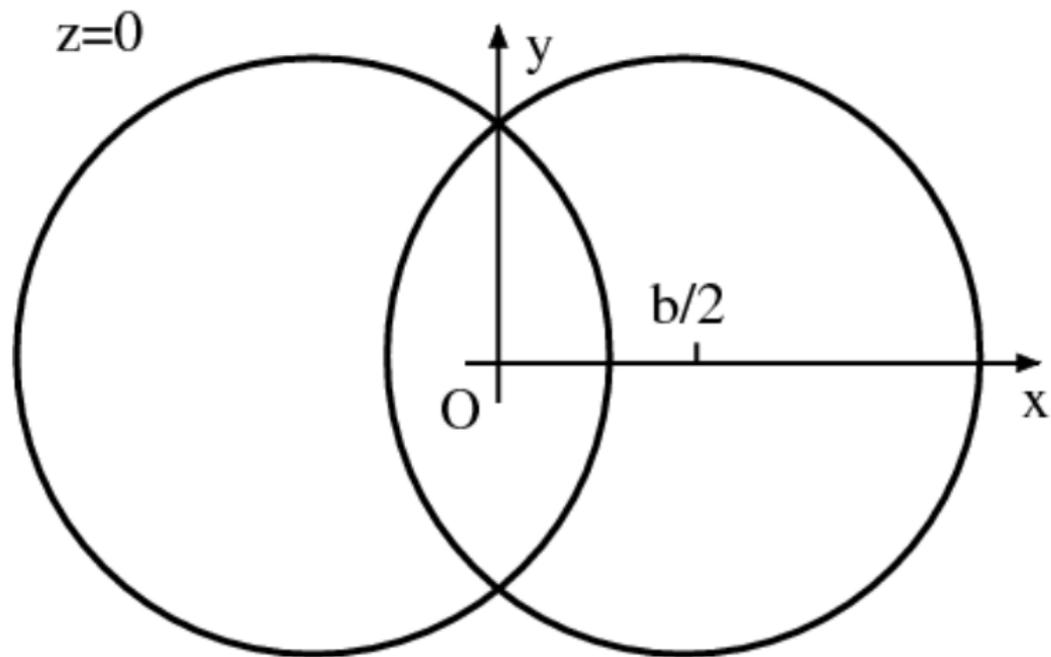
Эффекты обусловленные спиральностью.

Разделение Λ - гиперонов различной поляризации.

[“Femto-cyclones and hyperon polarization in Heavy-Ion Collisions”

M.I. Baznat, K.K. Gudima, A.S. Sorin, O.V. Teryaev]

Моделирование поля скоростей.



Моделирование поля скоростей.

- Была использована модель Hadron-String Dynamics (HSD).
[W. Cassing and E.L. Bratkovskaya, "Hadronic and electromagnetic probes of hot and dense nuclear matter", Phys. Reports 308 (1999) 65]
- Au + Au, $\sqrt{s} = 5\text{GeV}$,
- $50 \times 50 \times 100$, $\Delta x = \Delta y = \gamma \Delta z = 0.6\text{fm}$,
- Вычисление поля скоростей из данных программы.

$$\vec{v}(m, n, k) = \frac{\sum_{i,j} \vec{P}_{ij}(m, n, k)}{\sum_{i,j} E_{ij}(m, n, k)}.$$

Результаты.

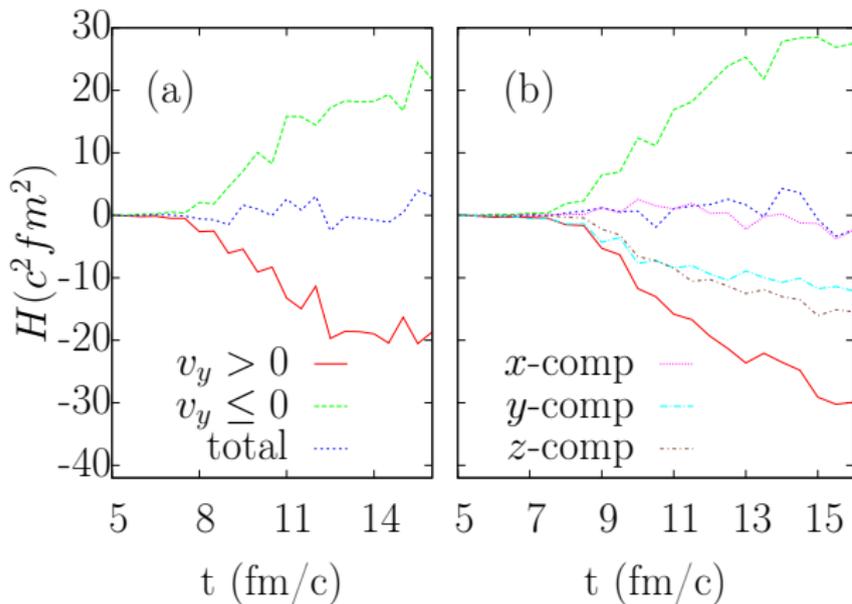


Рис.: Гидродинамическая спиральность: H_{\uparrow} и H_{\downarrow} , $b = 4 fm$ (a)
 $b = 8 fm$ (b).

Результаты.

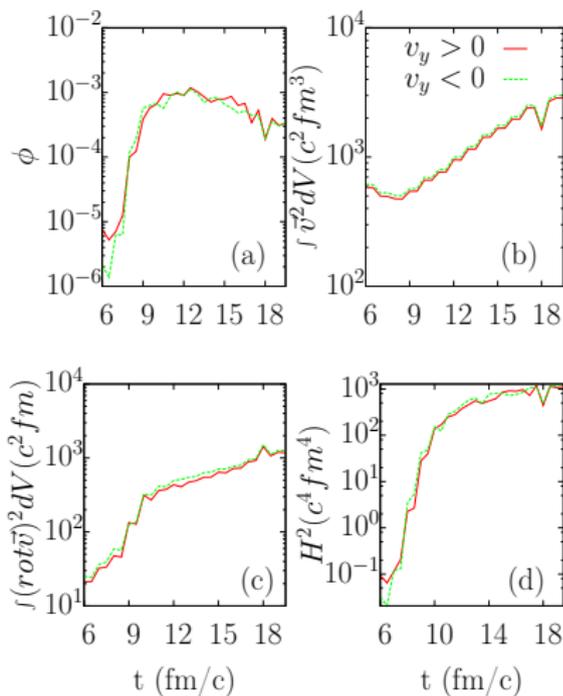


Рис.: Прицельный параметр $b = 8 \text{fm}$.

Выводы 1.

- Ненулевая гидродинамическая спиральность в нецентральных столкновениях.
- Сходство с моделью QGSM.

Handedness.

Handedness. Определения.

Для регистрации изначальной асимметрии нецентрального столкновения ядер в конечном состоянии, была введена новая псевдоскалярная величина handedness:

$$\eta = \frac{\sum(\vec{p}_3, \vec{p}_2, \vec{p}_1)}{\sum |(\vec{p}_3, \vec{p}_2, \vec{p}_1)|},$$

$$|p_3|^2 < |p_2|^2 < |p_1|^2.$$

Handedness. Определения.

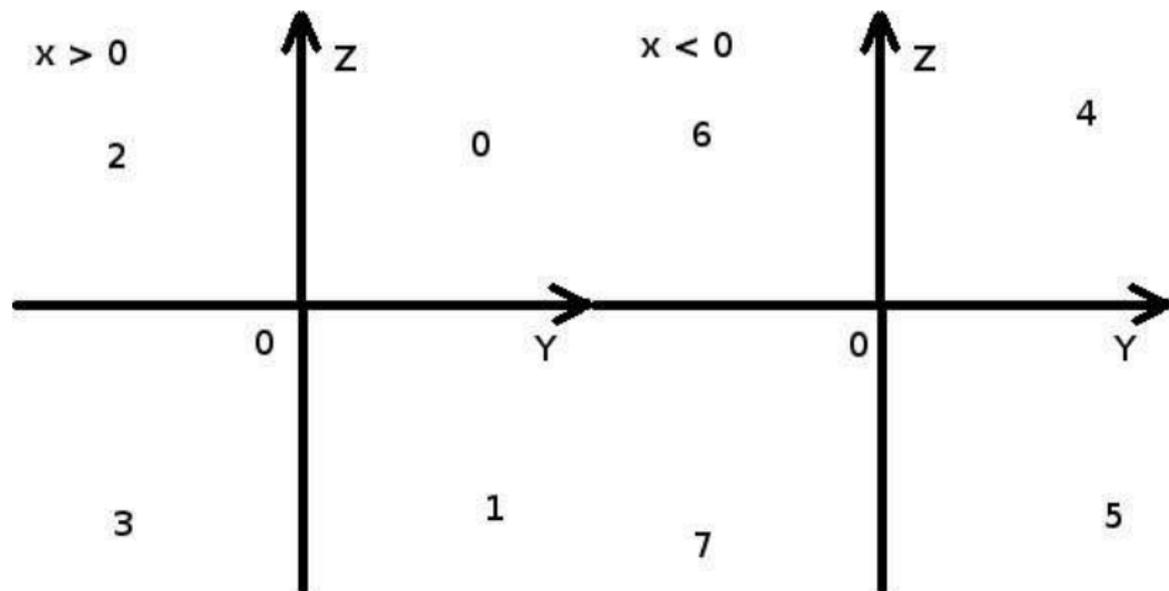
На основании следующих работ:

- В [A.V. Efremov, L. Mankiewicz and N.A. Tornqvist, Phys. Lett. B 284 (1992) 394-400] было введено количество левых и правых троек для определения поляризации кварка в начальном состоянии.
- В [O. Nachtmann, Nucl. Phys. B 127 (1977) 314] было введено смешанное произведение импульсов частиц в конечном состоянии для определения поляризации частицы в начальном состоянии.

Handedness. Определения.

В [А. Efremov, D. Kharzeev, Phys.Lett. B 366 (1996) 311-315] предлагалось использовать количество левых и правых пар частиц в конечном состоянии для обнаружения нарушения CP инвариантности.

Октанты.



Результаты.

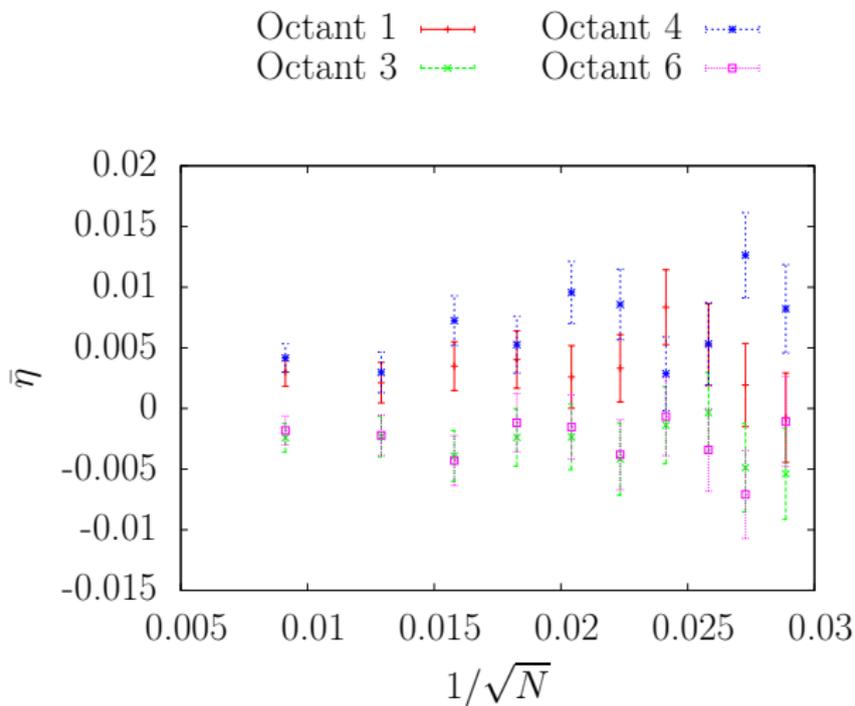


Рис.: Зависимость $\bar{\eta}$ от $1/\sqrt{N}$, для $b = 7fm$. Octants 1, 3, 4, 6.

Результаты.

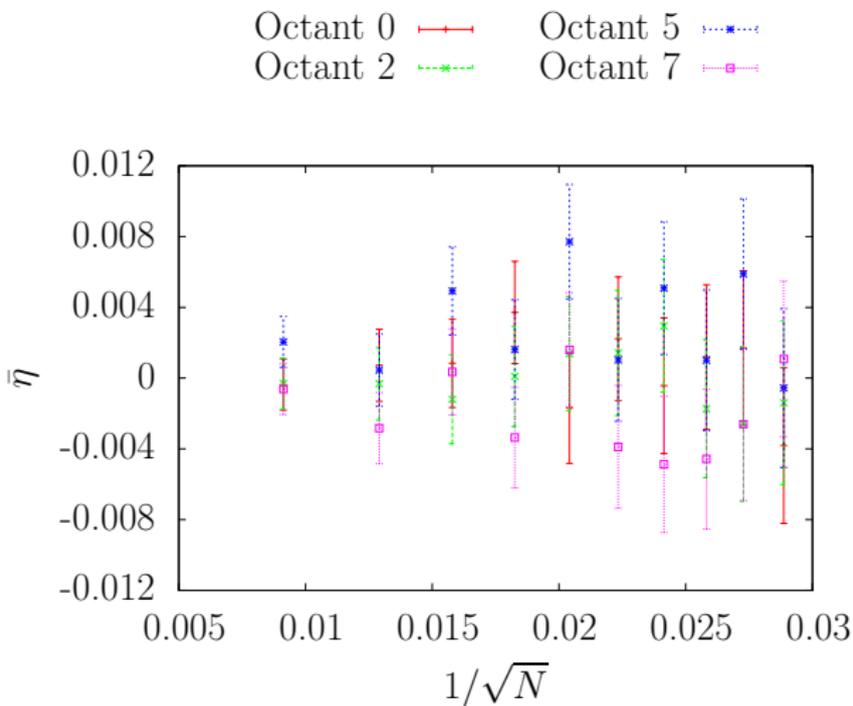


Рис.: Зависимость $\bar{\eta}$ от $1/\sqrt{N}$, для $b = 7fm$. Octants 0, 2, 5, 7

Результаты PHSD.

Octant	η	s_η/\sqrt{N}
0	0.0155082	0.0010538
1	-0.00879955	0.0010052
2	-0.0156022	0.00104248
3	0.00962422	0.00100426
4	-0.00922934	0.00100527
5	0.0170393	0.00103779
6	0.0112933	0.00104956
7	-0.0156143	0.00102651

Таблица: Результаты PHSD ($b = 7fm$, 10^3 событий).

Общая картина.

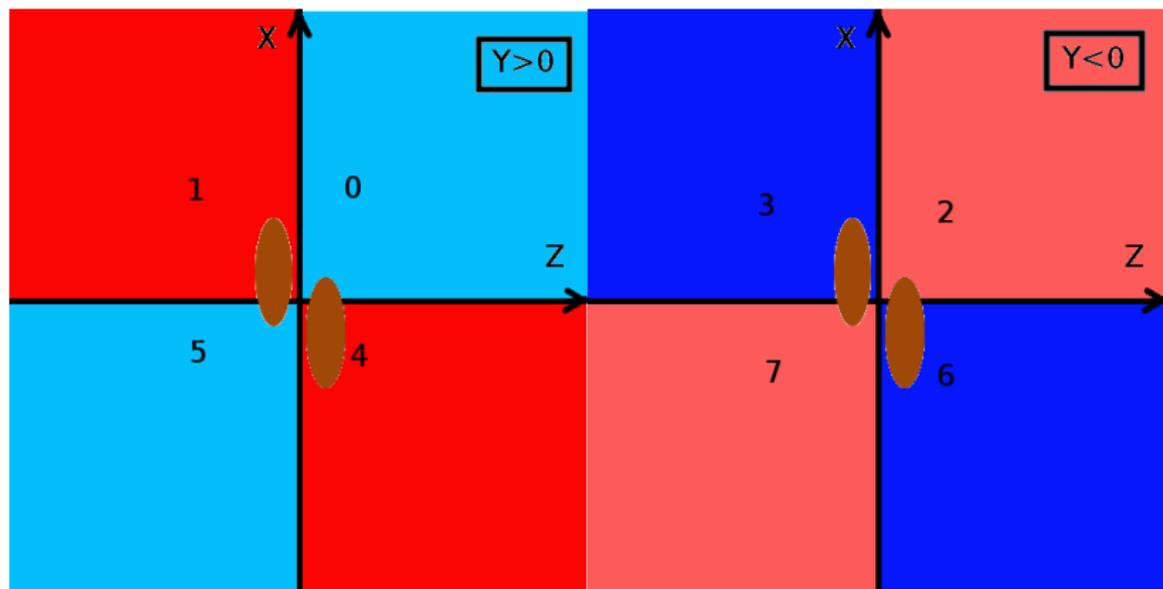


Рис.: Общая картина handedness по всем октантам.

Handedness. Зависимость от ориентации.

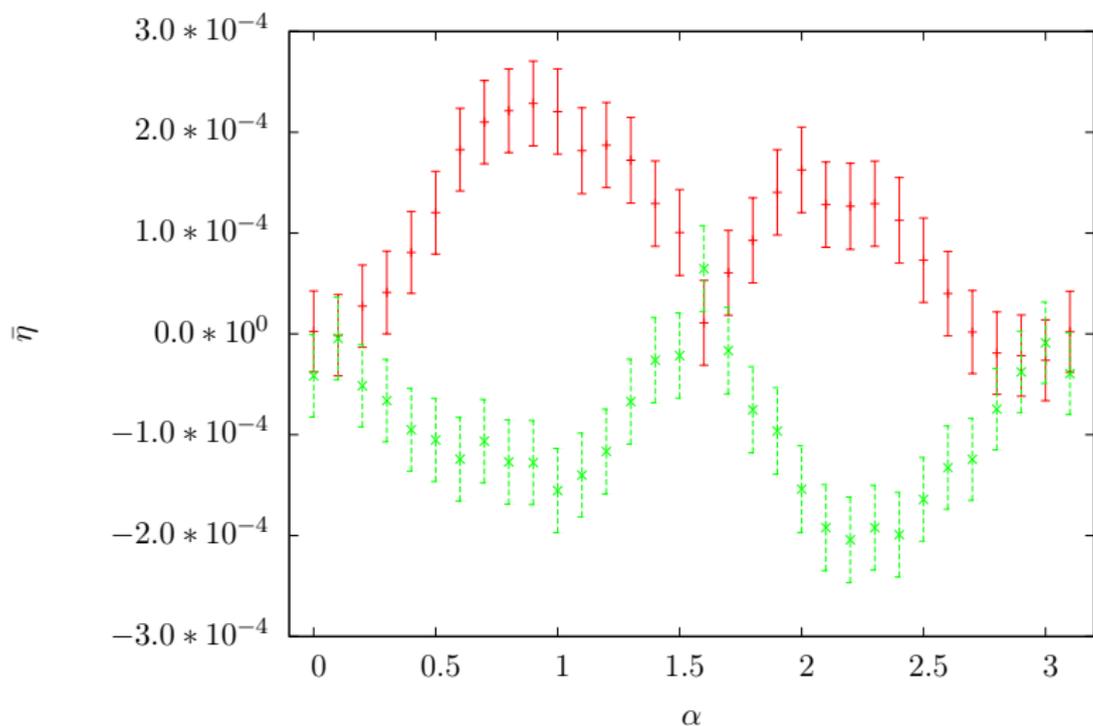


Рис.: Handedness против угла. Au + Au, $b = 6fm$, $E_{lab} = 200GeV$

Выводы 2.

- Ненулевая handedness при нецентральных столкновениях в различных моделях.
- Исследована зависимость от угла наклона разделяющей поверхности.