**Ответы на задания III этапа Всеукраинской ученической олимпиады**

**по астрономии 2013/2014 учебный год**

**10 класс**

**1.** (**3 балла) Каждый год происходит хотя бы одно полное солнечное затмение с полосой полной фазы (в среднем) длиной 10 000 км и шириной 200 км. Исходя из этого, оцените (в среднем), как часто полное солнечное затмение наблюдается в данном пункте на Земле. (Радиус Земли 6378 км).**

**Решение:**

Плошадь полосы полной фазы солнечного затмения равняется 10000\*200= 2 000 000 км2. Площадь поверхности Земли $4πR^{2}$= 510 000 000 км2. Поэтому в среднем в данному пункте полное солнечное затменение наблюдается 1 раз за 510 000 000/2 000 000$≈$250 лет.

**2.** (**3 балла) Участники первой кругосветной экспедиции Магеллана, отправившиеся на запад, вернулись обратно с востока и доказали, что Земля имеет форму шара. Кроме того, по возвращению в Испанию моряки обнаружили, что их корабельный календарь отстал от календаря родины и церкви на целые сутки. Какая ошибка была допущена участниками экспедиции Магеллана при счете дней?**

**Решение:**

На кораблях «христианнейшего» испанского короля, как полагается, для поддержания порядка вахт, счисления движения, ведения записей, для соблюдения церковных католических праздников, велось счисление времени. Хронометров в те времена не было, моряки пользовались счетом времени по склянкам (песочными часами).

 Начало счёта суточного времени было в полдень. Естественно, каждый ясный день моряки определяли момент полудня, когда Солнце было в самой верхней точке, то есть пересекало меридиан (с помощью компаса или по длине тени). От этого вёлся и счет дней календаря, в том числе воскресных дней, пасхалий и всех прочих церковных праздников. Но ведь каждый раз моряки определяли время местного полудня, соответствующего меридиану, на котором в этот момент находилось судно. Корабли плыли на запад, вслед за движением Солнца по небосводу, догоняя его. Поэтому, будь у них современный хронометр или простые часы, настроенные на местный полдень порта Санлукар-де-Баррамеда, моряки бы заметили, что их день чуть длиннее обычных 24 часов и их местный полдень всё больше и больше отстаёт от родного испанского, переходя постепенно на испанский вечер, ночь, утро и снова день. Но, поскольку хронометра у них не было, плавание их было чрезвычайно неспешным и с ними случались более важные и страшные происшествия, то об этой «мелочи» со временем никто просто не думал.

Церковные праздники эти отважные испанские моряки отмечали со всей тщательностью, как ревностные католики, но по своему собственному календарю. В итоге, когда горстка измученных скитальцев морей вернулась в родную Испанию, оказалось, что их корабельный календарь отстал от календаря родины и Церкви на целые сутки. То есть, они неправильно праздновали воскресенья, святую Пасху и прочие праздники! Герои-моряки были объявлены вероотступниками и отлучены от церкви. Лишь через некоторое время удалось разобраться в этой ситуации и моряков восстановили в правах.

 Люди поняли и признали, что Земля имеет форму шара, тела с непрерывной поверхностью, и при путешествиях вдоль параллелей, то есть в плоскости её суточного вращения вокруг своей оси, время как бы меняет свою длительность. **Если двигаться на запад, за Солнцем, день (сутки) как бы удлиняется. Если же двигаться на восток, навстречу Солнцу, сутки, наоборот, укорачиваются.
Для преодоления этого парадокса позже была разработана система часовых поясов и понятие линии перемены дат.\***

***\*Линия перемены даты (****Л. п. д****)****, условная линия, проведённая на поверхности земного шара для разграничения мест, имеющих при одинаковом показании часов календарные даты, разнящиеся на один день. Л. п. д. проведена в большей части по меридиану 180° долготы так, что она нигде не проходит по суше. К востоку от неё календарное число на 1 день меньше, чем к западу. Путешественник, движущийся на* **восток***, проходит пункты, где часы, идущие по местному (или поясному) времени, имеют всё большее показание по сравнению с местным (поясным) временем точки отправления. Постепенно переводя стрелки своих часов вперёд, к концу кругосветного путешествия путешественник насчитывает лишние сутки. При кругосветном путешествии с востока на запад — наоборот, теряет одни сутки.*

**3.** **(5 баллов)** **Какую долю земной поверхности может охватить взглядом космонавт с высоты 400 км?**

**Решение:**

Пусть точка О - центр Земли, К - космонавт и Г - горизонт. Обозначим длины отрезков: ОГ через R и КГ через D. Тогда длина отрезка КО будет равна R + h, где h = 400 км - высота орбиты. Расстояние до горизонта определим из прямоугольного треугольника ГОК по теореме Пифагора: (R + h)2 = D2 + R2, откуда D2 = 2 R h + h2 = 2Rh(1 + h/2R). Поскольку h<< R, второе слагаемое в этой формуле много меньше первого, поэтому им можно пренебречь. В результате получаем формулу для расстояния до горизонта при высоте наблюдателя h << R: D=. Поскольку D << R, площадь поверхности Земли, доступную взгляду космонавта можно вычислить как площадь круга: s = π D2, поскольку полная площадь поверхности Земли вычисляется как площадь шара: $S\_{⊕}$ = 4 π R2. Отношение этих площадей составляет s/$S\_{⊕}$ = h/2R = 0,03 (т.е. 3%).

**4. (5 баллов) Вы путешествуете по поясу астероидов, характерная плотность пород которых составляет** $ρ$**=3,5 г/см3. Каковы могут быть размеры астероидов, по которым можно бегать (с такой же скоростью, как на Земле), не боясь «упасть» в космос.**

**Решение:**

"Упасть" в космос можно в том случае, если скорость превысит вторую космическую для астероида (даже, если превысить первую космическую, придется весьма долго, около 2 часов, летать над астероидом). Так что будем считать, что скорость бега - 10 м/с не должна быть больше первой космической скорости, т.е. *V*  $\sqrt{GM/R}$.

Учитывая, что *M* = ·4*R*3/3, получим *V*  *R* $\sqrt{4πGρ/3}$ или *R*  *V* ($\sqrt{3/4πGρ }$  10 км.

Таким образом, без опаски можно бегать по астероидам диаметром больше 20 км.

**5.** **(6 баллов) Сегодня мечта человека о солнечных парусах стала реальностью. Почему и как будет двигаться космический корабль, оснащенный солнечным парусом? Через какое время он приобретёт скорость 50 м/с, если масса корабля 1 т, площадь паруса 1000 м2, а среднее давление солнечных лучей 10 мкПа. Какой путь пройдет корабль за это время, если начальная скорость его относительно Солнца равна нулю? Можно ли на солнечном парусе приближаться к Солнцу?**

**Решение:**

 1. Падающий на поверхность паруса солнечный свет отражается от неё, оказывая на нее давление. Чем больше площадь паруса, тем больше давление, а значит и сила, действующая на парус. Отражаясь от поверхности, световое излучение передает поверхности импульс в два раза больший, чем у падающего луча, а значит, действует на поверхность с некоторой силой (второй закон Ньютона). По третьему закону Ньютона эта сила направлена противоположно силе действующей со стороны излучения, т.е. от Солнца.

2. Из формулы давления р = $\frac{F}{S }$ получаем F = ρ ∙ S , по второму закону Ньютона

F = m∙ a , a = $\frac{v-v\_{0}}{t}$ = $\frac{v}{t}$ т.к.$ v\_{0}=0$ по условию. Тогда получим, F = m∙ $\frac{v}{t}$ и ρ ∙ S = m∙ $\frac{v}{t}$ , тогда t = $\frac{mv}{pS}$.

 t = $\frac{1000кг ∙50\frac{м}{с}}{10^{-5} Па∙1000м^{2 }}$ = 5 ∙ $10^{6 }$с $≈58 суток$

Так движение корабля равноускоренное (F = const и солнечное излучение практически не изменяется из-за малого удаления от Солнца), то $l$= $v\_{0}∙t+ \frac{a t^{2}}{2}$ = $\frac{a t^{2}}{2}$;

тогда $l$ = $\frac{v∙t^{2}}{2∙t}$ = $\frac{v∙ t}{2}$ .

$l$ = $\frac{50\frac{м}{с }}{2} 5∙10^{6 } с=12, 5 ∙10^{7 }$м = 125 000км.

3. Можно, например, покроем с одной стороны материал паруса слоем радиоактивного изотопа, излучающего $α-$ лучи. Такой парус будет не отражать постороннее излучение, а будет обладать собственным односторонним излучением. Такой изотопный парус представляет собой ракетный двигатель с почти постоянной силой тяги и практически не расходующейся массой.

**6. (3 балла) На фото (рис.1) две взаимодействующие галактики «Мышки». Как видите, у этих мышей очень длинные хвосты. По каким причинам могут появляться хвосты?**

**Решение:**

Эти хвосты возникли потому, что каждая из этих галактик притягивает ближнюю часть своей соседки сильнее, чем дальнюю. В результате каждая галактика растягивается в пространстве. На Земле по этому механизму возникают приливные волны. Луна слегка «растягивает» Землю. Только на Земле приливная волна обходит вокруг Земли на полсуток, а взаимодействующие галактики существенно изменяют свое расположение за сотни миллионов лет.

**11 класс**

##  (3 балла) Какие явления описывает А.С. Пушкин в стихотворении “Надо мной в лазури ясной...”? Сделайте рисунки.

**"Надо мной в лазури ясной**

 **Светит звездочка одна,**

 **Справа - запад темно-красный,**

 **Слева - бледная Луна".**

**Решение:**

В стихах описаны следующие астрономические явления:

#### 1) Вега

2) Заход Солнца

В) Сумерки

Г) Фаза Луны – полнолуние.

**2.** **(5 баллов) Космический корабль движется вокруг Земли по орбите радиусом r1. В точке А включают тормозные двигатели и корабль переходит на эллиптическую орбиту. Определите, через какое время он приземлится.**

**Решение:**

Скорость движения тела на круговой орбите найдём из второго закона Ньютона:

$\frac{GmM\_{⊕}}{r\_{1}^{2}}=\frac{mv\_{1}^{2}}{r\_{1}}$ , откуда$ v\_{1}^{2}=\frac{GM\_{⊕}}{r\_{1}}.$

Запишем третий закон Кеплера для спутника, находящегося на двух орбитах: круговой радиусом $r\_{1}$ и эллиптической радиусом $r\_{2}$

$\frac{T\_{1}^{2}}{T\_{2}^{2}}$=$\frac{r\_{1}^{3}}{r\_{2}^{3}}$

В нашем случае $T\_{1}=\frac{2πr\_{1}}{v\_{1}}$ и $r\_{2}=\frac{R\_{⊕}+r\_{1}}{2}$ (рис.1.1). Решив систему приведенных уравнений, получим

$$T\_{2}=2π\sqrt{\frac{(R\_{⊕}+r\_{1})^{3}}{8GM\_{⊕}}}$$

Время до приземления равно$ t={T\_{2}}/{2}$ , так как до этого момента тело проходит половину траектории.

**3. (4 балла) С какой планеты Солнечной системы можно увидеть невооруженным глазом спутники двух соседних планет? Ответ обоснуйте.**

**Решение**

У искомой планеты должно быть две соседние планеты. Поэтому Меркурий и Нептун сразу исключаются. Кроме того, в двух соседних планет должны быть спутники. Следовательно, Венера (у Меркурия спутников нет) и Земля (у Венеры тоже нет спутников) также не подходят.

Чем больше спутник по размерам, тем он заметнее. Поэтому, уместно рассмотреть Луну, Галилея спутники Юпитера, спутник Сатурна Титан и Нептуна Тритон. Спутники Марса с Юпитера не увидеть (поскольку их не видно и с Земли, которая ближе к Марсу), у Урана таких крупных спутников нет. Поэтому Юпитер и Сатурн также исключаются.

Остается две планеты: Марс и Уран.
Чем ближе планета к Солнцу, тем ярче ее спутники. Радиусы орбит планет с увеличением порядкового номера планеты очень быстро растут, поэтому и минимальные расстояния между соседними планетами тоже увеличиваются с удалением от Солнца. Кроме того, Тритон - самый маленький из больших спутников, и увидеть его с Урана было бы сложно.

Перечисленные факты приводят к однозначному выводу: искомой планетой является Марс, из которого невооруженным глазом видна Луна и Галилея спутники Юпитера.

**4.** **(5 баллов) Одна из ярких комет 2013 года PanSTARRS (рис1.1) предоставила наблюдателям возможность** [**любоваться**](http://www.flickr.com/photos/43846774%40N02/8806779876/) **её** [**великолепным анти - хвостом**](http://www.universetoday.com/102299/what-do-comet-panstarrs-and-pinocchio-have-in-common/)**. Видимый на этой фотографии анти - хвост простирается почти на 8 угловых диаметров полной Луны. Расстояние между Землей и кометой в это время составляло 190 000 000 км. Почему у кометы образовалось два хвоста, какова природа анти - хвоста? Как он направлен и почему? Найдите, чему равна длина этого хвоста. Что происходит с обоими хвостами кометы сейчас, когда её видимая звездная величина стала равной 19m ?**

**Решение:**

 У кометы два хвоста - узкий газовый, состоящий из заряженных частиц (атомов и ионов), и более широкий пылевой хвост, который, как следует из его названия, состоит из пылевых частиц. Под действием давления солнечного света пылевые частицы движутся в сторону, противоположную Солнцу. [Это широкоугольное телескопическое изображение](http://spaceweather.com/gallery/indiv_upload.php?upload_id=81835) кометы на фоне звёзд созвездия Цефея было получено 15 мая. Хорошо видно, что у [кометы](http://www.lpi.usra.edu/education/explore/comets/background/) развился широкий [анти-хвост](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/antitail.html) из пыли, тянущейся вдоль орбиты (слева от комы). Хвост стелется вдоль орбиты кометы по мере того, как она покидает внутреннюю часть Солнечной системы. Мы видим [орбиту улетающей кометы](http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=C%2F2011%20L4;orb=1;cov=0;log=0;cad=0#orb) практически с ребра, и поэтому нам кажется, что анти-хвост указывает точно на Солнце. Это также создаёт видимость, что [пылевые хвосты кометы](http://www.astronet.ru/db/msg/1283878), сдуваемые солнечным светом, направлены в противоположную сторону от анти-хвоста.

Для расчета длины хвоста воспользуемся формулой L = D $∙\sin(ρ),$ D – расстояние от Земли до кометы, $ρ-$ угловой размер анти – хвоста кометы. С учетом того, что средний угловой диаметр Луны равен $30 ',$ получим R = 1,9 $∙ 10^{8 }$км $∙ \sin(240)$' = 1,9 $∙ 10^{8 }$км $∙ \sin(4)⁰$ = 1,9 $∙ 10^{8 }$км $∙0,0698$ = 0,13262 $∙ 10^{8}$км = 13, 26 млн. км.

Звездная величина служит единицей измерения блеска того или иного космического объекта, и чем меньше значение числа звездной величины, тем ярче будет блеск объекта. Таким образом, объекты 19-й звездной величины представляют собой очень тусклое тело, которое можно видеть только с помощью мощного телескопа с высокочувствительными электронными датчиками, которые позволяют фиксировать движущиеся тела на расстоянии 1,2 миллиарда километров от Солнца. На таком расстоянии хвосты у комет не наблюдаются.

5. **(5 баллов) Красная звезда по диаметру в 2 раза больше своей голубой соседки по двойной системе. Какая из звезд излучает больше энергии? Оцените, во сколько раз (рис.1.2). Ответ поясните.**

**Решение:**

Температуру красной и голубой звезд определяем из диаграммы спектр-светимость (см. рис 1.3), 3500 К и 20 000 К соответственно.

**Светимость** звезд **(*L*)** - количество энергии, излучаемой их поверхностью в единицу времени. ***L*=4π*R2*σ*T 4***, где **σ –** постоянная Стефана-Больцмана**, R** и **T** – радиус и температура звезды. Обозначим индексом 1 голубую звезду, индексом 2 – красную. Тогда для голубой звезды светимость равна $L\_{1}=4πR\_{1}^{2}σT\_{1}^{4}$, красной -$ L\_{2}=4πR\_{2}^{2}σT\_{2}^{4}$

Отношения светимостей звезд позволяет оценить их энергии:

$\frac{L\_{1}}{L\_{2}}$**=**$\frac{4πR\_{1}^{2}σT\_{1}^{4}}{4πR\_{2 σ}^{2}T\_{2}^{4}} $**(1)**

 Подставив в формулу 1 данные из условия задачи $R\_{2}=2R\_{1}$, $T\_{1}=20 000 K$ и $T\_{2}=3 500 K$, получим её конечное выражение:

$$\frac{L\_{1}}{L\_{2}}=\frac{T\_{1}^{4}}{4∙T\_{2}^{4}} \left(2\right)$$

Затем проведём расчёты:

$$\frac{L\_{1}}{L\_{2}}=\frac{(2∙10^{4})^{4}}{4∙(3,5∙10^{3})^{4}}=\frac{16∙10^{16}}{600,25∙10^{12}}≈267 раз$$

Таким образом, голубая звезда излучает энергии приблизительно в 267 раз больше красной звезды.

 Можно попытаться определить тип каждой из звезд на качественном уровне. Прежде всего необходимо учесть условие задачи (красная звезда в 2 раза больше голубой), что и накладывает ограничения на (возможное) сочетание в этой паре звезд разных типов. Голубая звезда не может быть горячим белым карликом, так как в этом случае красная звезда (даже если это красный карлик) должна иметь большие размеры, чем мы имеем.

 Следовательно, горячая звезда – яркий голубой гигант или сверхгигант, а красная звезда в этом случае будет красным гигантом.

6. **(3 балла) Влияет ли космологическое расширение Метагалактики на расстояние Земли 1) до Луны; 2) до центра Галактики; 3) до галактики М31 в созвездии Андромеды; 4) до центра местного сверхскопления галактик?**

**Решение:**

В космологическом расширении не участвуют гравитационно-связанные системы (Солнечная система, галактика, скопления галактик). Поэтому в первых трех случаях космологическое расширение не влияет на расстояния между Землей и указанными объектами.

**Список литературы**

1. Н.А.Гладушина, В. В. Косенко Рабочая тетрадь по астрономии / Гладушина Н.А., Косенко В.В. – Луганск: Учебная книга,2004 – 82 с.
2. А.Л. Камин, А.А. Камин (занимательная олимпиада по астрономии физике космоса, физике Земли, физики полёта) / Камин А.Л, Камин А.А. Под ред. Гладушиной Н.А., к. ф. –м. н- Луганск : СПД Резников В.С., 2012.-156 с.
3. Н.В. Турчина Физика в задачах для поступающих в вузы / Турчина Н.В. - Москва: ООО издательство «Мир и образование», 2008.-768.
4. Завдання Інтернет-олімпіади 2013 року з астрономії та астрофізики (для студентів та школярів) /сайт кафедри астрономії і фізики космосу КНУ імені Т. Г Шевченка (<http://www.phys.univ.kiev.ua/>).
5. Задания Всероссийской олимпиады школьников по астрономии для 1 этапа, 11 класс 2010-2011 учебный год/ сайт nfo.olimpiada.ru.