

Методичка по астрономии для сдающих ЕГЭ по физике

Всё необходимое, чтобы не тупить на 24-м вопросе

Массы, скорости и силы

[Средняя плотность](#)

[Центростремительные ускорения](#)

[Первая и вторая космические скорости](#)

[Ускорение свободного падения](#)

[Сила притяжения](#)

[Линейная скорость вращения по орбите](#)

[Угловая скорость вращения по орбите](#)

[Третий закон Кеплера](#)

Орбиты

[Эксцентриситет орбиты](#)

[Эклиптика](#)

[Перигелий и афелий](#)

Единицы измерения расстояний

Солнечная система

[Планеты](#)

[Группы](#)

[Земля](#)

[Сутки и год](#)

[Расстояния](#)

Характеристики звёзд

[Удалённость звёзд от Земли](#)

[Звёздные величины \(m\)](#)

[Распределение масс и размеров звёзд по классам](#)

[Характеристики Солнца](#)

[Спектральные классы по температурам](#)

[Энергия звёзд](#)

Диаграмма Герцшпрунга — Рассела

[Солнце на ГР-диаграмме](#)

[Расположение классов объектов на диаграмме](#)

[Белые карлики](#)

Строение галактик

[Особенности строения галактики Млечный путь](#)

[Звёздные скопления](#)

Звёздная эволюция

Массы, скорости и силы

Средняя плотность

Средняя плотность планеты равна $\rho = \frac{M}{V}$, где ρ — плотность планеты, M — масса планеты, V — объём планеты: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, где r — радиус планеты.

Центростремительные ускорения

Отношение центростремительного ускорения планеты 1 к планете 2 относительно Солнца вычисляется по формуле $\frac{R_1^2}{R_2^2}$, где R_1 — радиус орбиты планеты 1, R_2 — радиус орбиты планеты 2.

Первая и вторая космические скорости

Первая космическая скорость (минимальная скорость, с которой объект выйдет на орбиту планеты) равна $v_1 = \sqrt{G\frac{M}{r}}$, где v_1 — первая космическая скорость, G — гравитационная постоянная ($6,67408 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$), M — масса планеты, r — радиус планеты.

Вторая космическая скорость (минимальная скорость, с которой объект покинет орбиту планеты) равна $v_2 = \sqrt{2G\frac{M}{r}}$, где v_2 — вторая космическая скорость. Или $v_2 = v_1\sqrt{2}$.

Ускорение свободного падения

Ускорение свободного падения равно $g = G\frac{M}{r^2}$, где g — ускорение свободного падения, G — гравитационная постоянная, M — масса планеты, r — радиус планеты.

Также можно выразить через первую космическую скорость $g = \frac{v_1^2}{r}$ и вторую $g = \frac{v_2^2}{2r}$.

Сила притяжения

Сила притяжения планеты к Солнцу равна $F = G\frac{MM_s}{r^2}$, где F — сила притяжения планеты Солнцем, M_s — масса Солнца, G — гравитационная постоянная, M — масса планеты, r — радиус орбиты.

Эту же формулу можно использовать для подсчёта силы притяжения спутников планеты к самой планете.

Линейная скорость вращения по орбите

Линейная скорость вращения планеты по орбите равна $v = \frac{2\pi R}{T}$, где v — линейная скорость вращения по орбите, R — радиус орбиты, T — период обращения по орбите.

Угловая скорость вращения по орбите

Угловая скорость вращения планеты по орбите равна $\omega = \frac{2\pi}{T}$, где ω — угловая скорость вращения по орбите, T — период обращения по орбите.

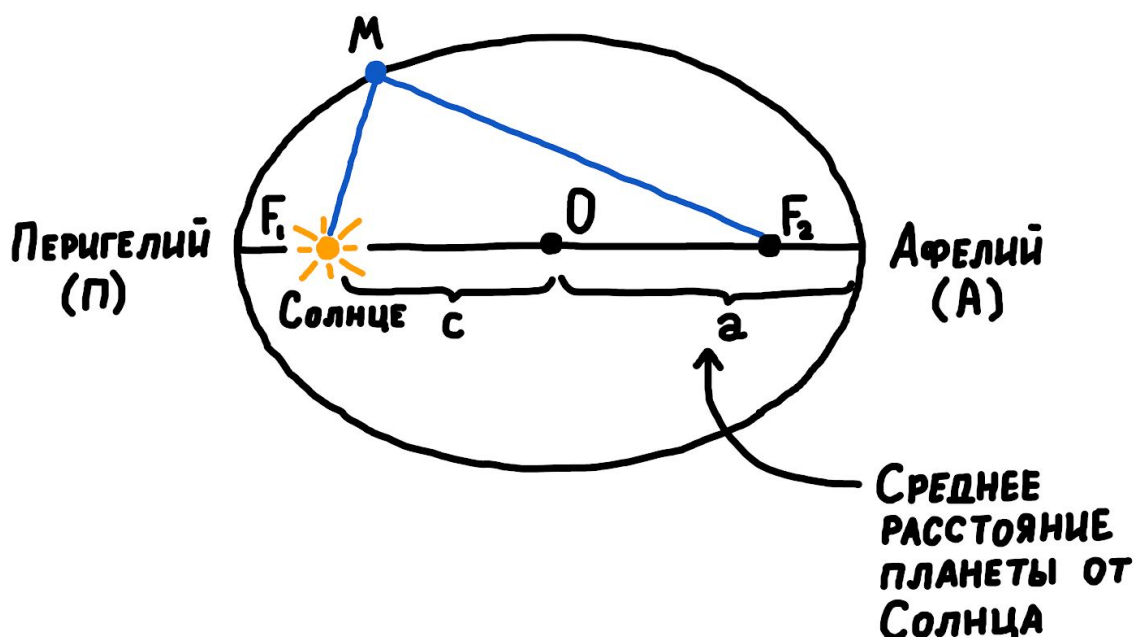
Третий закон Кеплера

$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$, где T_1 и T_2 — периоды вращения планет вокруг Солнца, a_1 и a_2 — радиусы их орбит. Следовательно, период обращения планеты тем больше, чем больше радиус орбиты.

При необходимости нахождения периода вращения вокруг Солнца можно вместо T_2 подставлять данные Земли.

Орбиты

Эксцентриситет орбиты



Любая орбита — эллипс.

a — большая полуось орбиты, среднее расстояние до Солнца. Большая полуось орбиты Земли принята за единицу измерения — 1 астрономическая единица.

Эксцентриситет орбиты $e = \frac{c}{a}$, где e — эксцентриситет, c — расстояние от центра эллипса до фокуса, a — большая полуось (она же среднее расстояние до Солнца).

Чем ближе эксцентриситет к 0, тем более круговая орбита. Чем ближе к 1 — тем более вытянутая орбита.

Эклиптика

Эклиптика — плоскость в которой Земля вращается вокруг Солнца. Остальные планеты вращаются вокруг Солнца в плоскостях очень близких к эклиптике.

Наклонение орбиты — угол между плоскостью вращения объекта вокруг Солнца и эклиптикой.

Перигелий и афелий

Перигелий — ближайшая к Солнцу точка орбиты. Расстояние до перигелия

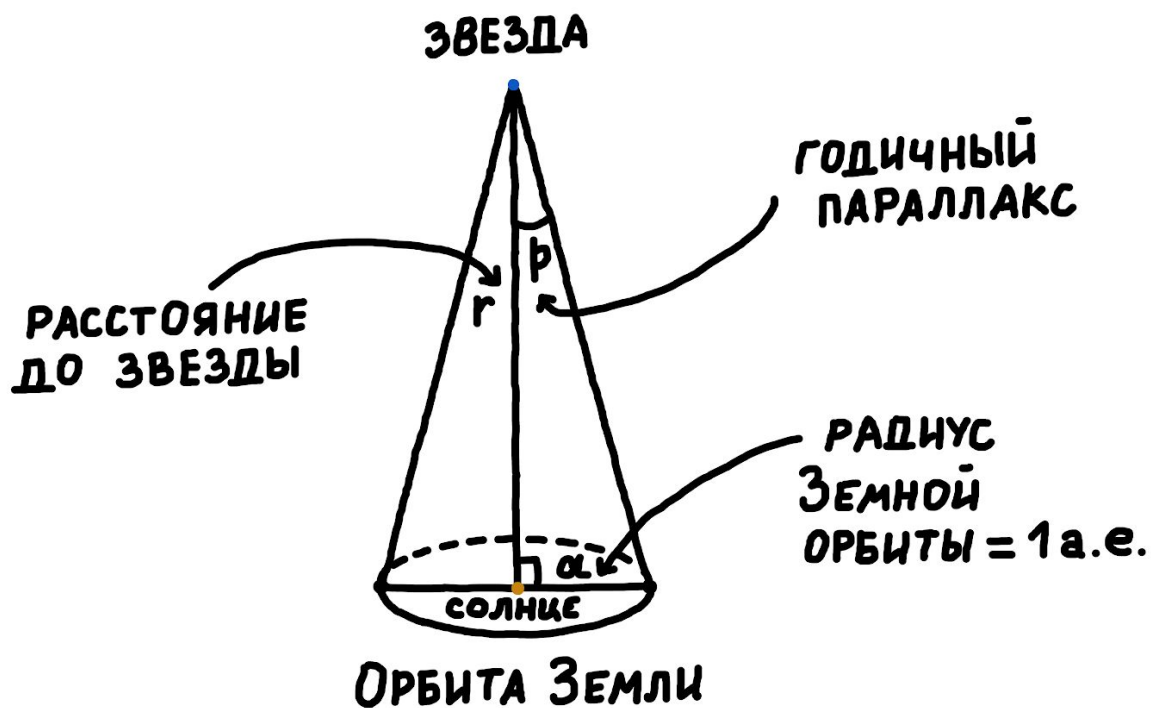
$r_p = (1 - e)a$, где r_p — расстояние до перигелия, e — эксцентриситет, a — большая полуось.

Афелий — наиболее удалённая от Солнца точка орбиты. Расстояние до афелия

$r_a = (1 + e)a$, где r_a — расстояние до афелия, e — эксцентриситет, a — большая полуось.

Единицы измерения расстояний

- 1 астрономическая единица (а. е.) = 150 млн км. Равна расстоянию между Землёй и Солнцем.
- 1 световой год — расстояние, которое проходит свет за год.
- 1 парсек — расстояние до звезды, годичный параллакс которой равен $1''$. Что такое годичный параллакс смотри ниже:



Солнечная система

Планеты

Порядок	Название планеты	Количество спутников	Атмосфера	Обращение вокруг собственной оси	Расстояние от Солнца, а.е.
1	Меркурий		Кислород, натрий, водород. Атмосферы мало из-за чего высокие перепады температуры	59 дней	0,4
2	Венера		Углекислый газ. Из-за него высокая температура на поверхности (парниковый эффект)	243 дней, вращается в обратную сторону (с востока на запад)	0,7
3	Земля	1	Азот, кислород	24 часа	1
4	Марс	2	Углекислый газ	24,5 часов	1,5
<i>Пояс астероидов (главный пояс)</i>					
5	Юпитер	69	Водород, гелий	10 часов	5
6	Сатурн	62	Водород, гелий	10,5 часов	9,5
7	Уран	27	Водород, гелий	17 часов, вращается на боку в обратную сторону (с востока на запад)	19
8	Нептун	14	Водород, гелий	16 часов	30
<i>Пояс Койпера (там же Плутон)</i>					

Группы

Меркурий, Венера, Земля, Марс — планеты земной группы. Поверхность твёрдая. Плотность высокая.

Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун — планеты-гиганты. Поверхность не твёрдая. Плотность пониже. Есть кольца (да, да, не только у Сатурна).

Земля

Радиус Земли — 6300 км.

Сутки и год

- Длительность суток определяется длительностью вращения планеты вокруг своей оси.
- Длительность года определяется длительностью вращения планеты вокруг Солнца.
- Смена времён года зависит от угла наклона оси вращения планеты к эклиптике.

Расстояния

Расстояние между Землёй и Луной — 384 000 км.

Диаметр Солнечной системы — 9 млрд км. (80 астрономических единиц).

Расстояние до ближайшей звезды — 4,2 световых года.

Характеристики звёзд

Удалённость звёзд от Земли

Звёзды, находящиеся в одном созвездии, вероятнее всего находятся на разном удалении от Земли и следовательно не находятся рядом друг с другом.

Видимая звёздная величина — это показатель яркости звезды для наблюдателя с Земли. Она зависит от расстояния до звезды.

Абсолютная звёздная величина — это показатель яркости звезды вне зависимости от наблюдателя. Не зависит от расстояния до звезды.

Звёздные величины (m)

- Звёзды 1-й величины в 2,512 раза ярче звёзд 2-й величины и т. д.
- Разница в 5 звёздных величин равна разнице яркостей (светового потока) в 100 раз.
- Чем значение звёздной величины меньше, тем звезда ярче.
- Невооружённым взглядом видны звезды с видимой звездной величиной меньше 6.
- При удалении от источника световой поток уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния ($\frac{1}{L^2}$).

Распределение масс и размеров звёзд по классам

Тип	Масса в Солнцах	Размер в радиусах Солнцах
Сверхгиганты	10–70	100–1000
Гиганты	10–20	10–100
Звёзды главной последовательности	~1	1–10
Карлики	До 0,75	0,1–1
Белые карлики	~1	0,001–0,1

Характеристики Солнца

Поверхностная температура — 5800 К.

Средняя плотность Солнца — 1,4 г/см³.

Спектральные классы по температурам

Спектральные классы зависят только от температур.

Чем выше температура, тем короче жизнь звезды.

Спектральный класс	Температура в Кельвинах
O (более голубые звёзды)	30 000—60 000
B	10 000—30 000
A	7500—10 000

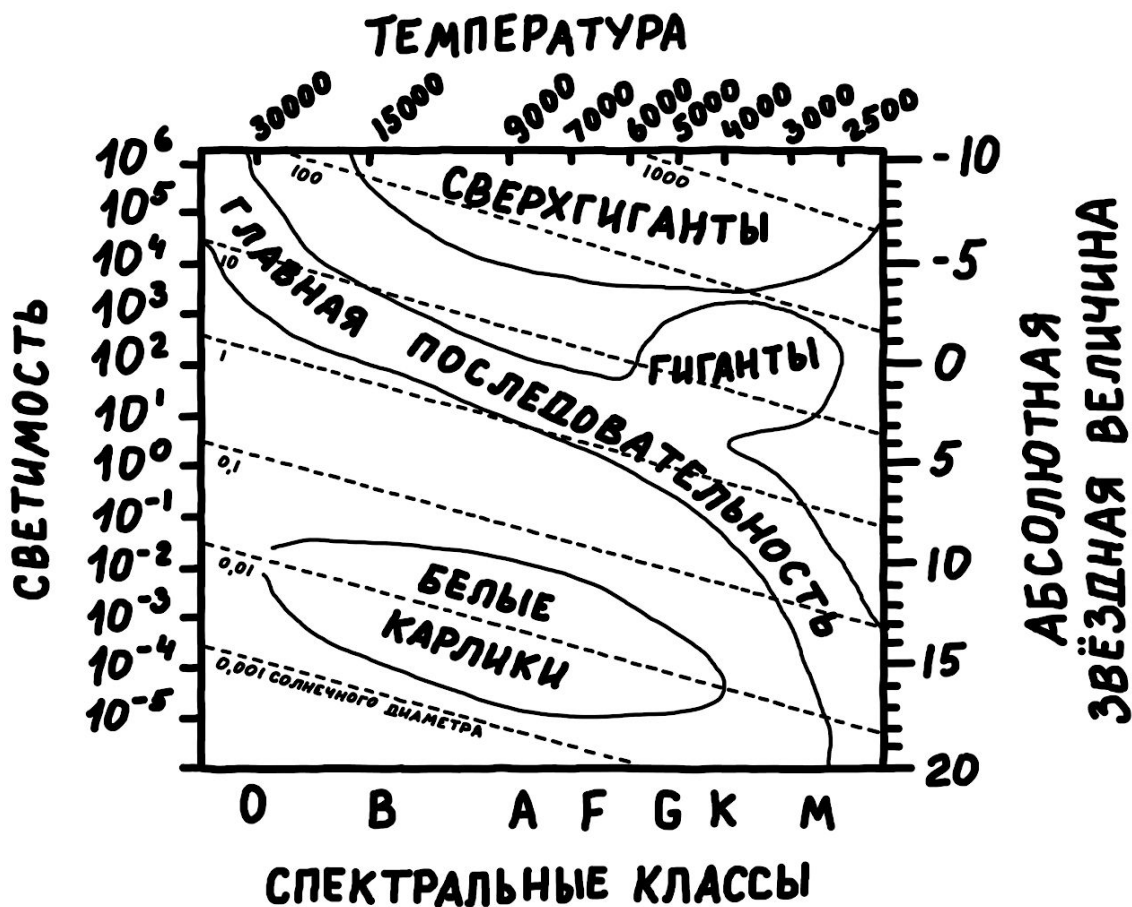
F	6000—7500
G	5000—6000
K	3500—5000
M (более красные звёзды)	2000—3500

Мнемоническая формула для запоминания: **О**дин **Б**ритый **А**нгличанин **Ф**иники **Ж**евал **К**ак **М**орковь.

Энергия звёзд

Энергия в недрах звёзд берётся от реакций ядерного синтеза (термоядерных реакций). Например при слияния ядер водорода друг с другом, или гелия.

Диаграмма Герцшпрунга — Рассела



Звёзды за время своей жизни проходят по главной последовательности и затем сворачивают на ветви гигантов и сверхгигантов. Соответственно чем ближе к левому верхнему углу находится звезда, тем короче её «жизненный цикл».

Масса звезды влияет на время нахождения на главной последовательности.

На главной последовательности находятся практически все звёзды. Самые многочисленные — красные карлики.

Солнце на ГР-диаграмме

Солнце на диаграмме находится на пересечении светимости = 1 и линии «1 солнечный диаметр».

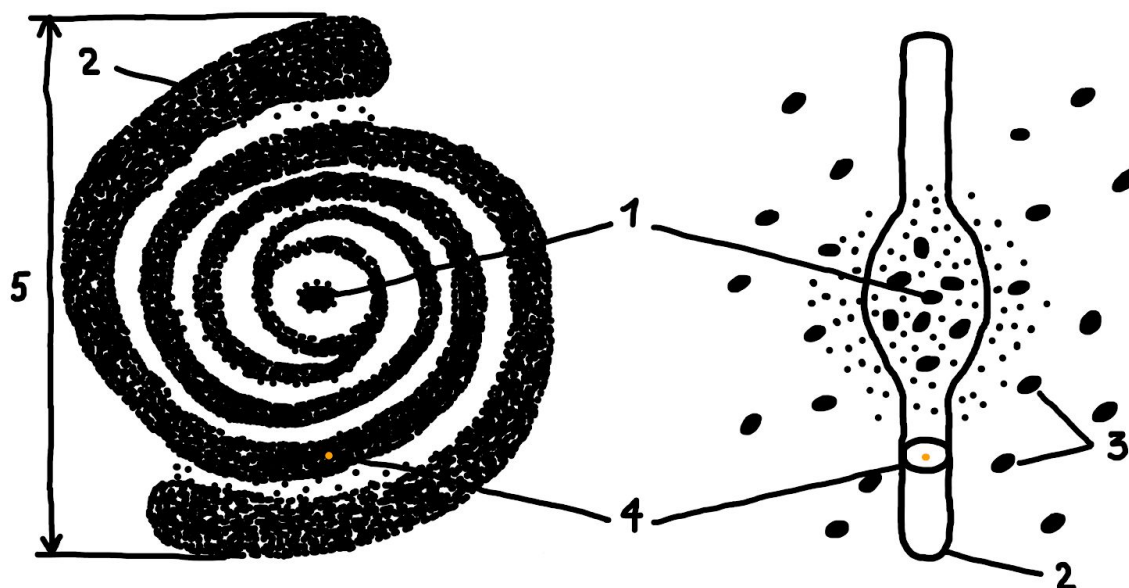
Расположение классов объектов на диаграмме

Низкая температура и низкая светимость	Только зарождающиеся звёзды, красные карлики
Высокая температура и низкая светимость	Маленькие и плотные объекты — белые карлики
Высокая температура и высокая светимость	
Низкая температура и высокая светимость	Высокая светимость за счёт больших размеров, низкая плотность — гиганты (температура низкая) и сверхгиганты

Белые карлики

Плотные, горячие, очень маленькие звёзды. Масса примерно равна массе Солнца, но диаметр в 100 раз меньше.

Строение галактик



Особенности строения галактики Млечный путь

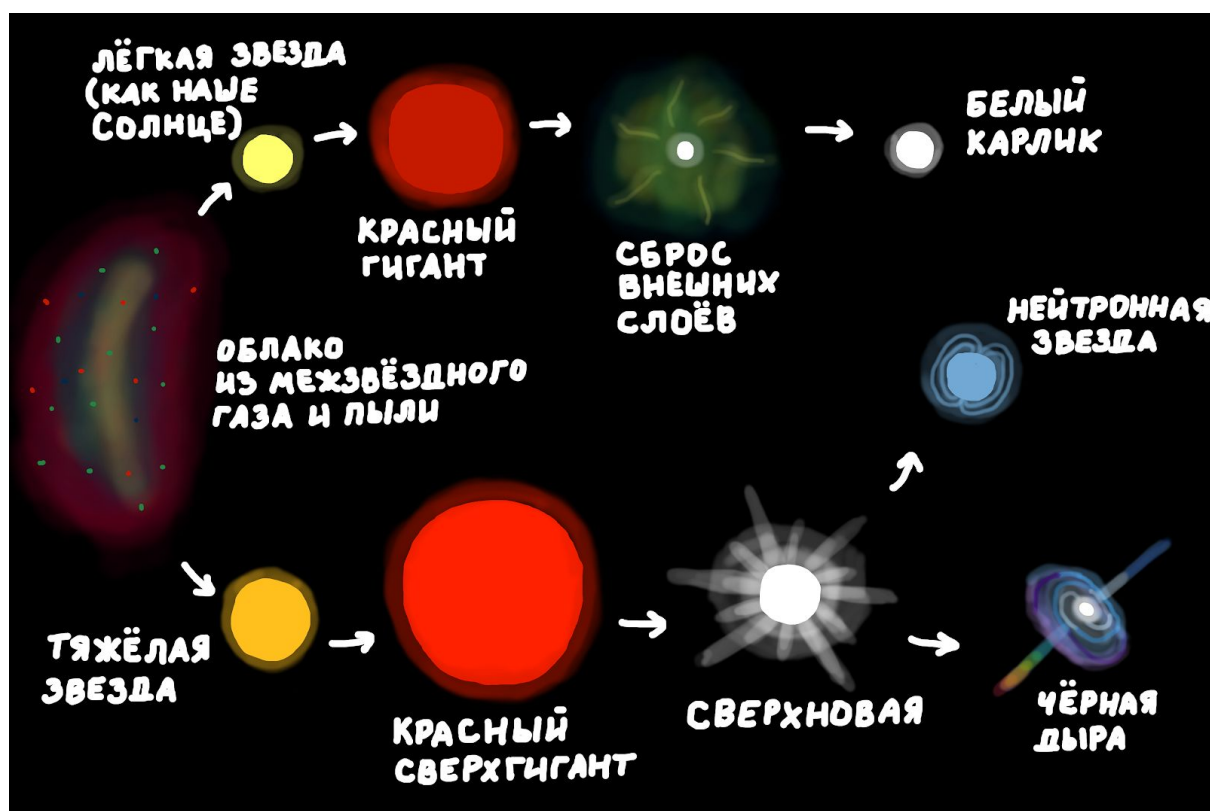
- В центре (1) — ядро галактики.
- Диск галактики (2) — плотная спираль, состоит из спиральных рукавов.
- Рассеянные скопления — молодые звёзды, располагаются в плоскости диска.
- Шаровые скопления (3) — старые звёзды, располагаются вокруг галактики.
- Солнце (4) находится на окраине галактики.
- Галактики-спутники Млечного пути — Большое и Малое Магелланово облако и Андромеда — располагаются поодаль от Млечного пути. То есть их не будет на этой картинке.
- Диаметр Млечного Пути (5) — 100 000 световых лет.

Звёздные скопления

Звёздные скопления это очень компактные объединения звёзд (соответственно от Земли они все примерно одинаково удалены), которые движутся в пространстве все вместе.

Характеристики отдельных звёзд в скоплении могут быть совершенно различны.

Звёздная эволюция



На стадиях, обозначенных как «лёгкая звезда» и «тяжёлая звезда», происходит основное выгорание водорода и превращение его в гелий.

Версия 1.1.

Отдельное спасибо Павлу Костину и всем моим ученикам за помощь в составлении методички, а также [Саше Оводовой](#) за рисунки.

Наиболее актуальная версия всегда доступна по адресу: <https://ovodov.me/astroege/>. По вопросам, предложениям и исправлению ошибок пишите на boris@ovodov.me.

[Борис Оводов](#), 2019.