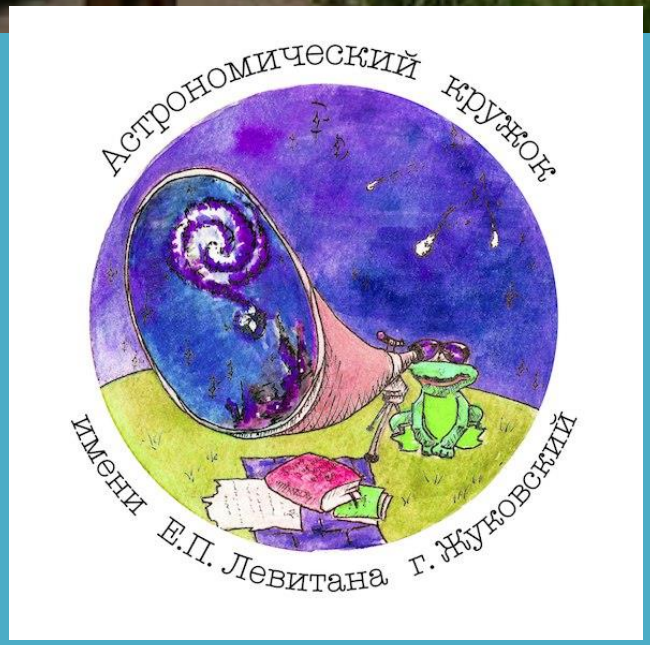
Астрономия после уроков

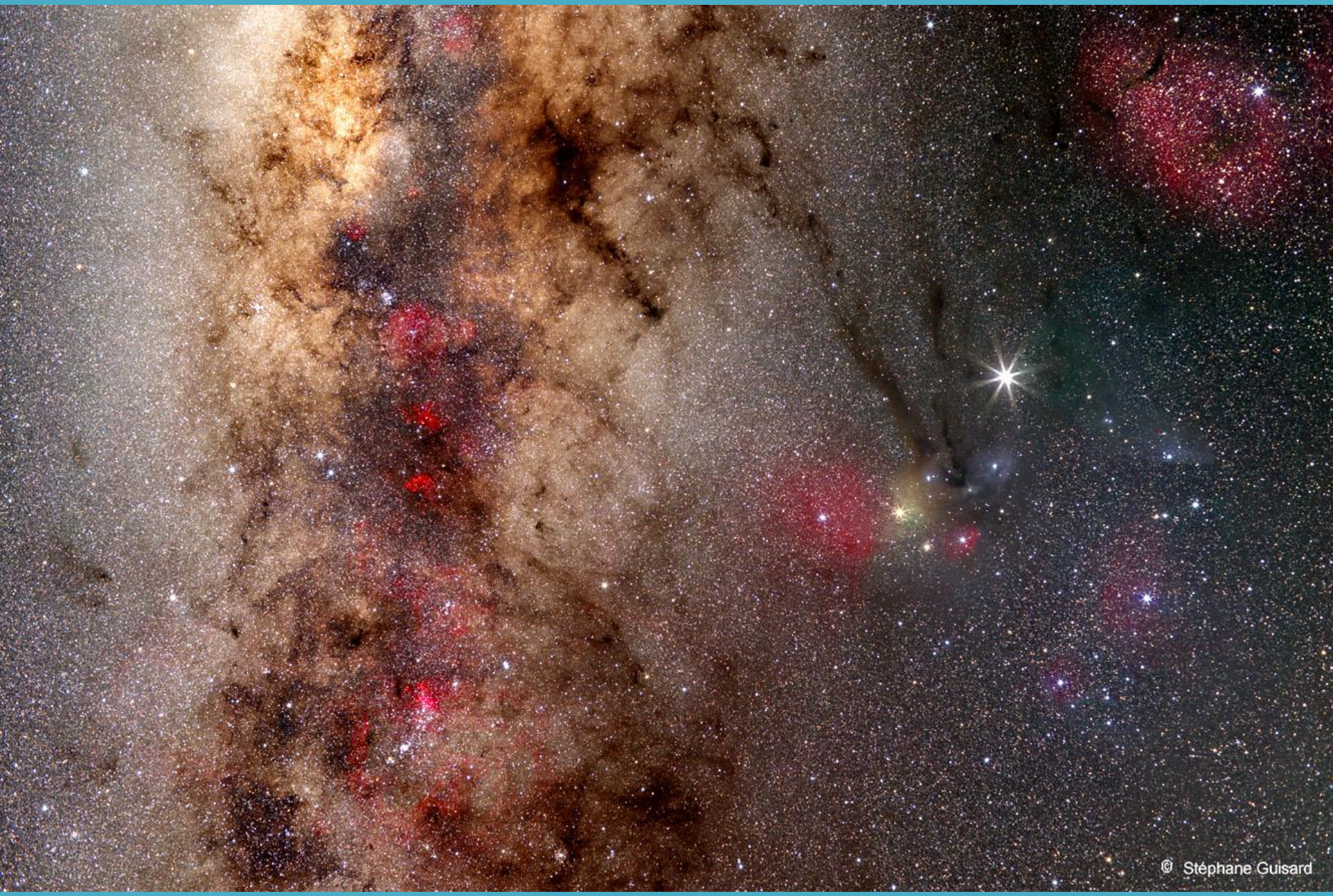
Кузнецов М.В.
ГАИШ МГУ
МОУ Гимназия №1
МОУ Лицей №14

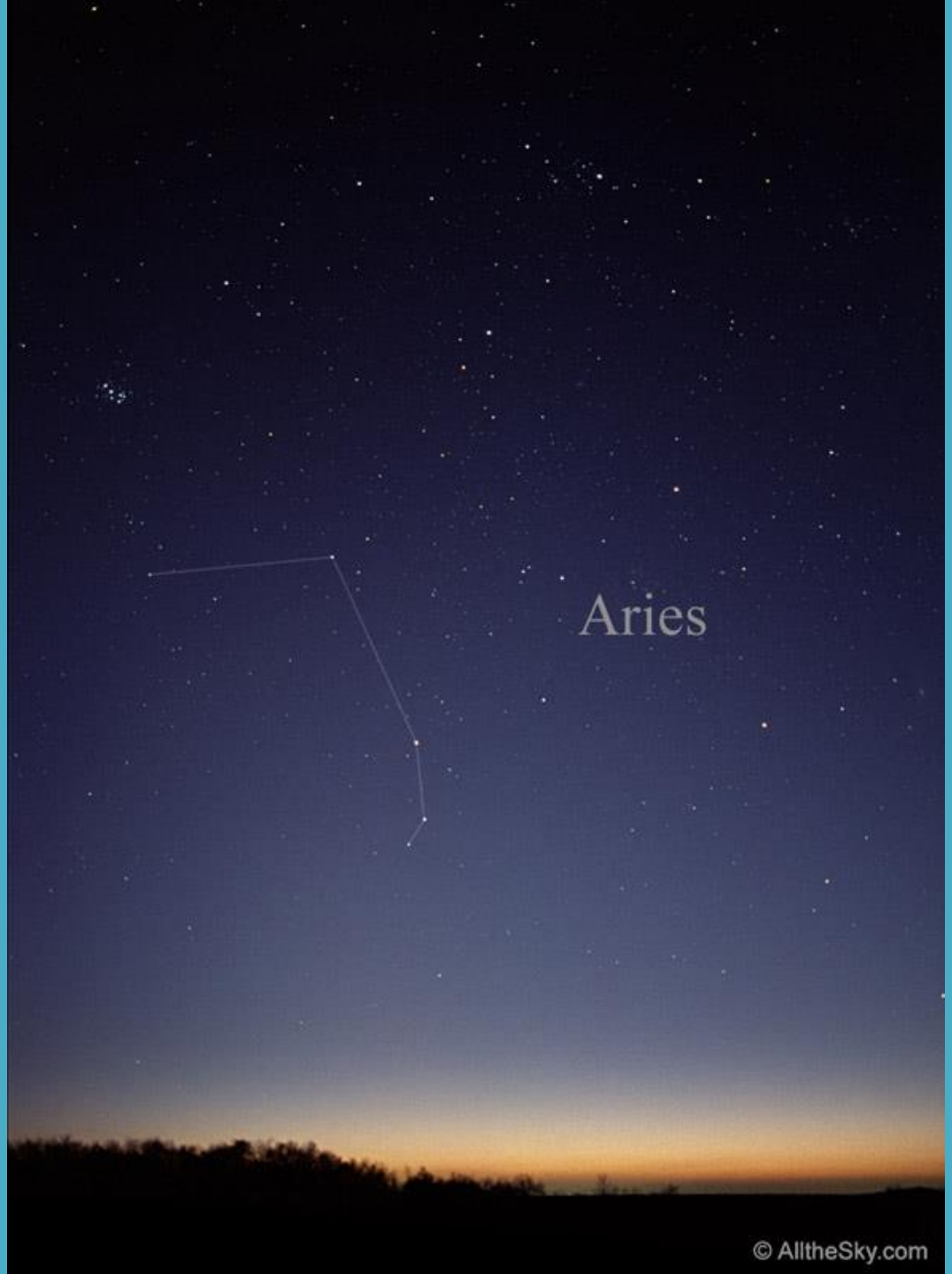
Школьная астрономия

- Урочная деятельность
  - 10 класс
  - 11 класс
- Внеурочная деятельность
  - 5-9 классы
  - 4 классы
- Дополнительное образование
  - Кружки
  - Сборы
  - Экспедиции и наблюдения

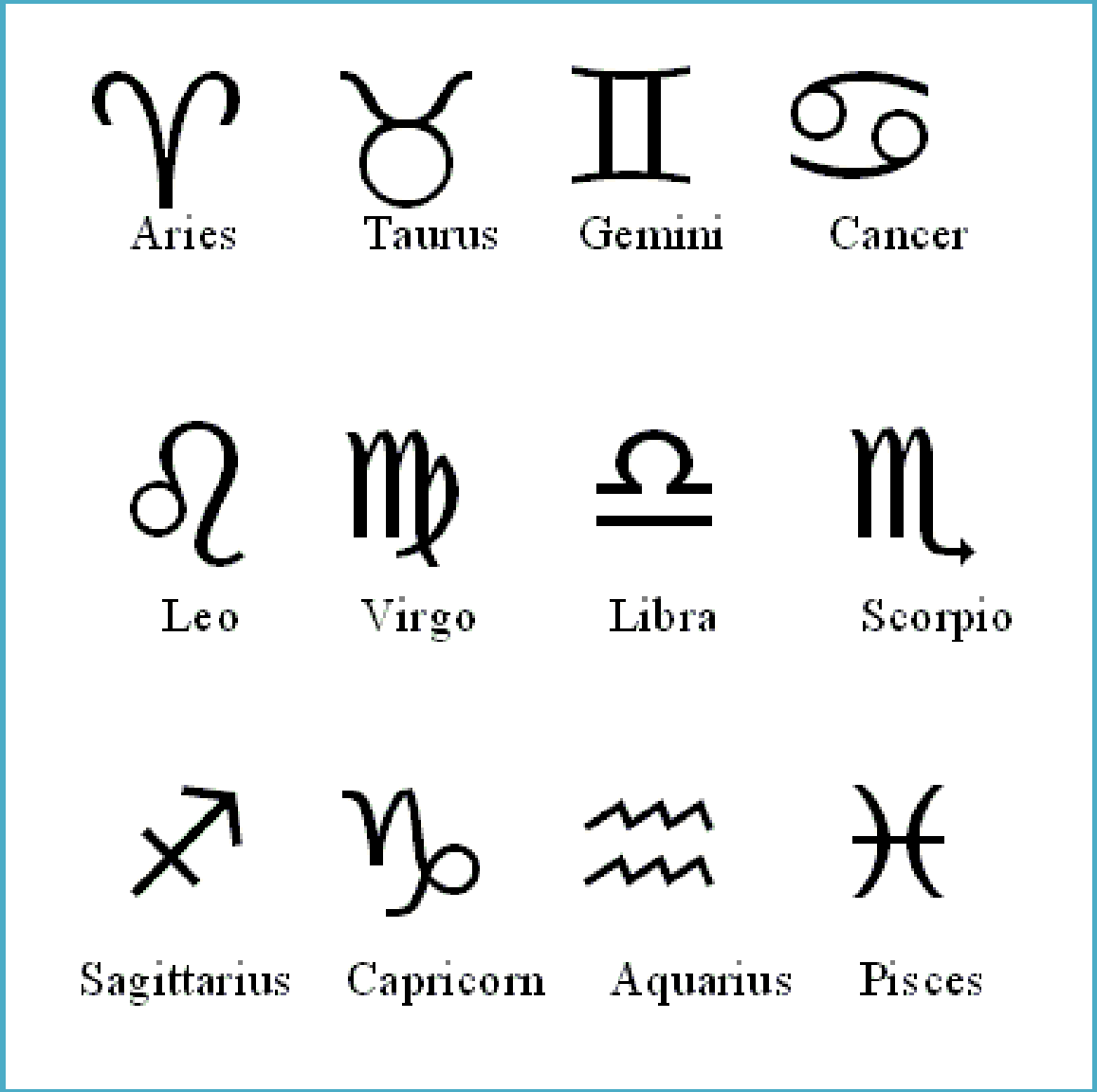


Созвездия


© Stéphane Guisard


Aries
© AlltheSky.com

Taurus
© AlltheSky.com


Aries
Taurus
Gemini
Cancer
Leo
Virgo
Libra
Scorpio
Sagittarius
Capricorn
Aquarius
Pisces

© 2006 Jerry Lodriguss

© 2005 Jerry Lodriguss

Pleiades
Capella
Auriga
Saturn
Hyades
Moon
Venus
Aldebran
Jupiter
Mercury

Законы движения планет. Космические скорости и межпланетные перелеты

Конфигурации планет

- Внутренние планеты
  - 8 - Нижнее соединение

$l = 0° \; \Phi = 0$

  - Западная элонгация

$l = \alpha_{\text{макс}} \; \Phi = 0{,}5$

  - 6 - Верхнее соединение

$l = 0° \; \Phi = 1$

  - Восточная элонгация

$l = \alpha_{\text{макс}} \; \Phi = 0{,}5$

- Внешние планеты
  - 1 - Соединение

$l = 0° \; \Phi = 1$

  - 4 - Восточная квадратура

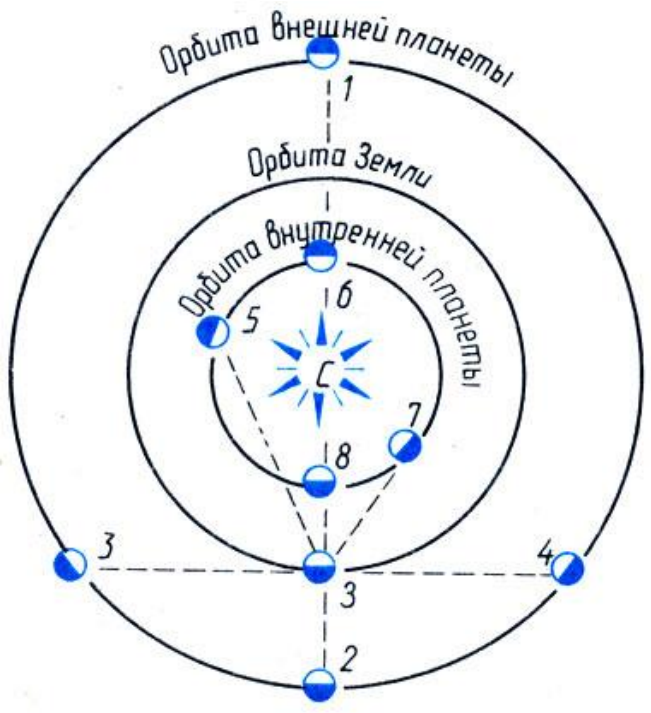
$l = 90° \; \Phi = \Phi_{\text{минимальная}}$

  - 2 - Противостояние

$l = 180° \; \Phi = 1$

  - 3 - Восточная квадратура

$l = 90° \; \Phi = \Phi_{\text{минимальная}}$



Задачи на синодический период

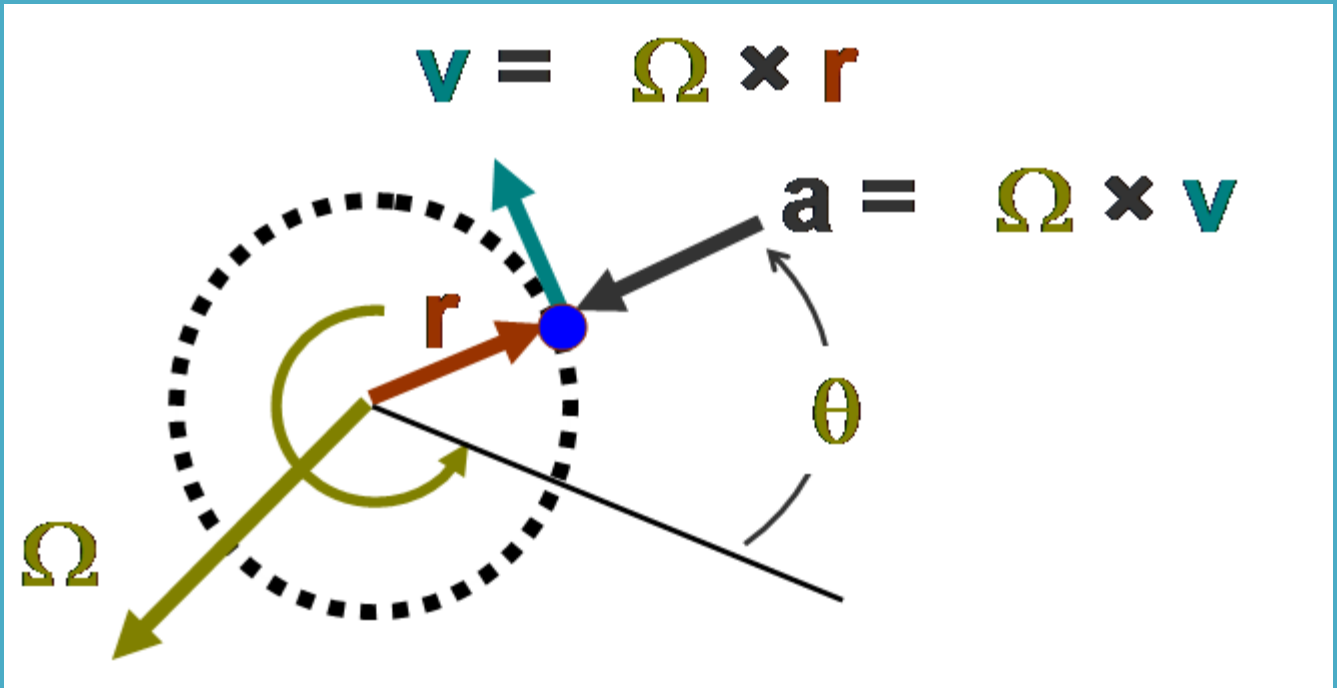
- Найдите синодический период планеты Марс?
  - Решение

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{п}}}$$

Период Марса из справочных данных – 1,88 года

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{п}}} \Longrightarrow \text{Т}_{\text{Марса}} = \frac{T_{\oplus} \cdot T_{\text{Марса}}}{T_{\text{Марса}} - T_{\oplus}} = \frac{1 \cdot 1{,}88}{1{,}88 - 1} \approx 2{,}14 \text{ года}$$

Круговое движение



- Угловая скорость
- $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{V}{R}$
- Связь линейной и угловой скорости
- $V = \omega \cdot R$
- Случай сонаправленного движения
- $\omega_\Sigma = \omega_1 - \omega_2$
- Случай разнонаправленного движения
- $\omega_\Sigma = \omega_1 + \omega_2$

Синодический и сидерический периоды

- **Сидерический период** обращения – период обращения планеты относительно направления на далекие звезды
- **Синодический период обращения** – период обращения относительно направления планета наблюдения – Солнце или период повторения относительного положения трех тел Солнца, планеты с которой мы наблюдаем и наблюдаемой планеты
- Случай внутренней планеты

$$\omega_{\text{синодического периода}} = \omega_{\text{планеты}} - \omega_{\oplus}$$

$$\frac{2\pi}{\mathrm{T}_{\text{синодического периода}}} = \frac{2\pi}{T_{\text{планеты}}} - \frac{2\pi}{T_{\oplus}}$$

$$\Longrightarrow \frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{п}}} - \frac{1}{T_{\oplus}} \Longrightarrow \mathrm{T}_{\text{синодического периода}} = \frac{T_{\oplus} \cdot T_{\text{планеты}}}{T_{\oplus} - T_{\text{планеты}}}$$

- Случай внешней планеты

$$\omega_{\text{синодического периода}} = \omega_{\oplus} - \omega_{\text{планеты}}$$

$$\frac{2\pi}{\mathrm{T}_{\text{синодического периода}}} = \frac{2\pi}{T_{\oplus}} - \frac{2\pi}{T_{\text{планеты}}}$$

$$\Longrightarrow \frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{п}}} \Longrightarrow \mathrm{T}_{\text{синодического периода}} = \frac{T_{\oplus} \cdot T_{\text{планеты}}}{T_{\text{планеты}} - T_{\oplus}}$$

Эллипс

- Свойства эллипса

$$F_1X + F_2X = 2a \qquad S = \pi ab$$

- Фокальное расстояние

$$c = ea$$

- Большая полуось

$$a = \frac{Q+q}{2}$$

- Малая полуось

$$b = a\sqrt{1-e^2}$$

- Эксцентриситет

$$e = \frac{c}{a} = \sqrt{1-\left(\frac{b}{a}\right)^2} = \frac{Q-q}{Q+q}$$

- Фокальный параметр

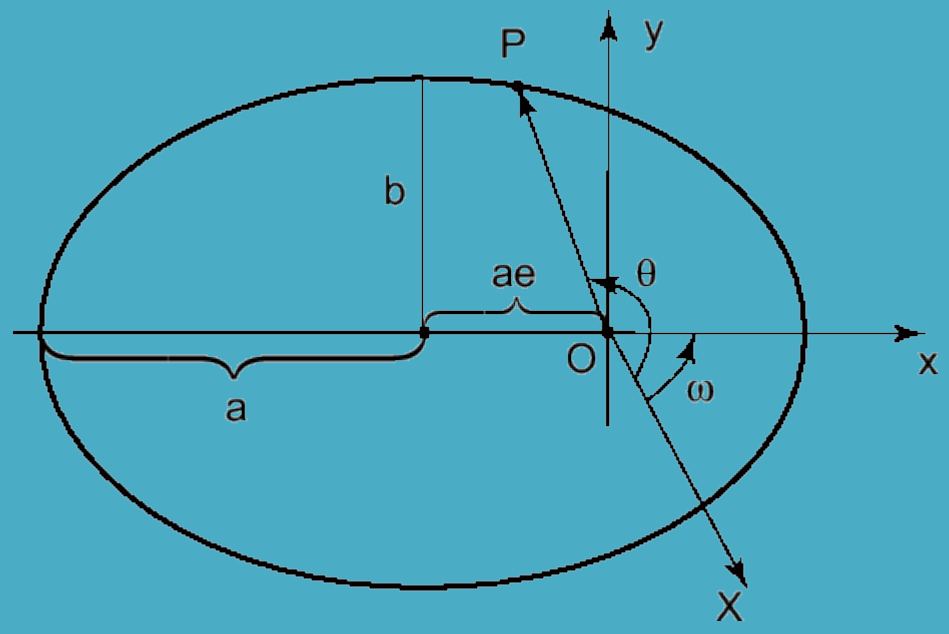
$$p = \frac{b^2}{a} = a(1-e^2)$$

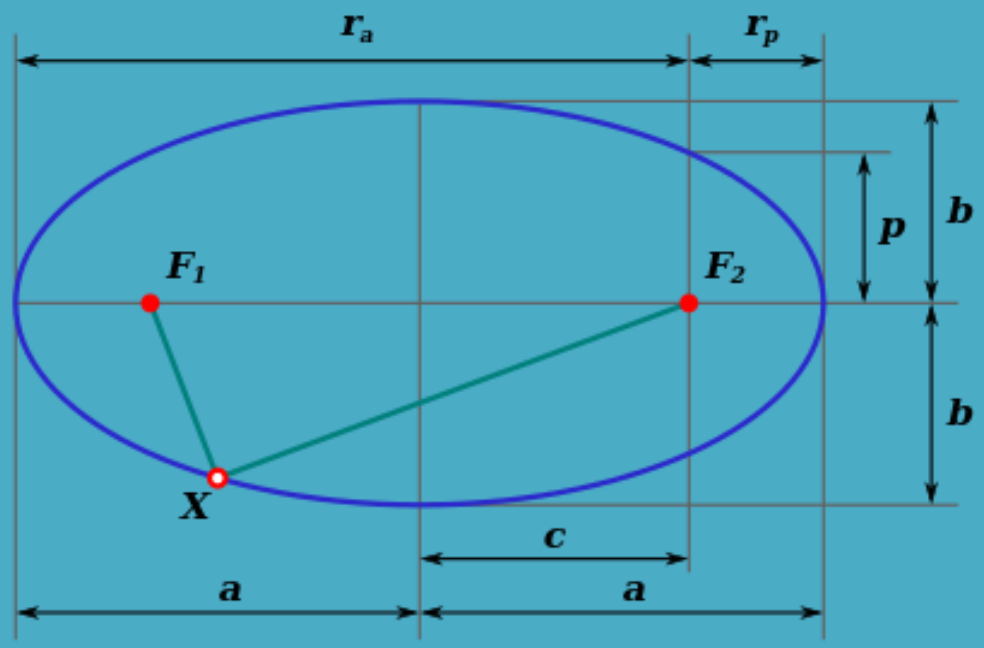
- Перигей (периастр)

$$q = a - c = a(1-e)$$

- Апогей (Апоастр)

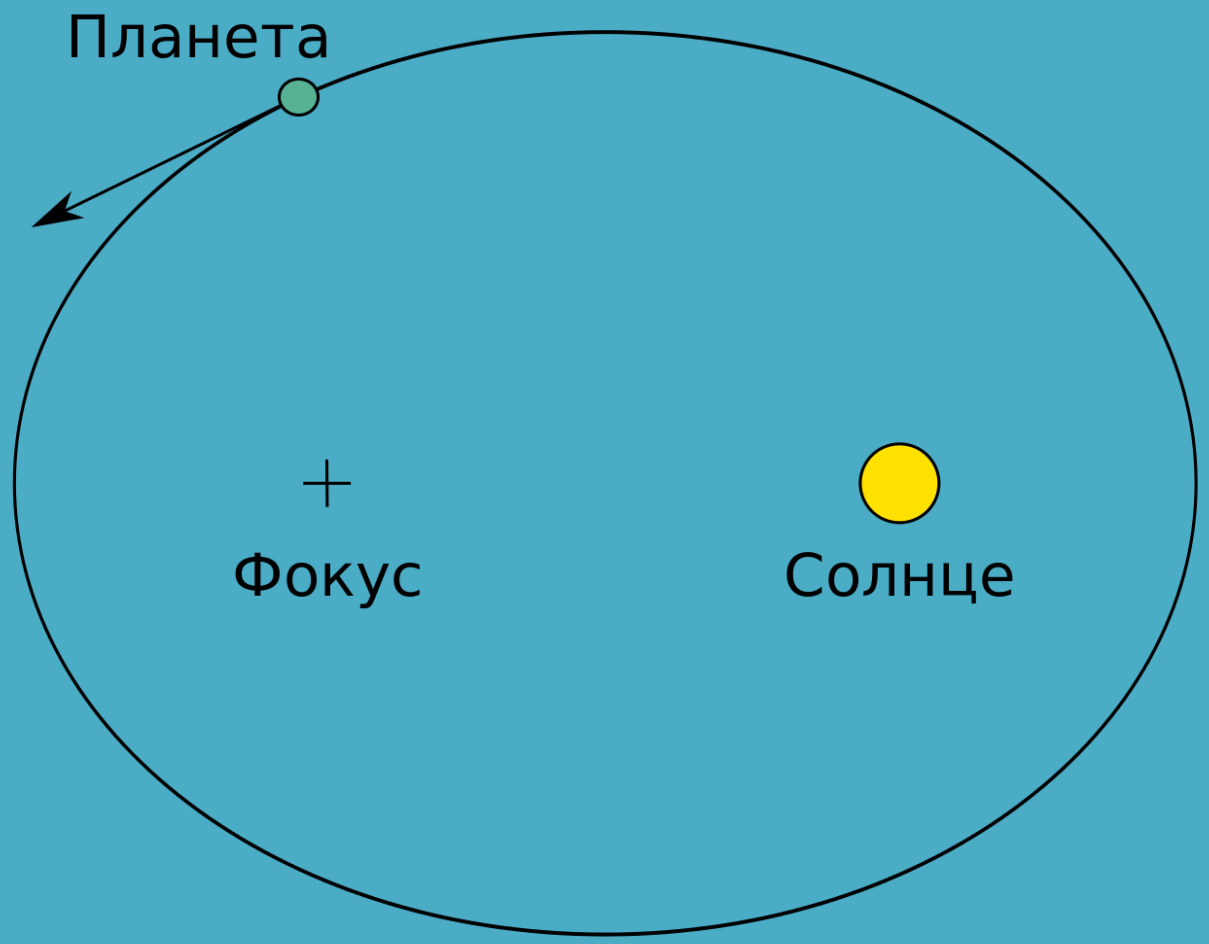
$$Q = a + c = a(1+e)$$





Первый закон Кеплера

- Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.



Задачи на первый закон Кеплера

- Во сколько раз меняется расстояние от Солнца до кометы Галлея (1P), если эксцентриситет ее орбиты e=0,967?

Перигей (периастр)

$$q = a - c = a(1 - e)$$

Апогей (Апоастр)

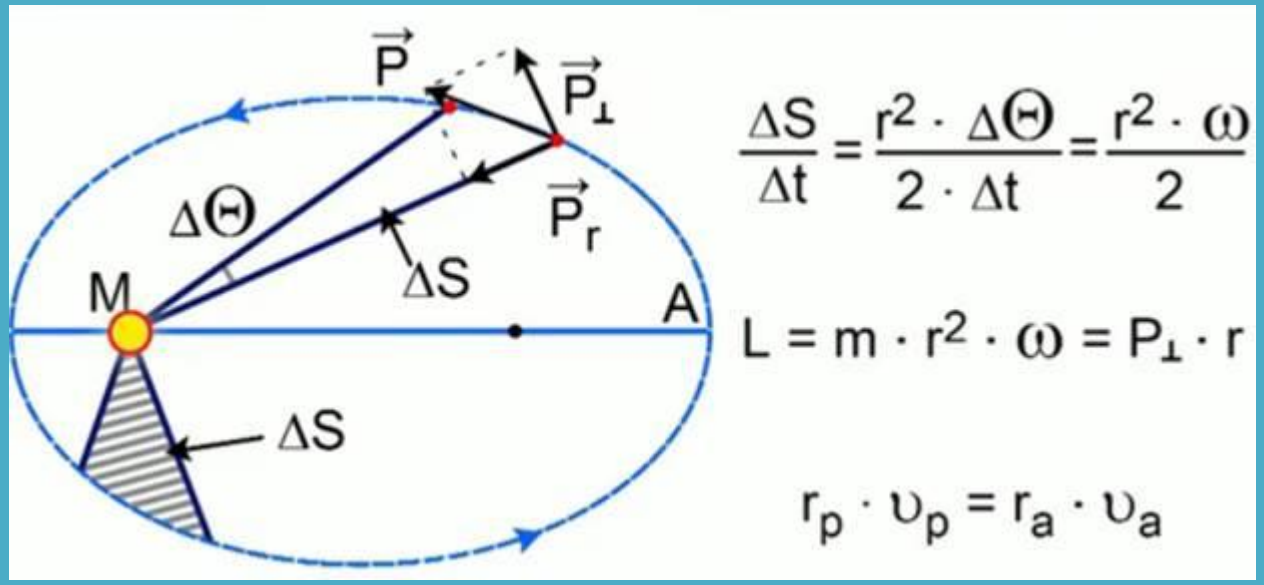
$$Q = a + c = a(1 + e)$$

Второй закон Кеплера

- Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, описывает равные площади.

- перигелий — ближайшая к Солнцу точка орбиты, и афелий — наиболее удалённая точка орбиты. Таким образом, из второго закона Кеплера следует, что планета движется вокруг Солнца неравномерно, имея в перигелии большую линейную скорость, чем в афелии.

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S}{T} = \frac{\pi ab}{T}$$



Скорости на эллипсе

- Направлена всегда по касательной

$$V = \sqrt{GM\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)} = \sqrt{\frac{GM}{a}} \cdot \sqrt{\frac{2a}{r} - 1} = V_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{2a}{r} - 1}$$

- Скорость в периастре

$$V_q = V_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{2a}{q} - 1} = V_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{2a}{a(1-e)} - 1} = V_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

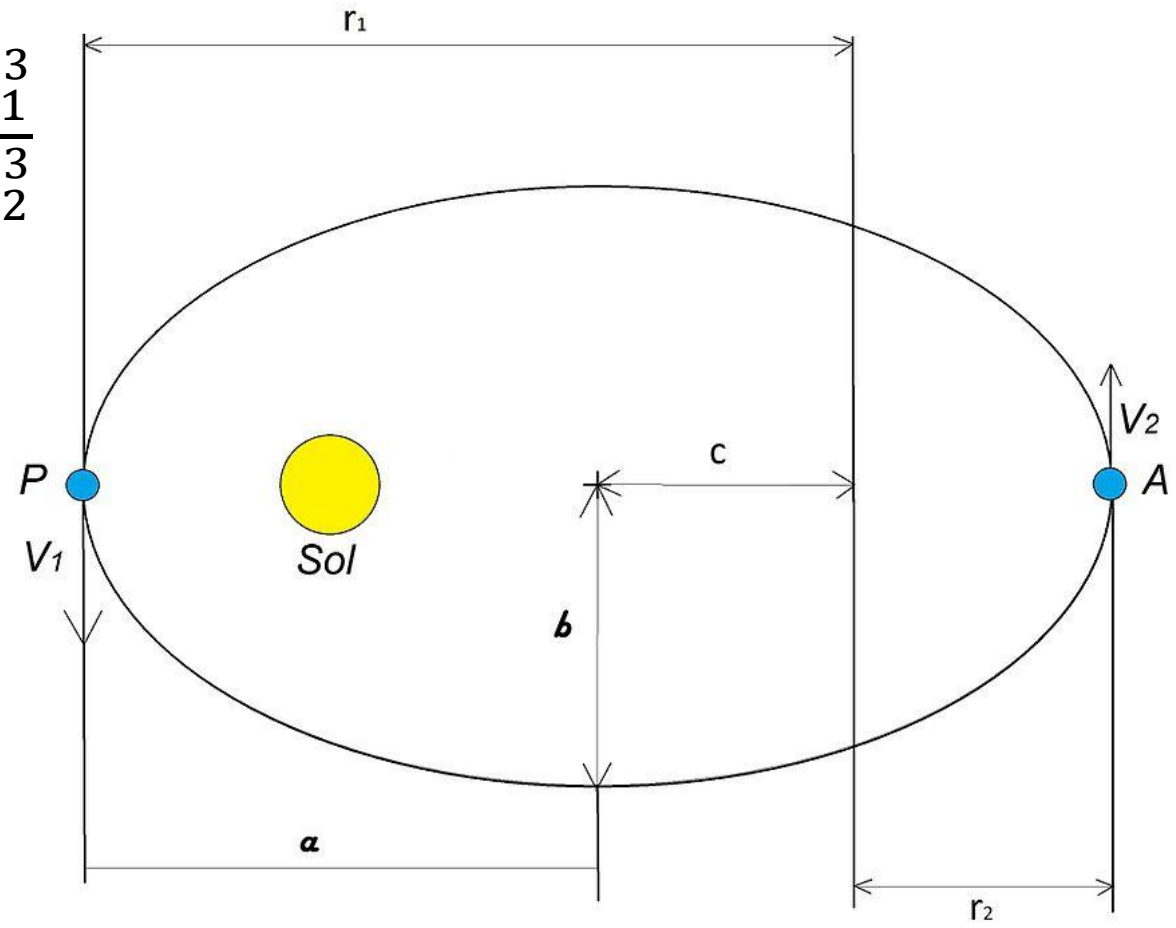
- Скорость в апоастре

$$V_Q = V_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{2a}{Q} - 1} = V_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{2a}{a(1+e)} - 1} = V_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$$

Третий закон Кеплера

- Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей орбит планет.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

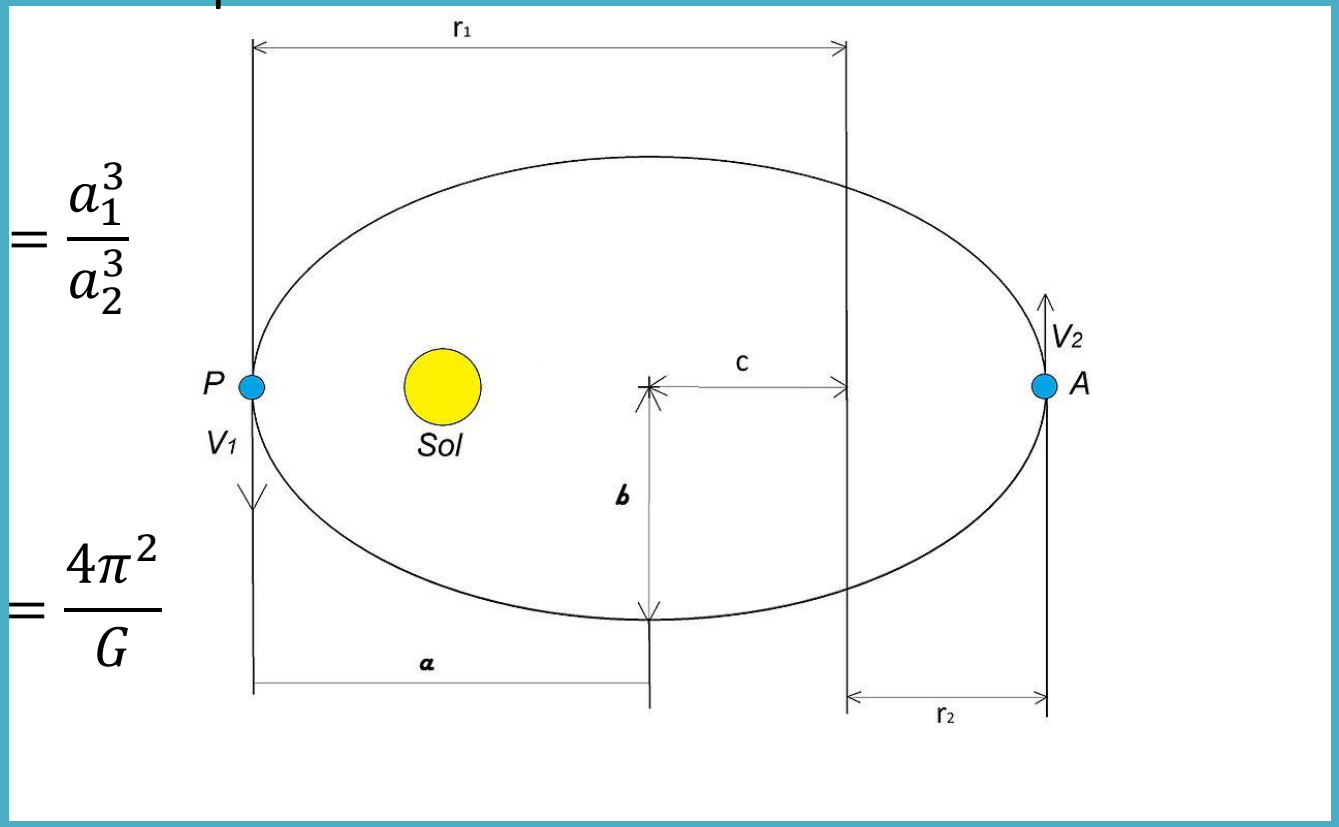


Уточненный третий закон Кеплера

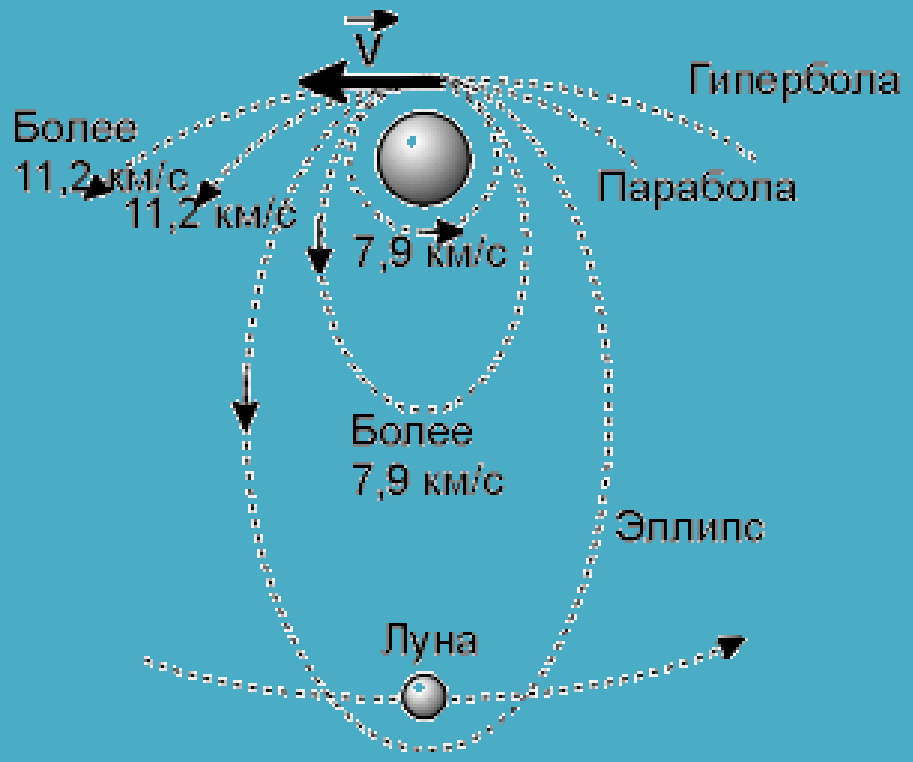
- Произведение суммы масс систем и квадраты периодов обращений планет пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит.

$$\frac{T_1^2(M_1+m_1)}{T_2^2(M_2+m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$$\frac{T_1^2(M_1+m_1)}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{G}$$



Первая космическая скорость



- Центростремительное ускорение

$$a_{ц} = \frac{V^2}{R_{\oplus} + h}$$

- Ускорение свободного падения

$$g_{\oplus} = \frac{GM_{\oplus}}{(R_{\oplus} + h)^2}$$

- Равенство

$$a_{ц} = g_{\oplus} \Rightarrow \frac{GM_{\oplus}}{(R_{\oplus} + h)^2} = \frac{V^2}{R_{\oplus} + h} \Rightarrow V_I = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}}$$

- Частный случай - $R_{\oplus} \gg h$

$$V_I = \frac{2\pi(R_{\oplus} + h)}{T} = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = \sqrt{\frac{G\frac{4}{3}\pi R_{\oplus}^3 \rho_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{3\pi R_{\oplus}^3 \left(1 + \frac{h}{R_{\oplus}}\right)^3}{G\rho_{\oplus} R_{\oplus}^3}} \approx \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho_{\oplus}}}$$

Задача на первую космическую скорость

- На какой высоте от Земли первая космическая скорость в двое меньше чем вблизи поверхности Земли? Как изменится период обращения спутника?

- Решение

$$V_I = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{R_\oplus + h}}$$

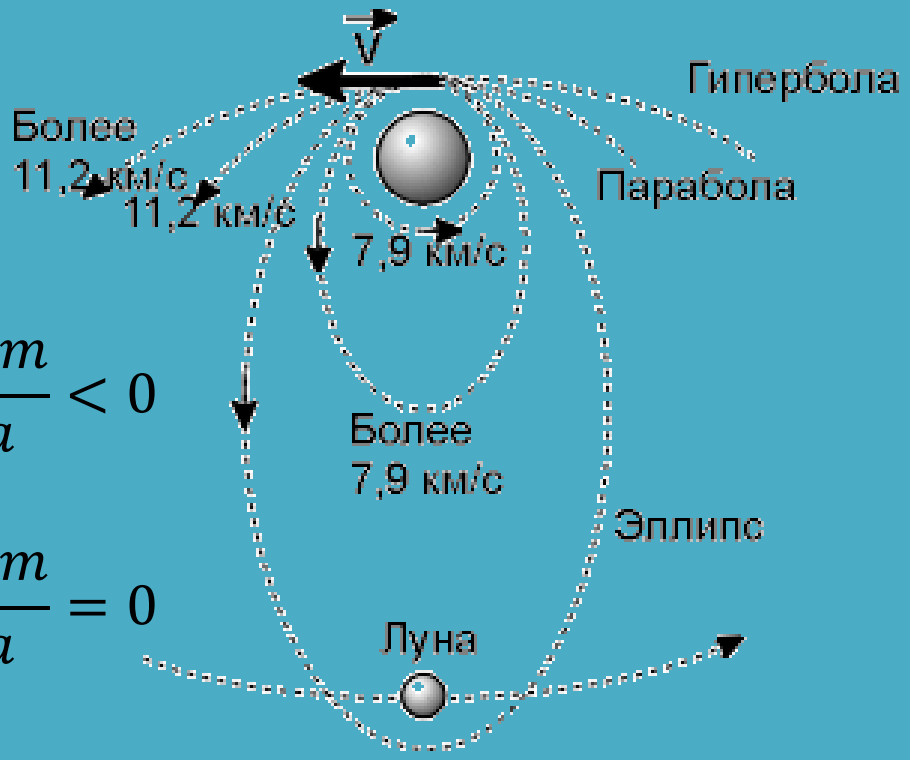
Значит отношение скоростей будет равно

$$\frac{V_{I,0}}{V_{I,1}} = \sqrt{\frac{R_\oplus + h}{R_\oplus}} = 2 \implies h = 3R_\oplus = 3 \cdot 6400 = 19200 \text{ км}$$

Значит отношение периодов обращения будет равно

$$\frac{\mathrm{T}_0}{\mathrm{T}_1} = \frac{\frac{2\pi R_\oplus}{V_{I,0}}}{\frac{2\pi(R_\oplus + h)}{V_{I,1}}} = \frac{V_{I,1}}{V_{I,0}} \cdot \frac{R_\oplus}{R_\oplus + h} = \frac{1}{8}$$

Вторая космическая скорость



- Типы орбит – Эллипс

$$\frac{mV^2}{2} - G\frac{Mm}{a} < 0$$

- Типы орбит – Парабола

$$\frac{mV^2}{2} - G\frac{Mm}{a} = 0$$

- Типы орбит – Гипербола

$$\frac{mV^2}{2} - G\frac{Mm}{a} > 0$$

- Кинетическая и потенциальная энергии

$$\frac{mV^2}{2} - G\frac{Mm}{a} = 0 \Rightarrow V_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{a}} \Rightarrow \frac{V_{II}}{V_I} = \sqrt{2}$$

- Вывод второй космической скорости

Гомановский эллипс

- В первом приближении орбиты планет круговые

$$a_1 \qquad a_2$$

- Скорости движения планет по орбитам

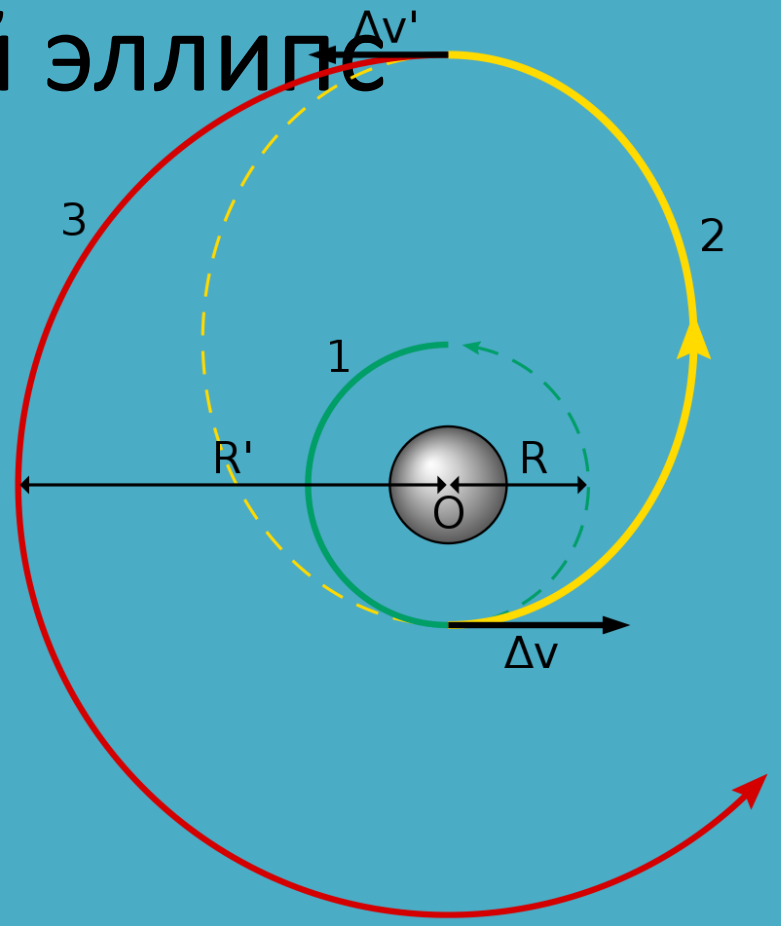
$$V_1 = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{a_1}} \qquad V_2 = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{a_2}}$$

- Параметры гомановского элипса

$$a_г = \frac{a_1 + a_2}{2} \Leftrightarrow \frac{T_г^2}{T_\oplus^2} = \frac{a_г^3}{a_\oplus^3}$$

- Эксцентриситет

$$e = \frac{a_2 - a_1}{a_1 + a_2}$$



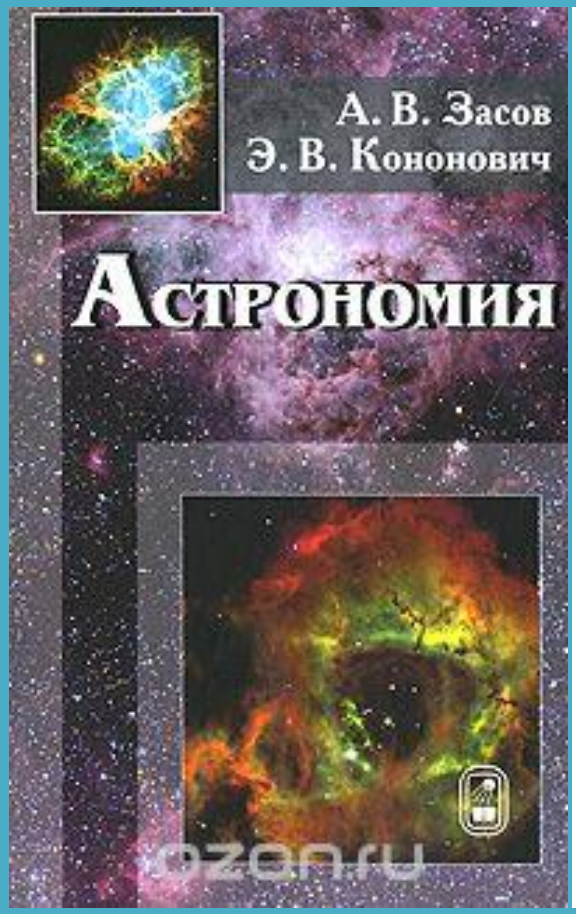
Скорость в перигелии орбиты этого Эллипса

$$V_q = V_{ср} \cdot \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} = \sqrt{\frac{GM}{a_г}} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

Скорость в афелии орбиты этого эллипса

$$V_Q = V_{ср} \cdot \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} = \sqrt{\frac{GM}{a_г}} \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$$

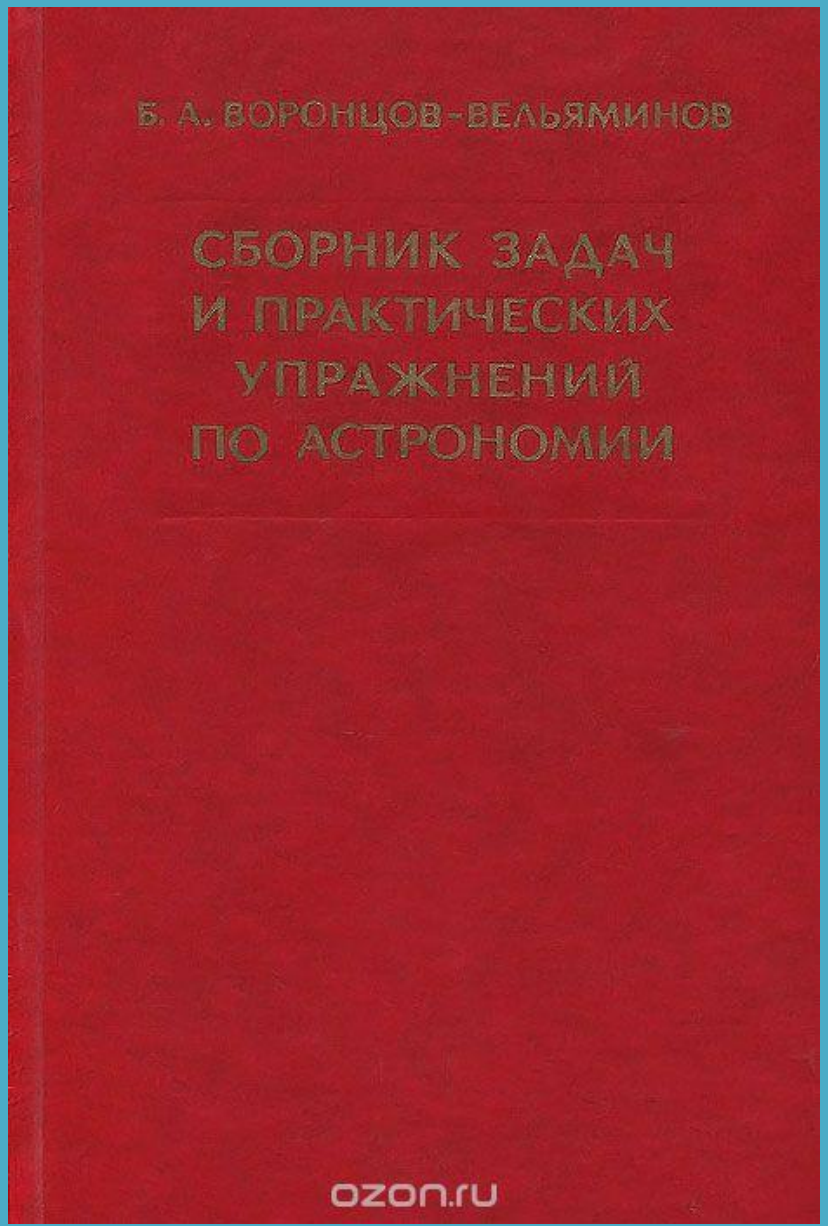
Учебники

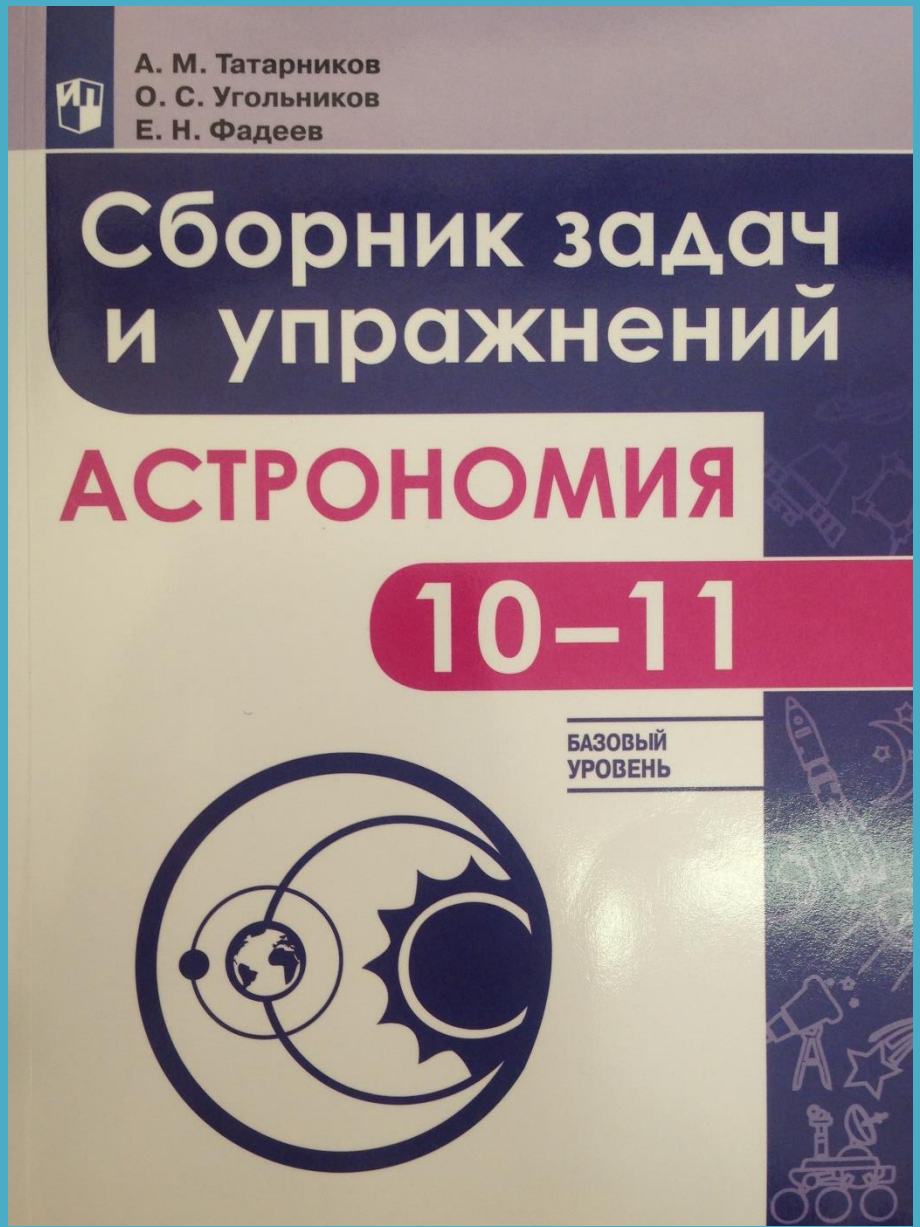

А. В. Засов
Э. В. Кононович
Астрономия
ozon.ru

Б. А. Воронцов-Вельяминов
Е. К. Страут
АСТРОНОМИЯ
БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ
11
класс
ВЕРТИКАЛЬ
ДРОФА

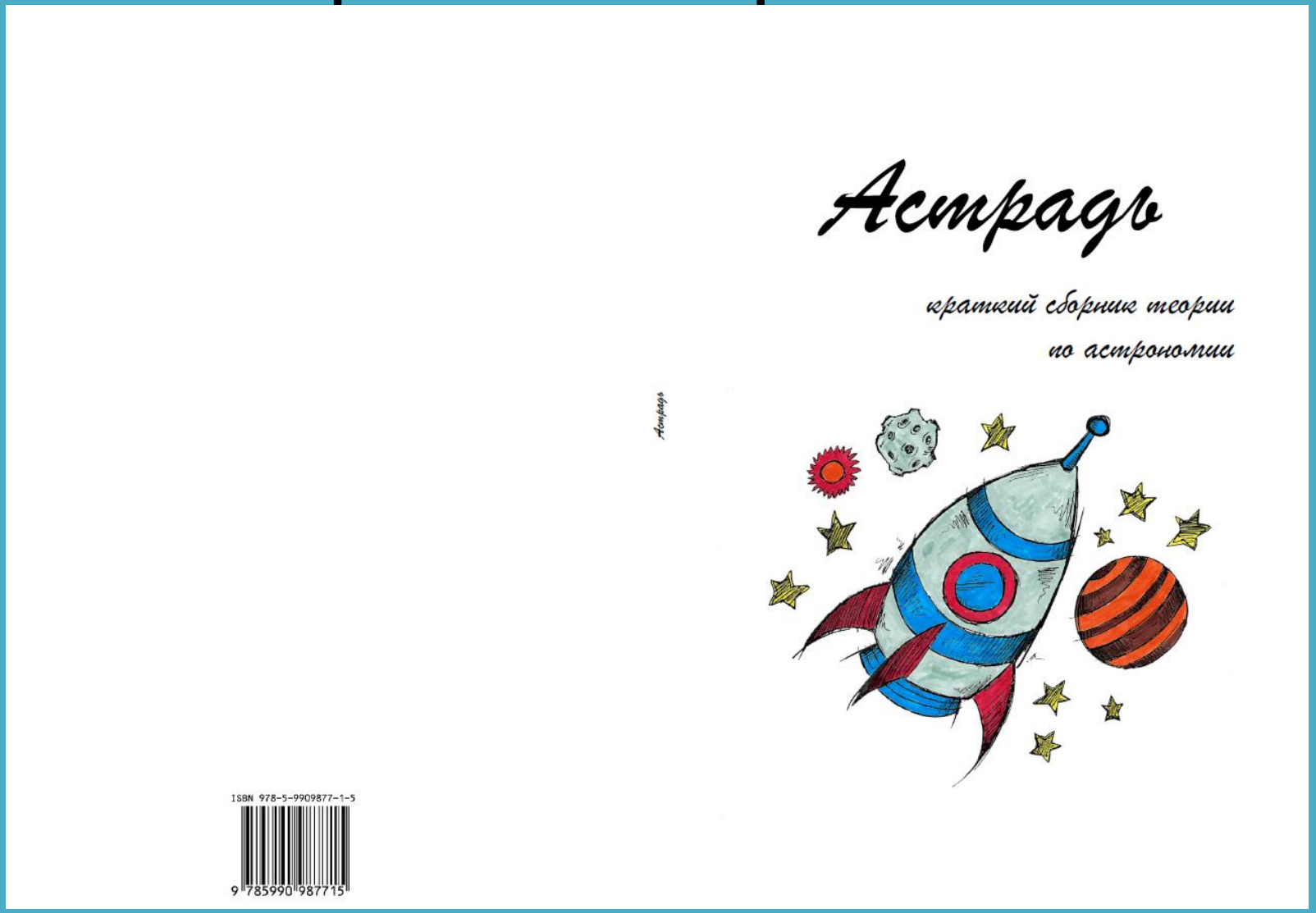
СФЕРЫ 1·11
В.М. Чаругин
АСТРОНОМИЯ
АСТРОНОМИЯ
10·11
БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

Задачники


Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ
СБОРНИК ЗАДАЧ И ПРАКТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ ПО АСТРОНОМИИ
ozon.ru


А. М. Татарников
О. С. Угольников
Е. Н. Фадеев
Сборник задач и упражнений
АСТРОНОМИЯ
10–11
БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

Астрадь – краткий сборник теории по астрономии



Основные интеллектуальные соревнования

- Московская астрономическая олимпиада – 2 уровень РСОШ
- Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада – 1 уровень РСОШ
- Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Финал ВсОШ 2017

Астрономические олимпиады

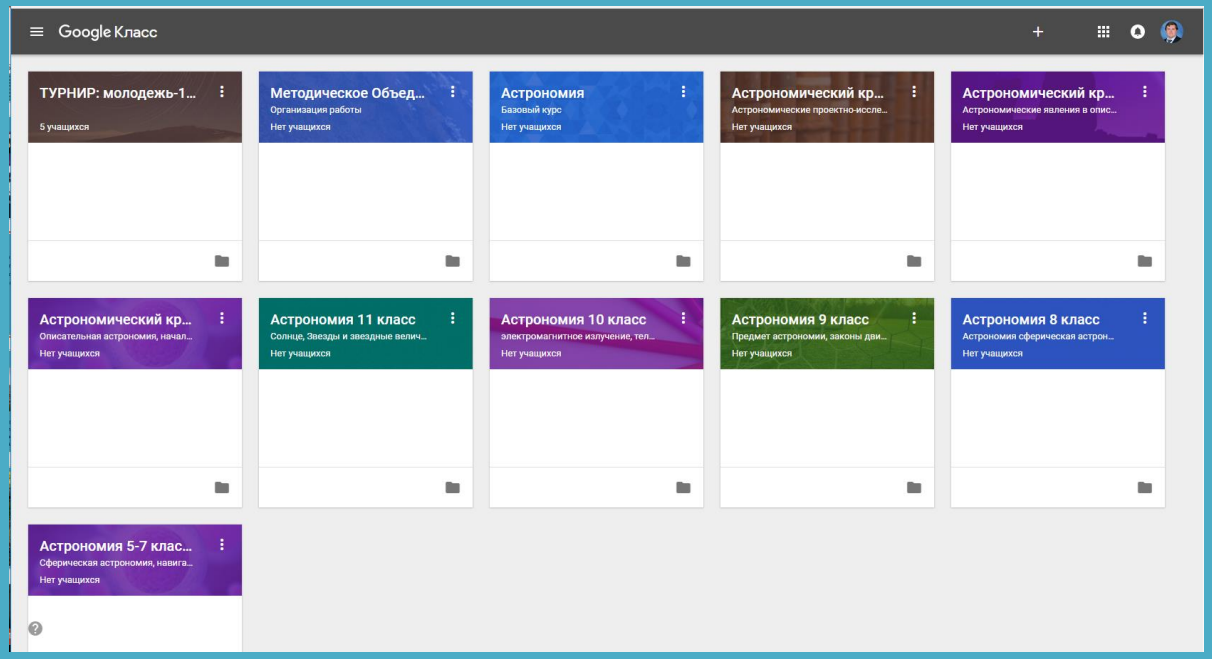
- Всероссийская олимпиада школьников
  - Региональный уровень (2011 г. – 1 победитель, 2 призера, 2012 г. – 2 победителя, 6 призеров, 2013 г. - 1 победитель , 7 призеров, 2014 г. – 1 победитель 4 призера , 2015 г. – 2 победителя , 4 призера, 2016 г. – 3 победителя, 9 призеров , 2017 г. – 5 победителей, 9 призеров, 2018 г. – 8 победителей, 11 призеров)
  - Заключительный этап (2011 г. – 2 победителя, 1 призер, 2012 г. – 1 победитель, 3 призера, 2013 г. – 2 победителя, 2 призера, 2014 г. - 2 победителя, 2 призера, 2015 г. – 3 победителя, 1 призер, 2016 г. – 3 победителя, 1 призер, 2017 г. - 2 победителя, 7 призеров)
- Международная астрономическая олимпиада
  - **2011 год**. Сушко Вадим (Гимназия №1) – серебряная медаль, Афанасьев Антон (Лицей №14) – бронзовая медаль. (IAO), **2012 год**. Сушко Вадим (Гимназия №1) и Афанасьев Антон (Лицей №14) - золотые медали. (IAO), **2013 год**. Шепелев Алексей (Лицей №14) – серебряная медаль (IAO), Афанасьев Антон (Лицей №14) – серебряная медаль , Борисов Святослав – бронзовая медаль(IOAA), **2014 год.** Билич Борис – серебряная медаль, Шепелев Алексей(Лицей №14) – бронзовая медаль. (IAO), Сушко Вадим (Гимназия №1) – бронзовая медаль (IOAA), **2015 год**, Долгов Даниил (Гимназия №1) – золотая медаль, Билич Борис, Шепелев Алексей (Лицей №14) – серебряные медали (IAO), Шепелев Алексей – похвальная грамота (IOAA), **2016 год,** –серебряные медали (IAO), Сысак Михаил (Лицей №14), Долгов Даниил (Гимназия №1) – золотые медали, Билич Борис(Школа 1329) – серебряная медаль, (IOAA), **2017 год,** – Долгов Даниил (Гимназия №1) – золотая медаль (IOAA).
- Московская астрономическая олимпиада
  - **2011 год**. 6 призеров. **2012 год.** 1 победитель и 4 призера. **2013 год.** 5 победителей. **2014 год.** 4 победителя и 3 призера. **2015 год.** 2 победителя и 8 призеров. **2016 год.** 5 победителей и 4 призера. **2017 год.** 2 победителя и 6 призеров.
- Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада
  - **2013 год.** 3 победителя и 2 призера. **2014 год.** 5 победителей и 3 призера. **2015 год.** 3 победителя и 2 призера. **2016 год.** 4 победителя и 3 призера. **2017 год.** - 2 победителя и 5 призеров.

г. Пекин (Китай) –

12-ая международная олимпиада по астрономии и астрофизике

Внеурочная деятельность

- Школа Юного Астронома
- Сборы перед МЭ ВСОШ
- Сборы перед региональным этапом ВСОШ
- Дистанционное обучение – google classrom



Выездная Экспедиция

- I-ая Экспедиция
  – 07.08-17.08 – 14 ч.
- II-ая Экспедиция
  – 29.07-08.08 – 35 ч.
- III-ая Экспедиция
  – 24.07-03.08 - 35 ч.
- IV-ая Экспедиция в КГО ГАИШ
  – 06.08-16.08 - 25 ч.

- Наблюдения, Астрофотография, Работа с телескопами, практические задания и лекции, Знакомство с заповедником и пещерами плато Лаго-Наки.

CAT
3200

© A.Shepelev

Сборы в КГО ГАИШ

Ссылки

- График проведения астрономических олимпиад в 2017-2018 учебном году - https://vk.com/page-284526_55220278
- Группа задач Астрономических олимпиад в контакте в документах есть задачи олимпиад разных уровней с решениями в разделе Ресурсы - https://vk.com/astroolympiads
- Авторский сайт преподавателя астрономии школы № 179 г. Москвы к.п.н. Шатовской Натальи Евгеньевны – http://www.myastronomy.ru
- Фотоальбом НАСА - https://photojournal.jpl.nasa.gov/
- Проект карта Вселенной на разных масштабах - http://www.atlasoftheuniverse.com/
- Виртуальный планетарий- https://celestiaproject.net/ru/
- Виртуальный планетарий - http://www.stellarium.org/
- Статья о горизонте - https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%82
- Задачи и Упражнения по Общей Астрономии - http://www.astronet.ru/db/msg/1175352/node1.html
- www.zhuk-astronomy.ru
- https://vk.com/astronomy_in_zhukovsky

Спасибо за внимание