

The background is a deep blue gradient with faint, stylized celestial elements. On the left, there are concentric circular arcs and radial lines, resembling a celestial map or a clock face, with numerical labels like 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, and 260. On the right, there are circular paths with arrows indicating direction, suggesting orbital mechanics or the flow of time. The overall aesthetic is scientific and cosmic.

АСТРОФИЗИКА (И КОСМОЛОГИЯ)


ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ ВШЭ. ОСЕНЬ 2022, 1-Й (И 2-Й) МОДУЛЬ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ НА 1-Й МОДУЛЬ: АНТОН БИРЮКОВ, К.Ф.-М.Н.

НЕМНОГО О СЕБЕ

- **Антон Владимирович Бирюков**
- Интересы: астрофизика нейтронных звёзд, приборы и методы астрономии высокого временного разрешения, астрономическое образование.
- 2022- ВШЭ, Факультет Физики, доцент
- 2019-2022, Центр Педагогического Мастерства (Москва), автор и редактор образовательного контента
- 2014-, Казанский (Приволжский) Федеральный университет, научный сотрудник
- 2011-, ГАИШ МГУ, Лаборатория космических проектов, старший научный сотрудник
- 2011: к.ф.-м.н. («Циклическая и монотонная компоненты в эволюции периодов одиночных радиопульсаров», рук. д.ф.-м.н. Г.М. Бескин, САО РАН)
- 2006: астроном, Физический факультет МГУ

НЕМНОГО О СЕБЕ

- **Антон Владимирович Бирюков**
- Интересы: астрофизика нейтронных звёзд, приборы и методы астрономии высокого временного разрешения, астрономическое образование.
- Подробнее о работе (публикации и пр.): <https://istina.msu.ru/profile/anton.biryukov/>
-  ant.biryukov@gmail.com, avbiryukov@hse.ru

КУРС «АСТРОФИЗИКА (И КОСМОЛОГИЯ)» (ОСЕНЬ 2022/2023, 1-Й МОДУЛЬ)

- Занятия по субботам, 9:30 – 12:30, Б-814
- Всего 8 занятий:

1. Ньютонова теория гравитации
2. Процессы излучения в астрофизике 1
3. Процессы излучения в астрофизике 2
4. Физика звёзд
5. Звёздная эволюция
6. Компактные остатки звёздной эволюции
7. Галактика и галактики
8. Приборы и методы астрофизики

Все материалы: <https://github.com/ant-biryukov/hse2023-astro>

ЛИТЕРАТУРА К КУРСУ АСТРОФИЗИКИ

- Основная:
 - Я.Б. Зельдович, С.И. Блинников, Н.И. Шакура «Физические основы строения и эволюции звёзд»
<http://www.astronet.ru/db/msg/1169513>
 - А.В. Засов, К.А. Постнов «Общая астрофизика» (2011)
https://mipt.ru/upload/medialibrary/d26/general_astrophysics.pdf
 - К.А. Постнов «Лекции по общей астрофизике для физиков»
<http://www.astronet.ru/db/msg/1176797>
- Дополнительная:
 - С. А. Ламзин «Физика и эволюция звёзд» (конспект лекций) [github]
 - К.В. Холшевников, В.Б. Титов «Задача двух тел»
<http://www.astro.spbu.ru/sites/default/files/TwoBody.pdf>
 - G.B. Rybicki, A.P. Lightman. Radiative processes in Astrophysics. Weinheim -- WILEY-VCH, 2004. – 376 с. [github]
- Также полезно просмотреть материалы к лекциям С. Б. Попова для МГУ и ВШЭ
<http://xray.sai.msu.ru/~polar/html/presentations.html>

ОТЧЁТНОСТЬ

- 7 домашних заданий, 1 контрольная работа (22 октября, 40 минут).
- Устного экзамена не будет!
- Оценка за каждое ДЗ: $Q_i = 0..10$ баллов, $i = 1..7$
- Текущая оценка $Q_{\text{текущая}} = \frac{1}{7} \sum_i Q_i$
- Итоговая оценка: $Q_{\text{итоговая}} = 0.5 \cdot Q_{\text{текущая}} + 0.5 \cdot Q_{\text{кр}}$
- Способ округления: арифметический.

АСТРОФИЗИКА И АСТРОФИЗИКИ



Cornell University

arXiv.org > astro-ph

Astrophysics

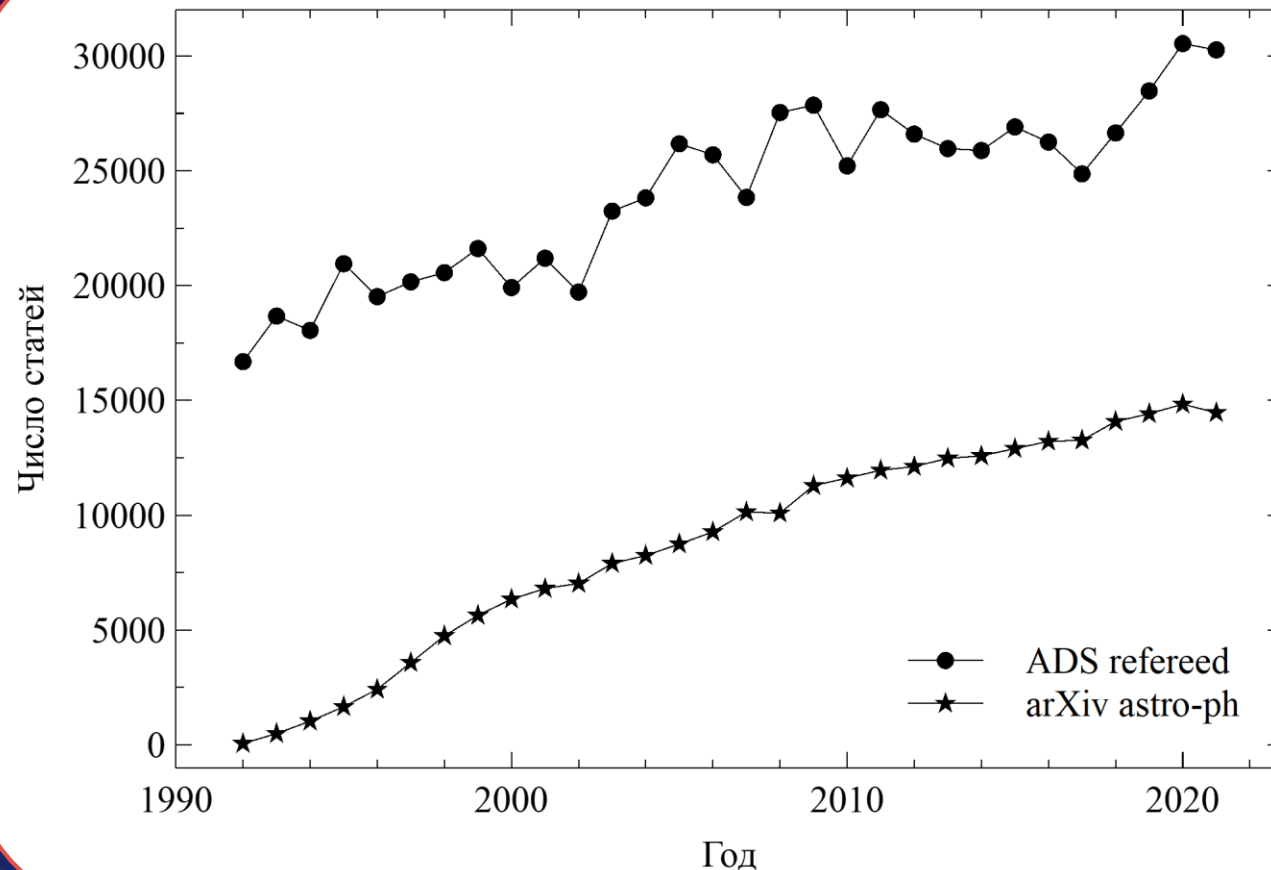
<https://arxiv.org/list/astro-ph/new>



astrophysics data system

<https://ui.adsabs.harvard.edu/>

Только ~60 тыс. из ~340 тыс. реферируемых работ по астрономии/астрофизике, опубликованные за последние 10 лет ни разу не цитировались.

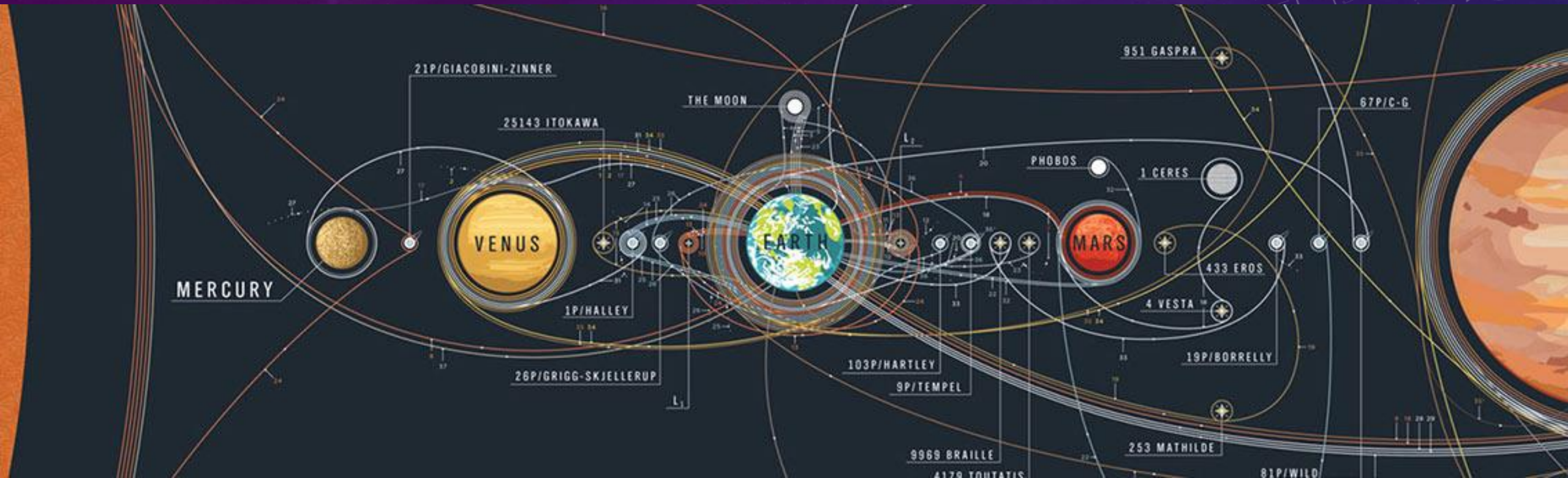


ФАКТ 1: АСТРОНОМИЯ – ВСЁ ЕЩЁ НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ НАУКА

В астрономии, по большей части, невозможны прямые эксперименты с изучаемыми объектами.
Это уникальное свойство для естественных наук.



ФАКТ 1А: ХОТЯ...



Контролируемый эксперимент в астрофизике!

ФАКТ 2: В ТЕЛЕСКОП НЕ СМОТРЯТ ГЛАЗОМ

В 19 веке в астрономию пришла фотография (на фотопластинках). Последние 30+ лет используются электронные приёмники, в основном на внутреннем фотоэффекте.

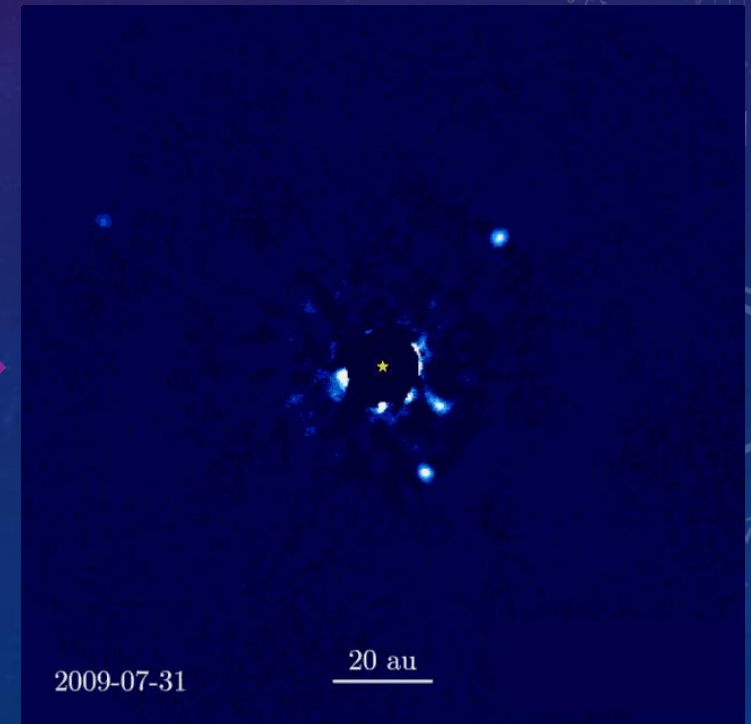
(А вне видимого диапазона глаз вообще бесполезен).



ФАКТ 3: АСТРОНОМЫ ОБРАБАТЫВАЮТ МНОГО ДАННЫХ

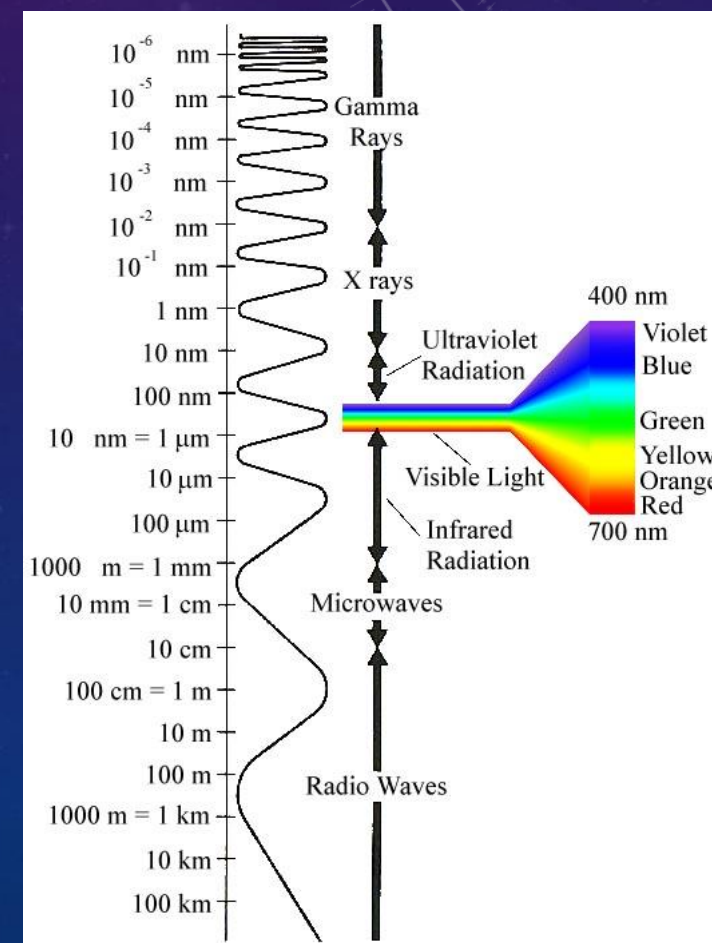
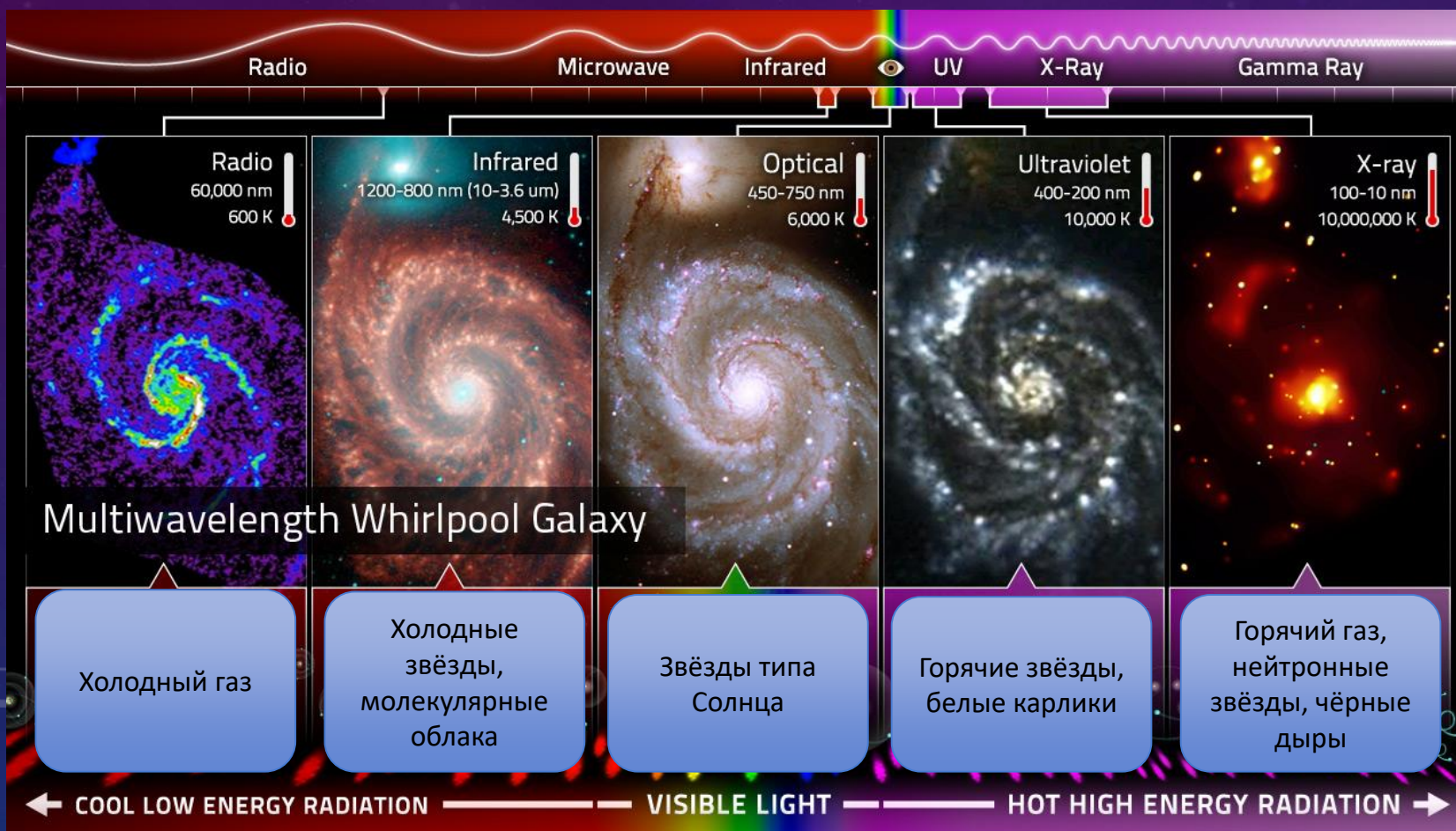
Среднестатистический астроном занят обработкой данных.

Изображения, которые вы видите, обычно являются итогом длительной и сложной обработки.



ФАКТ 4: АСТРОНОМИЯ СТАЛА ВСЕВОЛНОВОЙ

Наблюдения ведутся во всём диапазоне электромагнитного спектра: от радио до гамма-лучей.
А кроме того, наблюдаются нейтрино (и другие частицы) и гравитационные волны.



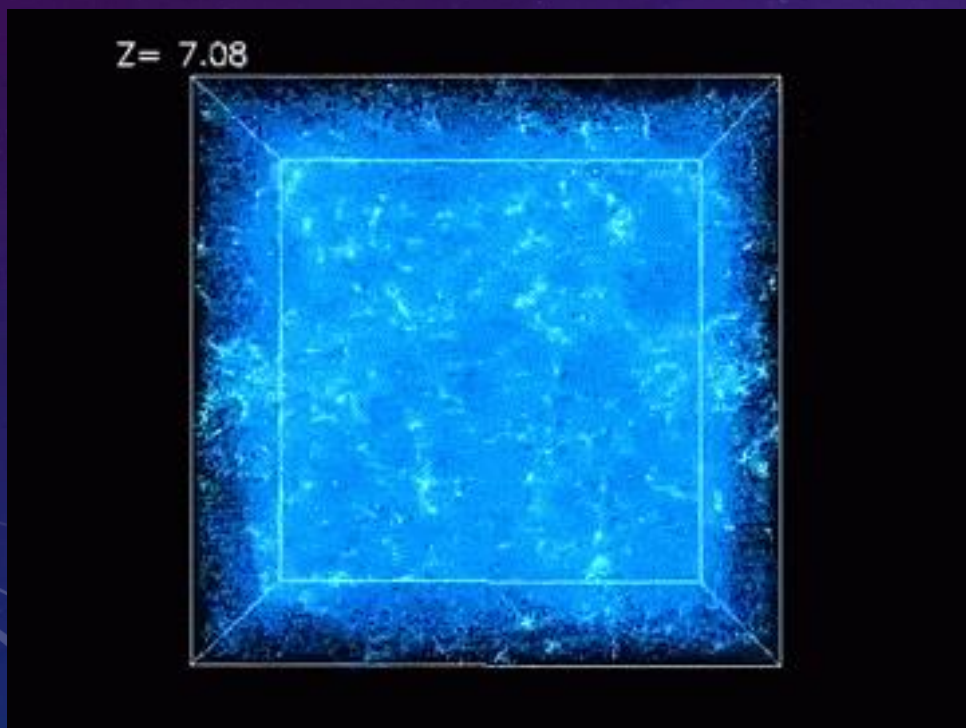
ФАКТ 5: НАБЛЮДАТЕЛЬ НЕ УПРАВЛЯЕТ ТЕЛЕСКОПОМ

Разумеется, космические эксперименты управляются дистанционно. Но и наземные все чаще управляются издалека. Кроме того, часто инструментом управляет команда инженеров, а астроном лишь описывается в заявке что и как наблюдать.



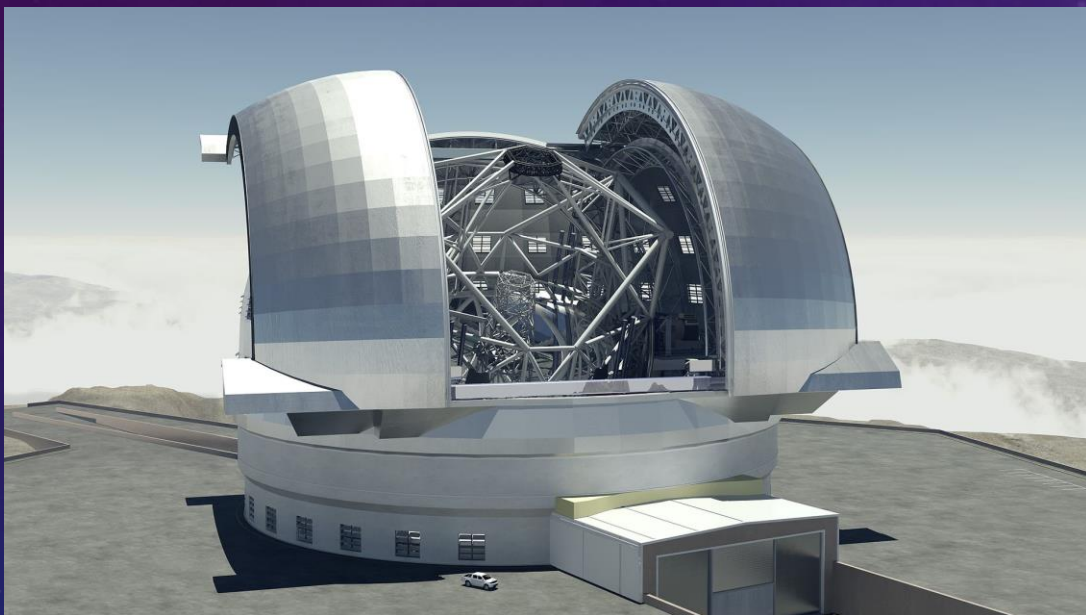
ФАКТ 6: АСТРОНОМЫ МНОГО СЧИТАЮТ

Астрономы считают на суперкомпьютерах. Многие астрономические задачи требуют колоссальных вычислительных ресурсов. Большинство тех задач, которые можно было решить лишь при помощи карандаша и бумаги были решены десятилетия назад.



ФАКТ 7: ИГРУШКИ У НАС ОБЩИЕ

Основные результаты получают на больших дорогих инструментах коллективного конкурсного использования.

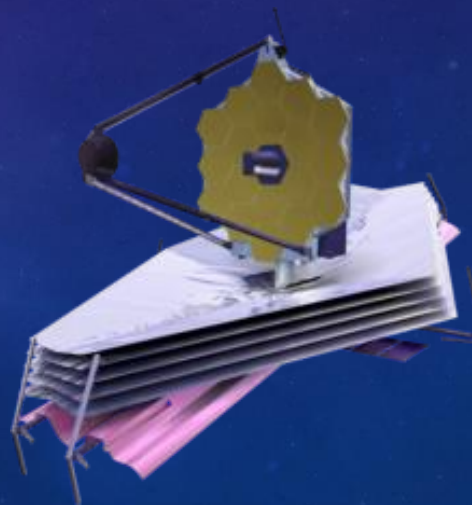


Extremely Large Telescope
(Европейская Южная Обсерватория)

Диаметр: 39.3 м

Стоимость: ~ \$2,000 М

Первый свет: 2027 г.



James Webb Telescope (NASA)

Диаметр: 6.5 м

Стоимость: ~ \$10,000 М

Первый свет: 2022 г.

ФАКТ 8: ДАННЫЕ ТОЖЕ ОБЩИЕ

Многие данные открыты. Крупные дорогие инструменты должны эффективно использоваться. Элемент соревновательности повышает эффективность, кроме того необходима перепроверка важных результатов независимыми исследователями.



<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/>

The CSIRO ASKAP Science Data Archive

Making data from CSIRO's Australian SKA Pathfinder (ASKAP) available to the world.

Access CASDA via the Data Access Portal

<https://research.csiro.au/casda/>

Data Archives and Catalogs

<https://sites.astro.caltech.edu/~jlc/astronomy/archives.html>

ТАКИЕ РАЗНЫЕ АСТРОНОМЫ

- Теоретик: Знает, почему звёзды светят. Хорошо разбирается в физике и математике.
- Наблюдатель: Знает, как измерить блеск звезды с высокой точностью. Хорошо разбирается в устройстве телескопа и понимает почему данные всегда с ошибками.
- Интерпретатор: Знает как понять, отвечают ли наблюдения модели и «что бы это значило по физике?». Неплохо разбирается в физике, математике, телескопах и статистике.
- Инженер: Знает, как сделать спектрограф и другие полезные приборы. Хорошо разбирается в электронике и оптике.
- Вычислитель: Знает, как решить сложную систему уравнений на компьютере. Неплохо разбирается в физике, математике и программировании.

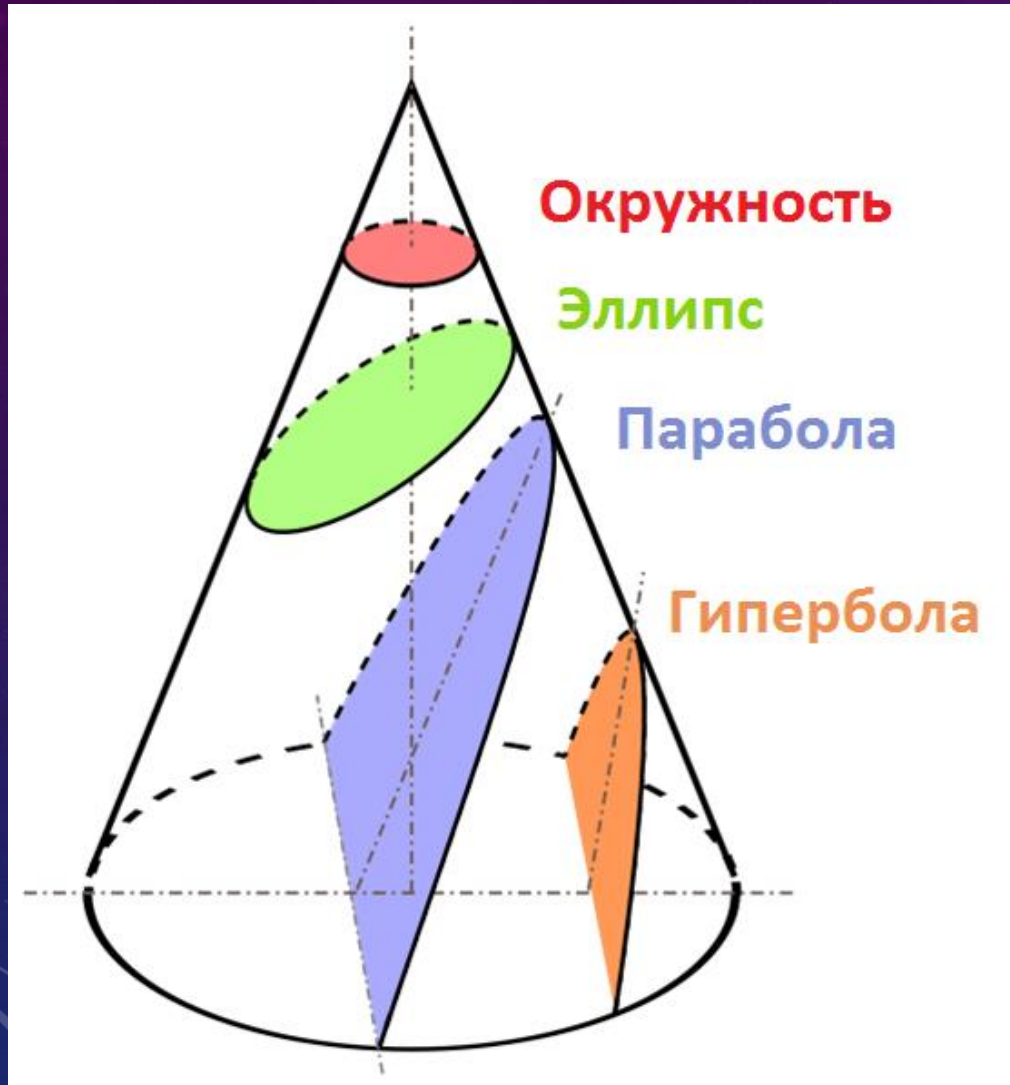
The background features a deep blue gradient with a starry space pattern. On the left side, there are several overlapping circular diagrams. One large diagram has a scale from 140 to 260 degrees. Other smaller diagrams show concentric circles and curved arrows, suggesting orbital paths or celestial mechanics.

НЬЮТОНОВА ТЕОРИЯ ТЯГОТЕНИЯ

(ТЕМА 1. АСТРОФИЗИКУ. ОСЕНЬ 2022/2023. ВШЭ)

АНТОН БИРЮКОВ, К.Ф.-М.Н.

КОНИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ



$$e = 0 \quad \Leftrightarrow \quad 2hc^2 = -(GM)^2 < 0$$

$$0 \leq e \leq 1 \quad \Leftrightarrow \quad -(GM)^2 \leq 2hc^2 \leq 0$$

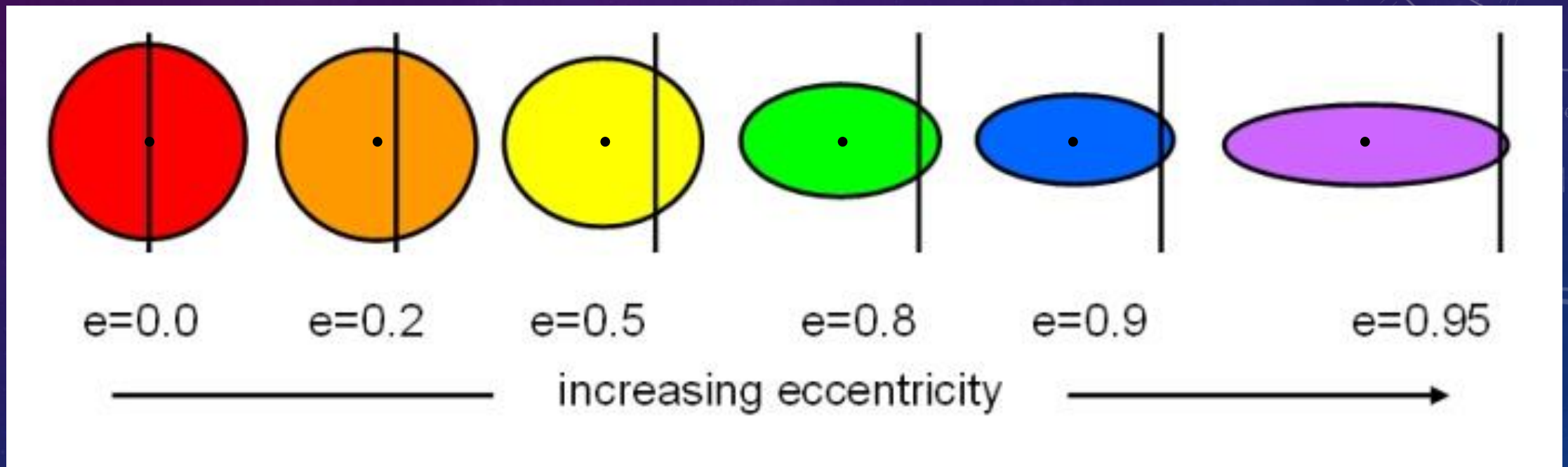
$$e = 1 \quad \Leftrightarrow \quad h = 0$$

$$e > 1 \quad \Leftrightarrow \quad h > 0$$

$$a(1 - e^2) = \frac{c^2}{GM}$$

$$e = \sqrt{1 + \frac{2hc^2}{(GM)^2}}$$

ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ

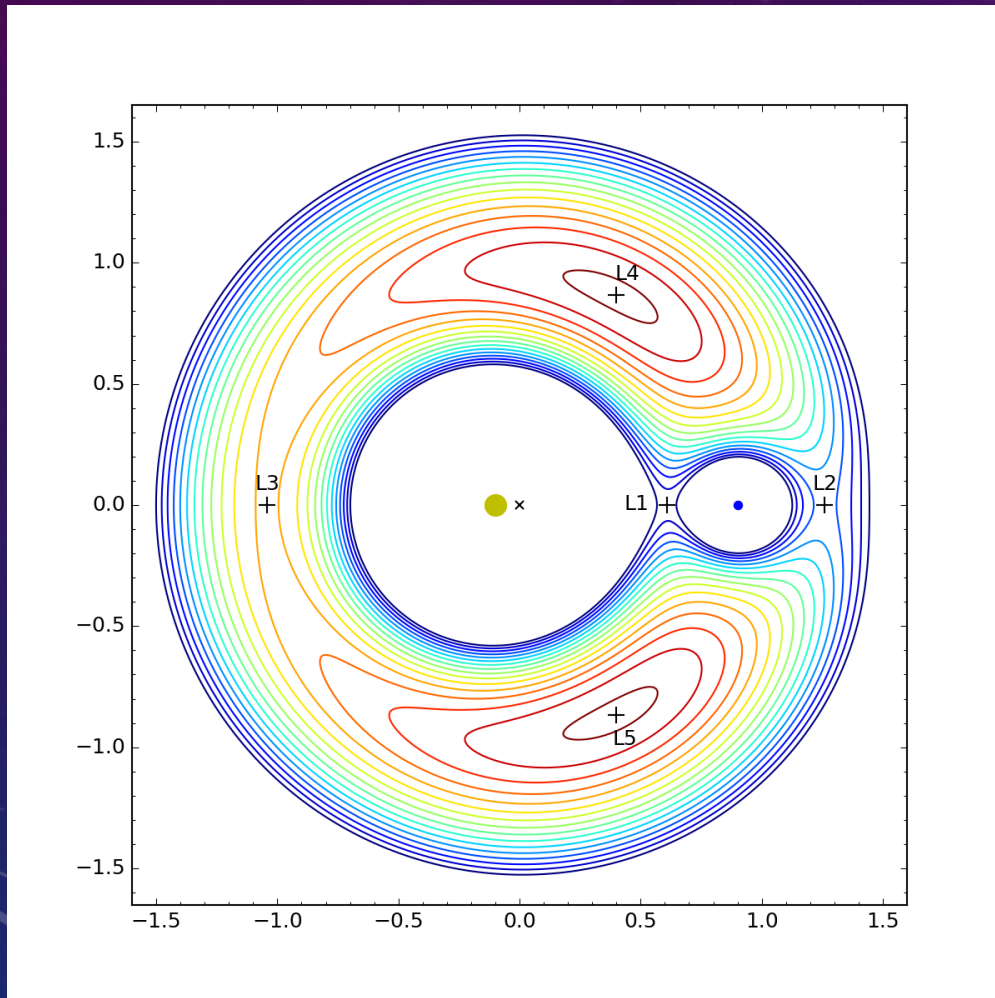
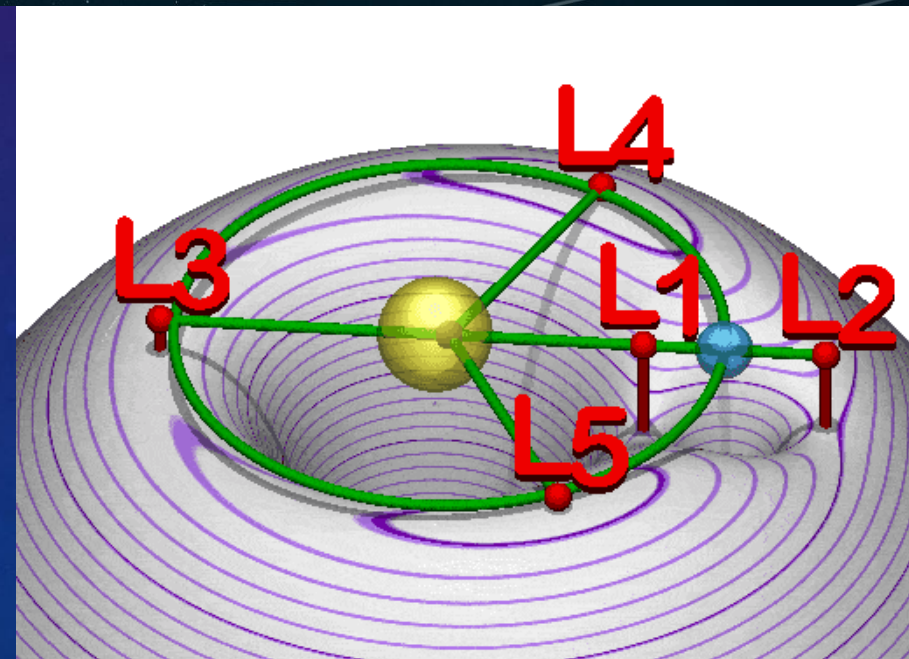
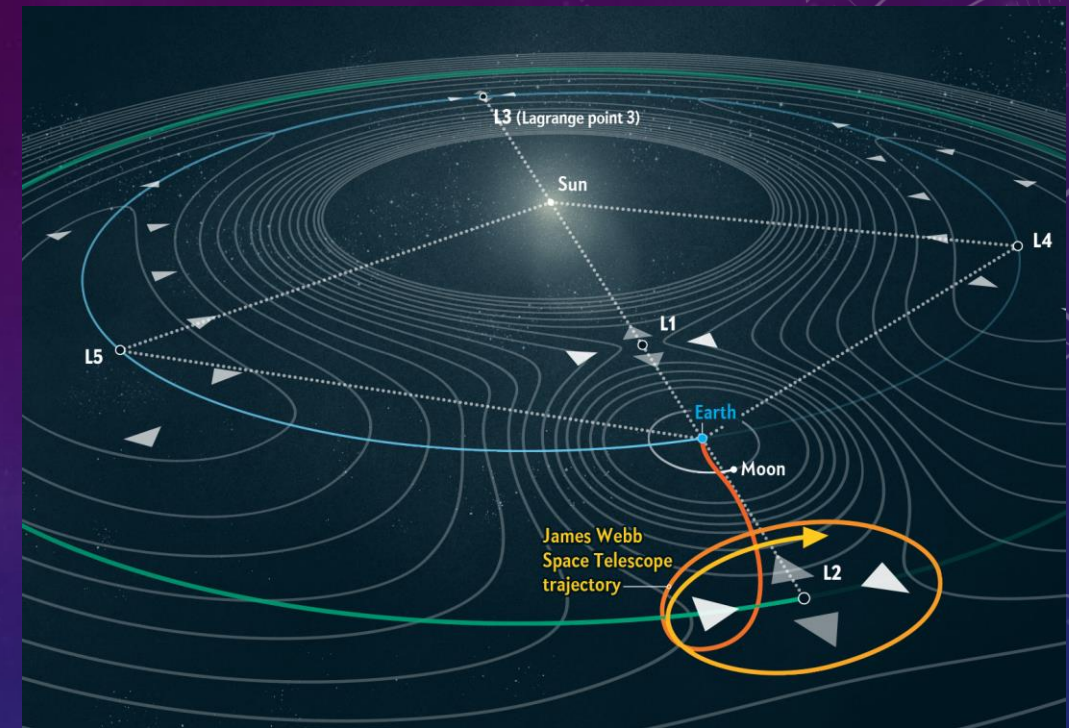


КЕПЛЕРОВЫ ПАРАМЕТРЫ

1. Большая полуось
2. Эксцентриситет
3. Долгота восходящего узла
4. Аргумент перигентра
5. Наклонение
6. Истинная аномалия



ТОЧКИ ЛАГРАНЖА

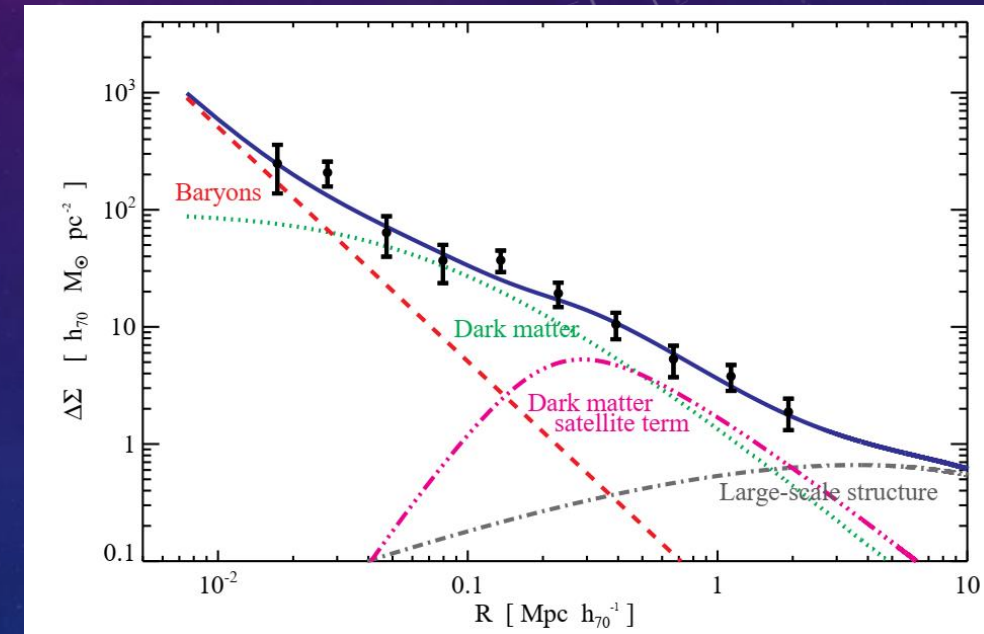


ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Пусть профиль плотности некой сферически-симметричной системы тел описывается степенным законом в виде $\rho(r) \propto r^{-\alpha}$.

(а) При каких значениях α такой профиль плотности имеет физический смысл?

(б) Как при этом будет зависеть круговая скорость $v(r)$ пробной частицы от расстояния r до центра системы?



arXiv:1001.1739