

33-й Турнир имени М. В. Ломоносова 26 сентября 2010
Конкурс по астрономии и наукам о Земле
Критерии оценок и предполагаемые ответы

1. Почему все так опасаются вспышек на Солнце? Ведь оно всё равно светит довольно ровно, ну будет чуть светлее, разве плохо?

Предполагаемый ответ к заданию 1:

Солнце действительно светит довольно ровно в интегральном свете — в первую очередь в том свете, который мы видим. Вспышки на Солнце означают увеличение потока излучения только в коротковолновой части — это прежде всего ультрафиолет, рентген и гамма. А также увеличение потока высокоэнергичных частиц от вспышки. Эти воздействия не изменяют температуру Земли. Естественно, они не связаны со сменой сезонов. Но коротковолновое излучение и высокоэнергичные частицы от Солнца взаимодействуют с земной магнитосферой, приводят к магнитным бурям, вызывают Северные сияния, являются причиной технических сбоев в системах связи, в работе спутников и т. п. А также вызывают реакцию биосистем, в том числе и плохое самочувствие людей.

	Понятие о солнечной постоянной	2
	Указаны диапазоны солнечного спектра	2
	Понятие о солнечной вспышке	1
	Увеличение радиации в УФ, Рентгене, гамма (по 1 баллу)	3
	Корональный выброс плазмы	1
	Понятие о солнечном ветре	1
	Магнитосфера Земли	1
	Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой	1
	Магнитные бури	1
	Северные сияния	1
	Солнечно-земные связи: технические системы	1
	Солнечно-земные связи: реакция биосистем	1
	Указана аномальная активность Солнца в 2010 году	1
	Ошибки: увеличение светимости Солнца, сезоны (зима-лето), изменение расстояние до Солнца, изменения климата, глобальное потепление и т.п.	
Σ		17

2. Многолетние наблюдения показывают, что в европейской части России радуга чаще всего бывает видна в восточной части неба, реже — в западной, очень редко — в северной и никогда — в южной. Как это объяснить?

Предполагаемый ответ к заданию 2:

Центр радуги располагается в противосолнечной точке. В европейской части России радуга никогда не бывает видна в южной части неба, потому что Солнце никогда не бывает на севере. Угловой диаметр радуги — 42° , поэтому при высоте Солнца над горизонтом более 42° радуга оказывается «под горизонтом», а при высоте более 30° располагается низко и не привлекает внимания. Весной, летом и в начале осени в европейской части России Солнце в полдень поднимается на высоту более 30° , а в оставшийся период года преобладают осадки в виде снега, а не дождя; поэтому радуга над северным горизонтом — редкость. Над восточным и западным горизонтом Солнце

проходит на небольшой высоте в любое время года, поэтому именно там обычно и видна радуга (соответственно на западе и на востоке). Наконец, преобладание восточной стороны горизонта объясняется тем, что в летний период кратковременный дождь, после которого снова светит солнце, более вероятен во второй половине дня.

	Достаточно полно описана физическая природа радуги (указано присутствие в воздухе капель воды, преломление света на границе сред вода-воздух, дисперсия света, внутреннее отражение и поворот луча на большой угол по отношению к падающему) от 1 до 4 доп. баллов на усмотрение проверяющего	2
	Указано противоположное положение радуги на небе относительно солнца	1
	Указан угол конуса радуги 42 градуса	1
	Указано низкое положение солнца над горизонтом	1
	Прямо указана причина отсутствия радуги на юге	1
	Указана причина редкого появления радуги на севере	1
	Указана причина частого появления радуги на востоке и западе	1
	Указана причина более частого появления радуги на востоке относительно запада	1
	Указаны цвета: Каждый Охотник Желает Знать Где Сидит Фазан	1
	Оговорено, что радугу на западе в 4-5 часов утра можно проспать	1
	Ошибки: зависимость радуги от рельефа, водоемов, различие осадков по сторонам света и т.п.	
Σ		11

3. В 2011 году исполняется 50 лет полёта человека в космос.

Предполагаемый ответ не приводится, так как вопрос носит перечислительный характер и предполагает перечисление участниками известных им фактов истории космических исследований.

Обращаем ваше внимание на то, что вопрос касается именно истории и современного состояния исследования космоса. В ответе на данный вопрос не предполагается и не оценивается упоминание о перспективных проектах и стратегических задачах, практическая реализация которых ещё не начата.

	Полеты в космос в историческом наследии: Джордано Бруно, С. Берджер, Ж.Верн, Уэллс и др. (по 1 баллу)	1
	Теоретики космонавтики: Кибальчич, Циолковский, Цандер, другие (по 1 баллу)	1
3.1.	Кто построил первый космический корабль?	
	Конструкторы ракетной техники: Браун, Королев, Глушко, другие (по 1 баллу)	1
3.2.	Кто первым полетел в космос?	
	Названы: Белка+Стрелка, Гагарин, Терешкова, Леонов, Армстронг (по 1 баллу)	4
3.3.	Каковы рекорды длительности и дальности полётов — пилотируемых и беспилотных?	
	Рекорд длительности пилотируемый – (Поляков 437 дней) около 1 года	1
	Рекорд дальности пилотируемый – Аполлон за Луной	1
	Рекорд непилотируемых КА – "Пионер-10", Вояджер 1,2: 94 а.е., 30 лет, выход за гелиосферу	1

3.4.	Какие объекты уже были посещены космическими аппаратами? (пролет с дистанционными исследованиями считается посещением)	
	Земная группа: Луна, Венера, Марс, Меркурий (по 1 баллу)	1
	Гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун (по 1 баллу)	1
	Спутники: Фобос, Титан, Ио, Европа, Ганимед, Каллисто, другие (по 1 баллу)	1
	Астероиды (по 1 баллу)	1
	Кометы: Галлея, Вильд, другие (по 1 баллу)	1
	<i>Перспективные проекты</i>	0
	<i>Стратегические Задачи развития космонавтики</i>	0
Σ		15

4. В качестве возможных предвестников землетрясений наблюдаются специфические возмущения в земной ионосфере.

Предполагаемый ответ к заданию 4:

Прежде всего надо сказать о том, что такое землетрясение. Наша земная кора состоит из отдельных плит, которые находятся в постоянном движении. Поэтому в зонах разломов (или «стыков» этих литосферных плит) постоянно нарастают напряжения сжатия земной коры. Накопленную потенциальную энергию деформации они периодически «сбрасывают» в виде землетрясений. По мере сжатия земных пород в них возникает пьезоэлектрический эффект, который приводит к возникновению электрических токов, текущих как в самой земной коре, так и в водных средах (например, в океане). Эти токи в очаге готовящегося землетрясения вызывают локальные возмущения магнитного поля Земли, которые влияют на ионосферу. Ионосфера является верхним слоем земной атмосферы, этот слой ионизирован и состоит из заряженных частиц. В результате в ионосфере возникают специфические возмущения от этих токов, текущих в земной коре. Землетрясения трудно прогнозировать во-первых потому, что они происходят на больших глубинах и очаги землетрясений недоступны нам для прямого исследования и воздействия. Во вторых — и это, пожалуй, самое главное — землетрясения являются процессом длительного (многолетнего) накопления потенциальной энергии в земных породах, которая потом некоторым случайным и очень быстрым (взрывным, по сути дела) образом сбрасывается. Поэтому мы можем заниматься сейсмическим районированием — выделять те районы, которые опасны с точки зрения возможности возникновения землетрясений. Строим карты очагов землетрясений. Но точно прогнозировать землетрясения (т.е. указать его место, время и силу) пока ещё чрезвычайно сложно. Для прогнозирования также используются предвестники землетрясений. Такие, как малые наклоны земной поверхности, ее микросмещения, серии предшествующих толчков перед сильным землетрясением, выход из-под земли на поверхность радиоактивного газа радона, изменение уровня грунтовых вод. Также эмпирически известно, что предвестником землетрясения является странное поведение животных, на которое также часто обращают внимание.

Более детальное изучение предвестников землетрясений также затруднено сложностью прогнозирования. Пока землетрясение в данном районе не случилось, мы не знаем об этом и, следовательно, не знаем, что именно здесь нужно проводить наблюдения и искать отклонения различных факторов внешней среды от нормальных значений, проверяя гипотезы о том, подходят ли эти отклонения на роль предвестников. Когда же землетрясение уже случилось, в результате него происходят резкие изменения в окружающей среде. Информация о том, что тут было до этого, в существенной степени утрачивается, и проводить выявление и наблюдение предвестников оказывается уже поздно.

Аналогично обстоит дело и с возмущениями в ионосфере. Пока они ещё не используются для прогнозирования землетрясений (включая целенаправленные наблюдения), поскольку нет достаточной наблюдательной базы по всему земному шару и достаточной достоверности самого механизма такого прогнозирования. Совпадение ранних специфических возмущений в земной ионосфере по времени и району с уже произошедшими землетрясениями позволяет говорить о том, что они могут рассматриваться в качестве возможных предвестников, но пока, разумеется, не 100-процентных.

В задании спрашивается о механизмах землетрясений и их прогнозировании. Поэтому перечисление примеров землетрясений само по себе не оценивается.

4.1.	Как могут процессы в земной коре влиять на ионосферу на такой высоте?	
	Понятие землетрясения	1
	Литосферные плиты, их движение, разломы земной коры	1
	Механизм напряжений в земной коре	1
	Пьезоэлектрический эффект	2
	токи напряжения в коре и водных средах	1
	Понятие ионосферы	1
	Магнитные возмущения ионосферы	1
4.2.	Какие ещё у землетрясений бывают предвестники, и почему землетрясения так трудно прогнозировать?	
	Понятие предвестников землетрясения	1
	Другие предвестники: наклоны, микросмещения, предшествующие толчки, выход радона, изменение уровня грунтовых вод, поведение животных и др. (по 1 баллу)	1
	Прогнозирование землетрясений	1
	Сейсмическое районирование, карта очагов землетрясений	1
	<i>Примеры катастрофических землетрясений</i>	0
4.3.	А что известно про сейсмическую активность на других планетах?	
	Сейсмография и лавовые моря Луны, вулканы Венеры, Марса (по 1 баллу)	1
	Вулканы Ио, гейзеры Энцелада и Тритона, трещины Европа и Ганимеда, пустоты Фобоса (по 1 баллу)	1
Σ		15

5. На уроке естествознания ученик нарисовал на доске видимый (в своей местности) путь Солнца по небу в дни равноденствий и солнцестояний. Где может находиться его школа?

Предполагаемый ответ к заданию 5:

Судя по суточным траекториям Солнца, на рисунке восток справа, запад слева, а кульминирует оно в любое время года на севере. Следовательно, рисунок сделан в средних широтах южного полушария. В равноденствие Солнце находится на небесном экваторе, в солнцестояние — на расстоянии 23° от него. Учтя масштаб рисунка, можно определить высоту Солнца над горизонтом в равноденственный полдень — 40° , и широту местности: $90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$. Параллель 50° ю.ш. пересекает сушу только в одном месте — в южной части Южной Америки, где расположены Аргентина, Чили, Фолкленды.

	Дано понятие равноденствий и солнцестояний	1
--	--	---

	Указаны стороны горизонта: запад-север-восток на рисунке	1
	Указаны средние широты (исключены экваториальные или полярные)	1
	Дана примерная оценка для широты места наблюдения (45-60° ю.ш.)	1
	Указано обратное движение солнца (справа налево) по небу	1
	Прямо указано южное полушарие Земли	1
	Упомянут наклон эклиптики 23 градуса.	1
	Наклон эклиптики использован в качестве углового масштаба при измерениях на рисунке	1
	Рисунок, соответствующий условию, переведен из плоскости к небесной сфере	2
	Произведены вычисления с использованием формулы высоты светила в кульминации (над точкой севера), получен правильный ответ	3
	Произведён расчёт широты по наклону суточной траектории к горизонту в точке восхода/захода	1
	Указан регион: южная оконечность Южной Америки или Фолкленды	2
	Указан регион: Австралия или Южная Зеландия	1
	Указан регион: Антарктида	0
Σ		17

6. В конце XIX – начале XX века многие астрономы наблюдали на Марсе «каналы», которые считались обширными пространствами, покрытыми растительностью. Какова оказалась дальнейшая судьба этого открытия?

Предполагаемый ответ к заданию 6:

Действительно, во второй половине 19 века многие астрономы (в первую очередь итальянский астроном Скиапарелли) наблюдали на Марсе характерную сетку прямых линий, эти линии они называли каналами. Нужно заметить, что наблюдения тогда проводились только визуально, без какой-либо объективной фиксации. То есть без фотографии (и тем более ПЗС, которые появились только недавно). Астрономы зарисовывали свои наблюдения. Наблюдения в основном проводились во время противостояния Марса, когда Марс ближе всего к Земле.

Обратили внимание, что каналы наиболее часто проявлялись в периоды смены сезонов на Марсе. Поэтому возникло предположение (по аналогии с поверхностью Земли), что это обширные пространства, покрытые растительностью. Что в зависимости от сезонов по ним может перемещаться вода, которая вызывает сезонные изменения наблюдаемой яркости и цвета каналов.

Психооптическая иллюзия состоит в том, что если вы показываете человеку неявный образ, человек пытается из этой картинки, на которой на самом деле может быть ничего и содержится, построить (достроить) какие-то осмысленные структуры и изображения. Так получилось, что из не очень очевидных, с низким разрешением, чисто визуальных наблюдений (плюс к этому смена сезонов вызывает пылевые бури на Марсе, то есть на Марсе поверхность действительно менялась — меняла свой цвет, менялась видность разных частей) получилось так, что какие-то, может быть случайные цепочки точек могли выстроиться в линейные структуры типа каналов. Также свою психологическую роль сыграли и уже имеющиеся сообщения других наблюдателей о наличии этих «каналов». Справедливости ради нужно заметить, что сетка «каналов» у каждого наблюдателя была своя — с разной густотой, они не совпадали друг с другом, не повторялись во времени. Просто люди привыкли их видеть, что называется (и думали, что их видят). Когда перешли на документальную фиксацию наблюдений (прежде всего на фотографирование, а потом и на фотографирование с космических аппаратов), стало понятно, что этих сеток,

которые принимали за «каналы», на самом деле нет. Что это было оптической иллюзией прежних визуальных наблюдений, связанной с характерным поведением человеческого мозга, который анализирует и достраивает нечёткие изображения.

Отсюда — из наблюдений этих «каналов» — возникла серия фантастических рассказов о марсианах.

Сначала Марс был снят с достаточно низким разрешением, и там не было видно никаких структур. А когда разрешение съёмок поверхности Марса существенно повысилось, на поверхности было обнаружено большое количество следов потоков на поверхности Марса, которые могли быть образованы какими-то движущимися жидкими средами. Отсюда возникла гипотеза тёплого и влажного Марса (в прошлом), по которому текли водные потоки.

	Противостояния Марса	1
	Скиапарелли и др. визуальные наблюдения	2
	Зависимость «каналов» и сезонов на Марсе	1
	Пылевые бури Марса	1
	«Марсиане» Уэллса и других фантастов	1
	Объяснение оптической иллюзии	1
	Съёмки поверхности Марса с КА – каналов нет	1
	Детальные съёмки поверхности: следы потоков на поверхности Марса	2
	Минералы водного происхождения	2
	Гипотеза тёплого и влажного Марса в прошлом	1
	Вода на Марсе сейчас – поиски и результаты	1
	Жизнь на Марсе – поиски и результаты.	1
Σ		15

7. Почему наша Галактика («Млечный Путь») имеет почти плоскую конфигурацию?
Справка: диаметр нашей Галактики составляет около 100000 световых лет при оценочной средней толщине порядка 1000 световых лет.

Предполагаемый ответ к заданию 7:

Любые галактики на самом деле имеют две составляющие — сферическую и плоскую. Просто сферическая составляющая в значительной части случаев бывает неяркой и не столь заметной, потому что она состоит из звёзд 1-го поколения, из которых остались светить только самые слабые и долгоживущие. В сферической составляющей звёзды движутся без столкновений. В случае, если звёзды проходят сближение между собой и испытывают взаимное гравитационное воздействие, они обмениваются между собой импульсом движения с учётом законов сохранения импульса и энергии (аналогично абсолютно упругому столкновению тел в механике).

В центре каждой галактики есть гравитирующий центр (или т.н. «потенциальная яма»). Галактика в целом может обладать суммарным моментом вращения. Но если она состоит из бесстолкновительной компоненты (в первую очередь звёздной как таковой), то галактика будет сохранять свою сферическую или примерно-эллиптическую форму, которую она получила при своём формировании. Примером таких наблюдаемых структур являются шаровые скопления звёзд (которые являются следующей иерархической ступенькой после галактик), а также собственно эллиптические галактики, сохранившие свою первоначальную форму.

Когда звёзды эволюционируют, они сбрасывают с себя газовую оболочку. Вот из этого газа, сброшенного звёздами 1-го поколения, образуется сферические компоненты

галактики, которые уже могут испытывать столкновения — это межзвёздный газ и пыль. Эта среда продолжает своё движение вокруг гравитирующего центра с сохранением момента вращения. Импульс движения газа можно разложить на две составляющие: вдоль оси вращения галактики (ось Z) и поперек нее, параллельно плоскости вращения. Но, когда газовые облака сталкиваются между собой, они благодаря турбулентности перемешиваются и объединяются друг с другом. Их импульс движения осредняется, а часть кинетической энергии теряется и переходит в тепло (аналогично абсолютно неупругому столкновению тел в механике). В результате в плоскости вращения галактики газ приобретает некоторую среднюю скорость, а импульсы вдоль оси вращения с противоположными знаками взаимно гасятся. Таким образом, при наличии суммарного вращательного момента всей галактики в целом, газ, сброшенный звёздами, «выпадает» в экваториальную плоскость галактики (перпендикулярную её суммарной оси вращения Z). И там концентрируется и сохраняется.

Из этого газа, который формирует плоский газо-пылевой диск, рождаются звёзды следующего поколения. Рождаются они, естественно, в среднем более яркими, более массивными, чем оставшиеся от предыдущих поколений. И вот эти яркие молодые звёзды как раз и формируют видимый яркий звёздный диск галактики. Который, собственно, и наблюдается в качестве основной, наиболее яркой компоненты плоской составляющей галактик. Поэтому мы видим спиральные галактики или галактики с баром в такой плоской форме. Но этот не значит, что у них нет сферической составляющей. Она есть, но просто менее заметна.

То же принцип действует и на меньших масштабах: в отношении Солнечной системы в целом, а также плоских структур типа колец Сатурна. Потому что все эти структуры прошли через этап своей эволюции, который сопровождался столкновительными процессами газо-пылевой среды с потерей импульса по оси Z (оси вращения системы).

Контрпримером является облако Оорта, которое имеет сферическую симметрию. Потому что облако Оорта — это внешняя часть Солнечной системы, которая не проходила столкновительную фазу. И, соответственно, свои импульсы движения по вертикальной оси тела в ней не потеряли.

Ещё плоские космические объекты — это все типы аккреционных дисков, которые возникают вокруг нейтронных звёзд, чёрных дыр и других компактных гравитирующих объектов. Сохраняется принцип центрального гравитирующего тела, которое всё притягивает, сохраняется принцип наличия суммарного момента вращения системы. И, поскольку аккреционные диски формируются также из газа, то есть среды столкновительной, при вращении вокруг центрального объекта у них также в процессе столкновений идёт потеря импульса по оси Z и переход кинетической энергии движения в вертикальном направлении в тепло.

7.1.	Почему наша Галактика («Млечный Путь») имеет почти плоскую конфигурацию?	
	Сферическая и плоская составляющая в галактиках	1
	Сферическая: звёзды без столкновений	1
	Закон сохранения импульса и энергии при сближениях звёзд	1
	Звёзды 1-го поколения, слабые и долгоживущие	1
	Пример: шаровые скопления звёзд	1
	Газ: столкновительная и турбулентная среда, потеря кинетической энергии в тепло	1
	Вращение галактик как условие для формирования диска	1
	Утрата импульса по оси Z при столкновениях газа, формирование плоского вращающегося газо-пылевого диска	1

	Рождение звёзд 2-го и последующих поколений в плоском диске	1
	Более яркие звёзды – яркий видимый диск	1
7.2.	Бывают ли галактики других форм и почему?	
	Эллиптические без диска – нет системного вращения, нет газа	1
	Неправильные галактики – слабый несформированный диск	1
	Взаимодействующие и сталкивающиеся галактики – грав. возмущения	1
7.3.	А почему плоская форма у Солнечной системы? У колец Сатурна?	
	Солнечная система – протопланетный диск	1
	Кольца и спутники – диск пылевого вещества	1
	Контрпример: облако Оорта без газа, без столкновений	1
7.4.	Какие ещё бывают «плоские» космические объекты?	
	Аккреционные диски	1
	Дополнительно: хвост кометы – в плоскости ее орбиты	1
Σ		17