

XLVI ТУРНИР ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА (2023/2024)

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

КОНКУРС ПО АСТРОНОМИИ

Решения задач и критерии проверки

Задание 1

Считается, что на спутнике Сатурна Мимасе есть подповерхностный океан. Однако никаких видимых признаков, подтверждающих данный факт, не наблюдается. Из Мимаса не бьют гейзеры, на нем не сдвигаются ледяные торосы т.д. Поверхностный лед толстый, старый и не содержит следов геологической активности. Нет и наблюдаемых источников, которые могли бы разогревать недра небесного тела. Тем не менее, астрономы считают, что океан жидкой воды все же есть. Как вы думаете, на основании каких наблюдений делается такой вывод? Какие признаки вы можете предложить?

Критерии

1. Инфракрасное излучение позволяет определить температуру поверхности
2. Температура поверхности спутника меняется неравномерно по всей поверхности. Есть участки, которые остывают медленнее других.
3. Теплопроводность воды ниже, чем у льда.
4. Плотность воды выше плотности льда.
5. Скорость вращения Мимаса меняется.
6. На Мимасе наблюдаются либрации (критерии ставится за явное и прямое указание слова либрации).
7. Либрации могут быть вызваны смещением центра масс Мимаса.
8. Изменение момента вращения указывает на наличие жидкой составляющей внутри спутника.
9. Либрации могут быть вызваны не только подповерхностным океаном, но и смещением масс от удара.
10. На Мимасе есть огромный по сравнению с его размерами кратер.
11. Вращение и обращение Мимаса синхронизированы (Спутник всегда повернут к Сатурну одной стороной).
12. Орбита Мимаса вокруг Сатурна вытянута (имеет значительный эксцентриситет).
13. Траектория Мимаса предполагает приливное взаимодействие, вызванное Сатурном.

За каждый из критериев выставляется 2 балла

Задание 2

Известно, что приливы и отливы связаны с притяжением Луны и Солнца. Однако стоит отметить, что высота приливов в разных точках планеты разная. На островах в Океании высота волны не превышает метра. На побережье Черного моря уровень вообще поднимается только на 10 см. А у побережья материков прилив может подняться на 2-4 метра. Максимальная высота прилива на

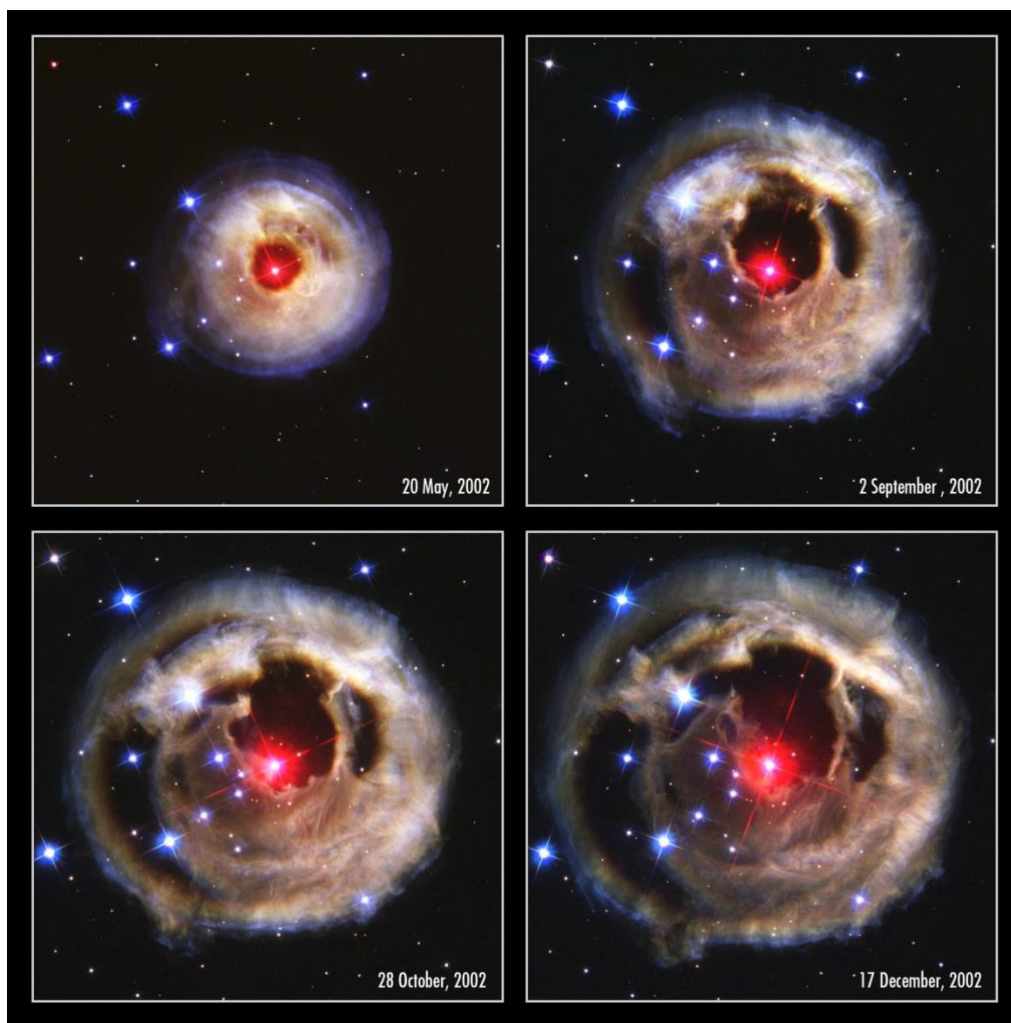
нашей планете наблюдается в заливе Фунди у берегов Северной Америки – около 16 метров. От чего зависит высота приливов? Обоснуйте каждый из описанных факторов.

Критерии

1. Приливы зависят от формы рельефа.
2. Более высокие приливы – в скалистой местности.
3. Высота приливов зависит от степени соединения водоемов с океаном.
4. Чем меньше связь водоема с океаном, тем меньше прилив.
5. Высота прилива зависит от географической широты.
6. Высота прилива может быть дополнительно связана со скоростью ветра.
7. Высота прилива связана с наличием сильных океанических течений.
8. Высота прилива у берега зависит от стороны света (по или против движения приливного горба).

За каждый из критериев выставляется 2 балла

Задание 3



В январе 2002 года на небе вспыхнула звезда V838 Единорога. Через некоторое время в этом месте начал расти объект, похожий на туманность. За полгода он изменил свой угловой диаметр с

41,2" (0,0002 рад) до 72,2" (0,00035 рад). Последующее изучение звезды показало, что она располагается в 20000 световых годах от нас.

С какой физической скоростью расширялось светящееся облако? Что из себя представляет это расширение?

Критерии

1. Скорость углового расширения $\omega = (\alpha_1 - \alpha_2) / (2t) = (0,00035 - 0,0002) / (0,5 * 2) = 0,00015$ рад/год.

Критерий оценивается в 2 балла

2. Линейная скорость расширения равна произведению угловой скорости на расстояние до объекта L, $v = \omega L = 0,00015 * 20000 = 3$ световых года/год.

Критерий оценивается в 2 балла

3. Линейный диаметр туманности D может быть вычислен как произведение расстояния до туманности L и тангенса угла α $D_1 = L * \text{tg } \alpha = 20000 * 0,0002 = 4$ световых лет $D_2 = 20000 * 0,00035 = 7$ световых лет.

Критерий оценивается в 2 балла

4. При малых углах $\text{tg } \alpha \approx \alpha$

Критерий оценивается в 2 балла

5. Линейная скорость расширения равна отношению разницы радиусов (половины диаметров) ко времени $v = (D_2 - D_1) / 2t = (7 - 4) / 2 * 0,5 = 3$ световых года/год.

Критерий оценивается в 2 балла

6. Прямой расчет указывает на то, что скорость расширения выше скорости света, что невозможно.

Критерий оценивается в 3 балла

7. В данном случае наблюдается явление светового эха.

Критерий оценивается в 3 балла (ставится за прямое указание термина «световое эхо»)

8. Светящееся облако как наблюдаемый объект расширяется за счет увеличения области, освещенной светом, который окружает звезду.

Критерий оценивается в 3 балла

9. Скорость расширения освещенной области облака равна скорости света.

Критерий оценивается в 3 балла

10. От разных точек окружающего облака свет приходит к наблюдателю в разное время из-за разного расстояния.

Критерий оценивается в 3 балла

11. Из-за разного расстояния, которое свет проходит от звезды до облака и до наблюдателя, создается эффект расширения быстрее скорости света.

Критерий оценивается в 3 балла

12. Газ туманности практически не движется.

Критерий оценивается в 3 балла

Задание 4

В 2023 году было объявлено об обнаружении столкновения высокоэнергетической космической частицы с атмосферой планеты Земля в 2021 году. Ей даже дали собственное имя Амагерасу. Саму исходную частицу ни один из детекторов не зафиксировал, но, тем не менее, ученые знают, какой энергией она обладала и из какой области неба прилетела. (Эта частица – одна из самых энергичных из известных, ее энергия составляет $E = 244$ эксаэлектронвольт, и прилетела она из Местной пустоты в созвездии Геркулес)

Как можно зафиксировать столкновение космической частицы с атмосферой Земли, не регистрируя ее напрямую? Как при помощи этого метода понять энергию и направление движения частицы?

Критерии

1. Высокоэнергетические частицы рождают в атмосфере Земли так называемый широкий атмосферный ливень.
2. Первичная частица порождает каскадные реакции с ядрами атомов газов, составляющих воздух.
3. Легкие мезоны, такие как пионы и каоны, рождаются в ходе широкого атмосферного ливня и быстро распадаются в воздухе, производя другие частицы и электромагнитное излучение.
4. Чем больше энергия была у первичной частицы, тем больше площадь потока вторичных частиц.
5. С каждой последующей каскадной реакцией энергия первоначальной частицы рассеивается.
6. В зависимости от энергии регистрируемых частиц можно понять энергию изначальной.
7. Число частиц, присутствующих в широком атмосферном ливне, примерно пропорционально энергии первоначальной частицы.
8. Продукты каскадных реакций также в среднем двигаются в том же направлении, что и первичная частица.
9. Направление полета изначальной частицы можно определить по рассеиванию в толще атмосферы, через которую прошел широкий атмосферный ливень.
10. Угол вхождения изначальной частицы можно определить по профилю площади регистрируемых частиц широкого атмосферного ливня.
11. Чем больше угол вхождения в атмосферу, тем большую толщу атмосферы ливень должен пройти и тем сильнее рассеяние.
12. Высокоэнергетические частицы могут вызывать свечение атмосферы.
13. Вторичные частицы регистрируют в детекторах за счет черенковского излучения.

За каждый из критериев выставляется 2 балла

Задание 5

Текст с ошибками

Планета Земля вращается вокруг своей оси, а у нее есть два полюса – Северный и Южный. Однако Земля участвует и в других вращательных движениях. Точки на небесной сфере, вокруг которых

происходит видимое вращение звезд, называются Полюсами мира. Точка на поверхности Земли на оси вращения планеты именуется географическим полюсом. Северный **полюс** (полюс) мира сейчас находится в созвездии **Большой** (Малой) медведицы. Недалеко располагается звезда, которую мы называем Полярной. Южный полюс находится в созвездии **Южный крест** (Октант), но ярких звезд поблизости нет. Только так было не всегда. Из-за влияния Солнца и Луны и сжатия Земли возникает явление **пенетрации** (прецессии). Ось вращения Земли смещается на 50 угловых секунд в год и переходит из созвездия в созвездие. 4000 лет назад Полярной называли звезду Тубан из созвездия Дракона, а нынешняя полярная называется Киносура. Ярчайшая звезда северного полушария **Сириус** (Вега) будет полярной через 12000 лет. Точка, вокруг которой осуществляется вращение Северного Полюса мира, называется северным полюсом эклиптики. Туда же направлена и ось, перпендикулярная плоскости обращения Земли вокруг **Галактики** (Солнца). Полюс эклиптики еще называют полюсом орбиты. Интересно, что его положение совпадает с полюсом мира для Солнца, Венеры и **Сатурна** (Юпитера). Южный полюс эклиптики располагается возле неправильной **туманности** (галактики) Большое Магелланово облако, а Северный – около планетарной туманности Кошачий глаз. С другой стороны, не только Земля, но и Солнце вместе с планетами обращается вокруг центра Млечного пути. Северный полюс Галактики находится в созвездии Волосы **Клеопатры** (Вероники), что недалеко от зодиакального созвездия Льва. Центр Млечного пути находится тоже в зодиакальном созвездии – в Стрельце. Можно догадаться, что ближний край галактики, антицентр, располагается в созвездии Близнецы, а Южный полюс галактики в созвездии **Водолей** (Скульптор). Млечный путь в свою очередь тоже движется в пространстве в Местной группе галактик. В нее входит множество объектов, но самые крупные – это Туманность Андромеды, наша Галактика и галактика **Лира** (Треугольника). Местная группа тоже движется внутри сверхскопления и т.д. Данные движения очень сложны, но тем не менее астрономы выделяют сверхгалактические полюса. Северный находится в созвездии Геркулеса.

Кроме астрономических полюсов есть магнитные и полюса холода. Магнитный полюс не совпадает с географическим, но, тем не менее, находится относительно рядом с ним. Это неудивительно, ведь механизм формирования магнитного поля Земли – магнитное динамо – напрямую зависит от направления вращения и силы **Кулона** (Кориолиса). Однако из-за второго фактора, а именно конвекции, магнитные полюса постоянно смещаются.

Полюс холода – это место, где регистрируется самая низкая температура планеты. Южный полюс холода почти совпадает с географическим, так как туда попадает меньше всего солнечного света, а Северный полюс холода из года в год перемещается. Дело в том, что в Антарктиде можно поставить измерительную станцию, а вот во льдах **Антарктики** (Арктики) это сделать сложнее, да и океанические течения там сильно влияют на температуру.

Критерии

1. Северный полюс мира сейчас находится не в созвездии Большой медведицы.
2. Северный полюс мира сейчас находится в созвездии Малой медведицы.
3. Южный полюс находится не в созвездии Южный крест.
4. Южный полюс находится в созвездии Октант.
5. Явление смещения оси вращения из-за влияния Солнца и Луны и сжатия Земли не называется пенетрацией.
6. Из-за влияния Солнца и Луны и сжатия Земли возникает явление смещения оси под названием прецессия.
7. Сириус – не ярчайшая звезда северного полушария.

8. Ярчайшая звезда северного полушария – Вега.
9. В сторону северного полюса эклиптики не направлена ось, перпендикулярная плоскости обращения Земли вокруг Галактики.
10. В сторону северного полюса эклиптики направлена ось, перпендикулярная плоскости обращения Земли вокруг Солнца.
11. Положение полюса эклиптики совпадает с полюсом мира для Солнца, Венеры, но не для Сатурна.
12. Положение полюса эклиптики совпадает с полюсом мира для Солнца, Венеры и Юпитера.
13. Большое Магелланово облако не является туманностью
14. Большое Магелланово облако – галактика.
15. Нет созвездия Волосы Клеопатры.
16. Северный полюс Галактики находится в созвездии Волосы Вероники.
17. Южный полюс галактики не находится в созвездии Водолей.
18. Южный полюс галактики находится в созвездии Скульптор.
19. В Местной группе галактик нет галактики Лира.
20. Самые крупные галактики в Местной группе – это Туманность Андромеды, наша Галактика и галактика Треугольника.
21. Магнитное динамо не зависит от силы Кулона.
22. Магнитное динамо напрямую зависит от направления вращения и силы Кориолиса.
23. Антарктида и Антарктика – одно и то же место.
24. В Антарктиде можно поставить измерительную станцию, а вот во льдах Арктики сделать это сложнее.
25. Южный магнитный полюс находится недалеко от северного географического, а северный магнитный – рядом с южным географическим.
26. В пятом предложении слово полюс написано неверно (плюс).

За каждый из критериев выставляется 1 балл