



# БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ



Региональный трек  
Всероссийского конкурса  
научно-технологических проектов

**«БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ»**

направление

**Космические технологии**

название работы

**Моделирование движения  
заряженных частиц в  
галактическом магнитном поле**

участник(и)

**Бобылёв Арсений Владимирович**

#большиевызовы  
#МГК

г. Москва  
2021

[mgk.olimpiada.ru](http://mgk.olimpiada.ru)



# Введение

- В настоящее время хорошо известно, что галактики обладают магнитными полями величиной несколько микрогаусс.
- Их генерация обусловлена с помощью механизма динамо.
- Одним из проявлений действия галактического магнитного поля является его воздействие на заряженные частицы, в частности – на частицы космической пыли.

## Цель работы:

Изучение движения заряженных частиц космической пыли под действием галактического магнитного поля

## Задачи:

- 1) Построение модели магнитного поля галактики на основе планарного приближения
- 2) Разработка системы уравнений для движения частиц пыли
- 3) Решение данной системы уравнений с помощью методов компьютерного моделирования

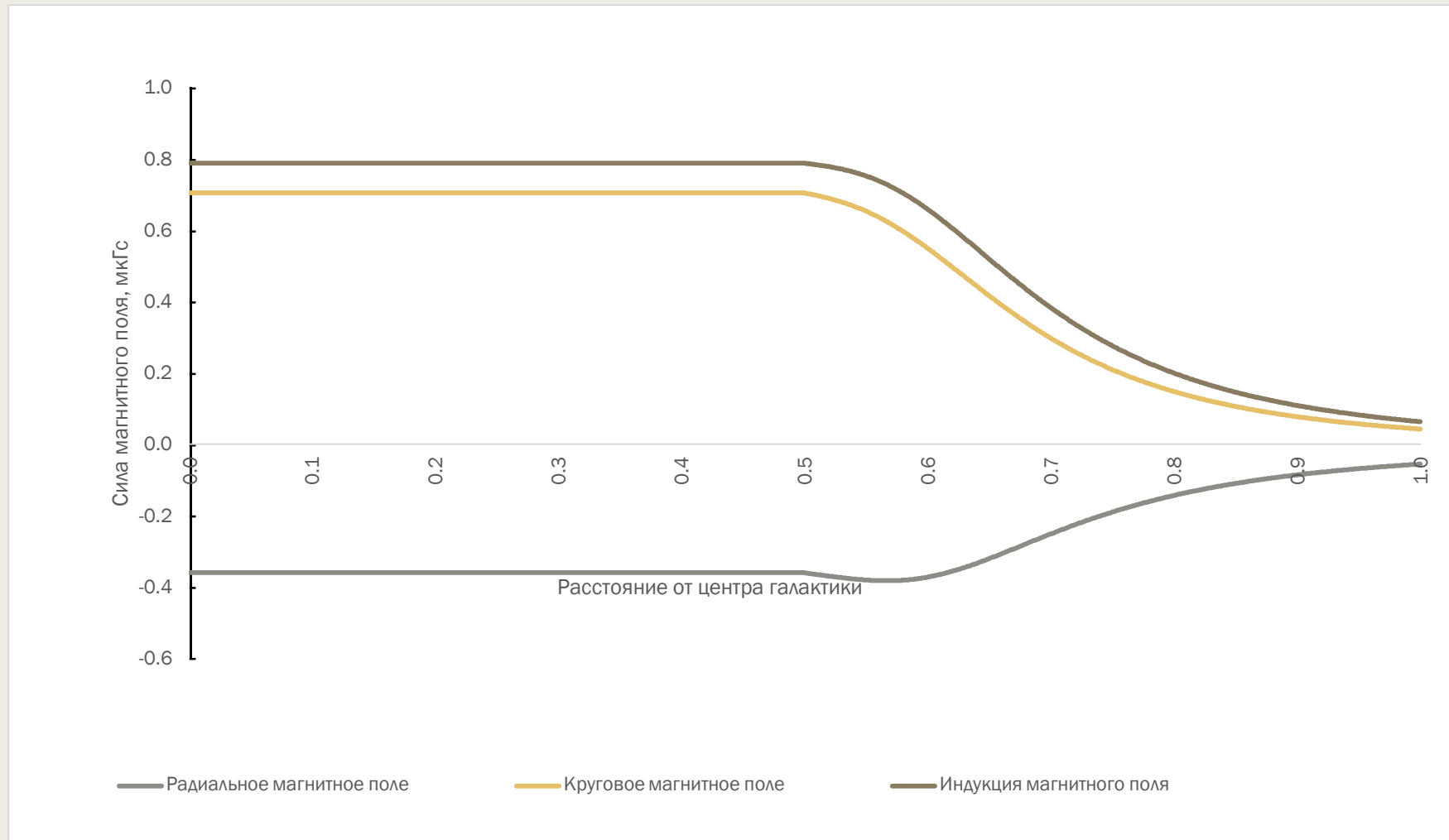
Эволюция радиальной и азимутальной частей магнитного поля описывается с помощью следующей системы уравнений:

$$\frac{\Delta B_r}{\Delta t} = -\frac{\Omega}{k} B_\varphi \left( 1 - \frac{B_r^2 + B_\varphi^2}{B_0^2} \right) - \eta B_r / h^2;$$

$$\frac{\Delta B_\varphi}{\Delta t} = -\Omega B_r - \eta B_\varphi / h^2;$$

Где  $k$  – коэффициент, характеризующий отношение полутолщины диска к масштабу турбулентности,  $\Omega$  – угловая скорость вращения галактики,  $\eta$  – коэффициент турбулентной диффузии,  $h$  – полутолщина галактического диска, а  $B_0$  – так называемое магнитное поле равномерного распределения, связанное с равенством энергии поля и турбулентных движений

# График зависимости магнитного поля от расстояния



Частица будет следующим образом менять свои координаты:

$$\Delta r = V_B \Delta t \frac{B_r}{\sqrt{B_r^2 + B_\varphi^2}}$$

$$\Delta \varphi = V_B \Delta t \frac{B_\varphi}{r \sqrt{B_r^2 + B_\varphi^2}}$$

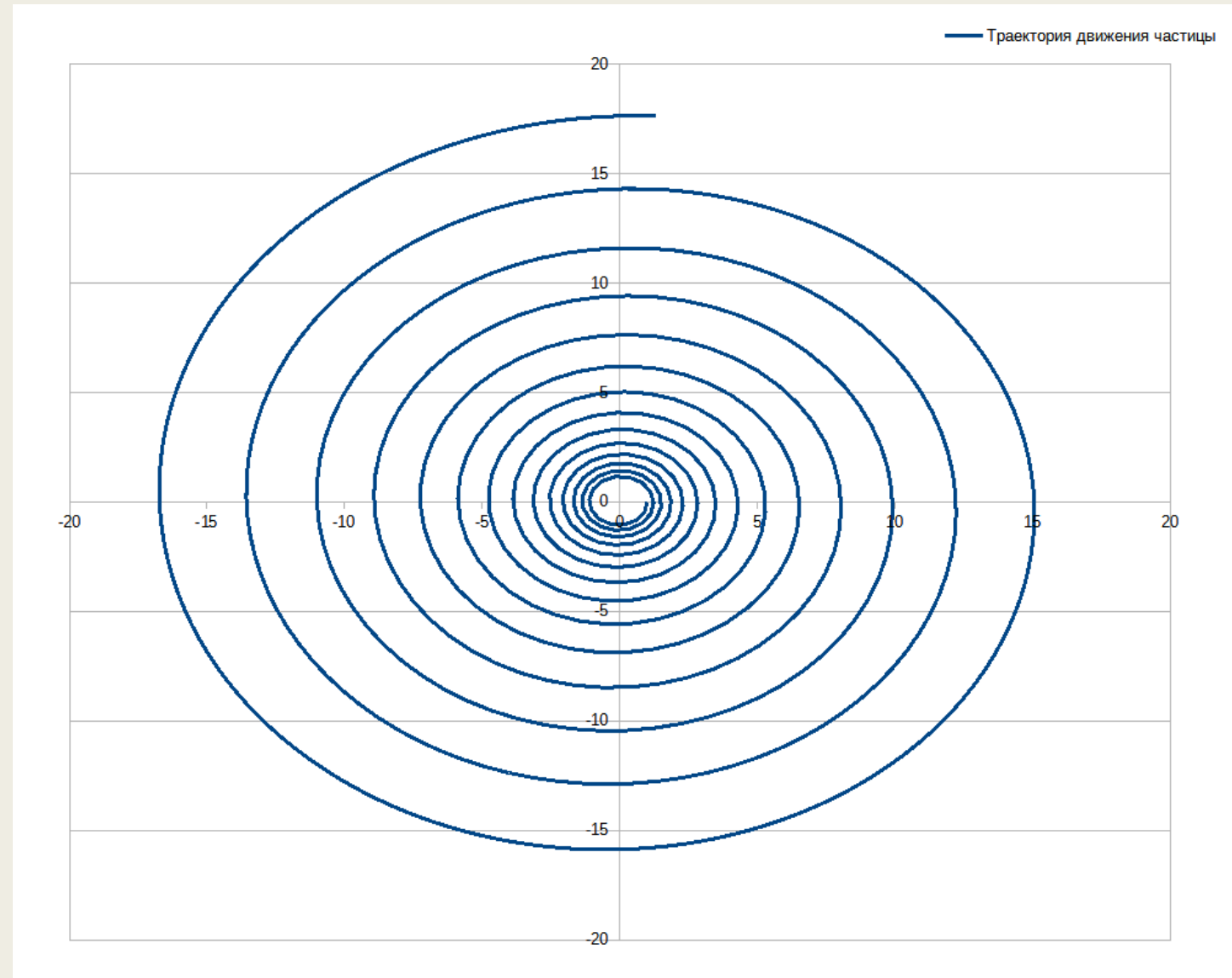
где  $V_B$  - проекция скорости частицы на линию магнитного поля

Скорость можно считать по такой формуле:

$$V_B = \sqrt{2 \left( G \frac{M}{r} - G \frac{M}{r_0} + V_0^2 / 2 \right)}$$

Где начальная скорость равна  $V_0$ , а начальное расстояние -  $r_0$

# Траектория движения частицы в магнитном поле галактики



# Выводы

- Мы провели моделирование движения заряженных частиц в галактическом магнитном поле, которое было получено из предыдущих моделей.
- Показали, что крупномасштабное движение частиц происходит вдоль спиралей, связанных с линиями магнитного поля.
- Продемонстрировали, что максимальное удаление частиц от центра галактики ограничено, и связано с некоторыми энергетическими соображениями.



# Источники информации

- 1) Н.Г.Бочкарев. Магнитные поля в космосе. М., Либроком, 2011.
- 2) E.Fermi. On the origin of the cosmic radiation. Phys.Rev., 1949, 75, 8, 1169
- 3) Р.Р.Андреасян, Е.А.Михайлов, А.Р.Андреасян. Структура и особенности формирования инверсий галактического магнитного поля. Астрономический журнал, 2020, 97, 179.
- 4) Д.Д.Соколов. Проблемы магнитного динамо. Успехи физических наук, 2015, 185, 643.
- 5) D.Moss. On the generation of bisymmetric magnetic field structures in spiral galaxies by tidal interactions. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1995, 275, 191.
- 6) Ю.Н.Мишуров, И.А.Ачарова, М.Г.Шевченко, Д.А.Тышлангов. Выметание пыли из спиральной галактики вследствие эффекта «магнитной пращи». Астрофизический бюллетень, 2014, 69, 22.
- 7) D.Moss, E.Mikhailov, O.Silchenko, D.Sokoloff, C.Horrelou, R.Beck. Magnetic fields in ring galaxies. Astronomy and Astrophysics, 592, A44.
- 8) К.Ю.Малышев, Е.А.Михайлов. Моделирование движения космической пыли в галактическом магнитном поле. XIV конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования – 2017», 41
- 9) А.В.Бобылев. Исследовательская работа по теме «Компьютерное моделирование магнитных полей галактик. М., 2020.