

**Конкурс по астрономии и наукам о Земле. Критерии проверки.**

Из предложенных 7 заданий мы рекомендуем выбрать самые интересные и ответить на них (школьникам 8 класса и младше рекомендуется 1–2 вопроса, школьникам старших классов — 2 или 3).

Ответы необходимо снабдить разумным количеством примеров и пояснений по вашему выбору. Перечислять дополнительные примеры не обязательно (за них к оценке правильного ответа будут добавляться дополнительные баллы).

За хороший, логичный, разумный (с учётом возраста школьника) ответ ставится **5 баллов**.

Дальше нужно посмотреть критерии — если по ним получается больше баллов, то поставить больше.

Если ответ неразумный — также смотреть критерии и поставить столько баллов, сколько получается. (Обычно это будет немного или просто 0. Но иногда может получиться даже больше 5 — эти баллы, таким образом, школьник получит за начитанность и эрудицию).

Разбалловку следует рассматривать исключительно как примерную и применять **творчески**. В частности, если в работе школьника есть разумная мысль, явно в разбалловке не указанная — эту мысль нужно оценить аналогично имеющимся критериям.

Если в работе имеется содержательное утверждение, в котором вы сомневаетесь — по возможности просьба проверить его в интернете.

**1.**

Указана гравитация как причина концентрации вещества в небесные тела.	2
Стратификация слоёв вещества по плотности под действием силы тяжести.	3
Различные фазовые состояния вещества (плазма–газ–жидкость–вязкий расплав–твёрдое) в зависимости от температуры и давления данного слоя.	5
Условие гидростатического равновесия слоёв (кроме внешней твёрдой коры и ячеек конвекции).	3
Возможность тепловой конвекции вещества для жидких и вязких слоёв.	3
Железо (и никель) — наиболее обильные (Fe 34,6%) и плотные составляющие планет, как конечные элементы нуклеосинтеза в обычных звёздах.	2

*Информацию о составе внутренностей Земли, планет и звёзд, очевидно, нельзя получить непосредственно. Поэтому любой «правильный»*

*ответ на такой вопрос в любом случае будет предположительным и должен содержать аргументацию: какие есть основания полагать, что дело обстоит именно так — какие именно методы исследований и/или наблюдения легли в основу такой аргументации.*

Из чего состоит ядро Земли?

За время существования Земли, как планетного тела, около 4,6 млрд лет, произошел нагрев ее вещества, его расплавление, разделение по составу и концентрация наиболее плотных составляющих в центре.	2
Основной метод исследования внутренних слоёв Земли — зондирование сейсмическими волнами и анализ градиентов скоростей продольных и поперечных S-волн.	2
Дополнительно — моделирование движения полюсов, приливов и прецессии тела Земли.	1
Внутреннее кристаллическое ядро (глубина от 6371 до 5120 км) состоит в основном из железа и никеля, плотность 13 г/см <sup>3</sup> , давление 3,5 · 10 <sup>6</sup> атм, температура ≈ 6400 К.	3
Внешнее жидкое ядро (глубина от 4980 до 2900 км) — плотность ≈ 10 г/см <sup>3</sup> , давление ≈ 2 · 10 <sup>6</sup> атм, температура ≈ 5000 К. Снижение скорости объёмных волн и высокая электропроводность.	2

Что находится в центре других планет?

Метод исследования — модельные построения, для Луны — частично сейсмография (на спускаемых аппаратах), гравиметрия коры и собственные движения.	1
Резкое отличие химического состава планет земной группы от солнечного — преобладание Fe, O, Si, Mg. В коре — окислы SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Почти полное отсутствие летучих соединений.	2
Жидкое ядро у Венеры и Меркурия.	1
Уменьшение относительной доли ядра (металлических элементов) от Меркурия к Марсу и Луне.	1
Планеты-гиганты (Юпитер) — солнечный состав внешних слоёв (H, He), с глубиной переход водорода в жидкую и металлическую (с 25000 км) фазу. В центре — каменное ядро размерами с Землю, глубже возможно также металлическое ядро. Температура в центре до 30000 К.	2

А что в центре звёзд?

Гидростатическое равновесие звезды (сила тяжести — давление газа).	2
Тепловое равновесие звезды (выделение энергии — перенос энергии вовне).	2

Рост давления и температуры к центру звезды.	1
Солнце — в центре (696000 км) $T_{\text{ц}} = 15,5$ млн. К, давление $3 \cdot 10^{11}$ атм., плотность $160 \text{ г/см}^3$ .	1
Звёзды главной последовательности — гомогенные (однородные по химическому составу, зоны конвекции) от M0 (0,5 масс Солнца, $T_{\text{ц}} = 8$ млн. К, $pp$ -реакция горения водорода) до B0 (20 масс Солнца, $T_{\text{ц}} = 34$ млн. К, C-цикл горения водорода).	2
Красный гигант — «гелиевое ядро» без ядерных реакций (1,3 масс Солнца, $T_{\text{ц}} = 40$ млн. К, давление $3 \cdot 10^{15}$ атм., плотность $3,5 \cdot 10^5 \text{ г/см}^3$ .)	2
Белый карлик — состояние вырожденного газа (0,9 масс Солнца, радиус 10000 км, $T_{\text{ц}} = 8$ млн. К, давление $10^{18}$ атм., плотность $3 \cdot 10^7 \text{ г/см}^3$ ).	2
Нейтронная звезда — вспышка сверхновой — нейтронная жидкость + твёрдая кора Fe (1,4–2,7 масс Солнца, радиус 10–18 км, $T_{\text{ц}} = 8$ млн. К, давление $10^{26}$ атм., плотность $10^{15} \text{ г/см}^3$ ).	2

У каких звёзд могут быть железные ядра?

Сжатие гелиевого ядра красного гиганта — гелиевые реакции синтеза тяжёлых элементов C, O, Ne, Mg, ... — до Fe.	2
Конвективное перемешивание слоёв выносит на поверхность звезды продукты ядерных реакций из выгоревшего ядра.	1
Металлические звезды (класс Am).	1
Вспышки гелиевого слоевого источника — продукты медленного захвата нейтронов ядрами — Ba, Pm, Zn.	1

2. Какие небесные объекты можно использовать в качестве эталонных часов? Какие нельзя и почему?

Солнце	
Световой день — основа биосферы Земли и человеческой активности (утро — день — вечер) = низкая точность до 1–2 часов.	1
Солнечные часы (разделение дня на доли) — гномон, обелиск, Древний Египет, ок. 3500 до н. э. = неравномерность светового дня, точность до 0,5 часа, только днём при ясной погоде.	1
Равномерное течение времени — водяные часы (клепсидра), Карнак, ок. 1500 до н. э., точность до 0,2 часа на 10–12 часов хода, перезапуск системы при заходе солнца.	1
Механические колебательные системы — билянец, ок. 1200 г., точность 0,5 часа на сутки, контроль и перезапуск системы при восходе солнца.	1

Маятник Галилея (1583), часы Гюйгенса (1658), затем механические часы 17–18 вв. — точность от 1 мин до 10 с за сутки, поверка по истинному полудню.	1
Девиз парижских часовщиков: «Солнце показывает время обманчиво» — определение уравнения времени, поправки к истинному солнцу до 16 мин. «Tempora mutantur».	1
Луна	
В лунном календаре — Начало нового месяца (неомения) — появление молодого месяца после новолуния. То есть начало месяца приходится на тот день, когда серп молодой Луны, после новолуния, становится видимым с заходом Солнца. В настоящий момент существуют два мнения по вопросу определения начала месяца: некоторые мусульмане учитывают местную видимость Луны, в то время как другие полагаются на свидетельства авторитетных людей в мусульманском мире. Ислам допускает обе возможности, но это приводит к различию времени начала месяцев. <a href="http://www.calend.ru/holidays/islam/">http://www.calend.ru/holidays/islam/</a>	1
Luna Fallax («Луна-обманщица») — ежедневное изменение времени восхода и захода.	1
Использование таблиц координат Солнца и Луны для поправок морских хронометров.	2
Видимые звёзды	
«Звёздные часы» Древнего Египта — ок. 1500 до н. э. = точность до 0,2 часа, только ночью.	1
«Первая звезда» — начало новых суток и месяца = неравномерность длительности суток, только при ясной погоде.	1
Звёздное время — Оле Ремер, ок. 1690, изобретение полуденной трубы и меридианного круга, точность до 1 мин.	2
18 и 19 век: последующее повышение точности звёздного времени до 0,1 с.	1
Неравномерности вращения физического тела Земли: вековое замедление из-за приливного трения (0,002 с/столетие); годовые (сезонные) изменения (до 0,0025 с) нерегулярные скачкообразные изменения длины суток (до 0,004 с)	3
Равномерное эфемеридное (ньютонское) время (Ньюком, 1900) на основе тропического года и поправок теории движения Луны.	1
Солнечная система	
1675 – 17 век: затмения спутников Юпитера как вспомогательный метод для определения времени на море = условия видимости, редкость событий.	1
Баривентрическое время — время в «центре масс» Солнечной системы, на основе ОТО и атомного стандарта частоты.	2
Пульсары	
Построение сводной шкалы времени по пульсарам.	2

### 3. Почему звёзды не падают друг на друга?

Собственные движения звёзд в пространстве.	1
Отношение размера звёзд и расстояния между ними: Солнце — Проксима Центавра: $700 \text{ тыс. км} / 1,3 \text{ пк} = 2 \cdot 10^{-8}$ , вероятность столкновения $10^{-23}$ .	2

Могут ли они сталкиваться?

Тесные сближения звёзд в скоплениях: в центре скопления Омега Центавра звёзды расположены в 10000 раз плотнее, чем в окрестностях Солнца <a href="http://www.astronet.ru/db/msg/1171158">http://www.astronet.ru/db/msg/1171158</a>	1
Прямого столкновения обычных звёзд астрономы пока ещё ни разу не наблюдали.	1
Образование массивных голубых звёзд (NGC 6397) в результате постепенного слияния двух и более звёзд.	1
Вероятные столкновения и слияния звёзд в активных ядрах галактик.	1
Гамма-вспышки — вероятные столкновения двух нейтронных звёзд или нейтронной звезды и чёрной дыры.	1

Может ли наше Солнце «упасть» в центр Галактики?

Движение Солнца по орбите вокруг центра Галактики: скорость 220 км/с, период ок. 220 млн. лет.	2
Поглощение звёзд и вещества сверхмассивными чёрными дырами в центре галактик.	1

Как будут выглядеть наши созвездия через галактический год?

Собственные движения звёзд: звезда Барнарда ( $10,27''/\text{год}$ ), около 500 звёзд более $1''/\text{год}$ .	1
Существенное изменение видимых конфигураций созвездий за 100000 лет.	1
Галактический год (ок. 200 млн. лет) — полная смена звёздного населения вокруг Солнца и видимых созвездий.	2

4. Какие Вы знаете открытые, потом забытые и вновь «переоткрытые» открытия (в области астрономии и наук о Земле)?

За одно разумно описанное открытие ставится **3 балла**, за 2 открытия — **5 баллов**, за каждое последующее — **по 1 баллу**.

Список некоторых открытий и переоткрытий.

<b>Продолжительность года <math>365 + \frac{1}{4}</math> суток</b>	
–2000	Египет
–370	Евдокс
–238	Эвергет
–46	Юлий Цезарь
78	Джан Хен
325	Никея
<b>Продолжительность года 365,2425 суток</b>	
–330	Калипп
–125	Гиппарх
1079	Омар Хайям
1281	Китай
1401	Николай Кузанский
1582	Григорий 13
<b>Прецессия</b>	
–120	Гиппарх
330	Юй Си
858	аль Баттани
903	ас Суфи
1270	Зидж Эльхан
1437	Улугбек
<b>Южный полюс мира открыт с момента пересечения экватора</b>	
–600	мореходы фараона Нехо
1484	Бартоломеу Диаш
<b>Собственные движения звёзд</b>	
683	И Синь
1718	Галлей
<b>Приливы (связь с Луной)</b>	
–85	Посидоний
660	Ширакаци
1799	Лаплас — теория
<b>Наклон эклиптики</b>	
–1109	Чу Конг
–547	Фалес
–550	Анаксимандр
–320	Питеас
–230	Эратосфен
78	Чжан Хэ
150	Птолемей
858	аль Баттани
1031	Бируни

1437	Улугбек
<b>Движение (вращение) Земли</b>	
–350	Гераклид
–270	Аристарх
476	Ариабхата
1401	Кузанский
1543	Коперник
1602	Тихо Браге — отрицал!
1616	Павел 5 — церковный запрет
1632	трибунал Галилея
1725	Брадлей
1804	Бенцинберг
1851	Фуко
1857	Бэр
<b>Множественность миров</b>	
–550	Анаксимандр
–540	Пифагор
120	Чжан Хэн
1401	Кузанский
1584	Бруно
1992	открыта первая экзопланета (вне Солнечной системы)
<b>Периодичность комет</b>	
–12	приход кометы Галлея
1531	приход кометы Галлея (ещё раз)
1665	Борелли
1705	Галлей
<b>Вариации Луны</b>	
940	Абу-л Вафа
1597	Тихо Браге
<b>Эксцентриситет орбиты Земли</b>	
	Птолемей
1031	Шень Ко
<b>Сверхновые звёзды</b>	
28.07.1054	Китай, Мессье 1, Крабовидная туманность
1572	Тихо, Кассиопея А
1604	Кеплер
<b>Переменные звёзды</b>	
др. греки	Алголь (глаз Медузы Горгоны)
др. арабы	Алголь («глаз дьявола»)
1669	Алголь, Монтанари
1596	Мира Кита, Фабрициус
1639	Мира Кита, Гольвард

<b>Пятна на Солнце</b>	
1365	Никоновская летопись
1611	Фабрициус, Шейнер
1610	Галилей
<b>Падение метеоритов</b>	
1492	Франция 127 кг
1794	Паллас, Хладни
1803	каменный дождь
<b>Планета Нептун</b>	
1612	Галилей (наблюдение в поле зрения)
1846	Леверье

5. Знаете ли Вы случаи, когда небесные тела движутся не так, как следует по закону тяготения Ньютона? Какие силы за это ответственны?

Видимые эффекты в движении — запаздывание спутников Юпитера.	1
Триумф Ньютоновской механики — возврат кометы Галлея.	2
Приливные силы.	1
Возмущающее действие других тел.	1
Сопротивление среды (атмосферы).	1
Давление света или солнечного ветра («парус»).	1
Сброс оболочек, взрывы.	1
Эффекты общей теории относительности (ОТО).	2
Реактивные эффекты (ядра комет, струи, развал, активное воздействие).	2
Сверхсветовые разлёты джетов в активных ядрах галактик.	1
Скрытая масса — тёмная материя.	1

6. Когда иссякнет Солнце? (и почему оно сейчас светит?) Что будет светить после? Существует ли «вечный» свет?

Термоядерные реакции — протон-протонный цикл.	1
Удельное энерговыделение.	1
Эволюционные треки нормальных звёзд.	1
Будущее Солнца как красного гиганта.	1
Наиболее долгосвещающие ( $10^{10}$ лет) объекты: коричневые и красные карлики, белые карлики, нейтронные звёзды.	2
Редкие вспышки — поглощение одиночных объектов чёрными дырами.	1

Реликтовое излучение.	2
Белые дыры, кротовые норы — как источники света.	1

7. Во сколько раз длина тени Останкинской телебашни в Москве больше в полдень 22 декабря, чем в полдень 22 июня? Можно ли Останкинскую телебашню использовать в качестве гномона для солнечных часов? (Общая высота 540 метров, диаметр внизу башни 18 метров.)

*Тень от верхней части башни (выше 385,5 м) из-за малой толщины этой части башни (около 4 м) вообще никогда не достигает поверхности Земли. (См. например, [http://maps.yandex.ru/moscow\\_sputnik](http://maps.yandex.ru/moscow_sputnik)).*

*Формальное отношение тангенсов углов падения лучей солнца в дни солнцестояний (56 и 11 градусов) даёт отношение длин теней  $\approx 7,9$ .*

*Однако, реальное отношение всего около 3, — при опускании солнца по мере своего вытягивания в длину тень (в т. ч. и от стакана ресторана и смотровой площадки) начнёт суживаться и на земле исчезать.*

*Схему и параметры башни см.: [http://www.tvtower.ru/56\\_HistoryMRC/](http://www.tvtower.ru/56_HistoryMRC/)*

Полуденная тень — гномон.	1
Изменение высоты солнца в дни солнцестояний.	1
Углы падения лучей для широты Москвы — длины теней.	1
Ограничение длины тени из-за видимого углового размера солнца 1/100	2
Сложный профиль Останкинской башни — неполная тень (без мачты) например, <a href="http://maps.yandex.ru/moscow_sputnik">http://maps.yandex.ru/moscow_sputnik</a> длина тени = 502 м; А также <a href="http://www.ibusiness.ru/news/188906/page17.html">http://www.ibusiness.ru/news/188906/page17.html</a> Кадр дня: Сам себе космонавт.	1
Как «солнечные часы» — размещение наблюдателя на верху башни (смотровая площадка) или со спутника, иначе — не видно.	1
Разная длина тени для разных форм источника света (при затмениях солнца).	1