



# СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ШКОЛЬНОГО КУРСА АСТРОНОМИИ

профессор, д.ф.-м.н.  
ЗАСОВ Анатолий Владимирович

# Цель выступления:

- Поделиться соображениями о том, какие ключевые вопросы и ключевые темы должны составлять основу школьного курса астрономии

# Из резолюции Всероссийского совещания преподавателей естественных наук (г.Москва):

- Совещание находит, что **Астрономия**, разделяя со всеми естественными науками воспитательную и образовательную роль, имеет свое специальное высокое назначение: она формирует научное мировоззрение, представляет яркие образцы развития человеческой мысли и венчает собой реальное образование в средней школе.

**Москва, июнь 1917 г.**

## ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО ШКОЛЬНОГО КУРСА АСТРОНОМИИ

- знакомство с существующими научными представлениями об окружающем мире и о том, на чем они основаны
- объяснение непосредственно наблюдаемых всеми небесных явлений
- знакомство с космической деятельностью человечества.

# Особенности и сложности курса астрономии

- Большое количество новых понятий при малом объеме отводимых часов
- Быстро развивающаяся наука требует от учителя быть в курсе современных достижений и уметь прокомментировать их
- Другой стиль изложения материала по сравнению с физикой
- Возможность раскрыть содержание вопросов на различном по глубине уровне в зависимости от подготовки и мотивации школьников

# Нужна ли «астрономия для всех»?

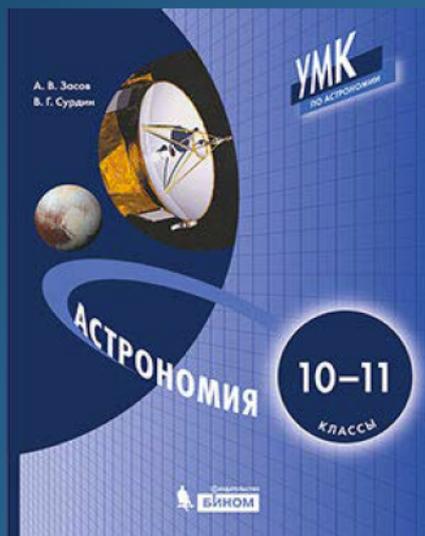
- Астрономия –это, прежде всего, мировоззренческий курс. Он формирует отношение человека к научному познанию мира, и к возможности его практического использования этих знаний сейчас или в будущем.
- Астрономия стимулирует любознательность и интерес к естественным наукам
- Школьная астрономия тесно связана с физикой (космос как физическая лаборатория), хотя и не сводится к ней.

# История. Важнейшие физические открытия на основе наблюдений астрономических источников излучения

- Открытие закона всемирного тяготения (17 век)
- Открытие конечности скорости света и её измерение (17 век)
- Открытие существования излучений, не воспринимаемых глазом (1800 г – инфракрасное излучение Солнца)
- Обнаружение отклонения лучей света в сильном гравитационном поле (1918 год и позднее)
- Первое открытие античастицы (позитрона) (1932г, космические лучи)
- Доказательство существования природных источников термоядерной энергии (2-я пол. XX в., Солнце и звезды)
- Проверка предсказаний квантовой механики и ОТО (20-й век: постоянство скорости света от быстрых источников, вырожденный электронный газ в звездах, замедление времени в гравитационном поле Солнца и звезд  $b$   $h$ /)
- Регистрация гравитационных волн и измерение их скорости распространения (2015-2017)

## УМК «АСТРОНОМИЯ. 10-11 КЛАСС»

А.В. ЗАСОВ, В.Г. СУРДИН.



Учебное пособие разработано в соответствии с авторской программой курса астрономии и программой, утверждённой Министерством образования и науки РФ.

В пособии освещаются исторический путь развития астрономии, её современные возможности и решаемые задачи, а также быстро развивающаяся космическая деятельность человека.

Особое внимание уделяется описанию природы астрономических объектов и созданию физической картины мира.

Пособие включает вопросы для самопроверки, а также разноуровневые задачи и задания, выполняя которые учащиеся могут привлекать информационные интернет-технологии. Приложение содержит таблицы данных о планетах, их спутниках, о созвездиях и звёздах

По результатам научной, педагогической и общественной экспертиз 2017-2018 г. получены положительные заключения на все компоненты линии.

УМК ПО АСТРОНОМИИ ДЛЯ 10-11 КЛАССОВ А.В. ЗАСОВА, В.Г. СУРДИНА

Цель, которую ставили авторы :

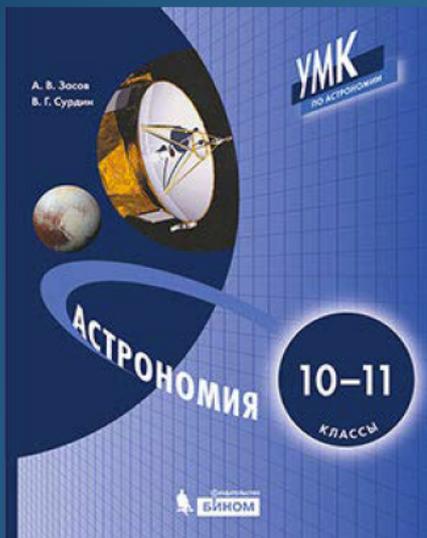
- Создать учебник научно грамотный, содержательный, интересный, базируясь на том уровне знаний, который соответствует 10 классу (с возможностью более глубокого знакомства с предметом)

В учебнике астрономии выделяются следующие основные *содержательные линии*:

- Объяснение видимых невооружённым глазом астрономических явлений (видимые движения небесных тел, затмения, метеоры, и др).
- Астрономические методы изучения космических объектов;
- Космонавтика как быстро развивающаяся сфера человеческой деятельности
- Тела солнечной системы и их природа;
- Физическая природа Солнца и звёзд, и их эволюция;
- Строение и эволюция Вселенной, пространственно-временные масштабы исследуемой области Вселенной.

# АСТРОНОМИЯ. 10-11 КЛАСС

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНИКА



Формат: 70×90/16  
Страниц: 304

### ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ГЛАВА 1. Астрономия: её задачи и возможности</b> . . . . .	3
1. Чем занимается астрономия . . . . .	4
2. Этапы развития астрономии . . . . .	11
3. Космическая деятельность человечества . . . . .	16
4. Пространственные масштабы изучаемой Вселенной . . . . .	26
Основные выводы к главе 1 . . . . .	31
Задания и упражнения . . . . .	33
<b>ГЛАВА 2. Видимые движения небесных тел</b> . . . . .	35
5. Небо дневное и ночное . . . . .	36
6. Соевездия и астеризмы . . . . .	38
7. Карта звёздного неба . . . . .	42
8. Наблюдаемые движения звёзд, планет, Солнца и Луны . . . . .	46
9. Системы небесных координат . . . . .	56
10. Время и календарь . . . . .	62
11. Движение планет . . . . .	71
12. Затмения Луны и Солнца . . . . .	75
Основные выводы к главе 2 . . . . .	79
Задания и упражнения . . . . .	79
<b>ГЛАВА 3. Движение космических тел под действием сил гравитации</b> . . . . .	81
13. Геоцентрическая система мира . . . . .	82
14. Система Коперника . . . . .	85
15. Движение планет вокруг Солнца. Законы Кеплера . . . . .	88
16. Закон всемирного тяготения . . . . .	90
17. Орбиты космических тел . . . . .	91
18. Небесная механика и орбиты космических аппаратов . . . . .	96
Основные выводы к главе 3 . . . . .	101
Задания и упражнения . . . . .	102
<b>ГЛАВА 4. Солнечная система</b> . . . . .	103
19. Общий обзор Солнечной системы . . . . .	104
20. Планеты-карлики и малые тела Солнечной системы . . . . .	132

298

#### Условные обозначения, рубрики

- Материал повышенной сложности
- ★ Задания повышенной сложности
- Работаем с дополнительным источником информации

21. Метеоры, метеориты и астероидная опасность . . . . .	142
22. Экзопланеты . . . . .	148
Основные выводы к главе 4 . . . . .	155
Задания и упражнения . . . . .	155
<b>ГЛАВА 5. Методы астрономических исследований</b> . . . . .	157
23. Типы астрономических измерений . . . . .	158
24. Телескопы . . . . .	160
25. Шкала электромагнитных волн . . . . .	168
26. Внеатмосферные астрономические наблюдения . . . . .	170
27. Спектральный анализ . . . . .	172
Основные выводы к главе 5 . . . . .	175
Задания и упражнения . . . . .	176
<b>ГЛАВА 6. Солнце и звёзды</b> . . . . .	177
28. Солнце как звезда . . . . .	178
29. Атмосфера Солнца и солнечный ветер . . . . .	183
30. Солнечная активность . . . . .	189
31. Звёзды как газовые шары . . . . .	193
32. Строение звёзд . . . . .	201
33. Эволюция Солнца и звёзд . . . . .	209
34. Переменные звёзды . . . . .	221
Основные выводы к главе 6 . . . . .	228
Задания и упражнения . . . . .	229
<b>ГЛАВА 7. Галактики</b> . . . . .	231
35. Наша Галактика — Млечный Путь . . . . .	232
36. Движение звёзд и вращение Галактики . . . . .	238
37. Межзвёздная среда и формирование звёзд . . . . .	241
38. Многообразие галактик . . . . .	255
Основные выводы к главе 7 . . . . .	268
Задания и упражнения . . . . .	269
<b>ГЛАВА 8. Эволюция Вселенной</b> . . . . .	271
39. Необратимые изменения во Вселенной . . . . .	272
40. Распирение Вселенной . . . . .	273
41. Модели расширяющейся Вселенной . . . . .	277

299

42. Фоновое электромагнитное реликтовое излучение . . . . .	281
43. Далёкое прошлое Вселенной . . . . .	283
Основные выводы к главе 8 . . . . .	286
Задания и упражнения . . . . .	287
Приложение . . . . .	288

# Особенности предлагаемого учебника

- Не совсем стандартна структура изложения материала;
- Выделены части текста, предназначенные «для любознательных», в них перенесено основное количество формул;
- Увеличен объём материала, касающегося астрономических методов изучения небесных тел и космических исследований;
- Ссылки на интернет-сайты для более подробного знакомства с темой.
- В конце каждого раздела формируются:  
Основные выводы, Задания и упражнения, Задачи;
- Большое количество оригинальных иллюстраций.

# Сравнение содержания учебников

ТЕМА	Объем в учебнике Засова, Сурдина в % к общему объему	Объем в уч-ке В.М.Чаругина в % к общему объему
Введение, история	5	4
Космические исследования, космонавтика	4	1 
Сфера, видимые движения неб.тел, затмения, время, календарь.	16	10 
Тяготение, траектории движения	4	6
Приборы и методы	6	3 
Солнечная система	18	18 
Галактика, межзв. среда	8	4 
Галактики	4.5	5
Космология	5	6

## Условные обозначения, рубрики

- Материал повышенной сложности
- \* Задания повышенной сложности
- ➔ Работаем с дополнительным источником информации

# 1

глава

## Астрономия: её задачи и возможности



1.

— Чем занимается астрономия

2.

— Этапы развития астрономии

3.

— Космическая деятельность человечества

4.

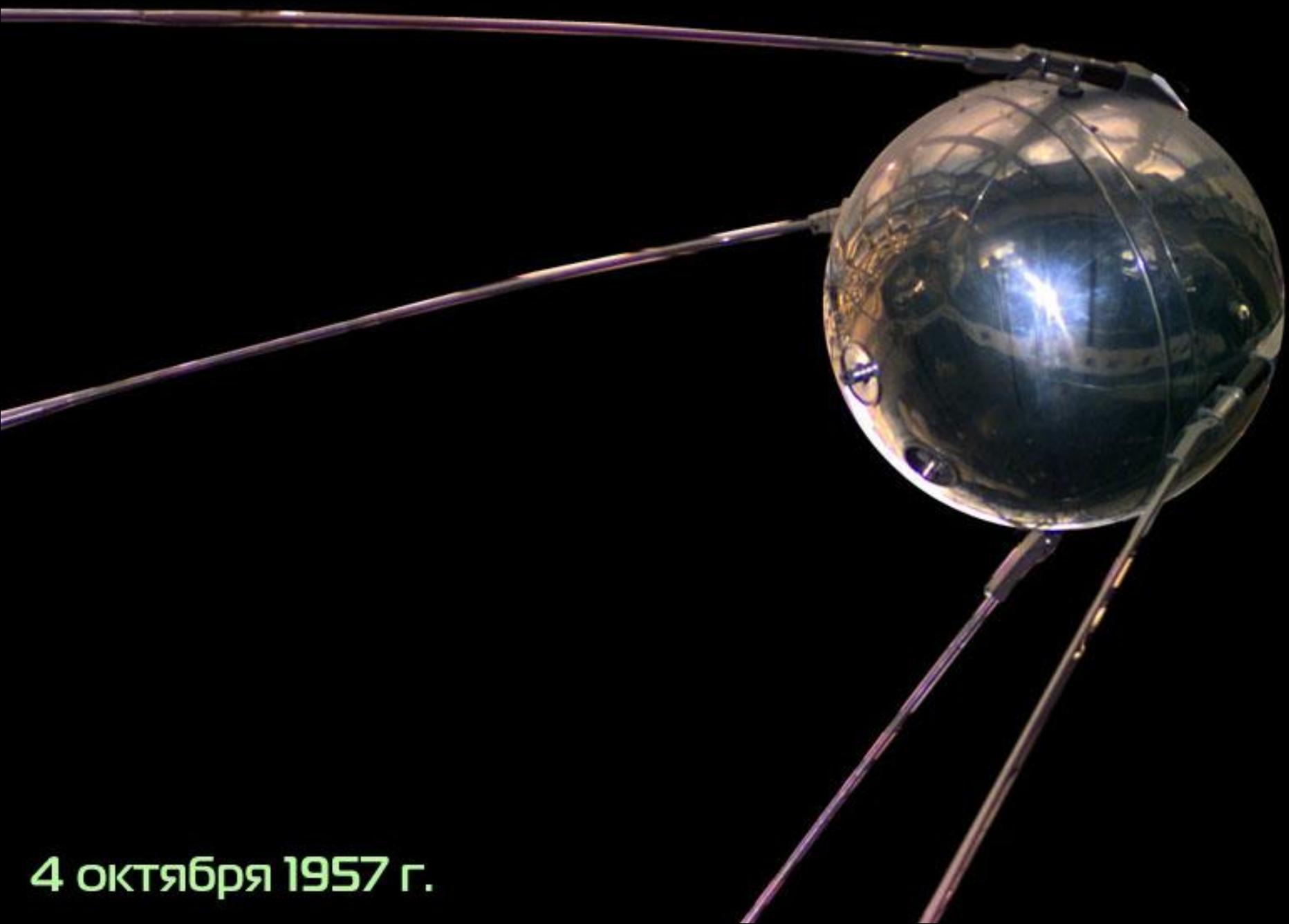
— Пространственные масштабы изучаемой Вселенной

*Эти важные темы  
сконцентрированы в первой главе*

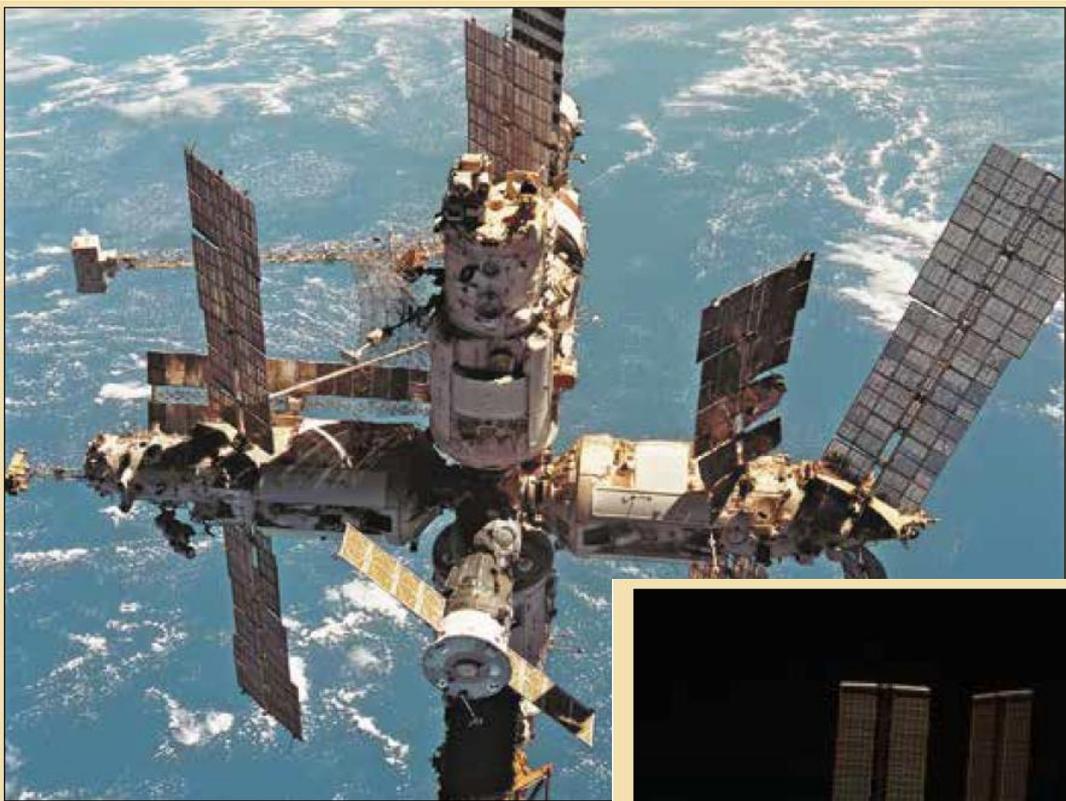
- **Что мы видим на небе**
- **Как зарождалась астрономия**
- **Влияние астрономии на развитие цивилизации**
- **Цели и задачи современной астрономии**
- **Этапы развития астрономии**
- **Космическая деятельность**

**Человечества**

- **Пространственные масштабы изучаемой Вселенной**



4 октября 1957 г.



**ГДЕ НАЧИНАЕТСЯ КОСМОС?**

**ПОЧЕМУ КОСМОНАВТЫ РАБОТАЮТ  
НА ВЫСОТАХ НИЖЕ 500 КМ?**

Рис. 16. Орбитальная станция «Мир» (СССР/Россия) с борта космического корабля Space Shuttle Endeavour.

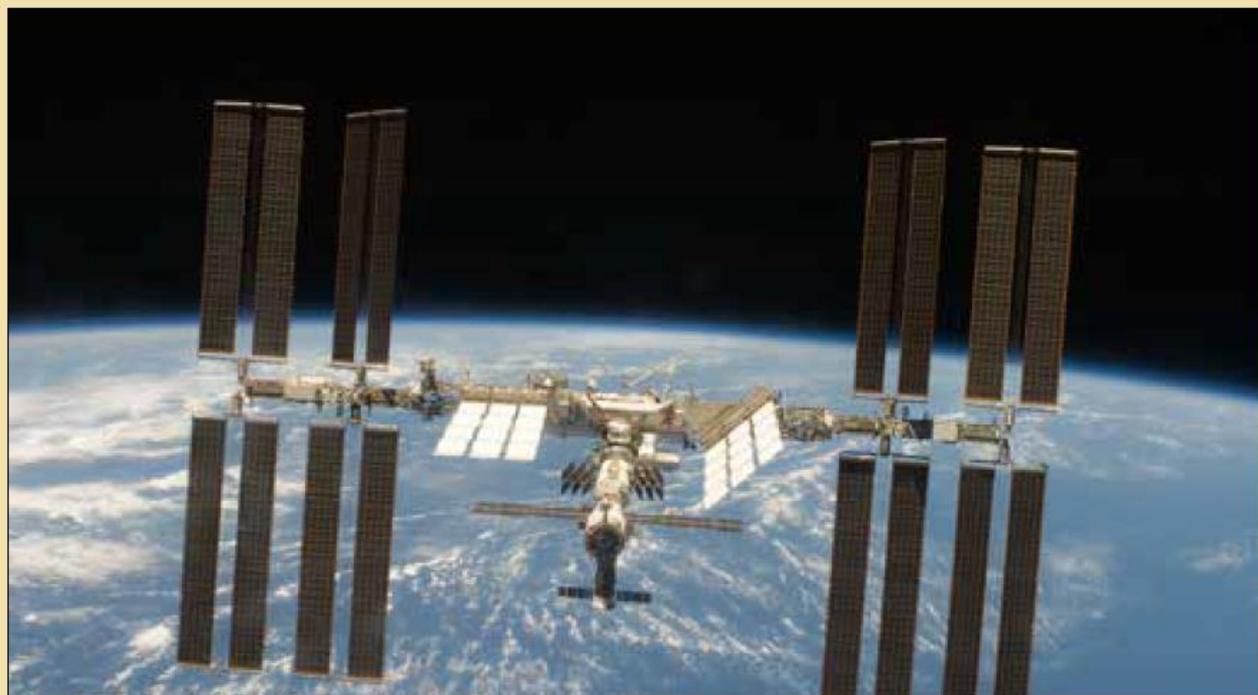


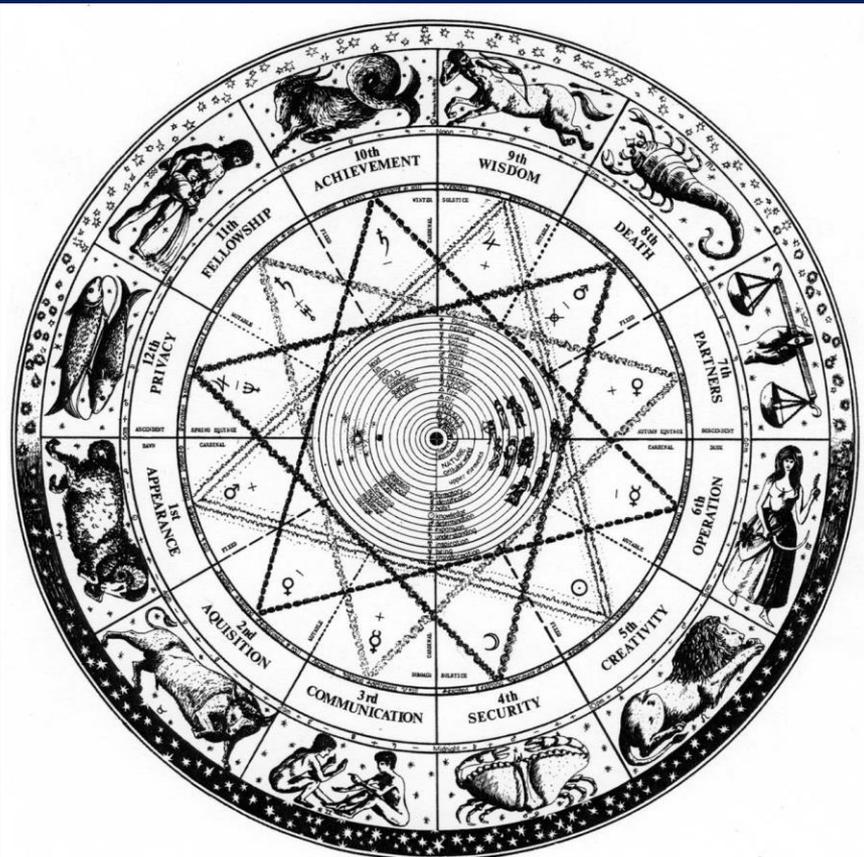
Рис. 18. Международная космическая станция над Землёй. Фото получено с борта космического корабля Space Shuttle *Discovery* (NASA) в 2011 г.

# Прикладные задачи, решаемые с помощью астрономии:

- Навигационные системы (ГЛОНАСС), создание инерциальной системы координат (в т.ч. в оборонных целях)
- Космический мониторинг земной поверхности и океанов, в т.ч. сельхоз-угодий, лесов, ледников, полярных льдов)
- Космический мониторинг состояние атмосферы и облачного покрова, прогнозирование погоды и атмосферных явлений
- Солнечно-космическая погода, уровень радиации , возмущения магнитного поля
- Астероидная опасность
- Земля как планета, сравнительная планетология

# Астрология – наука?

Она дошла до наших дней,  
раздробившись на различные  
«ШКОЛЫ»



# Астрология – архаичный, но очень любопытный элемент культуры

- Тысячелетия назад именно астрология заложила основы науки о движениях звёзд и планет: античной астрономии.
- С точки зрения современного естествознания, астрология — пустоцвет, мыльный пузырь, лишённый рационального содержания.
- Но она имеет прямое отношение к психологии человека, к его сознательной или подсознательной вере в высшие силы, правящие миром, и в этом причина ее живучести.

- В завершении первой главы –  
пространственные масштабы Вселенной

# Задача

Если все масштабы уменьшить так, что Земля станет размером с небольшой глобус диаметром 30 см, то как далеко от Земли в этом масштабе окажется

- Луна?
- Солнце?
- Марс в противостоянии?
- Ближайшая к Солнцу звезда?
- Ближайшая спиральная галактика (туманность Андромеды)?

# РЕШЕНИЕ

- *Масштаб:*

*30 см:13тыс км , или примерно 1 : 40 млн*

Ответ

На карте расстояние составит:

*До Луны – около 10 м*

*До Солнца – около 4 км*

*До Марса – от 1.5 до 9 км*

*До Нептуна – около 110 км*

*До системы альфа Кентавра – около 1 миллиона км.*

*До туманности Андромеды – около 30 тыс. астрон.ед.*

# 2

глава

## Видимые движения небесных тел

5. — Небо дневное и ночное

6. — Созвездия и астеризмы

7. — Карта звёздного неба

8. — Время и календарь

9. — Движение планет

10. — Наблюдаемые движения  
звёзд, планет, Солнца  
и Луны

11. — Затмения Луны  
и Солнца

12. — Системы небесных  
координат

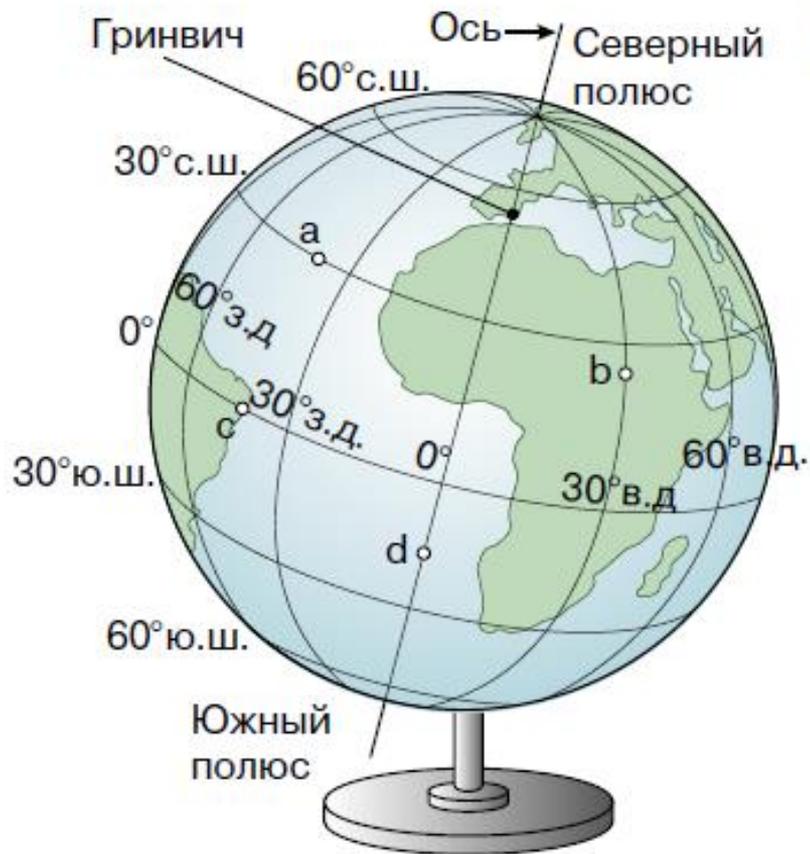
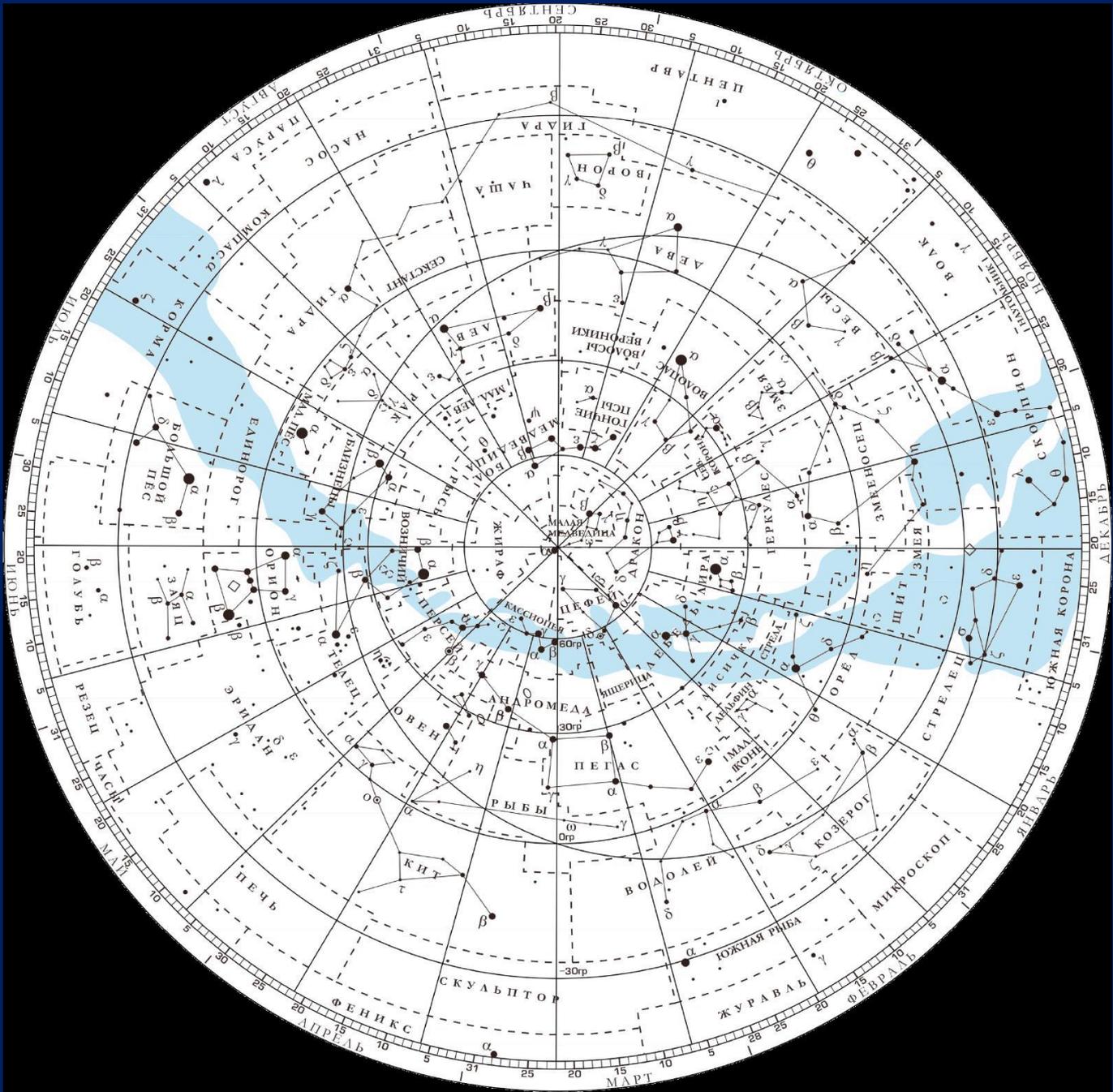


Рис. 48. Система небесных экваториальных координат построена по аналогии с географическими координатами



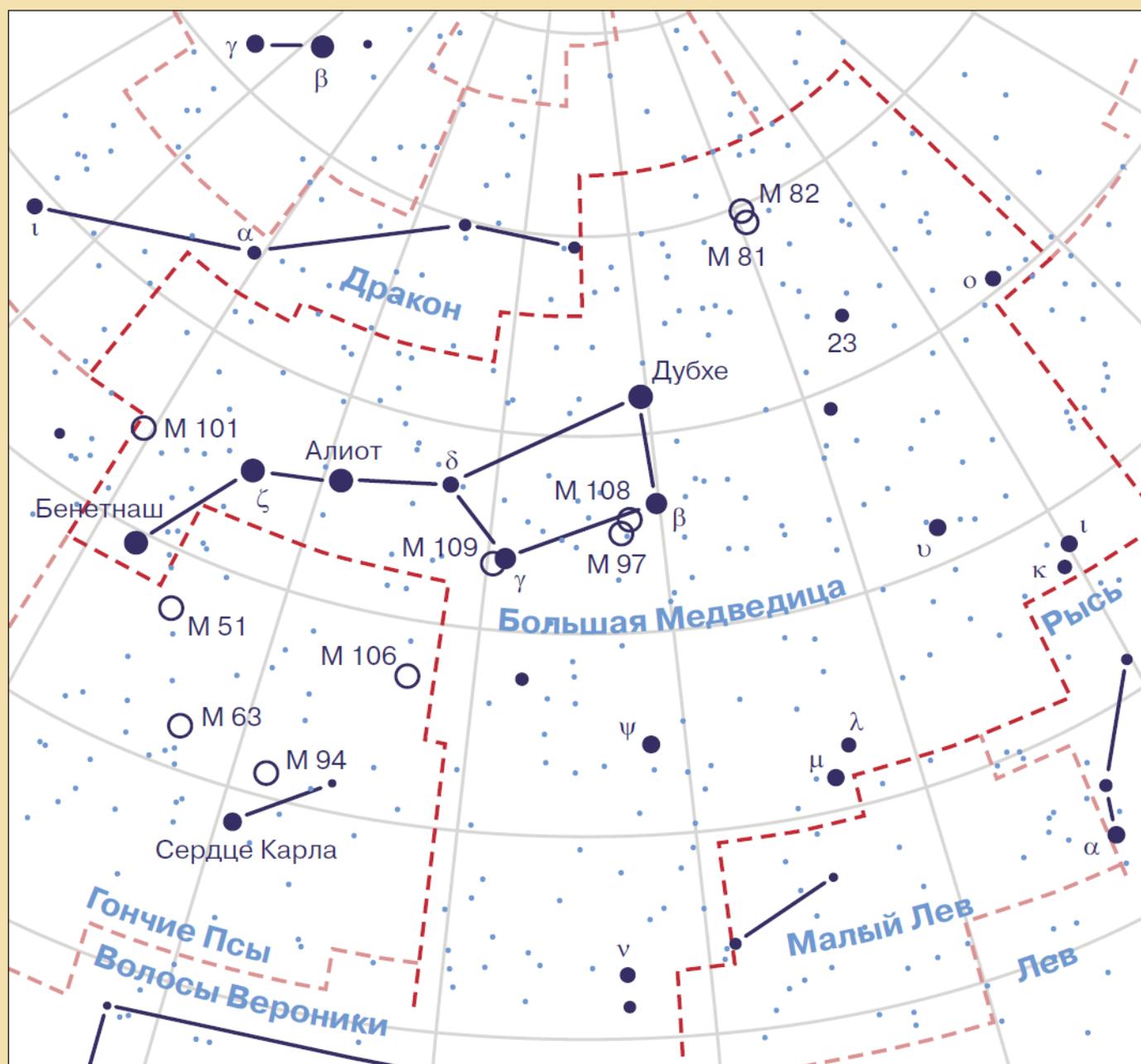
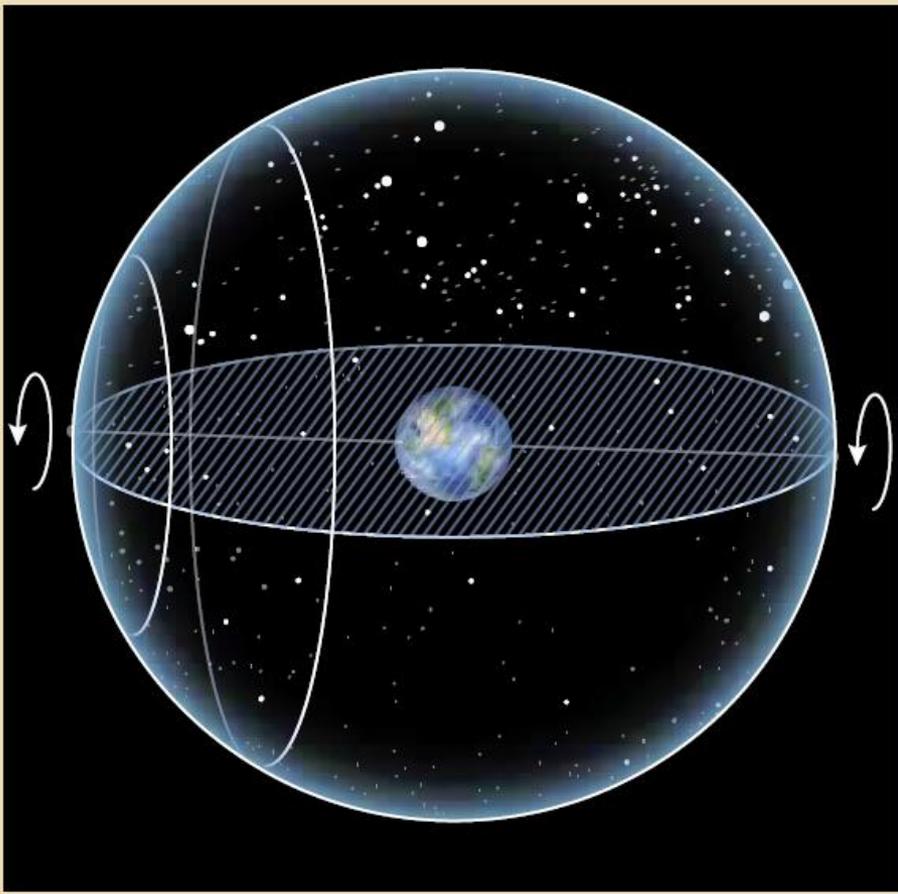
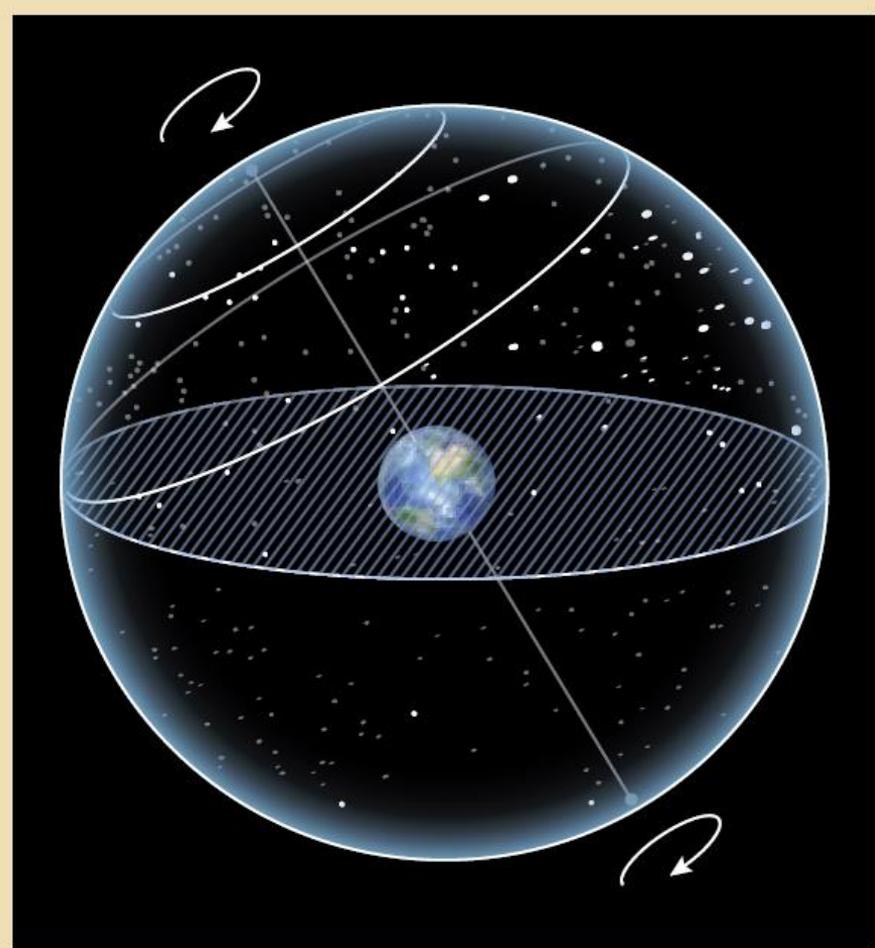


Рис. 16. Созвездие *Большая Медведица*. Красным пунктиром показаны его границы с соседними созвездиями



**Рис. 37.** Видимое движение небесной сферы для наблюдателя на экваторе Земли



**Рис. 38.** Видимое движение небесной сферы для наблюдателя в средних широтах



Рис. 35. В Северном полушарии небесная сфера вращается вокруг Полярной звезды, а Ковши могут служить своеобразными стрелками «звёздных часов»

# 3

глава

## Движение космических тел под действием сил гравитации

13. — Геоцентрическая  
система мира

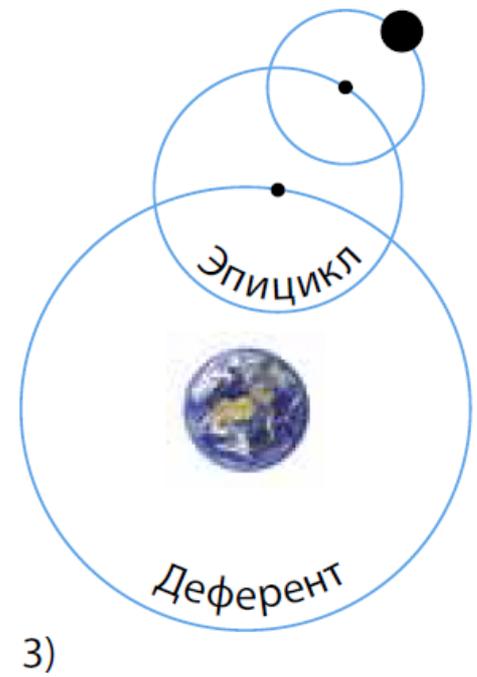
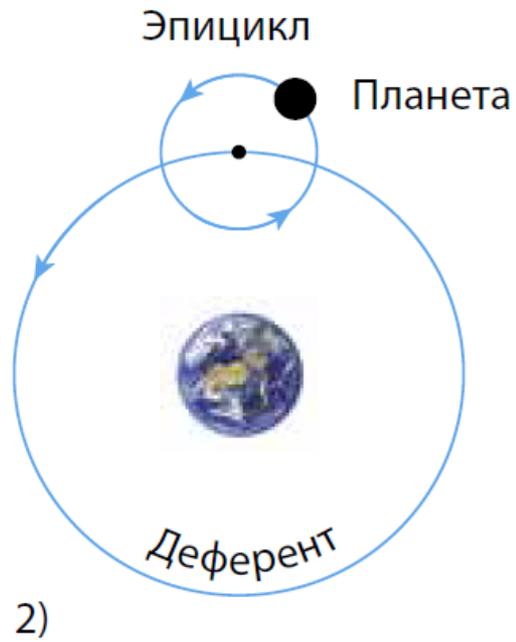
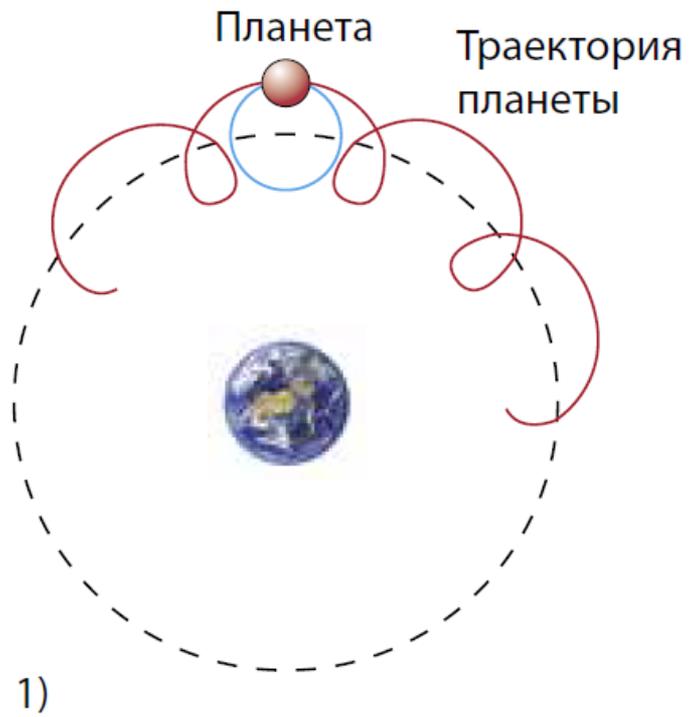
14. — Система  
Коперника

15. — Движение планет  
вокруг Солнца.  
Законы Кеплера

16. — Закон всемирного  
тяготения

17. — Орбиты  
космических тел

18. — Небесная механика  
и орбиты космических  
аппаратов



Почему гелиоцентрическая модель долго вызывала если не враждебное, то скептическое отношение к себе?

- Потому что Земля оказывалась не в центре Мира
- Потому что не было НИ ОДНОГО прямого аргумента в пользу этой теории. Она упрощала представления о движении планет, но это могло быть лишь математическим приемом.

Доказательства появились позднее

*Годичная абберрация света звезд была обнаружена в 1727г (Джеймс Брэдли). (в учебнике этого нет)*

*Звездные параллаксы были измерены ещё через сто лет, в 19 в*

# Ньютон: вывел математически формы траектории для двух гравитирующих тел

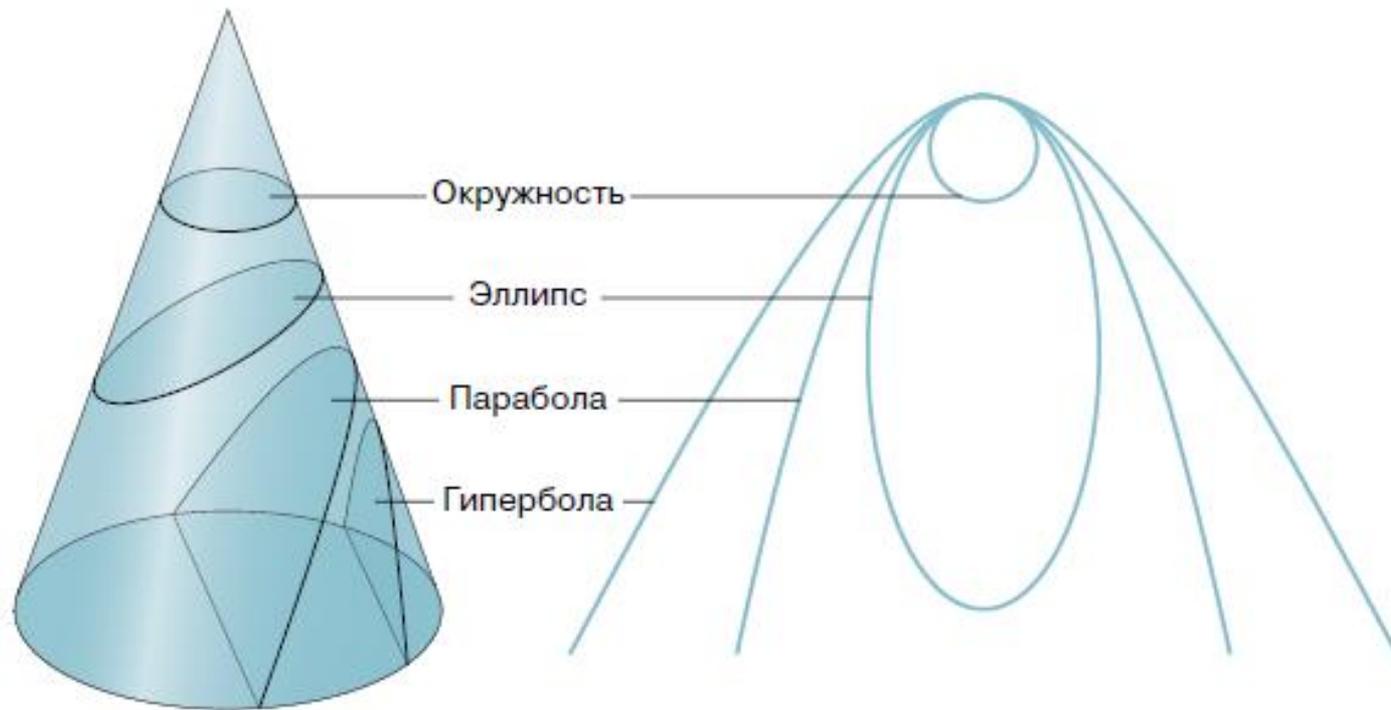


Рис. 70. Сечения конуса — возможные орбиты небесных тел

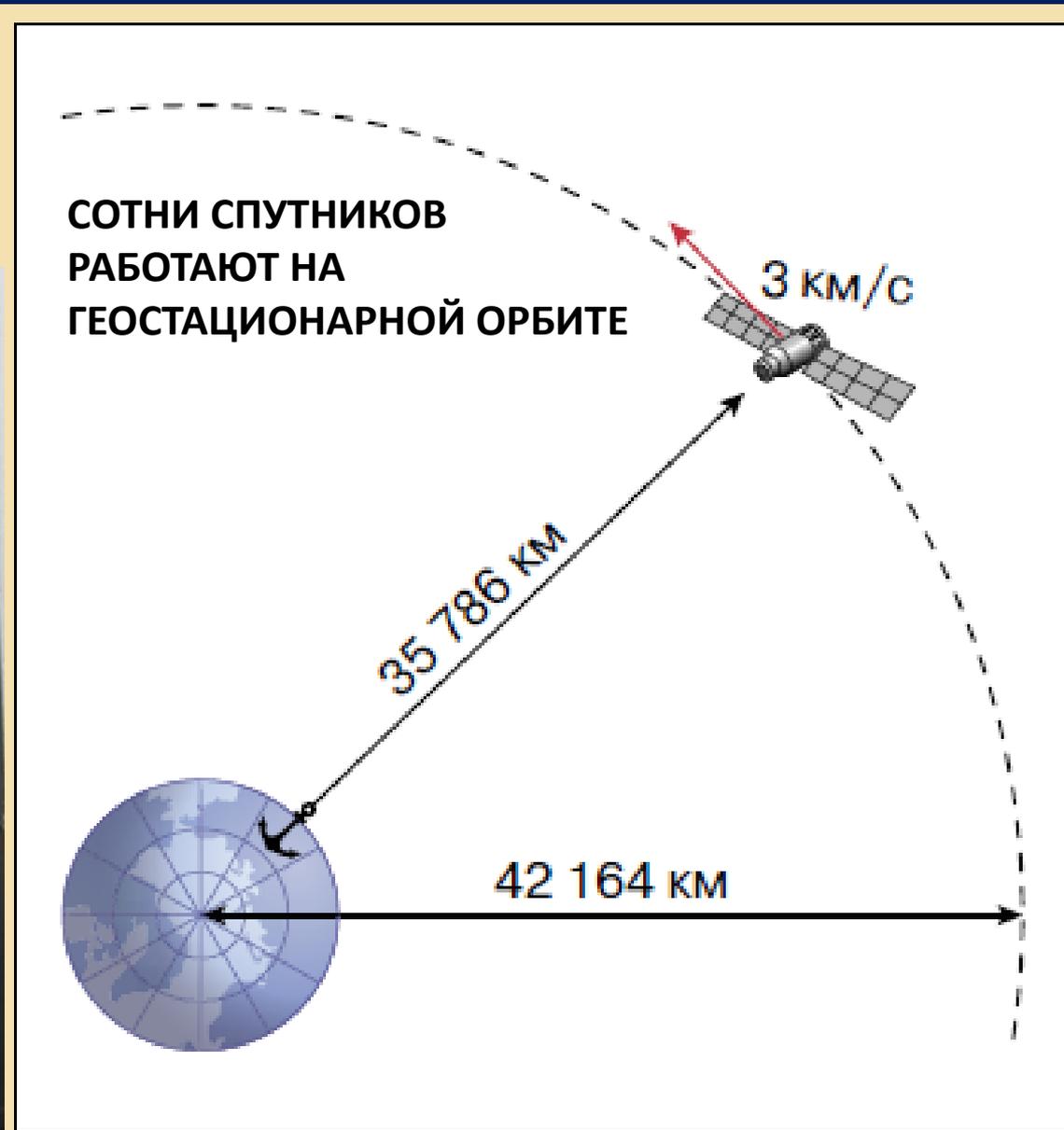


Рис. 75. Геостационарная орбита

# Иллюстрация к применению расчетов в небесной механике:

- Открытие Нептуна
- Полеты к телам солнечной системы
- Принцип работы космических навигаторов

# 4

глава

## Солнечная система



19.

— Общий обзор  
Солнечной системы

20.

— Планеты-карлики и малые  
тела Солнечной системы

21.

— Метеоры, метеориты  
и астероидная опасность

22.

— Экзопланеты

Юпитер



Сатурн



Уран



Нептун



Земля



Венера



Марс



Меркурий



Плутон

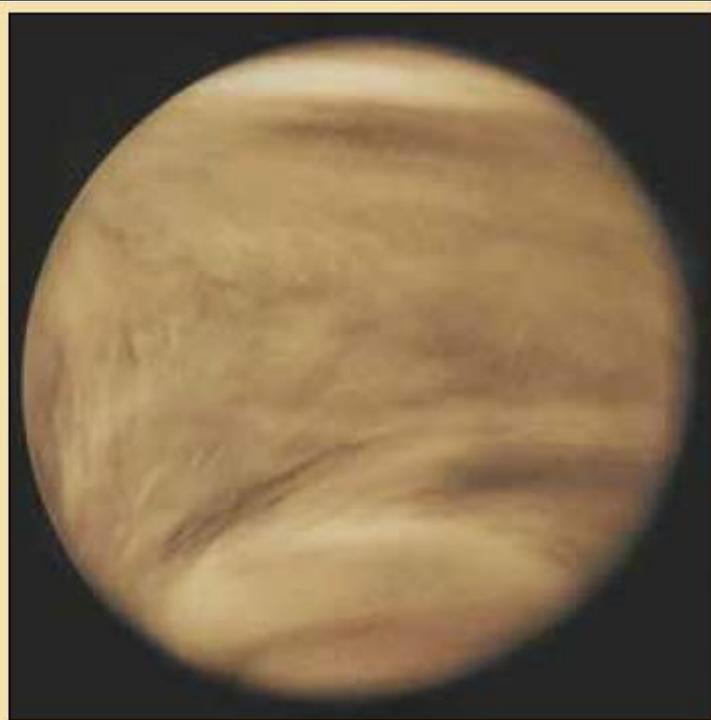


Рис. 93. Поверхность Венеры в месте посадки аппарата «Венера-13» (СССР)

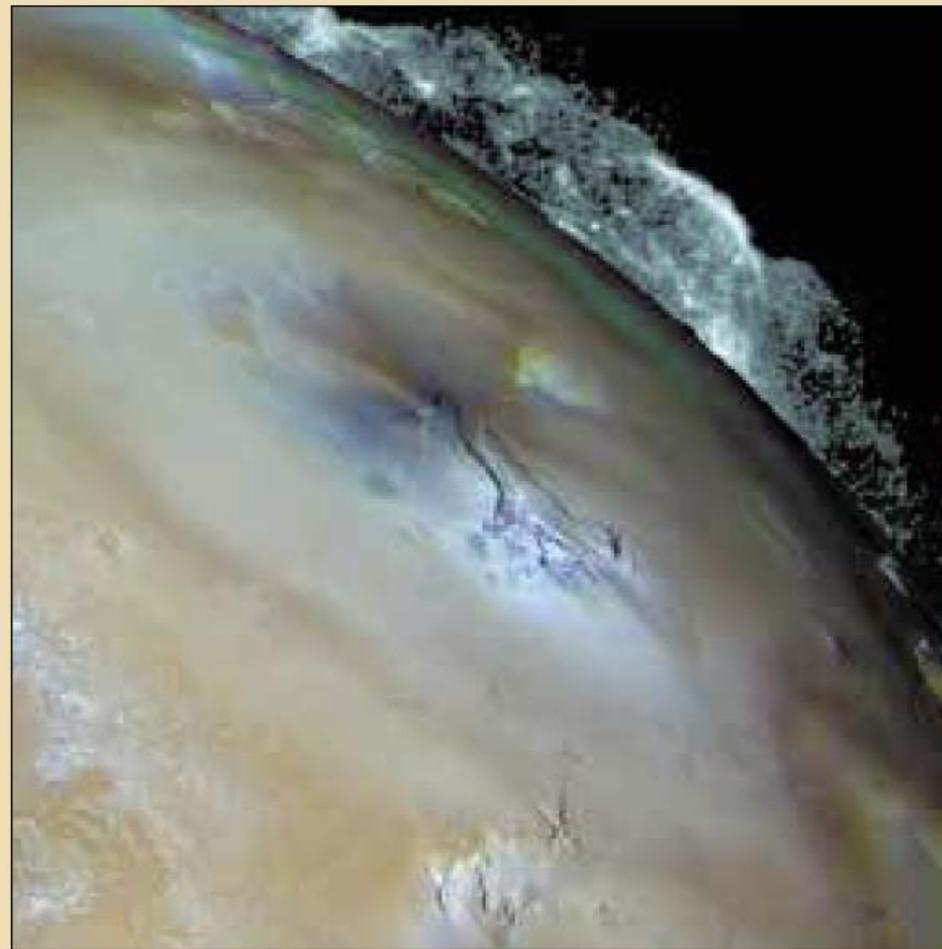


Рис. 97. Слева: спутник Юпитера Ио. Справа: Извержение одного из вулканов на Ио, скрытого за горизонтом. Газы и лава выбрасываются на высоту в сотни километров. Фото зонда «Галилео» (NASA)



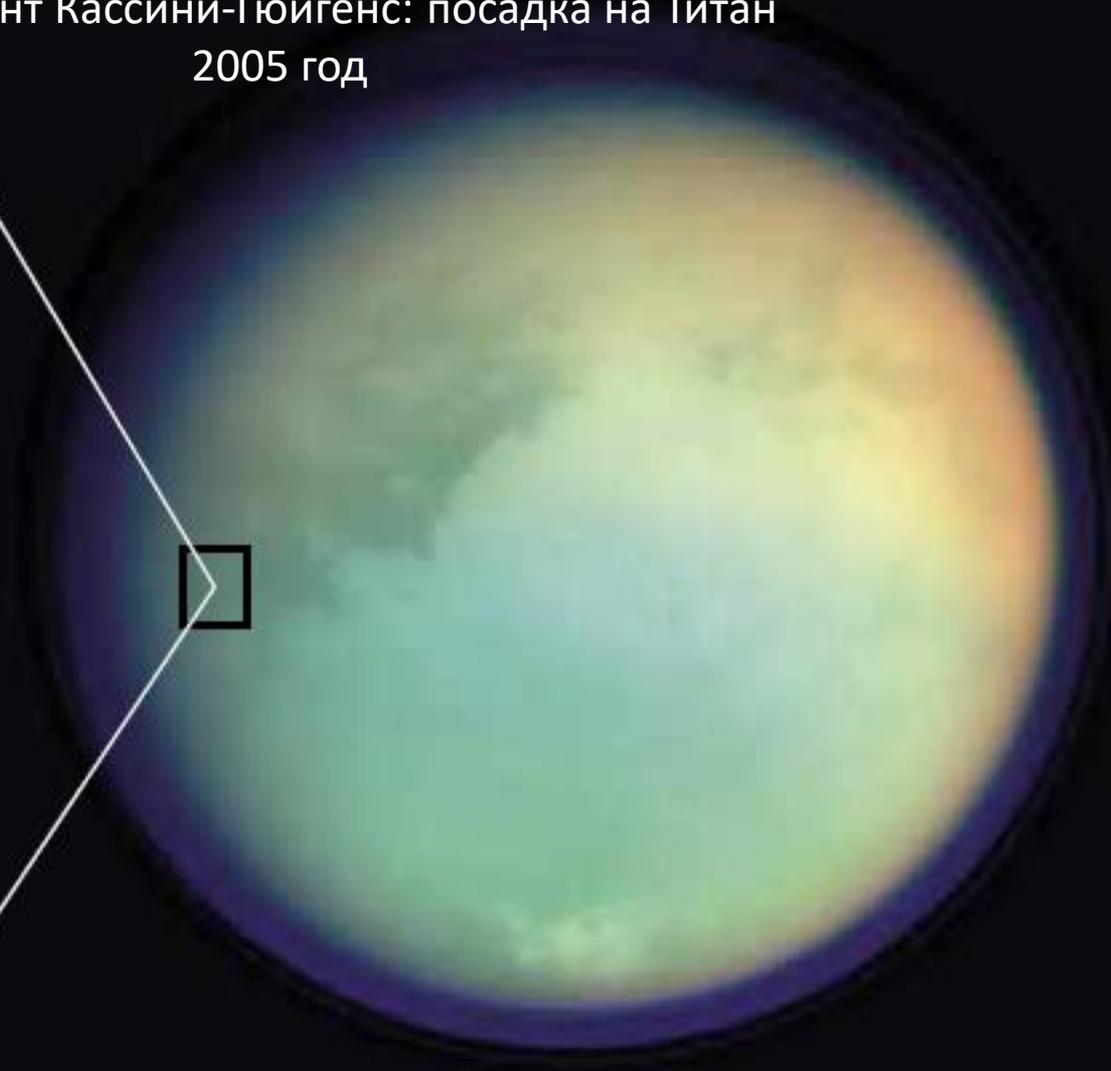
Рис. 99. Сравнительные размеры Земли, Титана и Меркурия.  
Все три изображения реальные

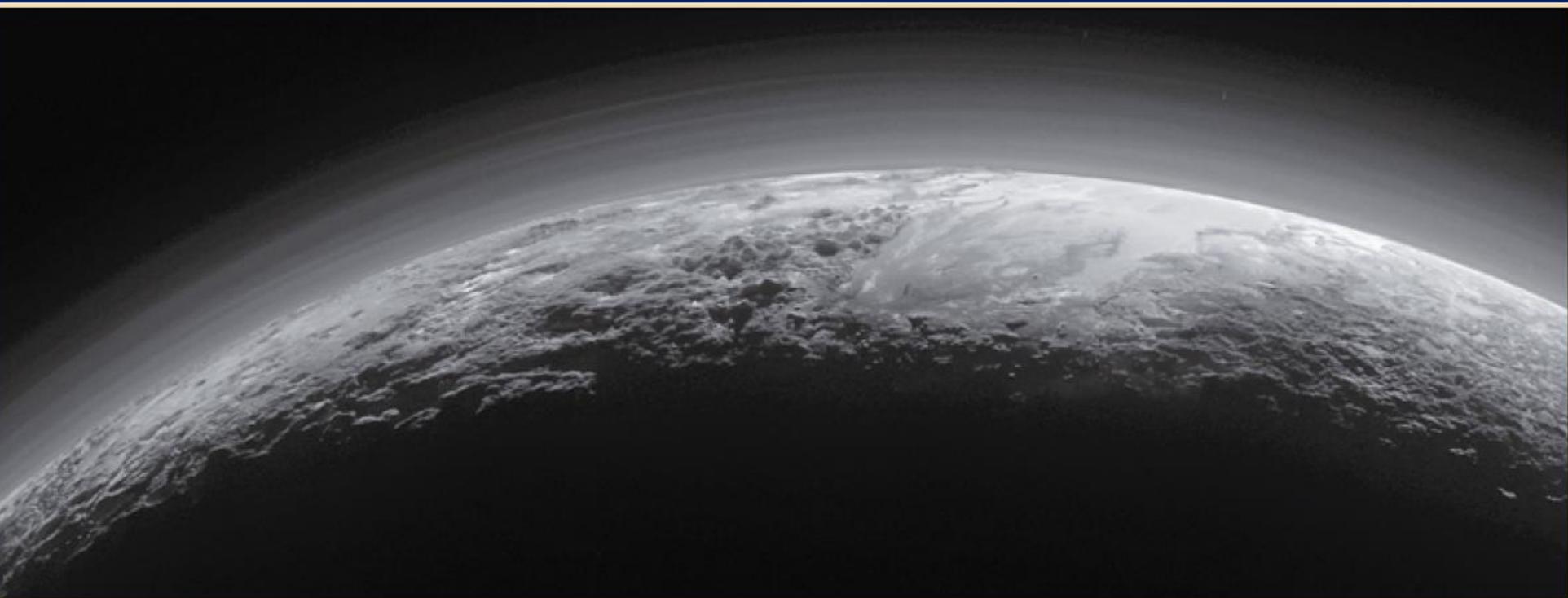
Эксперимент Кассини-Гюйгенс: посадка на Титан  
2005 год



3 м

1 м





**Рис. 105.** Закат Солнца на Плутоне чётко выявляет наличие у него атмосферы, которая имеет сложную слоистую структуру. На снимке можно различить около 20 слоёв. Фото зонда «Новые горизонты»

### Влияние парникового эффекта, $\Delta T$ (К)

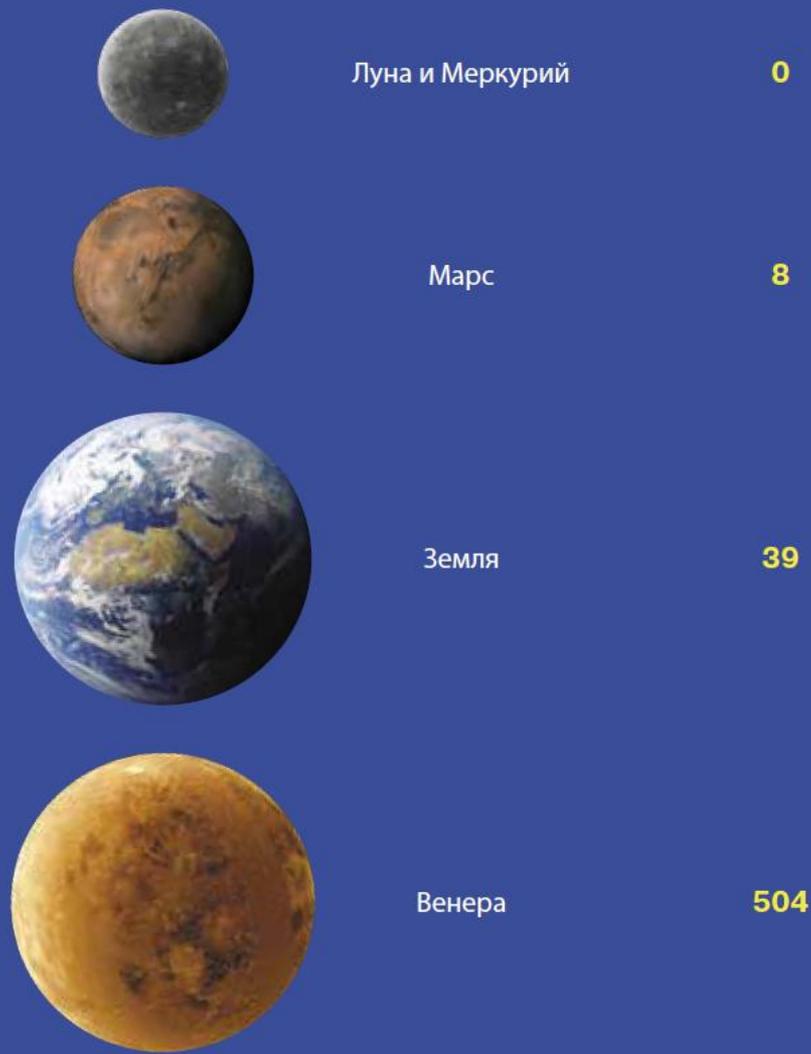


Рис. 91. Повышение температуры на поверхности планет земной группы, вызванное парниковым эффектом

# АСТЕРОИДНАЯ ОПАСНОСТЬ



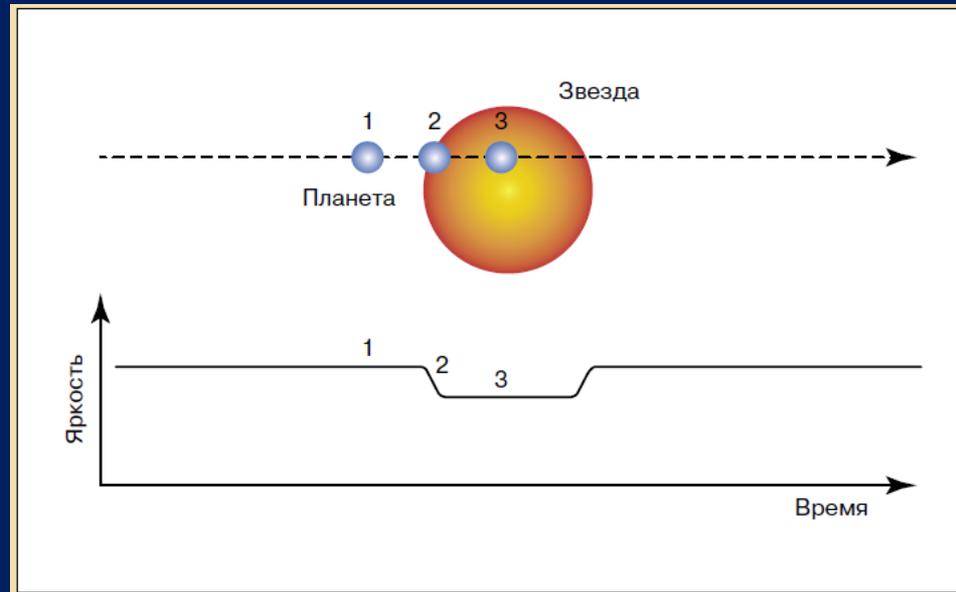
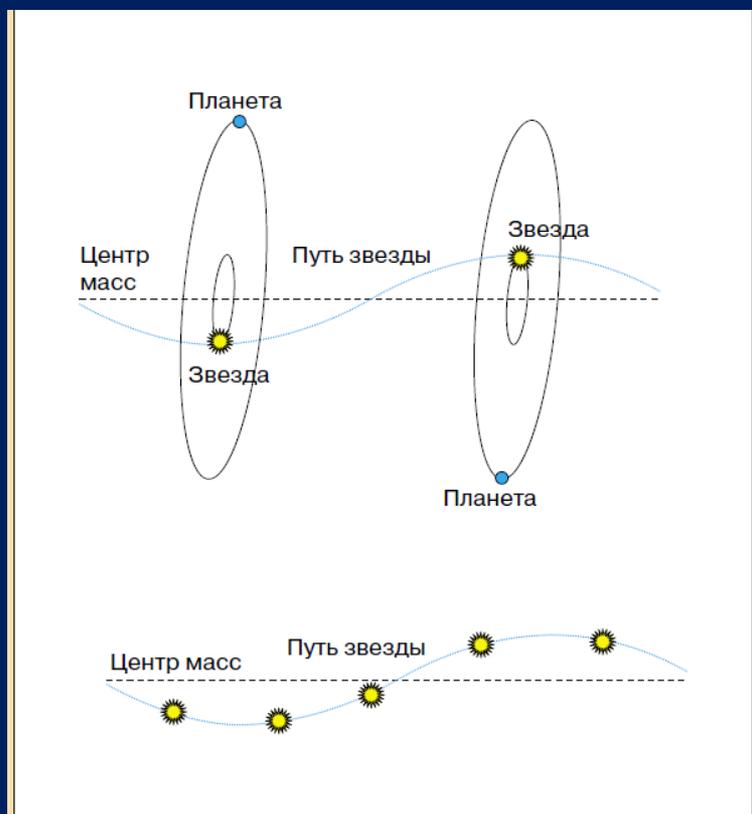
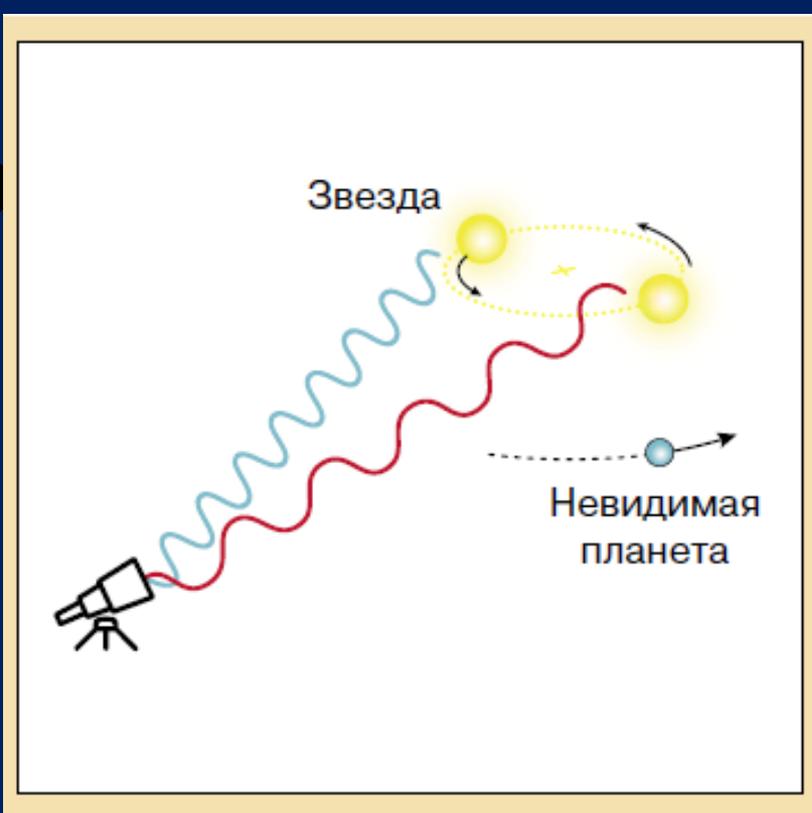
**Потенциально опасными астероидами** называют астероиды диаметром не меньше 100—150 м, которые в обозримом будущем могут (с некоторой вероятностью) подойти к Земле на расстояние, меньшее или равное  $1/20$  а. е., или 7,5 млн км. Таких астероидов существует несколько тысяч, их стремятся найти и отслеживать их движение.

# АСТЕРОИДНАЯ ОПАСНОСТЬ

- *Размер 10-20 м* Возможны жертвы при падении в густо населённых областях (раз в неск.десятилетий)
- *Размер ~ 100-200 м.* Локальная катастрофа (раз в неск.тысяч лет)
- *Размер ~ 1 км.* Глобальное воздействие (загрязнение атмосферы, цунами, наводнения, активизация вулканов) (раз в сто тыс.лет)
- *Размер ~10 км.* Глобальная катастрофа, массовое вымирание (раз в десятки млн лет)

# ЭКЗОПЛАНЕТЫ: Три метода обнаружения

Тр



# 5

глава

## Методы астрономических исследований



- 23. — Типы астрономических измерений
- 24. — Телескопы
- 25. — Шкала электромагнитных волн
- 26. — Внеатмосферные астрономические наблюдения
- 27. — Спектральный анализ

0,0001 нм 0,01 нм 10 нм 1000 нм 0,01 см 1 см 1 м 100 м

Гамма-лучи

Рентген

УФ

Инфракрасный

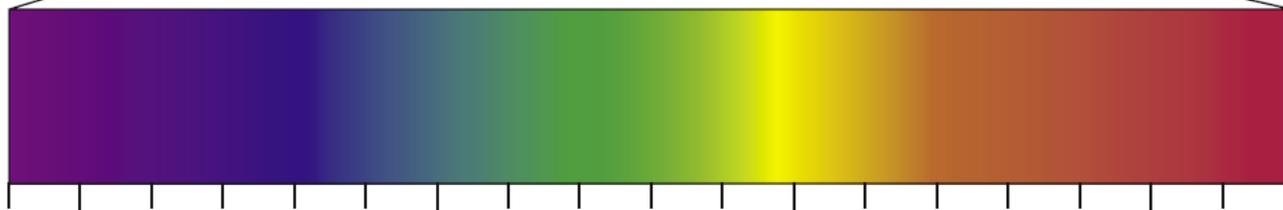
Радиоволны

Радар ТВ

FM

AM

Видимый свет



400 нм

500 нм

600 нм

700 нм

Фиолетовый

Синий

Голубой

Зелёный

Жёлтый

Оранжевый

Оранжево-красный

Красный

Малиновый

# 6

глава

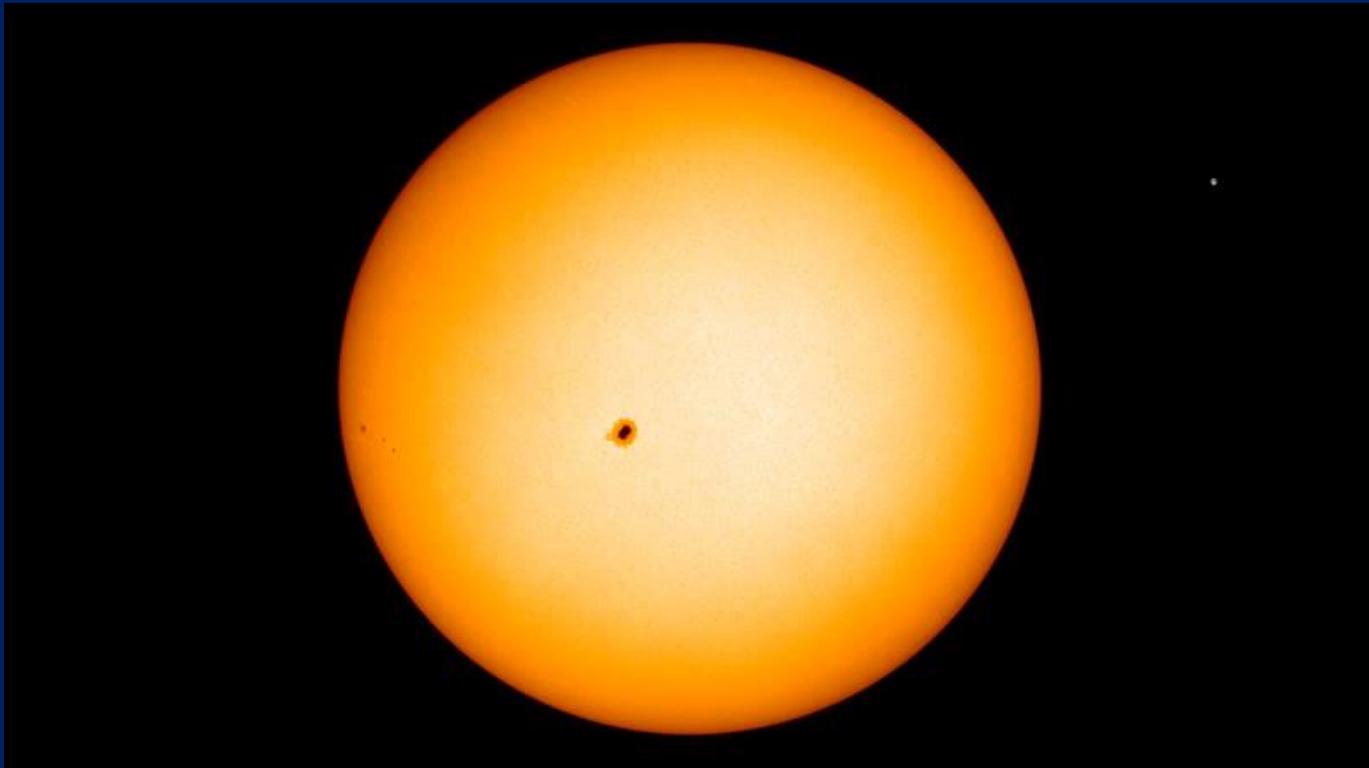
## Солнце и звёзды

- 28. — Солнце как звезда
- 29. — Атмосфера Солнца и солнечный ветер
- 30. — Солнечная активность
- 31. — Звёзды как газовые шары
- 32. — Строение звёзд
- 33. — Эволюция Солнца и звёзд
- 34. — Переменные звёзды

Узловая тема школьного курса астрономии и наиболее наглядный пример переплетения школьной физики и астрофизики

— это --

**Солнце : процессы на поверхности и в его недрах**



# Используемые понятия из курса физики

- Спектр
- Газовые законы
- Плазма
- Магнитные поля
- Электродинамика
- Термодинамика
- Температура и излучение
- Элементарные частицы
- Термоядерные реакции

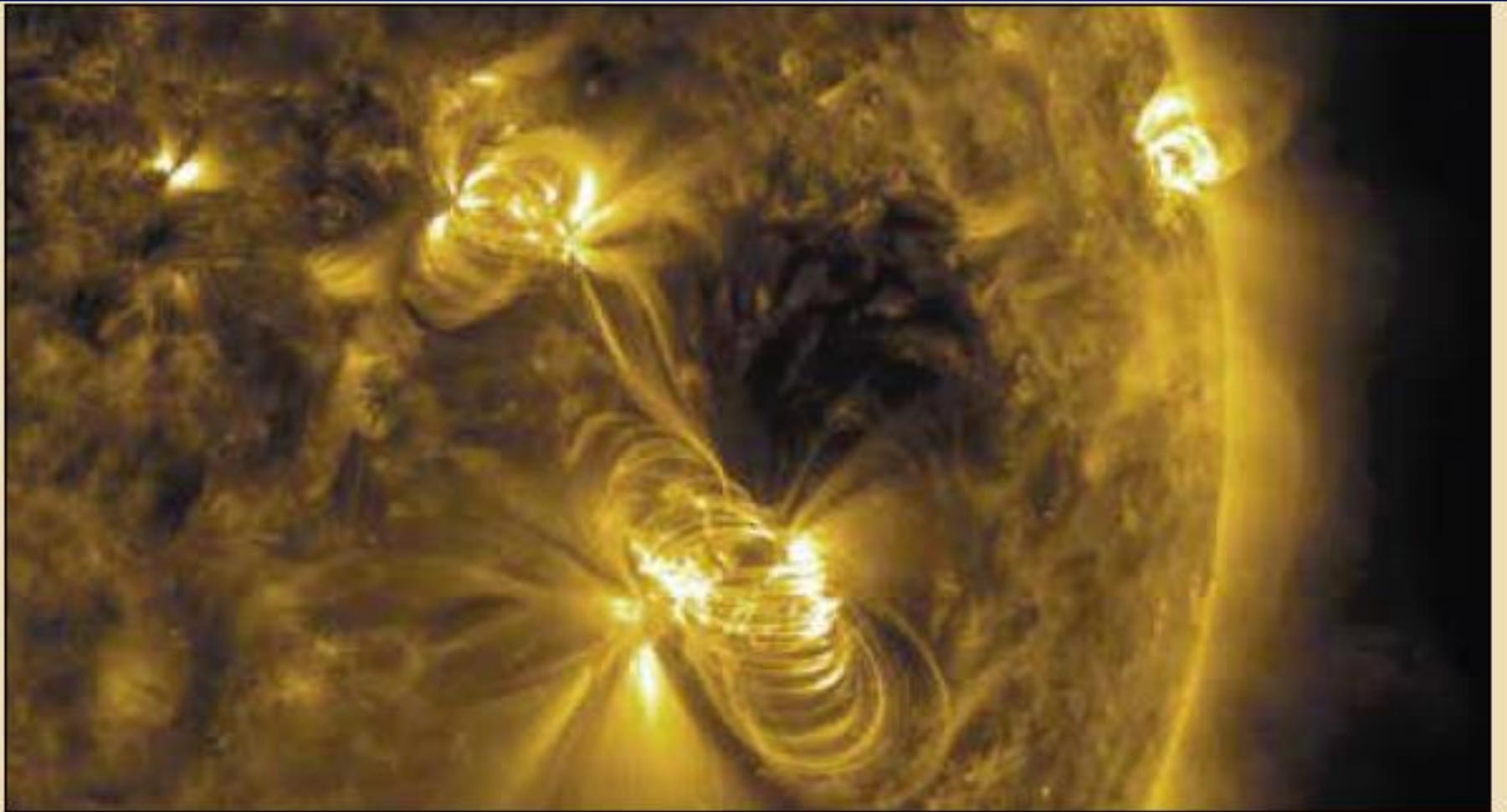
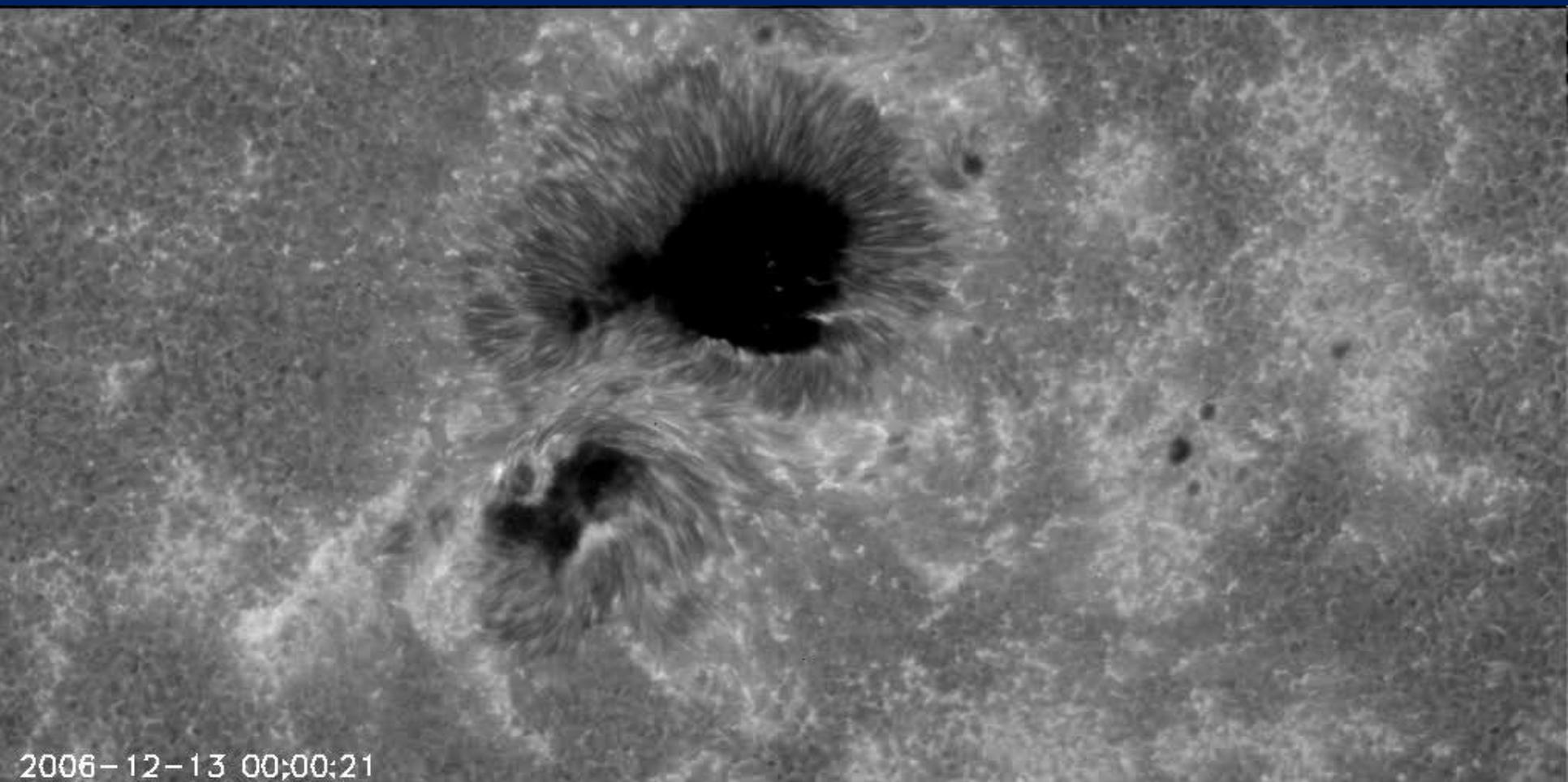
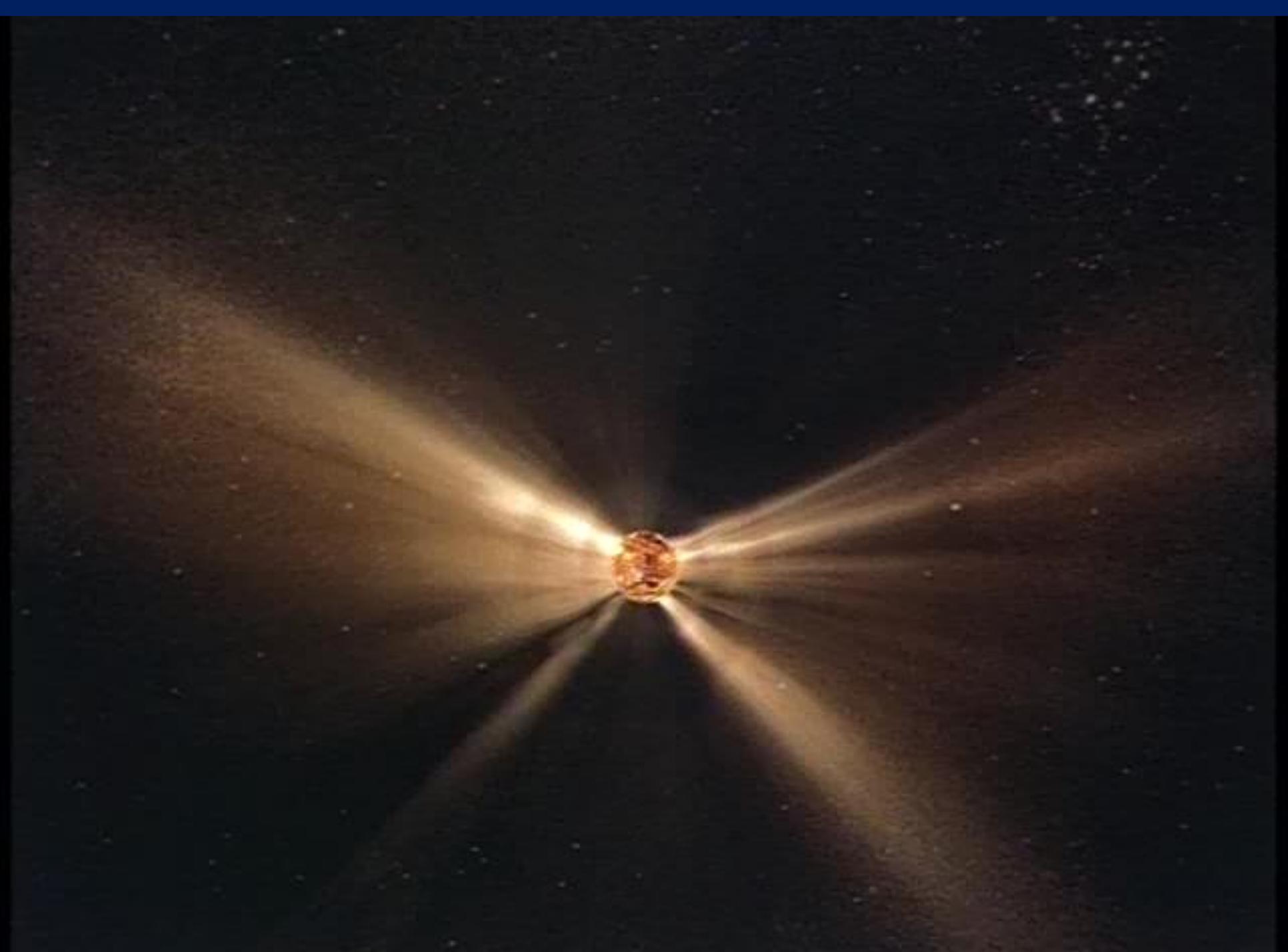


Рис. 144. Солнечные вспышки



2006-12-13 00:00:21





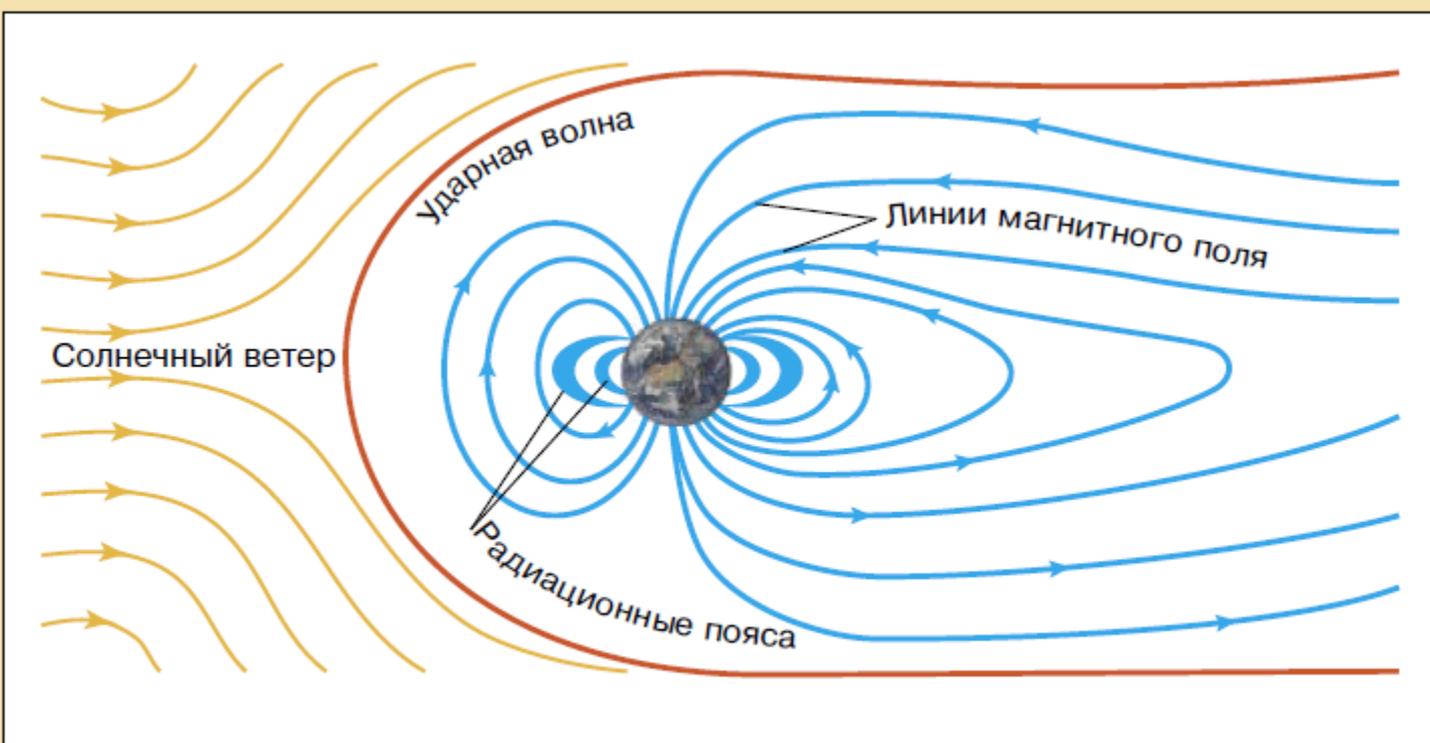


Рис. 143. Магнитосфера Земли, обдуваемая солнечным ветром

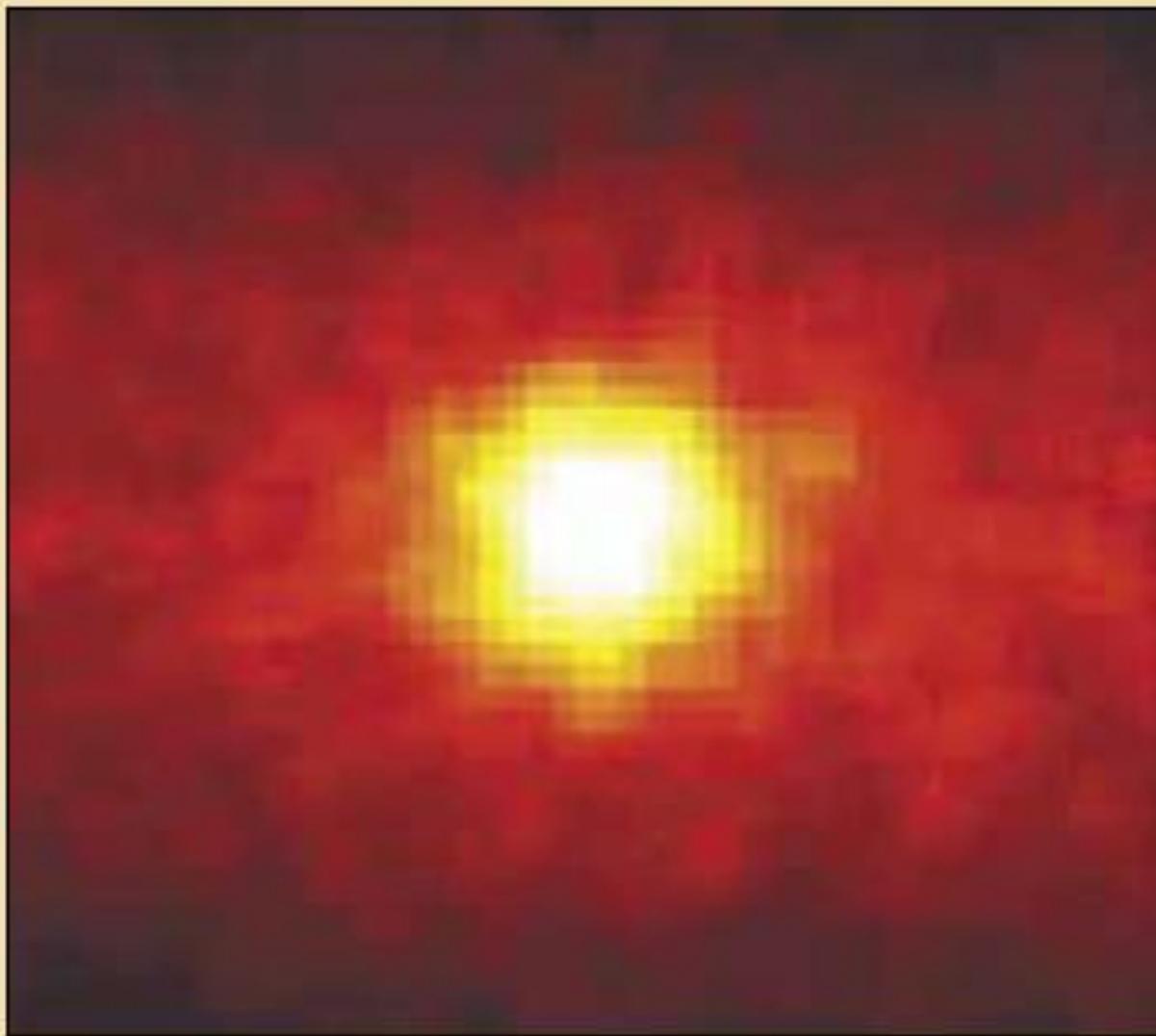
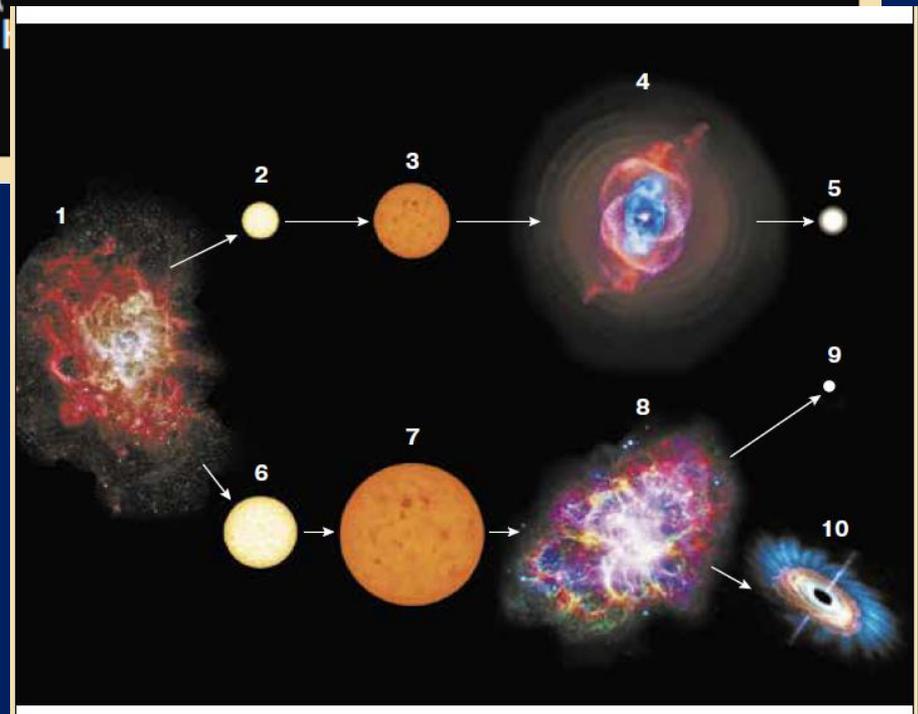


Рис. 148. Изображение Солнца  
в нейтринных лучах



Вверху: эволюционный путь Солнца.

Справа: эволюция звезд большой и малой массы

# 7

глава

## Галактики



- 36. — Наша Галактика — Млечный Путь
- 37. — Движение звёзд и вращение галактики
- 38. — Межзвёздная среда и формирование звёзд
- 39. — Многообразие галактик



Рис. 161. Шаровое звёздное скопление NGC 6388

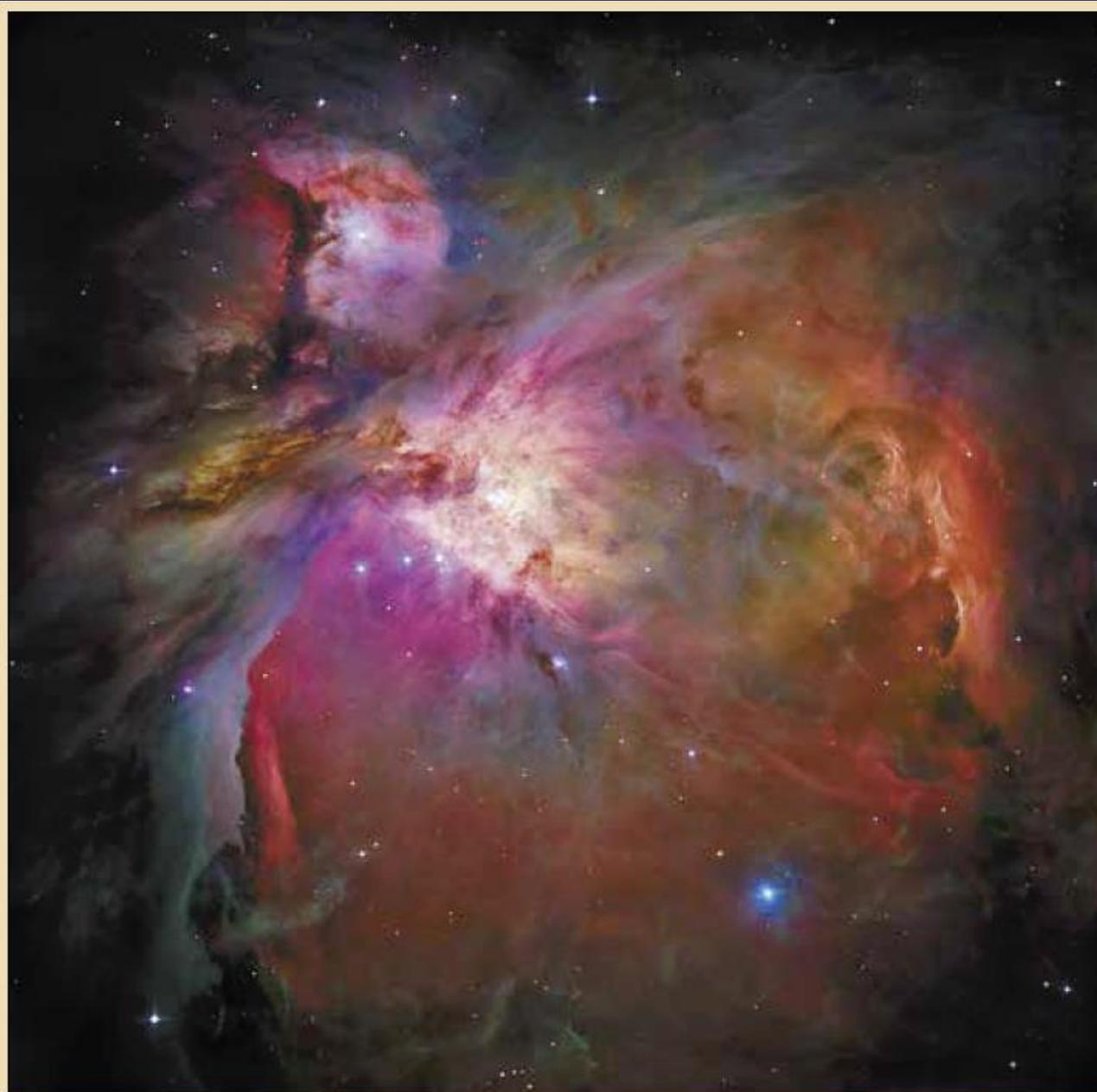


Рис. 167. Фотография Туманности Ориона. Контраст цветов искусственно увеличен. Красный свет связан с излучением водорода в линии в-линии в линии  $H_{\alpha}$



Рис. 168. Тёмные газово-пылевые туманности на фоне Млечного Пути



Рис. 170. Молекулярные облака в созвездии Телец. Излучение пыли, нагретой недавно родившимися звёздами. Фото космической обсерватории «Гершель» (ESA)

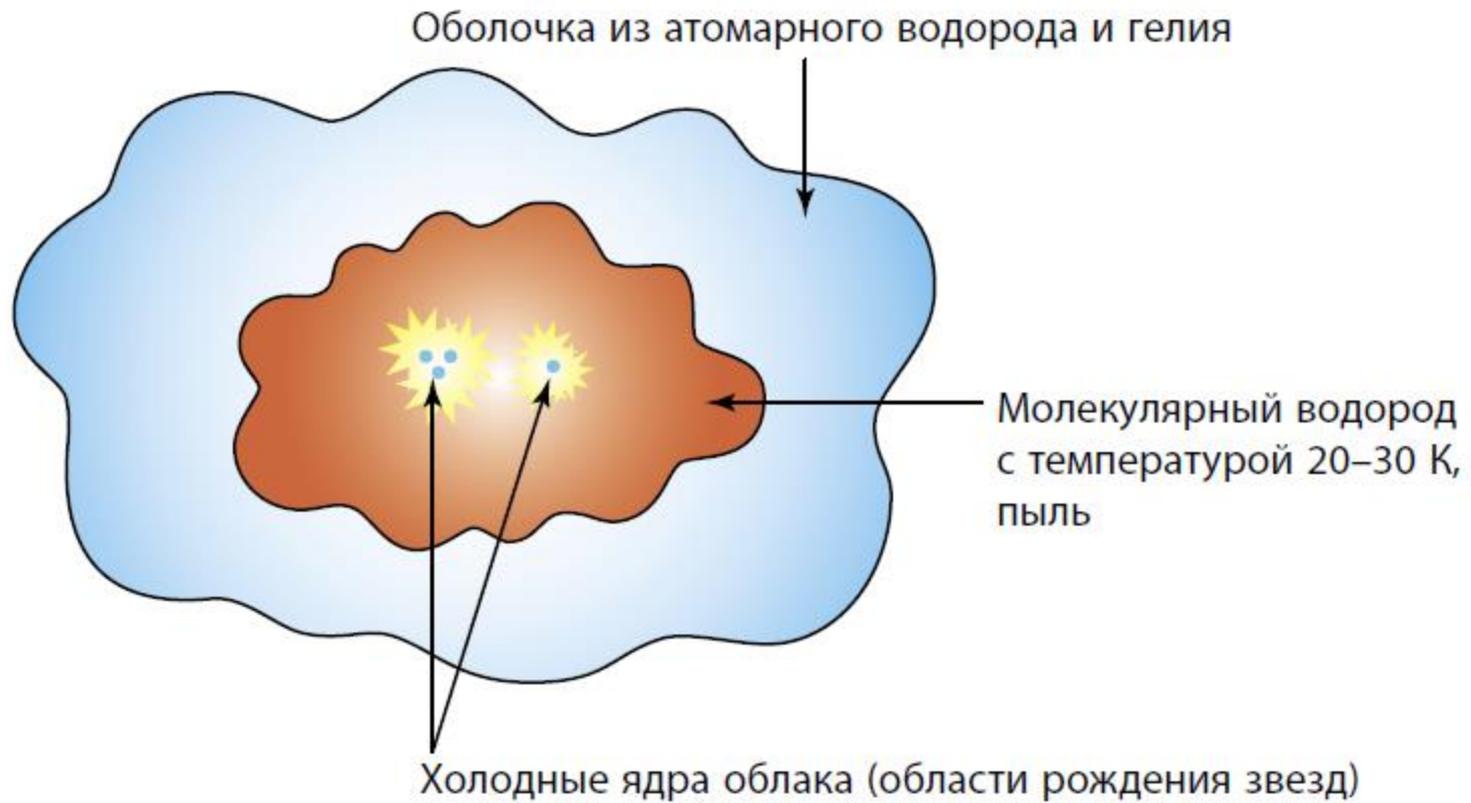
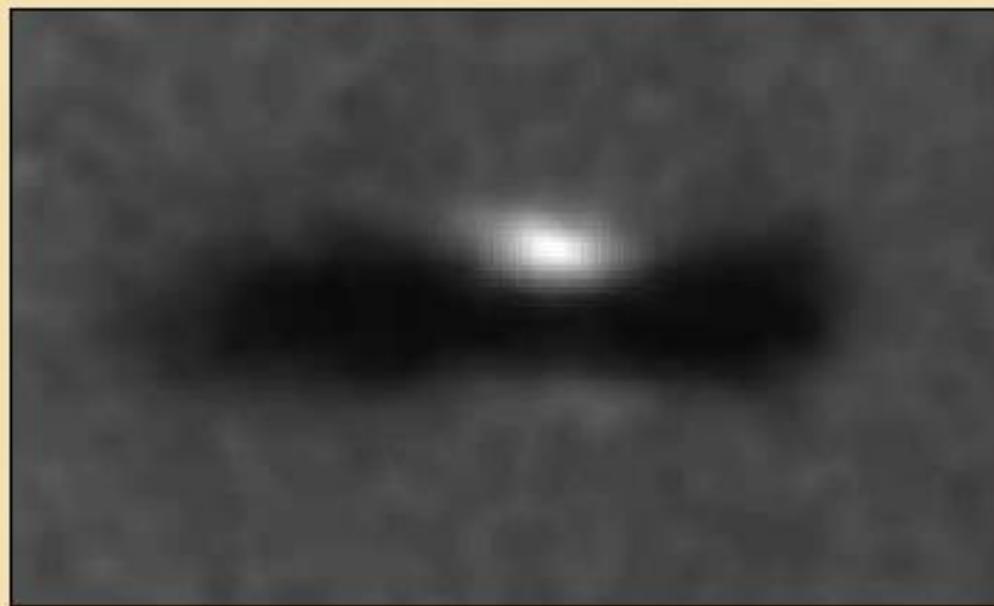
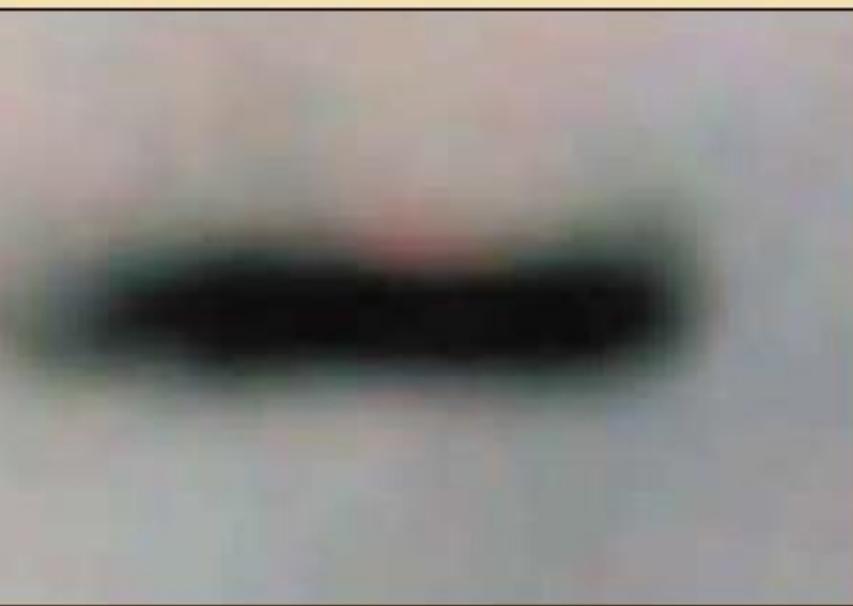
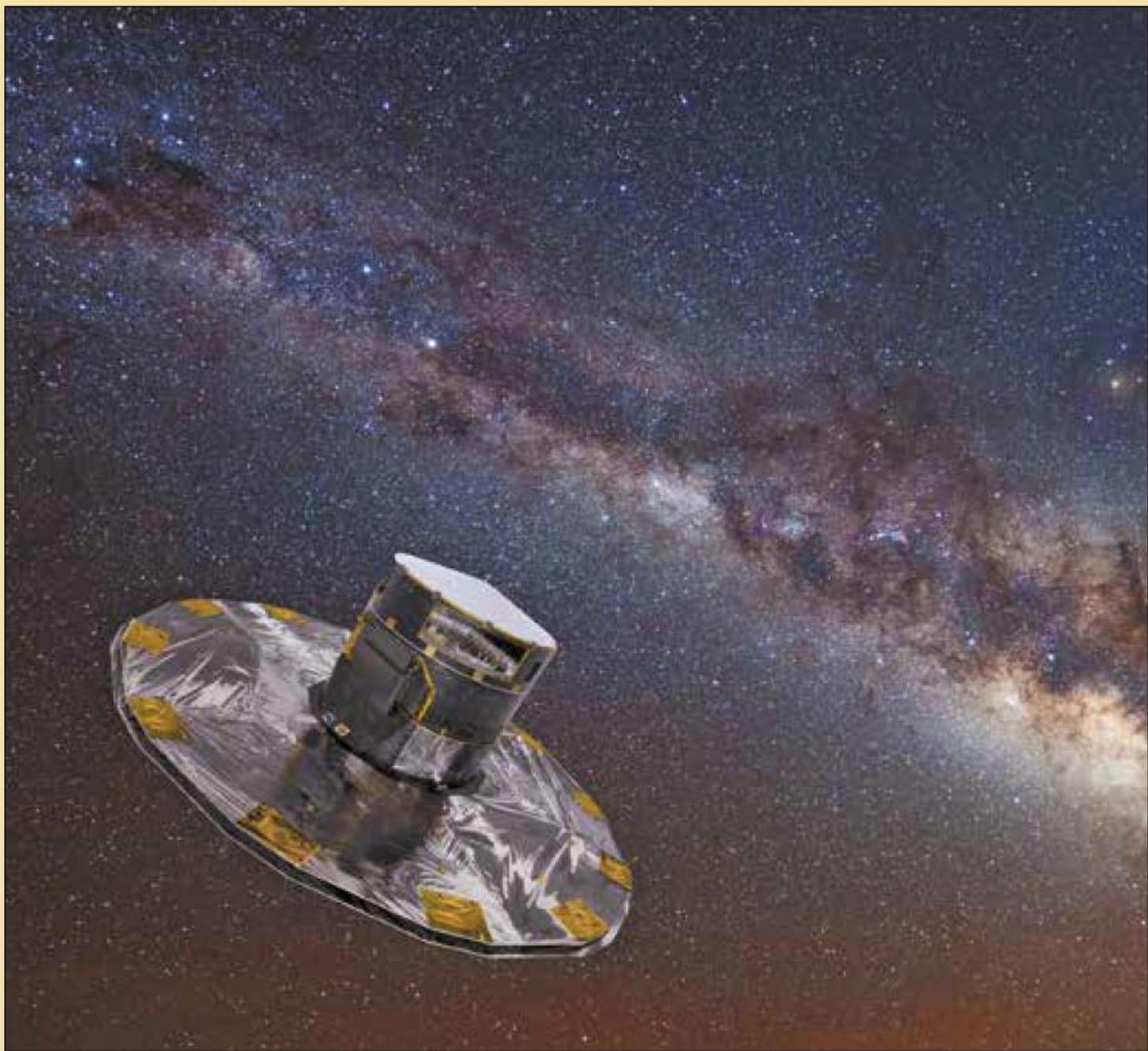


Рис. 174. Схема строения молекулярного облака



175. Формирующиеся звёзды в области *Туманности Ориона*



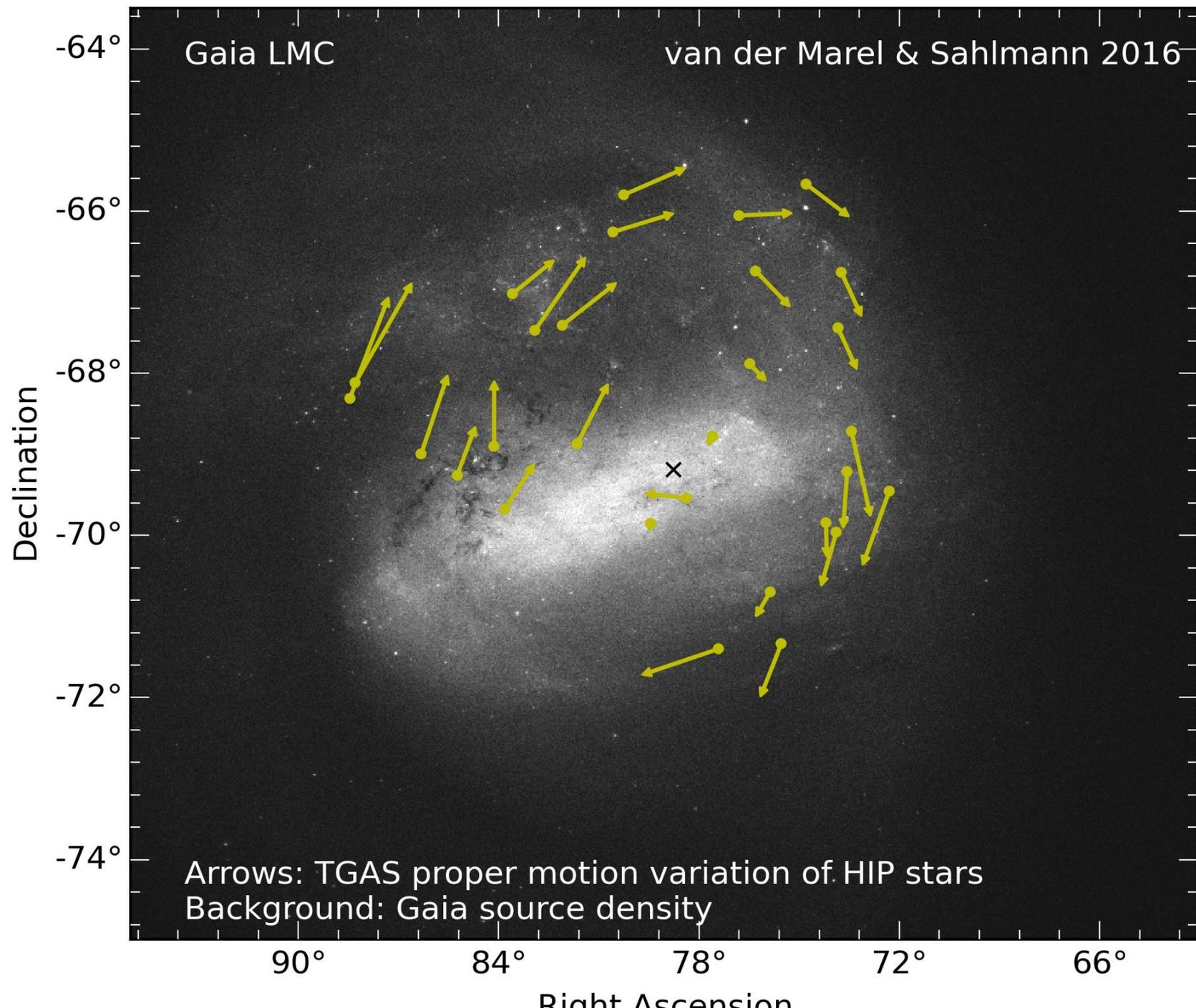




Рис. 181. Две галактики, наблюдающиеся рядом: гигантская эллиптическая M60 и спиральная NGC 4647. Фото телескопа «Хаббл» (NASA)



Рис. 182. Спиральная галактика М94 с активно происходящим звёздообразованием. Фото телескопа «Хаббл» (NASA)



Рис. 186. Взаимодействующие галактики. Система Aгр194.  
Фото телескопа «Хаббл» (NASA)

# 8

глава

## Эволюция Вселенной

39.

— Необратимые изменения  
во Вселенной

40.

— Расширение  
Вселенной

41.

— Модели расширяющейся  
Вселенной

42.

— Фоновое электромагнитное  
реликтовое излучение

43.

— Далёкое прошлое  
Вселенной

**Почему бы Вселенной не быть  
вечной?**

**Одни тела умирают, на смену  
им рождаются другие...**

**И так без конца.....**

# ВОПРОСЫ, ВОПРОСЫ....

Если вселенная действительно вечна, то.....

Куда делось бесчисленное количество звезд, родившихся раньше, и откуда появятся новые поколения звезд?

Куда девается или где накапливается свет звёзд, если, выйдя из галактик в открытое пространство, он нигде не поглощается?

ИЛИ

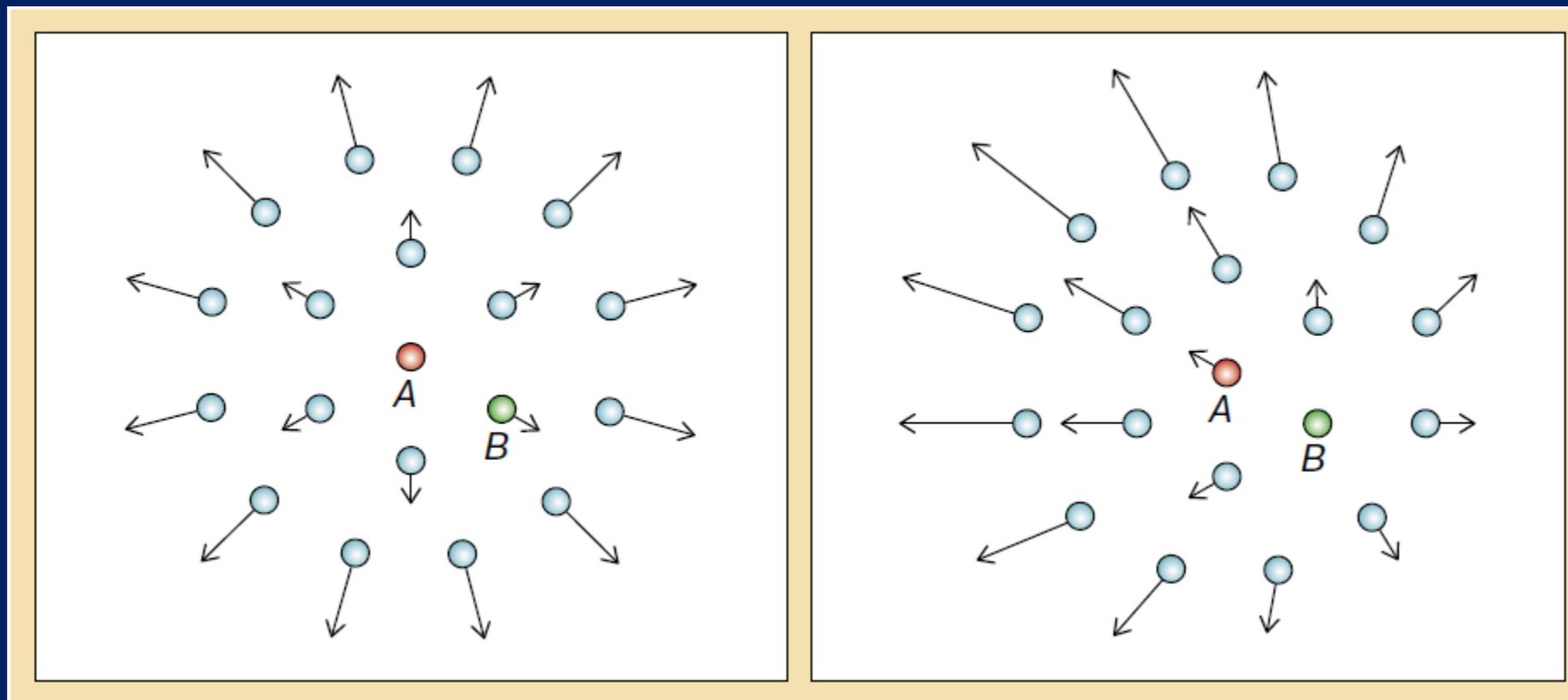
ПОЧЕМУ при наличии бесконечного числа звезд НОЧЬЮ ТЕМНО?

*Этот тривиальный факт нельзя объяснить для вечно существующей не-расширяющейся Вселенной*

# Необратимые изменения во Вселенной

- Растет число компактных остатков звезд
- Накапливаются тяжелые элементы, рождаемые в звездах
- Уменьшаются запасы газа в галактиках и темпы рождения звезд в них
- Галактики «стареют»
- Расстояние между галактиками непрерывно возрастает

# Иллюстрация того, что расширение Вселенной – это не взрыв в пространстве (нет эпицентра!)



# Важные космологические выводы, содержащиеся в учебнике

- Вселенная непрерывно эволюционирует, и миллиарды лет назад она была не похожа на современную.
- Вселенная всегда была (и есть) безгранична, и не существовало в нашем трехмерном пространстве такой точки, из которой началось ее расширение.
- Физика «очень ранней» Вселенной – предмет современных исследований и сфера будущей науки (пока имеется много нерешенных вопросов, для которых аппарата современной физики недостаточно)

# ТАБЛИЦЫ

- **Таблица 1.** Созвездия
- **Таблица 2.** Элементы орбит планет Солнечной системы
- **Таблица 3.** Физические характеристики планет Солнечной системы
- **Таблица 4.** Параметры планет-карликов
- **Таблица 5.** Спутники планет (важнейшие)
- **Таблица 6.** Яркие звёзды

- Каждая тема может быть представлена на разных уровнях (в зависимости от подготовленности класса (и учителя)).

## КОНТРОЛЬ

- Контрольные вопросы и задачи по темам
- Углубленные темы для самостоятельной проработки

# Материалы

- Засов А.В., Сурдин В.Г. *Астрономия. 10(11) класс. Базовый уровень. Методические рекомендации для учителя*
- Засов А.В., Лапина И.К. *Рабочая программа к курсу астрономии. 10 (11) класс. Базовый уровень.*

# МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ

- Новостные сайты

<http://www.astronet.ru/>

<http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/>

<http://www.astronews.ru/>

- 
- Сайт Российской Ассоциации Преподавателей  
Астрономии

<https://sites.google.com/site/auastro/>

- Портал «Открытая астрономия»

<http://www.college.ru/astronom>