

Моделирование движения частиц от прототипа
гипотетического шарового скопления антизвезд в
магнитных полях Галактики

Докладчик, студент М20-115:

Кириченко А.О.

Научный руководитель:

Хлопов М.Ю.

Научный консультант:

Майоров А.Г.

Введение и мотивация

Природа барионной асимметрии, т.е. преобладания вещества над антивеществом в видимой части Вселенной, является одной из важнейших проблем современной космологии.

Возможная природа антивещества во Вселенной:

- Первичное антивещество, т.е. вещество, которое могло образоваться на ранних стадиях эволюции Вселенной и сохранилось к настоящему моменту.
- Вторичное антивещество.
- Антивещество от экзотических источников.

А.Д. Сахаров (1967) и В.А. Кузьмин (1970) сформулировали необходимые условия для бариосинтеза - механизма генерации барионной асимметрии во Вселенной. Условия Сахарова допускают несколько сценариев бариосинтеза.

В случае неоднородного бариосинтеза Вселенная может содержать локальный избыток не только вещества, но и антивещества.

Можно ожидать присутствие домена антивещества во Вселенной и, предположительно, даже в нашей Галактике в виде шарового скопления (ШС) антизвезд.

Регистрация ядер антивещества в составе космических лучей экспериментами BESS, PAMELA, AMS будет явным индикатором присутствия такого домена антивещества в гало нашей Галактики.

Цель и задачи работы

Цель работы:

Установить ограничение на присутствие и характеристики шарового скопления антизвезд.

Задачи:

Создать программу моделирования движения частиц.

Провести моделирование траектории движения частиц в магнитном поле Галактики в зависимости от начального положения.

Оценить энергию обрезания с учетом нерегулярного поля.

Модель магнитного поля (МП) и программа моделирования

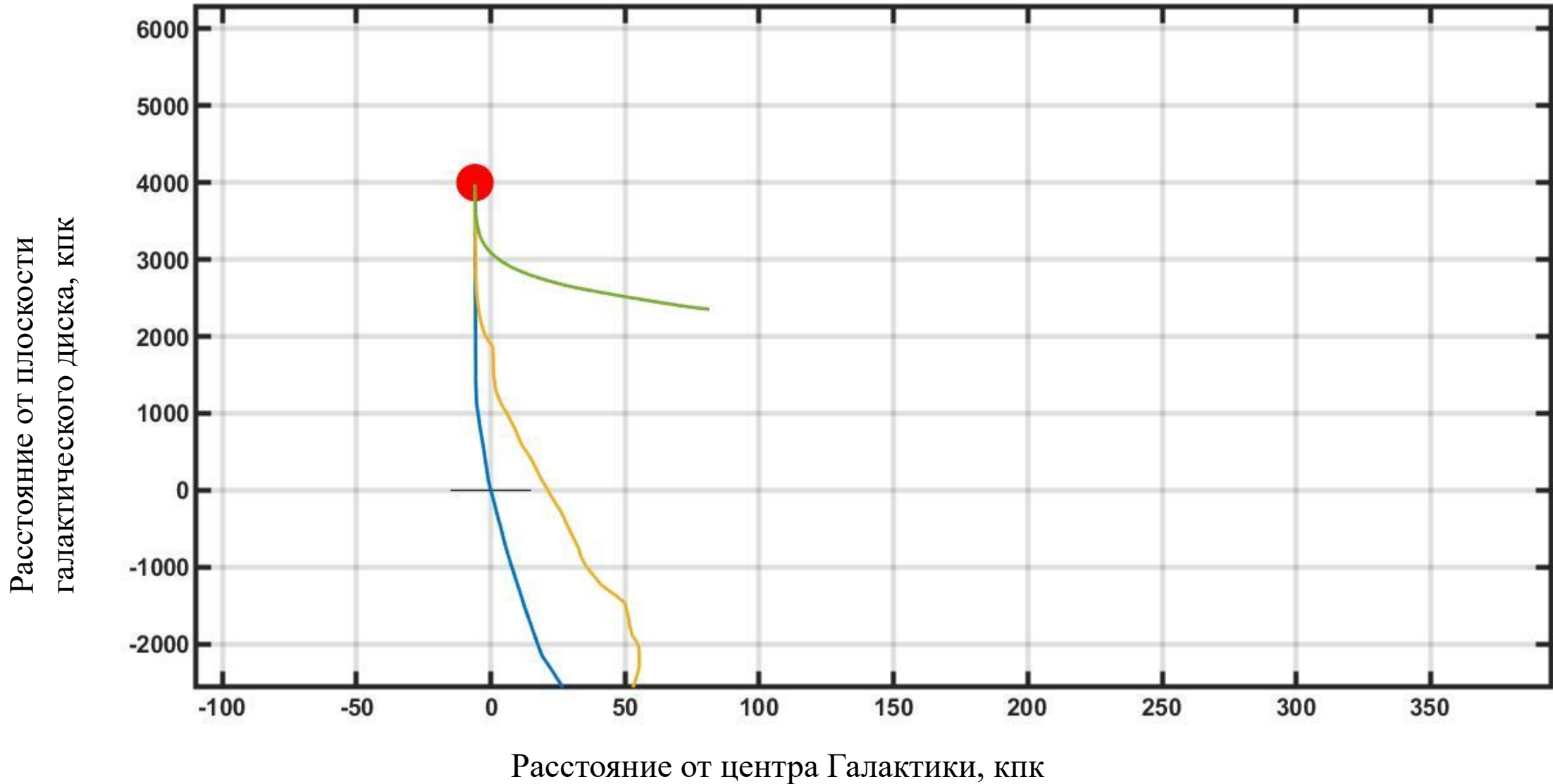
- Для моделирования МП в программном пакете Matlab была создана численная реализация широко известной **модели магнитных полей нашей Галактики JF12** [1].
- Модель JF12 отдельно рассматривает регулярную и нерегулярную компоненты МП. Регулярное поле при этом разбивается еще на три поля. Такое детальное описание обеспечивает хорошее приближение для реальных МП Галактики.
- Также для построения самих траекторий используется пакет программ, детально описанный в [2]. На вход программы подаются компоненты МП, тип частицы, ее энергия и т.п.

[1] R. Jansson and G. R. Farrar: A New Model of the Galactic Magnetic Field, ApJ 757, 14 (2012).

[2] V. Golubkov, A. Mayorov: Software for Numerical Calculations of Particle Trajectories in the Earth's Magnetosphere and Its Use in Processing PAMELA Experimental Data, Bull.Russ. Acad.Sci.Phys. 85, 383-385 (2021).

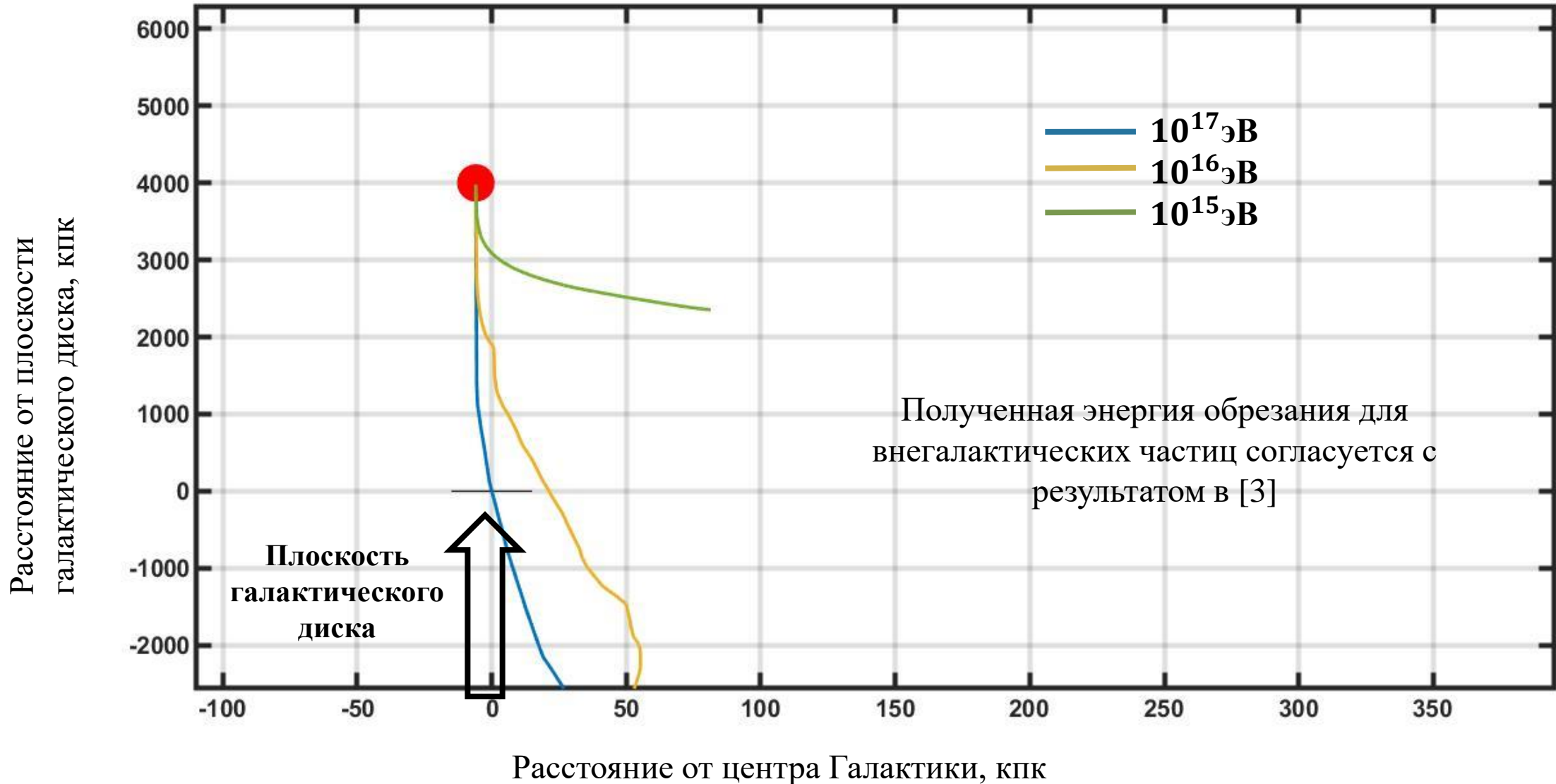
Моделирование движения внегалактической частицы.

Иллюстрация траекторий частиц, проникающей в Галактику.



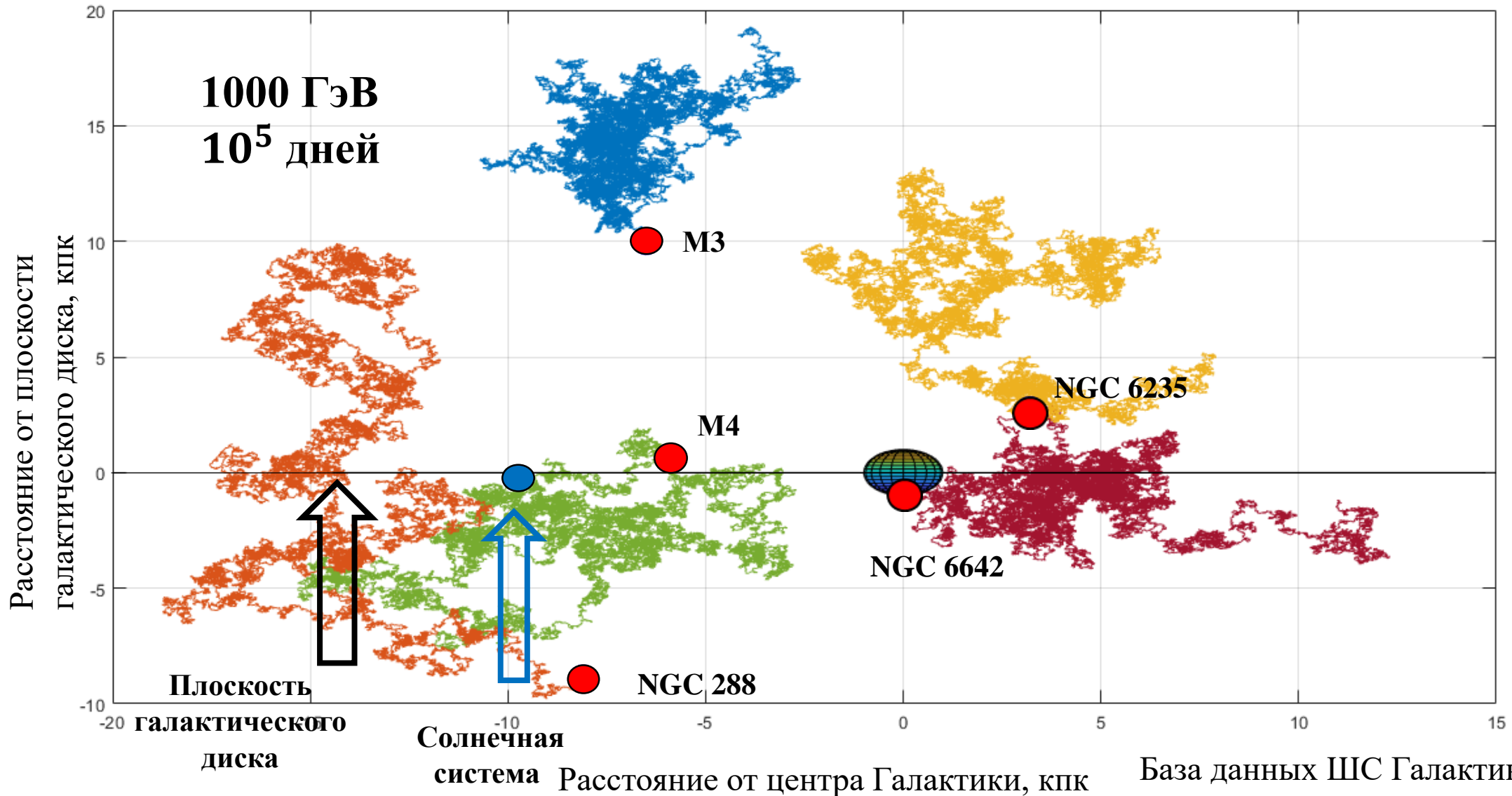
Моделирование движения внегалактической частицы.

Иллюстрация траекторий частиц, проникающей в Галактику.

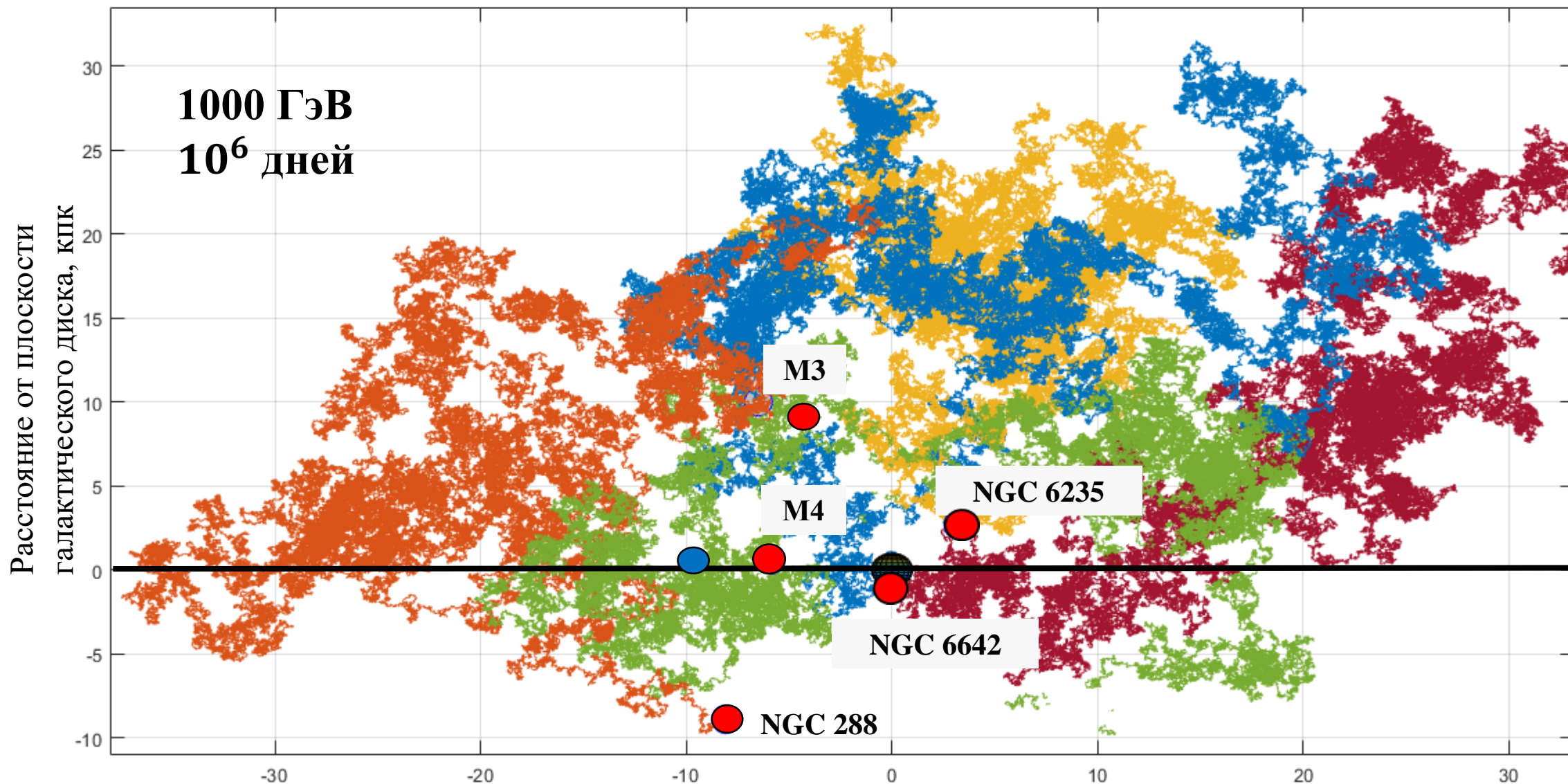


Моделирование движения частиц в магнитном поле Галактики

Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в магнитном поле от ШС Галактики.



Моделирование движения частиц в магнитном поле Галактики

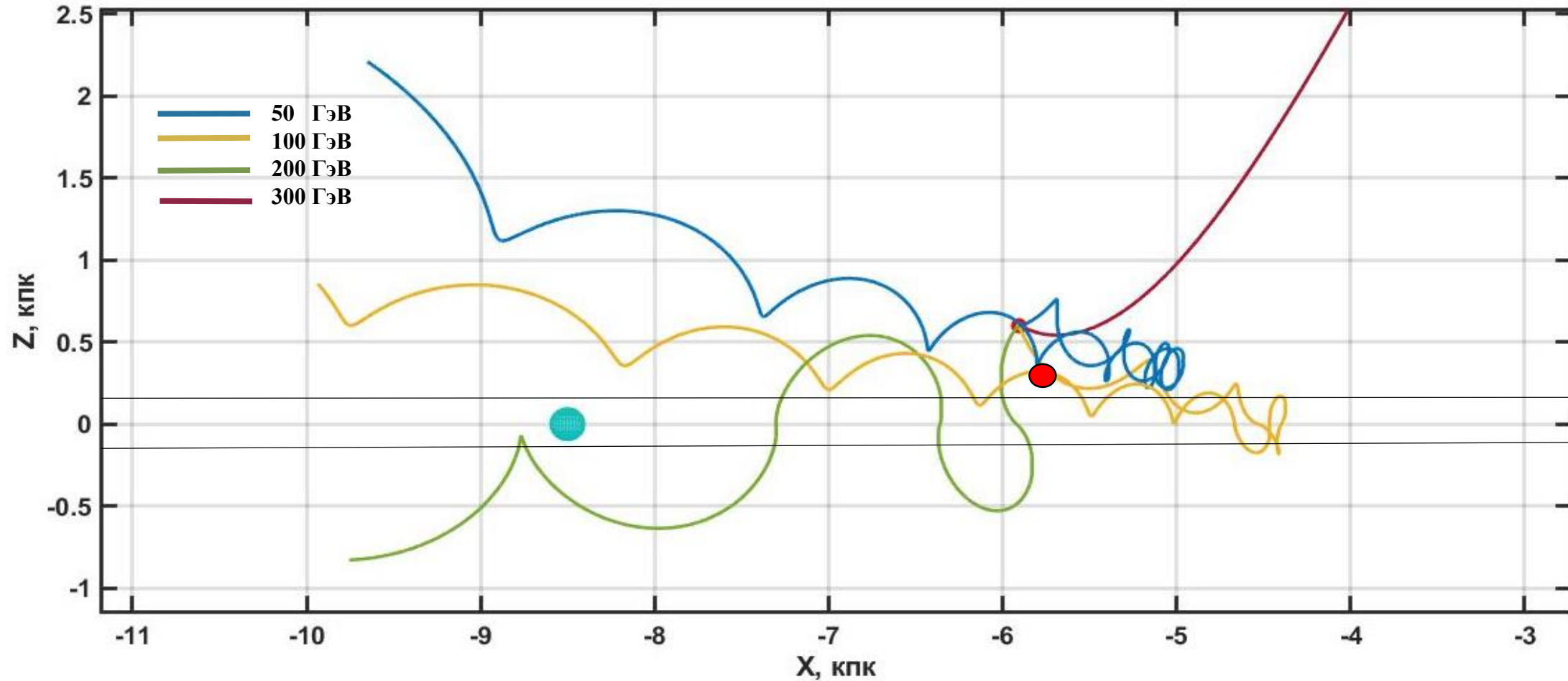


Расстояние от центра Галактики, кпк

Наблюдается указание на изотропность в распространении частиц, которая соответствует характеру движения космических лучей.

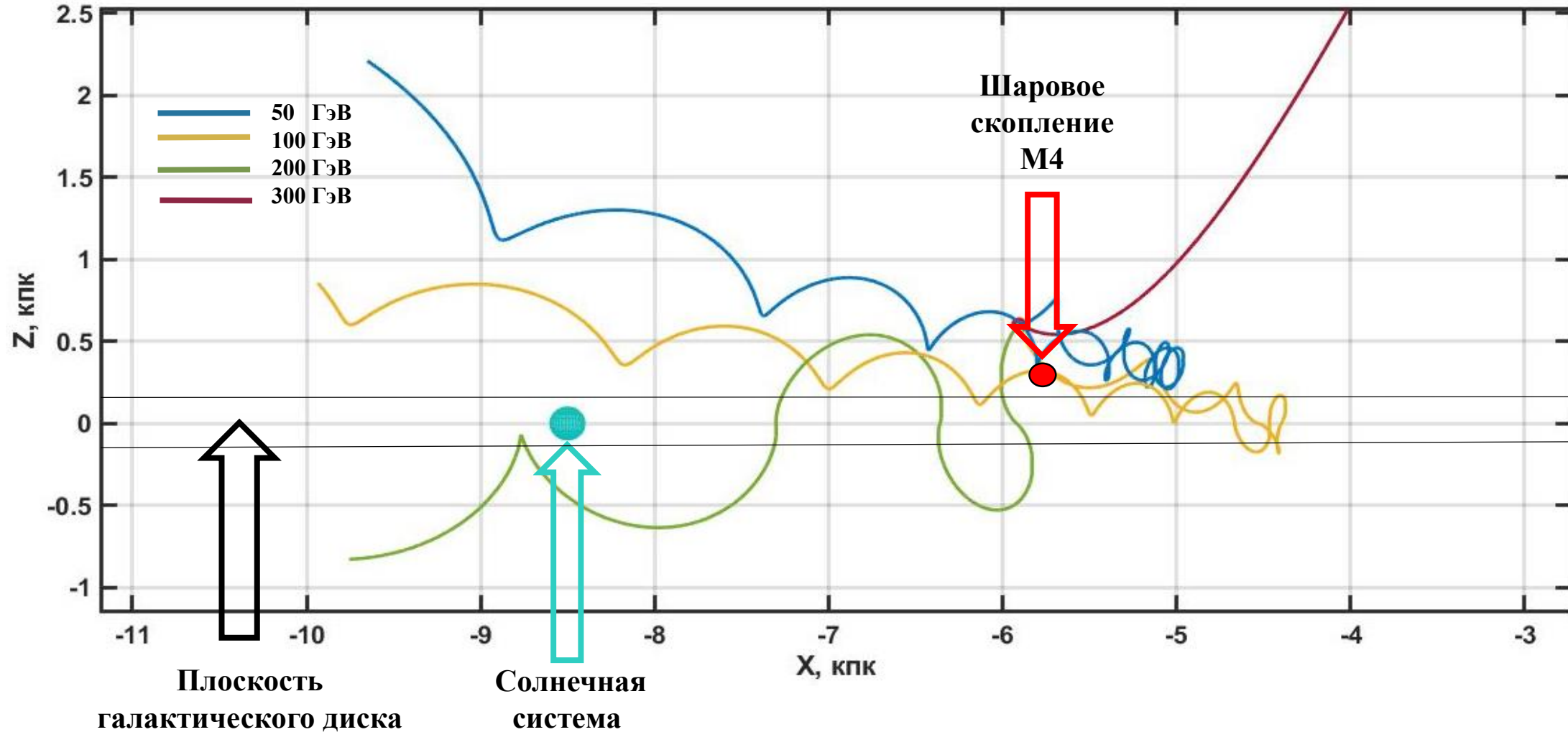
Моделирование частиц в регулярном магнитном поле

- Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в регулярном поле от ШС М4.



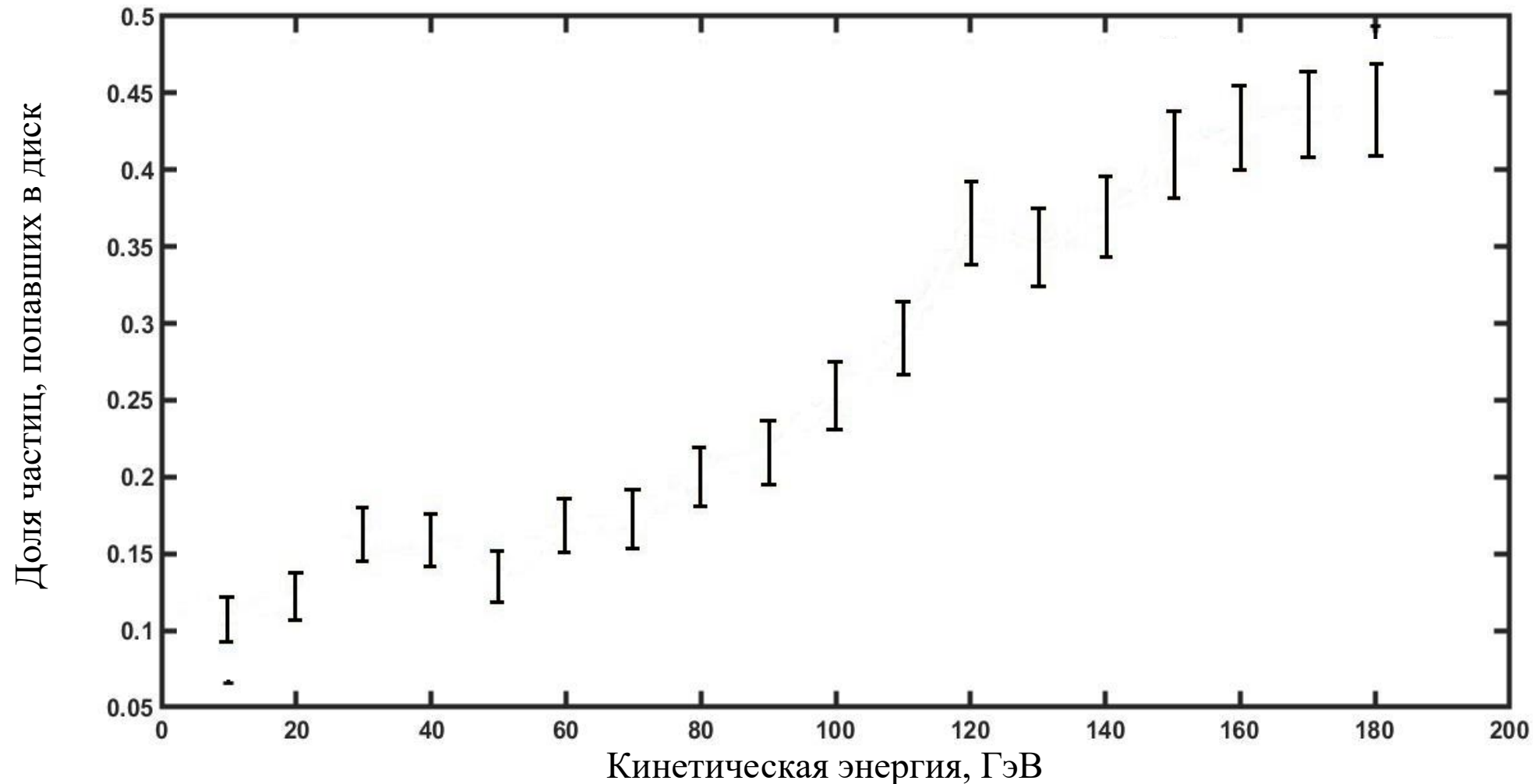
Моделирование частиц в регулярном магнитном поле

- Иллюстрация траекторий античастиц в регулярном поле от ШС М4, полученная ранее.



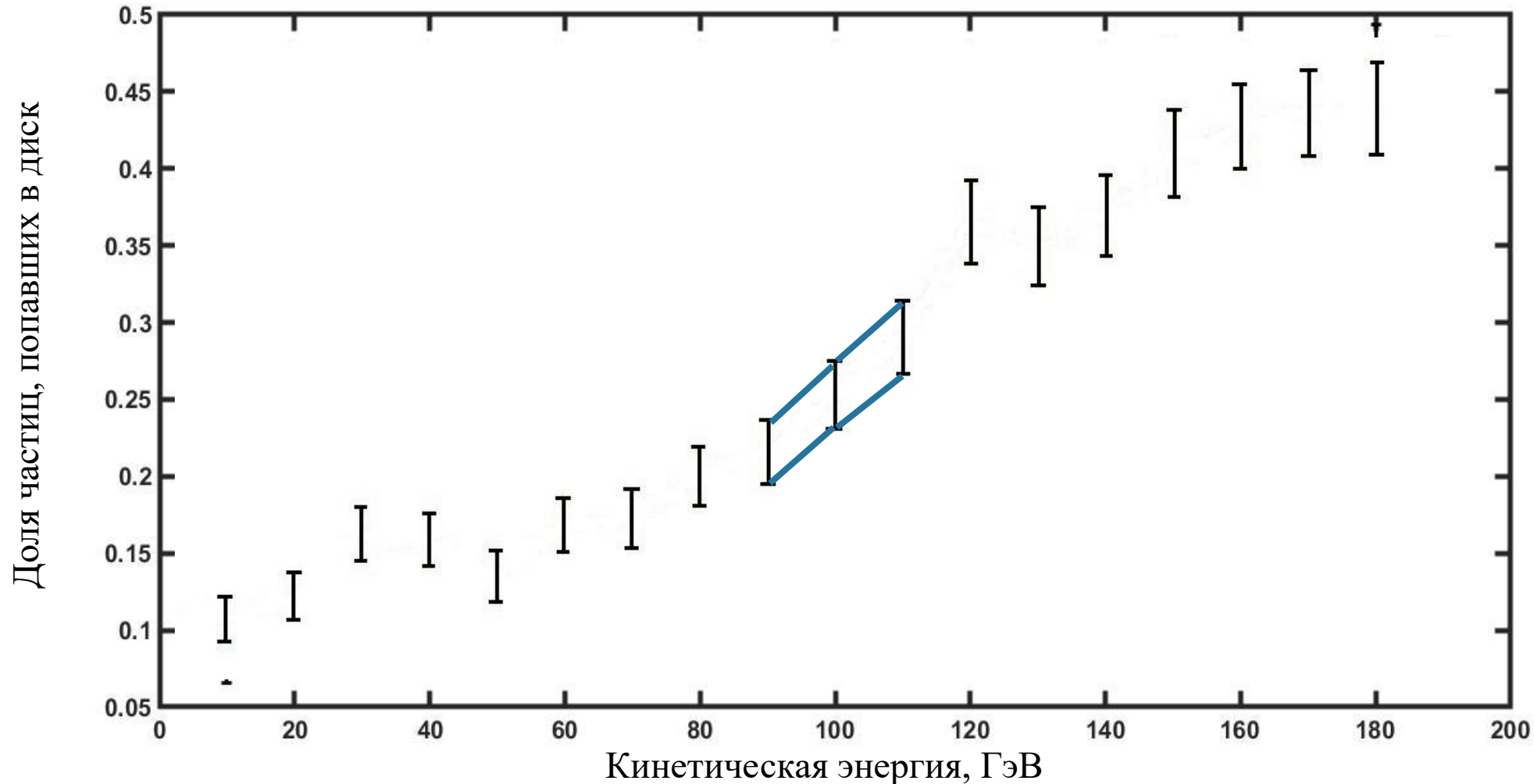
Оценка энергии магнитного обрезания без учета нерегулярной компоненты

- Зависимость доли частиц, проникающих в галактический диск, от их энергии без нерегулярностей магнитных полей Галактики.



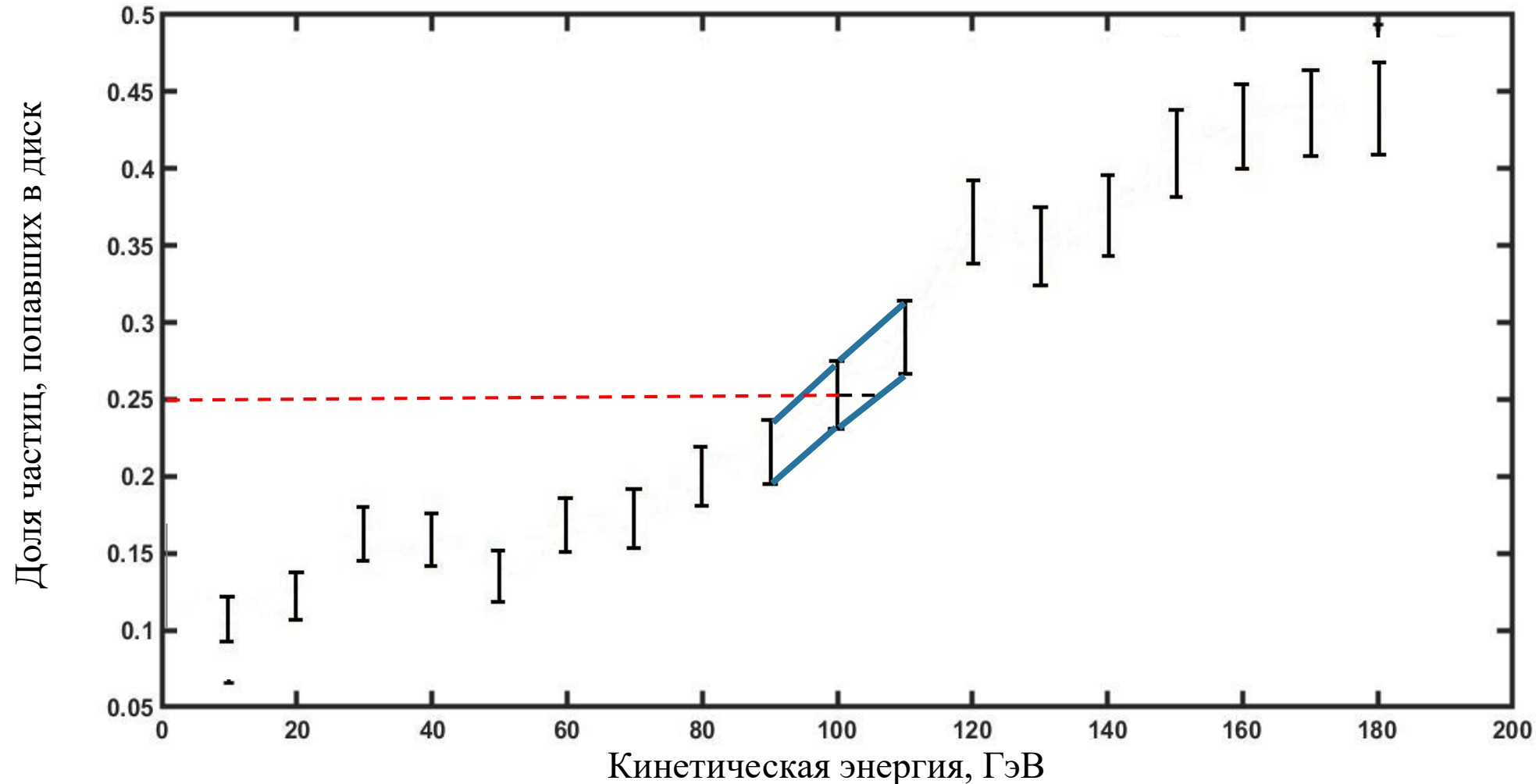
Оценка энергии магнитного обрезания без учета нерегулярной компоненты

- Зависимость доли частиц, проникающих в галактический диск, от их энергии без нерегулярностей магнитных полей Галактики.



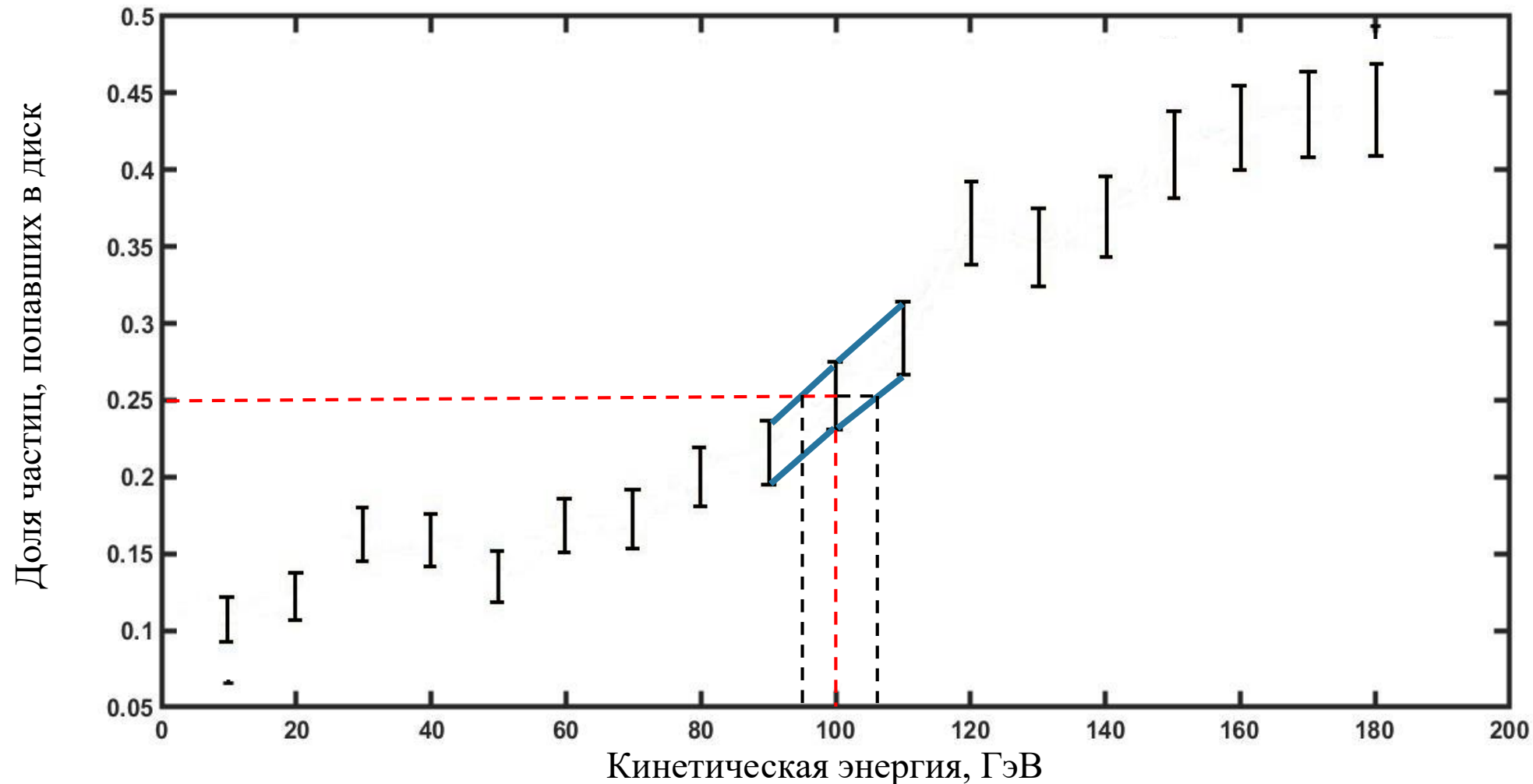
Оценка энергии магнитного обрезания без учета нерегулярной компоненты

- Зависимость доли частиц, проникающих в галактический диск, от их энергии без нерегулярностей магнитных полей Галактики.



Оценка энергии магнитного обрезания без учета нерегулярной компоненты

- Зависимость доли частиц, проникающих в галактический диск, от их энергии без нерегулярностей магнитных полей Галактики.



Оценка энергии магнитного обрезания без учета нерегулярной компоненты

- Зависимость доли частиц, проникающих в галактический диск, от их энергии без нерегулярностей магнитных полей Галактики.

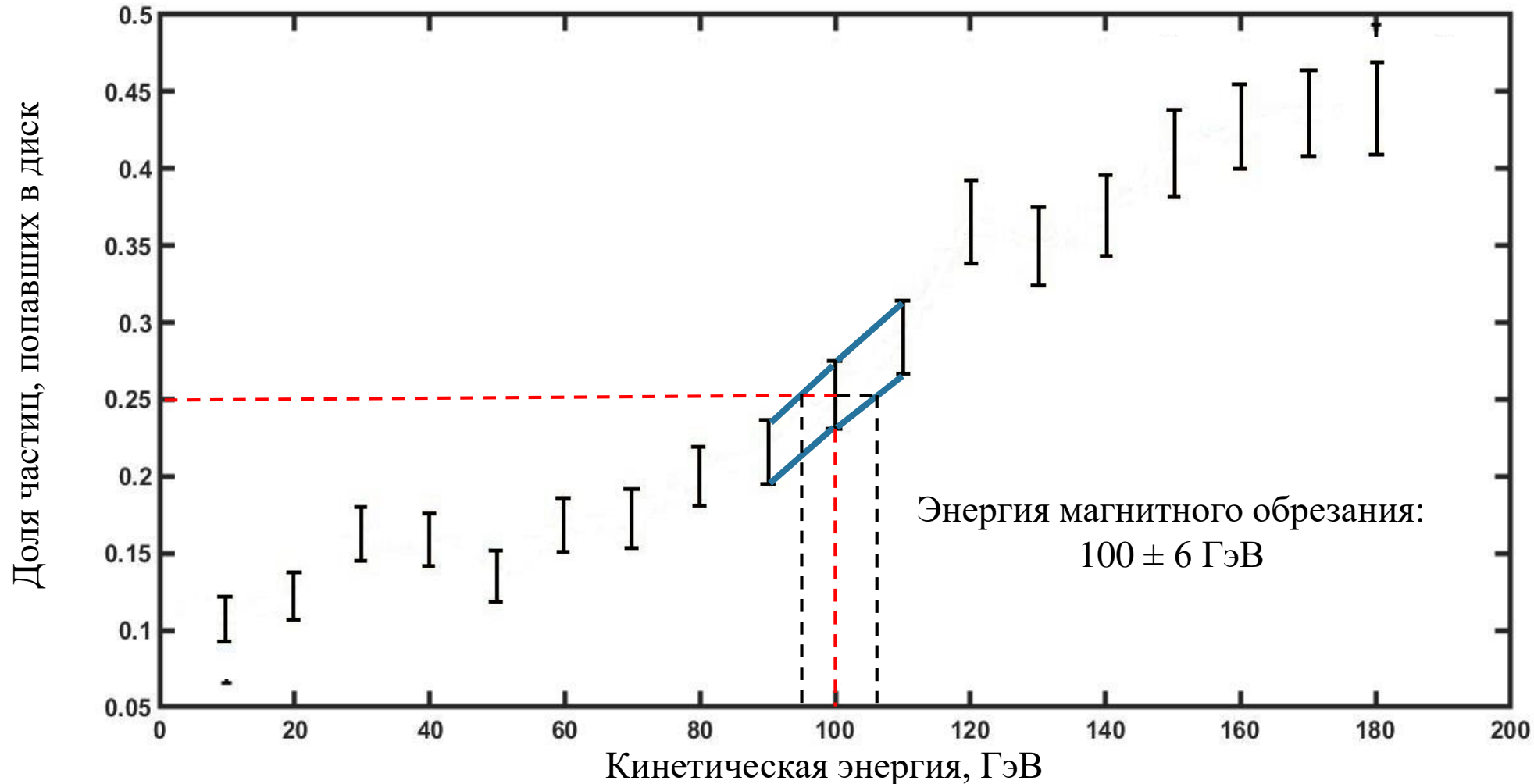
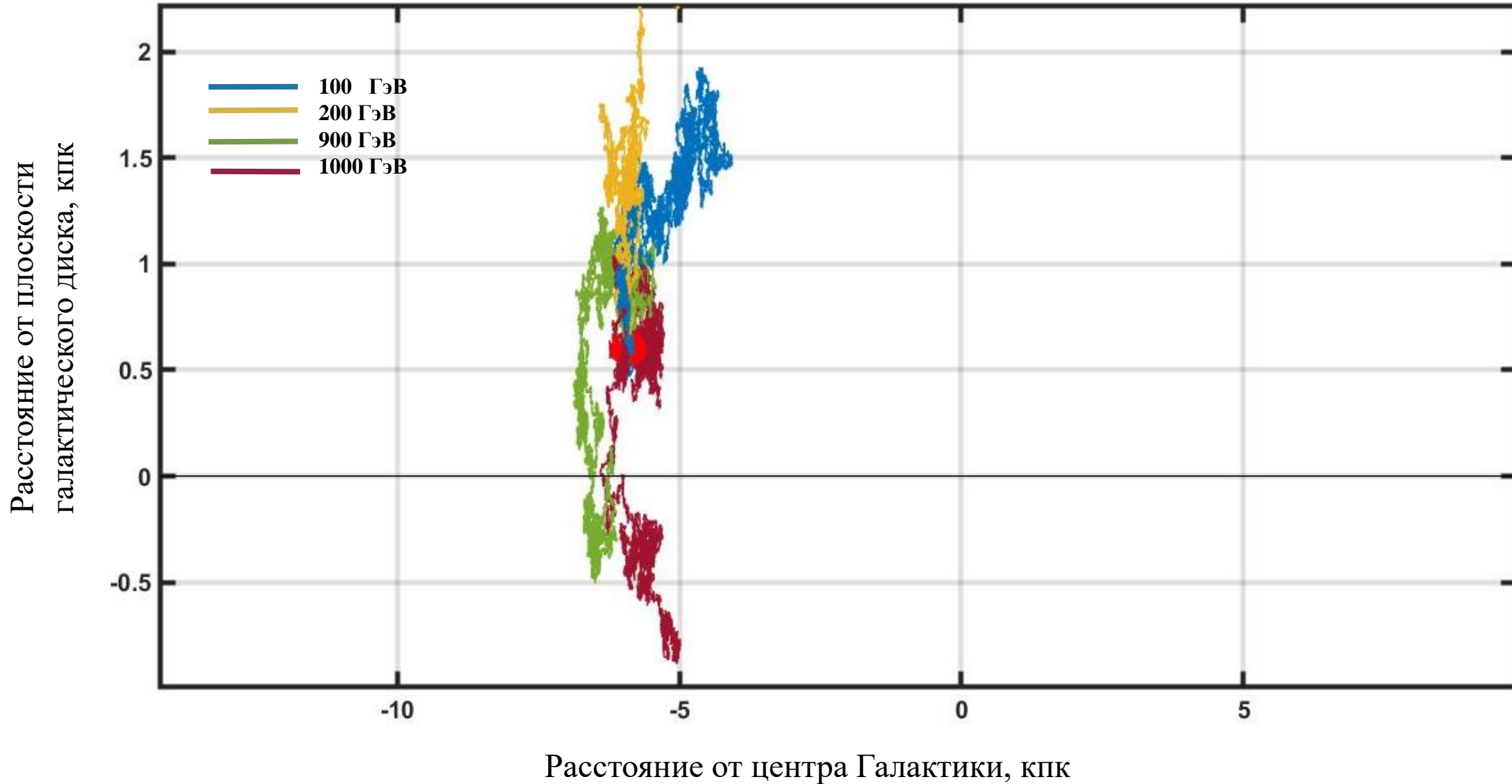
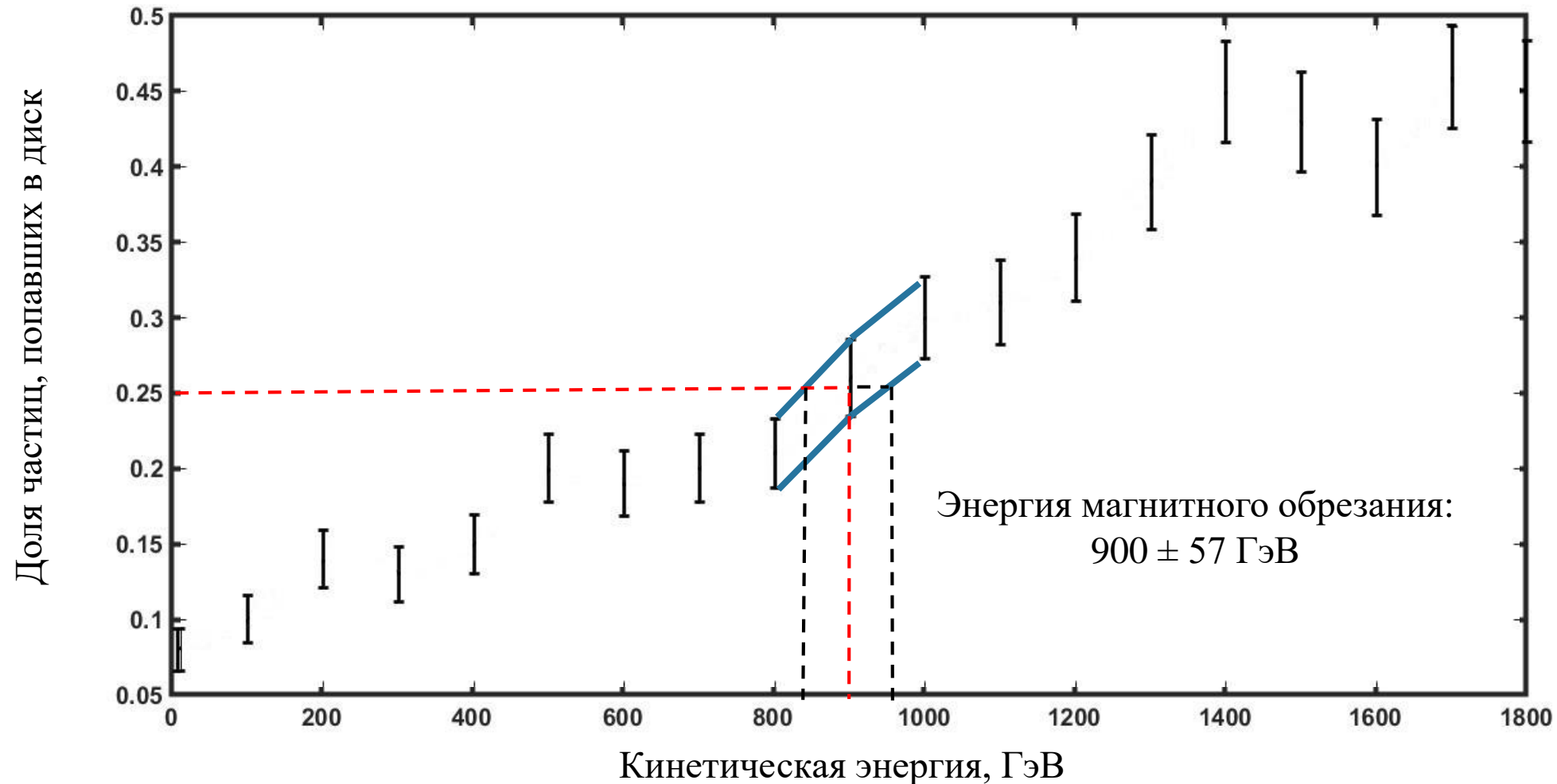


Иллюстрация проникновения частиц в диск при энергии обреза



Оценка энергии магнитного обрезания с учетом нерегулярной компоненты

- Зависимость доли частиц, проникающих в галактический диск, от их энергии с учетом нерегулярностей магнитных полей Галактики.



Заключение

Было произведено моделирование траекторий частиц в зависимости от начальной координаты.

Оценена энергия обрезания с учетом нерегулярного магнитного поля от ШС М4.

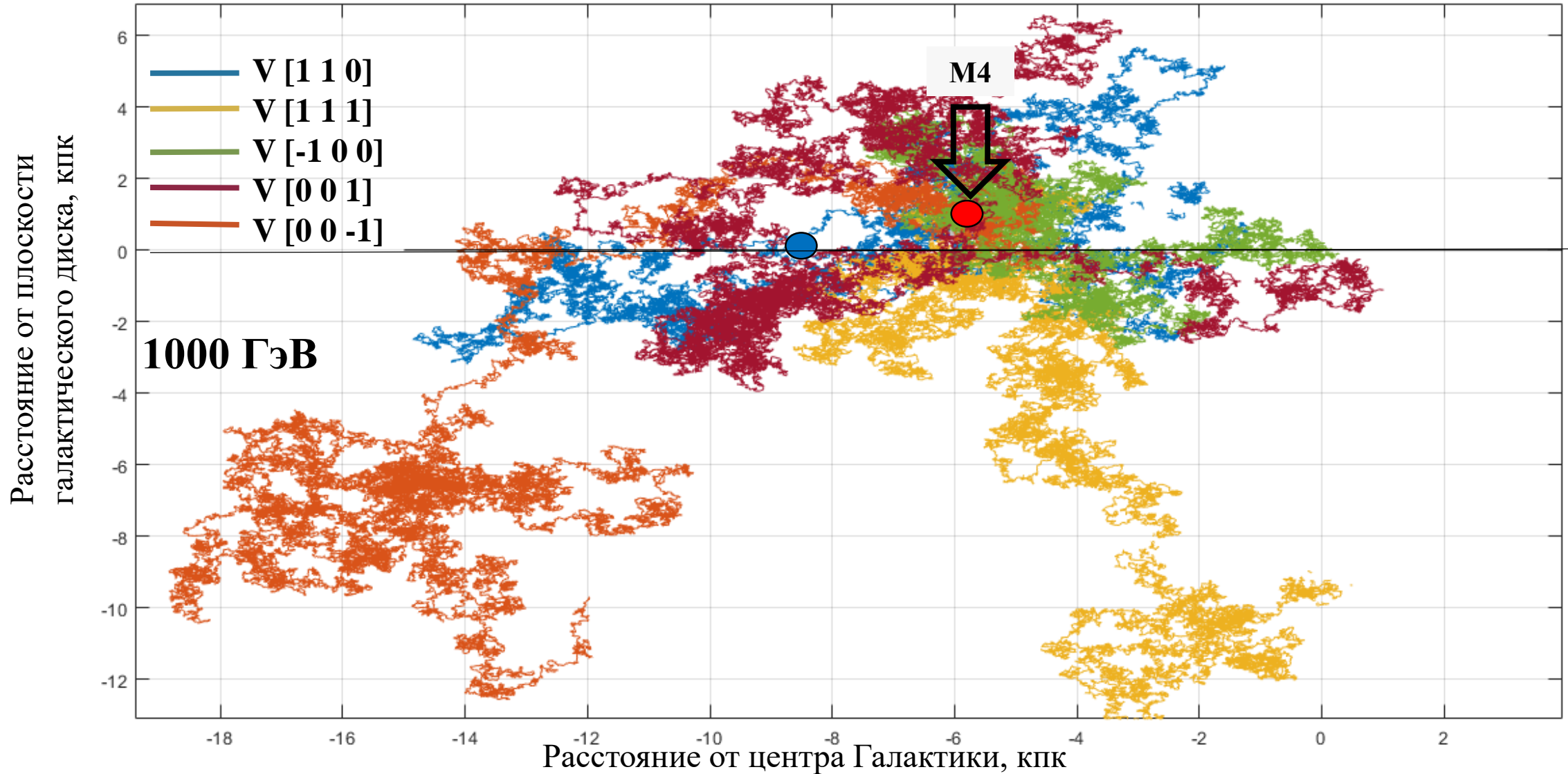
Дальнейшая работа будет направлена на моделирование проникновения частиц в диск на масштабе целой Галактики.

Созданная программа моделирования поможет получить прогнозы ожидаемого потока антиядер от доменов антивещества в нашей Галактике.

Back up

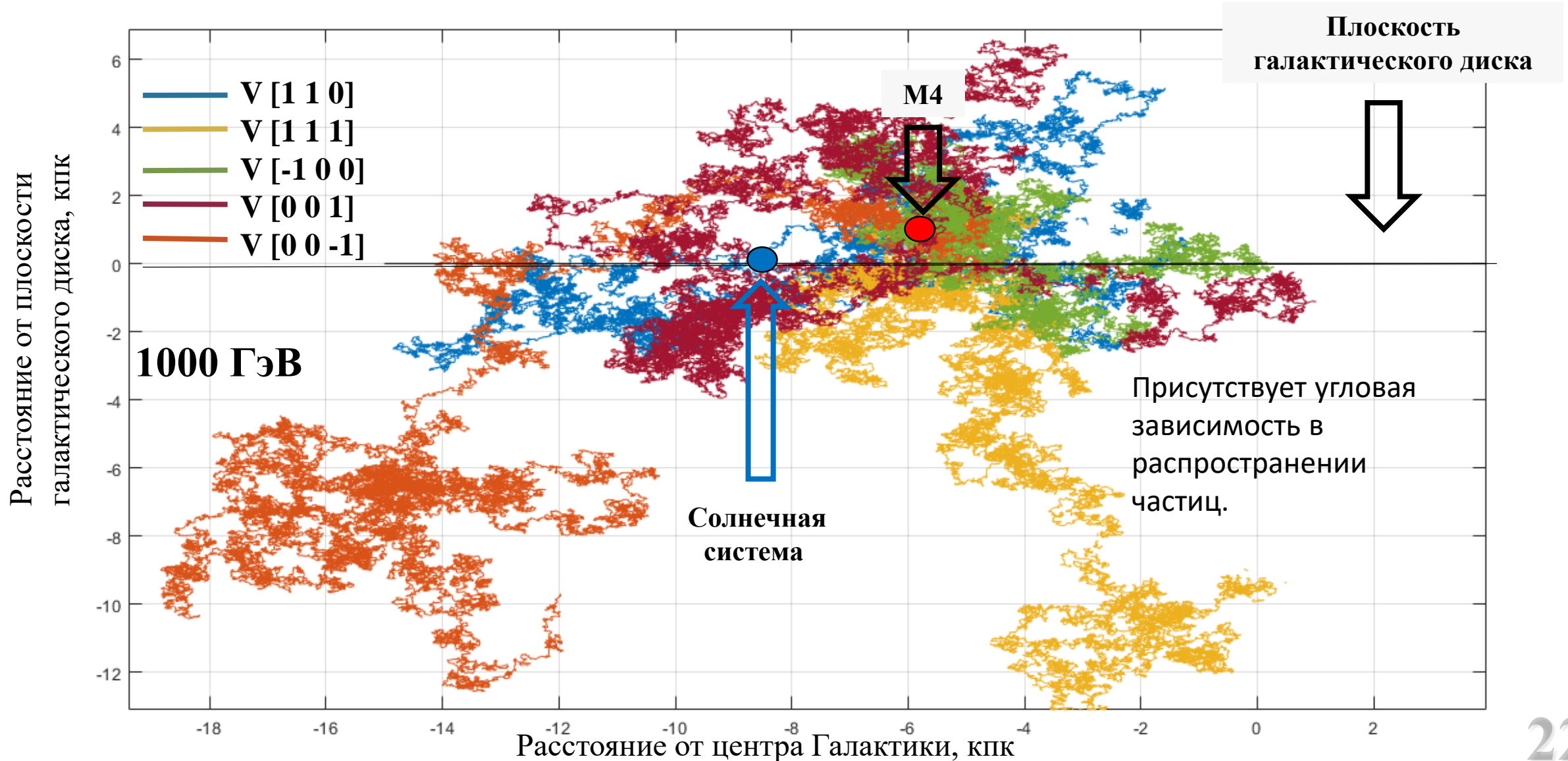
Моделирование движения частиц под разным начальным углом

Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в магнитном поле от ШС М4.



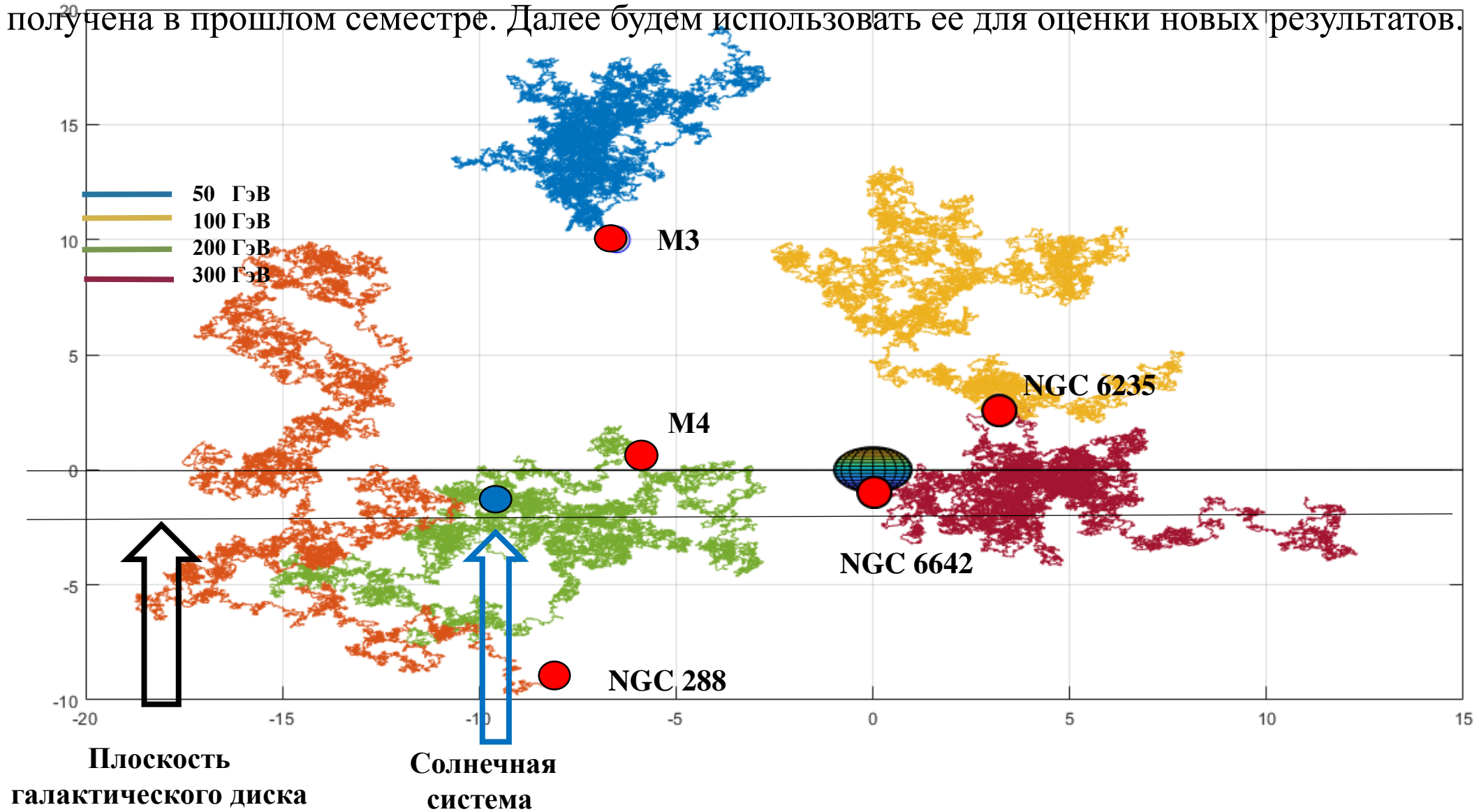
Моделирование движения частиц под разным начальным углом

Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в магнитном поле от ШС М4.



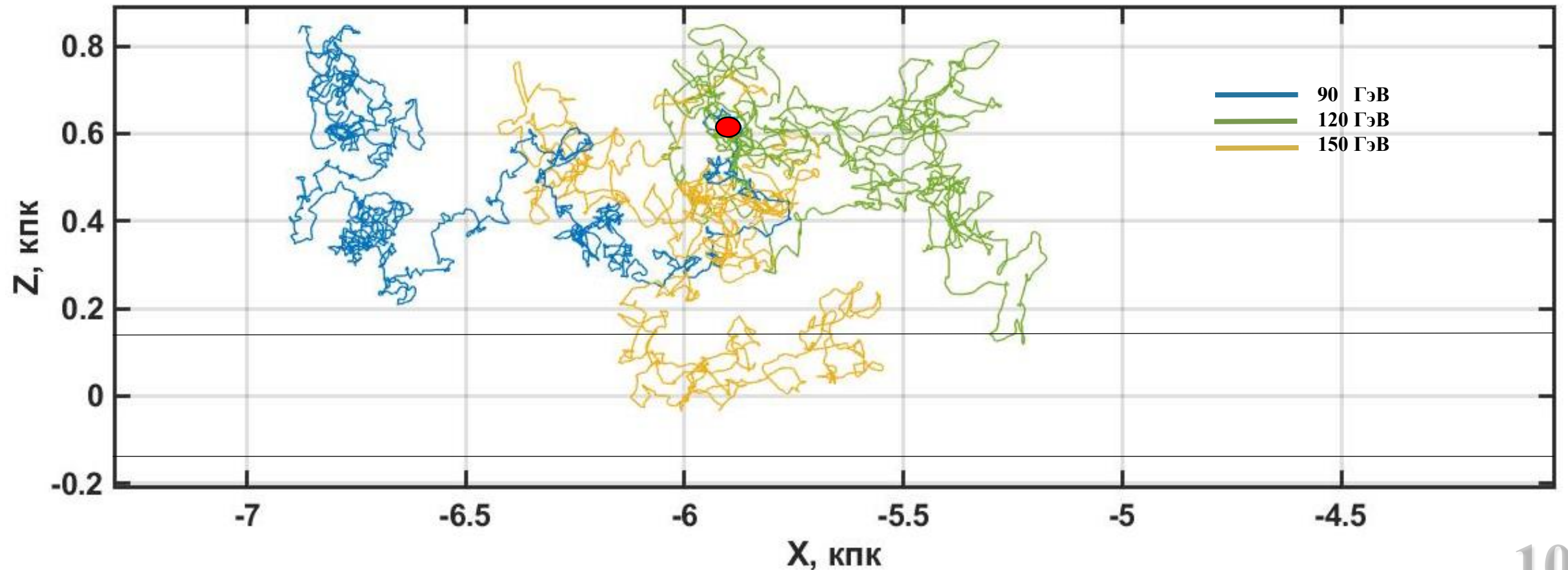
Моделирование частиц в регулярном магнитном поле

- Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в регулярном поле от ШС М4 была получена в прошлом семестре. Далее будем использовать ее для оценки новых результатов.



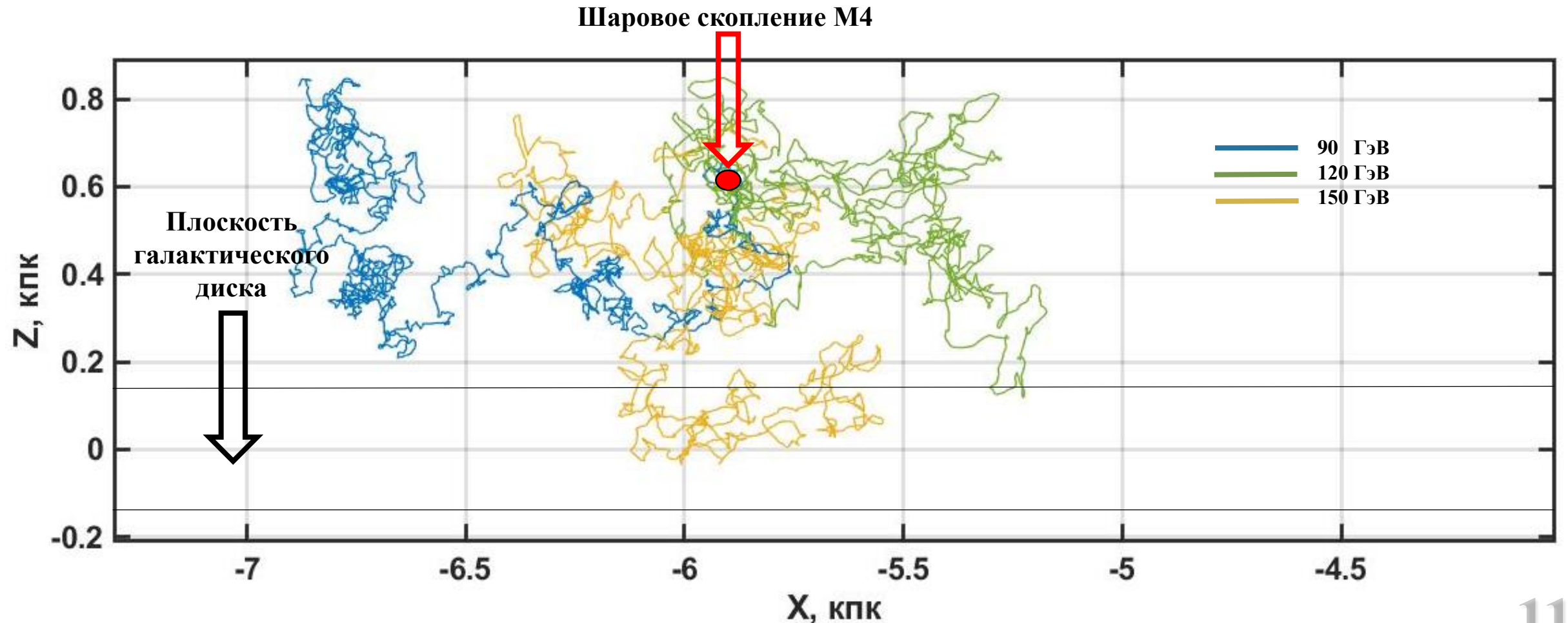
Моделирование с нерегулярной компонентой магнитного поля

- Визуализация движения частиц с учетом нерегулярной компоненты магнитного поля.
- С ростом энергий частиц увеличивается вероятность их проникновения в диск.



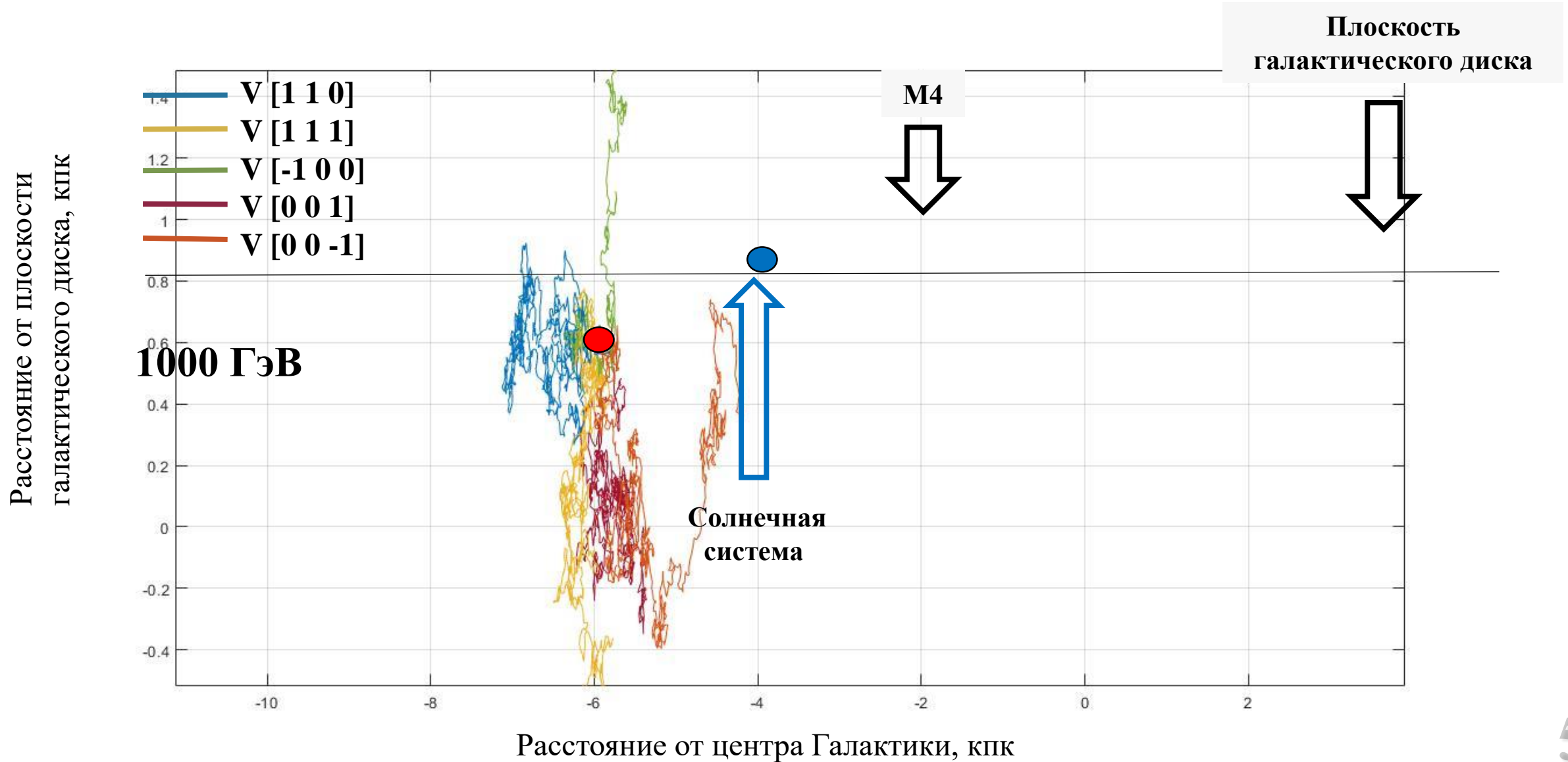
Моделирование с нерегулярной компонентой магнитного поля

- Визуализация движения частиц с учетом нерегулярной компоненты магнитного поля.
- С ростом энергий частиц увеличивается вероятность их проникновения в диск.



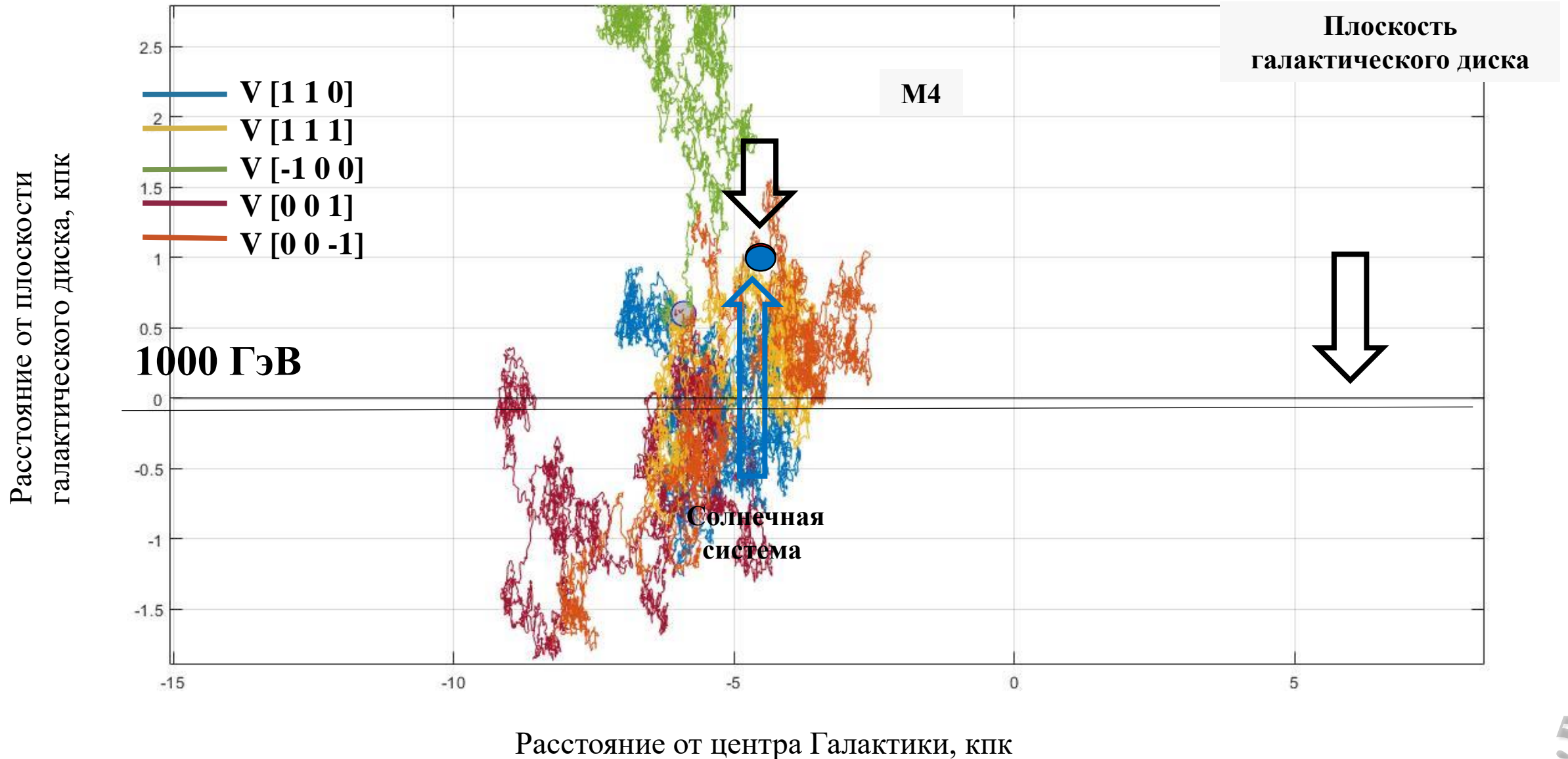
Моделирование движения частиц под разным начальным углом

Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в магнитном поле от ШС М4.



Моделирование движения частиц под разным начальным углом

Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в магнитном поле от ШС М4.



Моделирование движения частиц под разным начальным углом

Иллюстрация моноэнергетических траекторий античастиц в магнитном поле от ШС М4.

