

# Сфера или диск? Аккреция межзвёздной среды на изолированные чёрные дыры звёздных масс

Загоруля Д. С.<sup>1</sup> Бескин Г. М.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>МФТИ (zagorulia.ds@phystech.edu)

<sup>2</sup>САО РАН

<sup>3</sup>КФУ

## Введение

До сих пор теория квантовой гравитации пока не была построена, а все существующие теории остаются непроверенными экспериментально. Для проверки теорий необходима прямая регистрация фотонов из окрестности горизонта событий (ГС) чёрной дыры (ЧД). В галактических ядрах и двойных рентгеновских системах высокие темпы аккреции мешают наблюдениям, но у одиночных ЧД звёздных масс, благодаря низким темпам аккреции и невысоким пекулярным скоростям, ГС становится доступен при сферической аккреции [2, 3].

**Цель нашей работы:** исследование возможности сферической аккреции с учётом современных представлений о структуре и динамике межзвёздного вещества.

## Чёрная Дыра Шварцшильда

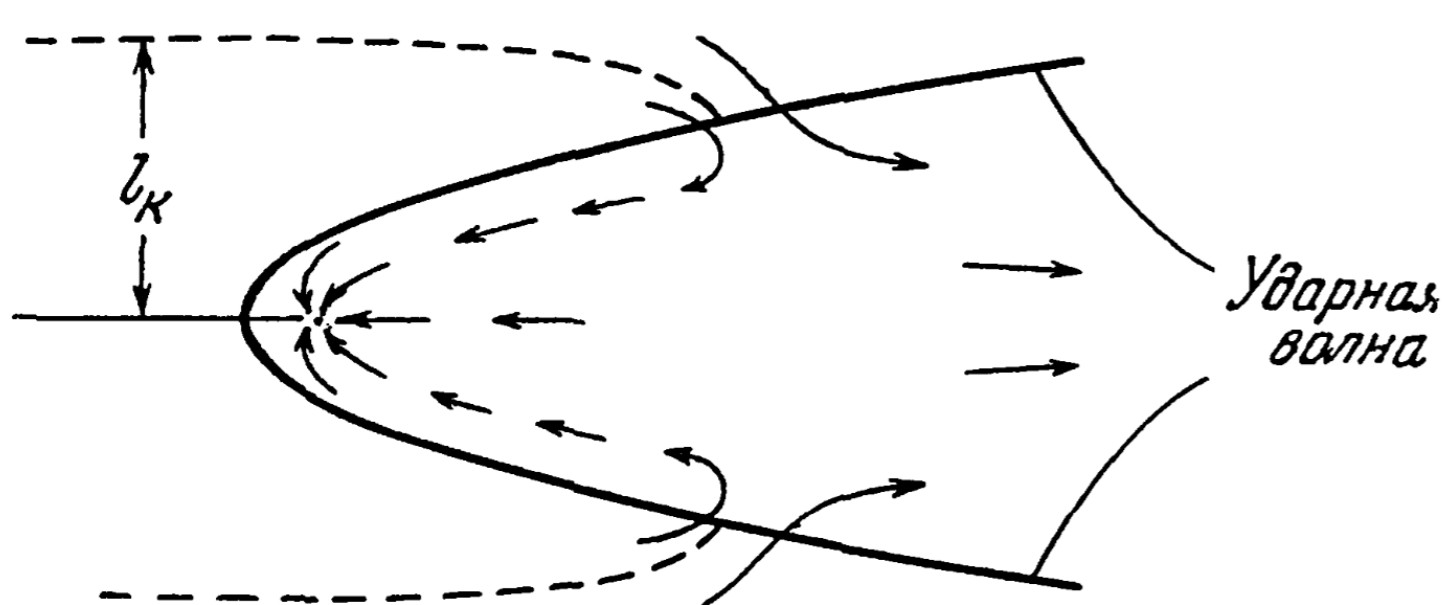


Figure 1. Гидродинамическая картина аккреции. При прицельном расстоянии меньше  $l_K$  радиальная составляющая скорости меньше параболической и частица в конце концов падает к притягивающему центру [7].

Для сферической аккреции удельный угловой момент захваченного вещества должен быть меньше, чем на последней стабильной орбите ЧД, то есть  $l < \sqrt{3}cr_g$  для метрики Шварцшильда [7].

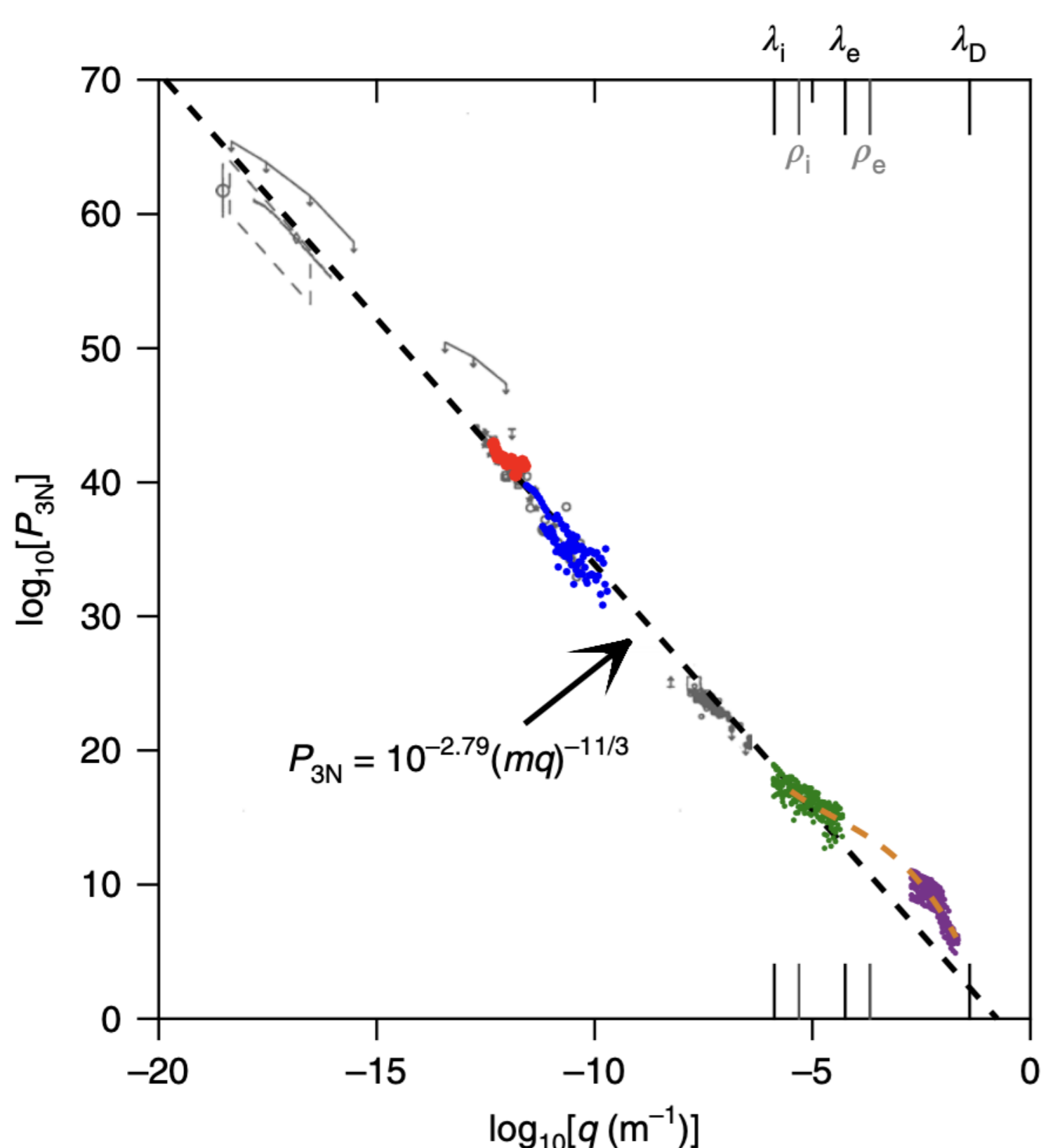


Figure 2. Составной спектр полученный из данных от Вояджера 1. Наилучшее приближение (чёрная пунктирная линия) мало отличается от колмогоровского спектра [5].

Для холодных и плотных облаков ( $T \sim 100$  К,  $n \sim 100$  см<sup>-3</sup>), находящихся в центре галактики предполагая колмогоровский спектр турбулентности и используя выражение для  $\Delta V$  [4], можно получить

$$V > 3.97 \text{ [км/с]}. \quad (1)$$

Если облако расположено в галактическом диске, то

$$V > 3.52 \text{ [км/с]}. \quad (2)$$

В тёплых облаках ( $T \sim 10^3$  К,  $n \sim 0.1$  см<sup>-3</sup>), выражая  $\Delta V$  [6], получаем

$$V > 16.16 \text{ [км/с]}. \quad (3)$$

**Флуктуации плотности не могут препятствовать сферической аккреции.** Согласно выражению для относительного изменения плотности среды [1], для холодных облаков мы получаем:

$$V > 2.54 \text{ [км/с]}. \quad (4)$$

В тёплых облаках скорость звука достаточно велика и при любых флуктуациях реализуется сферическая аккреция.

## Чёрная Дыра Керра

Удельный угловой момент захваченного вещества должен быть  $l_+ < cr_g/\sqrt{3}$  или  $l_- < 11cr_g/\sqrt{3}$  [7].

Для холодных облаков в центре галактики:

$$V_+ > 5.06 \text{ [км/с]}, \quad V_- > 2.95 \text{ [км/с]}. \quad (5)$$

Для холодных облаков в галактическом диске:

$$V_+ > 4.52 \text{ [км/с]}, \quad V_- > 2.56 \text{ [км/с]}. \quad (6)$$

Для тёплых облаков:

$$V_+ > 24.41 \text{ [км/с]}, \quad V_- > 9.67 \text{ [км/с]}. \quad (7)$$

## Результаты

Для реализации сферической аккреции пекулярные скорости ЧД должны лежать в диапазонах полученных выше. Так как характерные скорости звёзд в Галактике не превышают 15 км/с, мы получили, что **для изолированных ЧД звёздных масс в большинстве изученных случаях сферическая аккреция межзвёздной среды реализуется.** Полученный результат позволяет выделить области в Галактике, где локализованы изолированные ЧД, ГС которых доступны для наблюдений. Поиски в этих зонах особых объектов с предсказанными наблюдаемыми проявлениями аккрецирующих изолированных ЧД звёздных масс могут привести к их открытию.

## Список литературы

- [1] J. Armstrong, B. Rickett, S. Spangler. ApJ. 443, 209 (1995).
- [2] G. Beskin, A. Biryukov et al. Adv. Space Res. 42, 523 (2008).
- [3] G. Beskin, S. Karpov. A&A. 440, 223 (2005).
- [4] R. Cen. ApJL. 906, L4 (2021).
- [5] K. Lee, L. Lee. Nat. Astron. 3, 154 (2019).
- [6] R. Larson. MNRAS. 194, 809 (1981).
- [7] J. Zeldovich, I. Novikov. The Theory of Gravitation and Evolution of Stars. Nauka (1971).