

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
10 класс, 2020-2021 учебный год**

Задание 1.

Диаметр астероида Веста составляет 525,4 км. Его плотность $3,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Определите ускорение свободного падения на его поверхности. Определите, на какую высоту поднялся бы человек, находящийся на астероиде и подпрыгнувший с усилием достаточным для прыжка на высоту 10 см на Земле. Считайте, что астероид имеет форму шара.

Решение.

Пусть M_a - масса астероида. С учетом закона всемирного тяготения и второго закона Ньютона, ускорение свободного падения на астероиде $g_a = \frac{GM_a}{r^2} = \frac{4GM_a}{d^2}$ (1). Представим массу астероида через объем шара и плотность: $M_a = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_a = \frac{1}{6}\pi d^3 \rho_a$, отсюда $g_a = \frac{2}{3}G\pi d\rho_a$, учитывая $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$, $g_a = \frac{2}{3} \cdot 6,672 \cdot 10^{-11} \cdot 3,14 \cdot 525,4 \cdot 10^3 \cdot 3,5 \cdot 10^3 = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

По условию задачи, человек в момент прыжка на Земле и на астероиде обладает одной и той же кинетической энергией. Поэтому потенциальная энергия в высшей точке подъема, как на Земле, так и на астероиде будет одинакова: $m_a g_a h_a = m g h$, откуда $h_a = \frac{g}{g_a} h$ и $h_a = \frac{9,8}{0,3} \cdot 0,1 = 3,3 \text{ м}$.

Полученное значение не является точным: на самом деле прыжок будет выше, так как значение ускорения свободного падения убывает с высотой по закону, даваемому формулой (1).

Критерии оценивания

Записана формула для ускорения свободного падения на астероиде	2 балла
Записана формула для массы астероида	2 балл
Рассчитана величина ускорения свободного падения на астероиде	1 балл
Использован закон сохранения энергии	2 балла
Определено соотношение для высоты подъема	1 балла
Всего	8 баллов

Задание 2.

Во Владимире в 9 часов вечера были сделаны два снимка звездного неба: Снимок № 1 (*Приложение 1*) – 25 апреля 2020 года, Снимок № 2 (*Приложение 2*) – 25 октября 2020 года. На каждом из снимков отметить и подписать:

- 1) созвездие Большая Медведица (достаточно обвести фигуру ковша);
- 2) Полярную звезду;
- 3) созвездие Малая Медведица (достаточно обвести фигуру ковша);
- 4) созвездие Кассиопея (достаточно обвести W).

Решение.

По снимку № 1 (*Приложение 3*).

По снимку № 2 (*Приложение 4*).

Критерии оценивания

На двух снимках отмечено и подписано созвездие Большая Медведица	2 балла
На двух снимках отмечена и подписана Полярная Звезда	2 балл
На двух снимках отмечено и подписано созвездие Малая Медведица	2 балл
На двух снимках отмечено и подписано созвездие Кассиопея	2 балла
Всего	8 баллов

Задание 3.

Склонение звезды Поллукс $\delta = +28^\circ$. На какой максимальной и на какой минимальной высоте может происходить верхняя кульминация Поллукса? На каких широтах происходят эти кульминации? Ответ объясните.

Решение.

Высота светила над горизонтом может принимать значения от 0° до 90° в северном полушарии и от 0° до -90° в южном. Анализируя формулу высоты светила в верхней кульминации $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ для $\delta \leq \varphi$ получаем, что возможно получит максимальное значение $h = 90^\circ$ на широте $\varphi = 28^\circ$ с. ш., при увеличении φ , высота будет уменьшаться до $h = 28^\circ$ на Северном полюсе. При уменьшении φ , нужно использовать формулу для $\delta > \varphi$: $h = 90^\circ + \varphi - \delta$. Отсюда имеем, что высота будет уменьшаться и минимальная высота верхней кульминации будет стремиться к минимальному значению -28° вблизи 90° ю. ш., то есть вблизи Южного полюса.

Критерии оценивания

Записаны формулы для нахождения высоты светила в	2 балла
--	---------

верхней кульминации	
Найдено максимальное значение $h = 90^\circ$ на широте $\varphi = 28^\circ$ с. ш.	2 балла
Найдено минимальное значение $h = -28^\circ$ при стремлении $\varphi = 90^\circ$ ю. ш.	2 балла
Есть объяснение, полученных результатов.	2 балла
Всего	8 баллов

Задание 4.

Во время противостояния Марса 13 октября 2020 г., его угловой диаметр составил $22''$. Какой нужно применить окуляр, чтобы наблюдения в телескоп с фокусным расстоянием 10,8 м Марс был виден размерами с Луну, угловой диаметр которой равен $33'$.

Решение.

Увеличение телескопа должно быть $\frac{33 \cdot 60}{22} = 90x$, окуляр телескопа при этом должен иметь фокусное расстояние $f = \frac{F}{W} = 12$ см.

Критерии оценивания

Определено увеличение телескопа	4 балла
Определено фокусное расстояние окуляра	4 балл
Всего	8 баллов

Задание 5.

R136a1 – звезда в звёздном скоплении R136 в туманности «Тарантул», расположенной в Большом Магеллановом Облаке самая горячая из известных науке звёзд во Вселенной. Ее температура составляет 53 000 К, а радиус примерно 36 радиусов Солнца. Во сколько раз ее светимость превышает солнечную?

Решение.

Температура звезды в $\frac{53\,000}{5800} = 9$ раз больше температуры Солнца. По закону Стефана-Больцмана, светимость звезды пропорциональна квадрату ее радиуса и четвертой степени температуры. Поэтому данная звезда будет излучать сильнее Солнца в $36^2 \cdot 9^4 = 8,52$ млн раз.

Критерии оценивания

Проведено сравнение масс звезды и Солнца	2 балла
Записана закон Стефана-Больцмана	4 балл
Определено во сколько раз светимость звезды будет больше солнечной	2 балл
Всего	8 баллов

Задание 6.

Альфа Центавра – тройная звёздная система в созвездии Центавра. Два компонента, α Центавра А и α Центавра В, невооружённому глазу видны как одна звезда с блеском $-0,27^m$, благодаря чему α Центавра является третьей по яркости звездой ночного неба. Параллакс данной системы $0,75''$. Какую звездную величину имела бы α Центавра, если бы заняла место Солнца? Считать радиус и орбиту Земли при этом неизменными.

Решение.

Расстояние до звезды r выраженное в парсеках, есть $\frac{1}{\pi}$, где π – ее параллакс. Для α Центавра оно составляет 1,3 пк или $1,3 \cdot 206\,265 \approx 270\,000$ а. е. Если бы α Центавра заняла место Солнца, она стала бы в 268144 раз ближе и в $(270\,000)^2 = 7,3 \cdot 10^{10}$ раз ярче. Это соответствует разнице в звездных величинах $2,5 \lg(7,3 \cdot 10^{10}) = 27,2$. В итоге α Центавра светила бы в небе как звезда $-27,5^m$.

Критерии оценивания

Определено расстояние до α Центавра в парсеках или астрономических единицах	2 балла
Проведено сравнение расстояний до Солнца и α Центавра	2 балла
Определено увеличение яркости α Центавра	3 балла
Определена звездная величина α Центавра, при ее положении на месте Солнца	1 балл
Всего	8 баллов

Справочные материалы

Гравитационная постоянная $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Парсек 1 пк = 206265 а.е. = $3.086 \cdot 10^{16}$ м

Радиус Солнца $R_s = 695\,000$ км

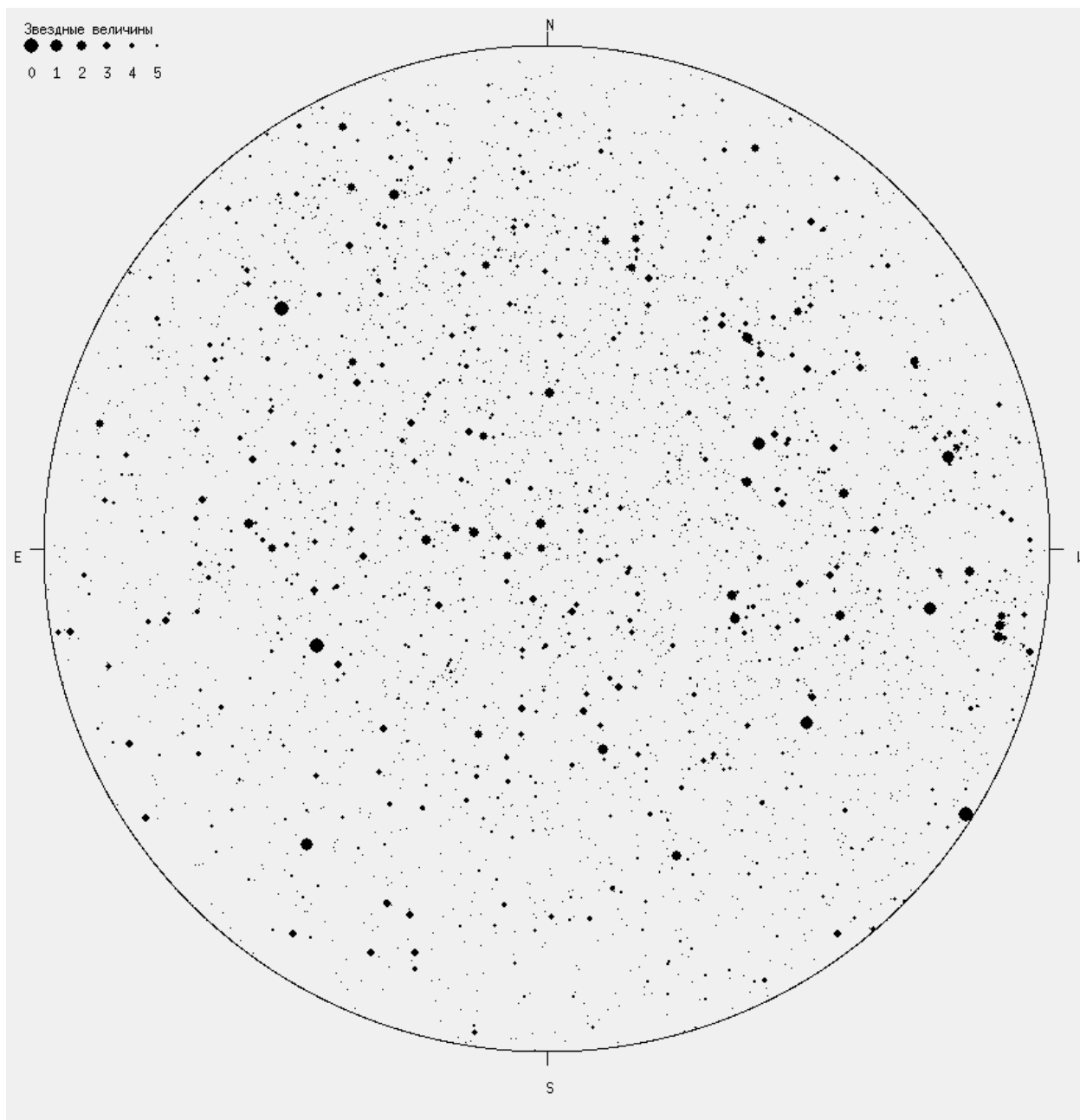
Средний радиус Земли $R_z = 6370$ км

Среднее расстояние от Земли до Луны 384 400 км

Сидерический (звёздный) период обращения Луны 27,321 662 суток

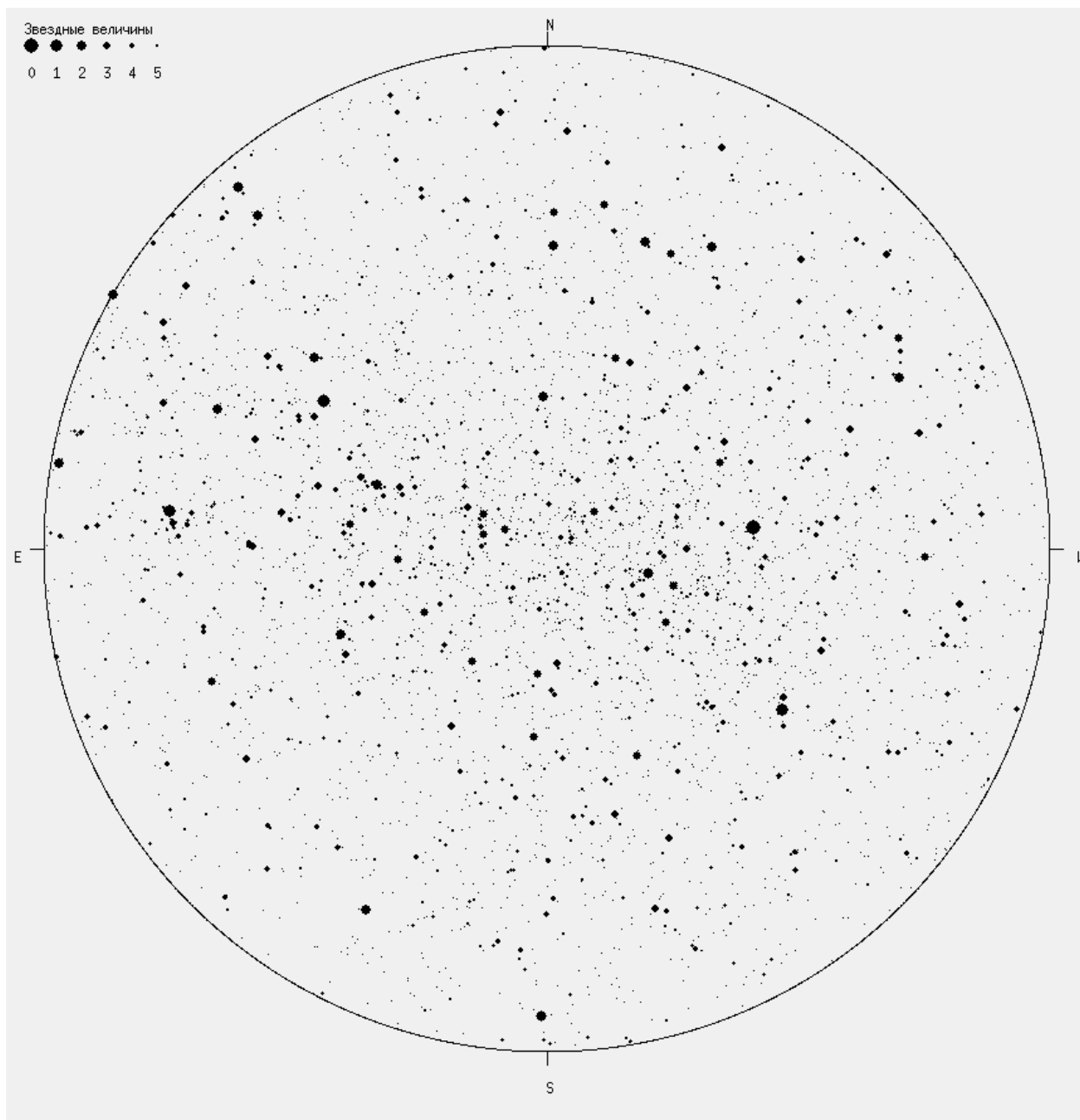
К заданию 2.

Снимок № 1



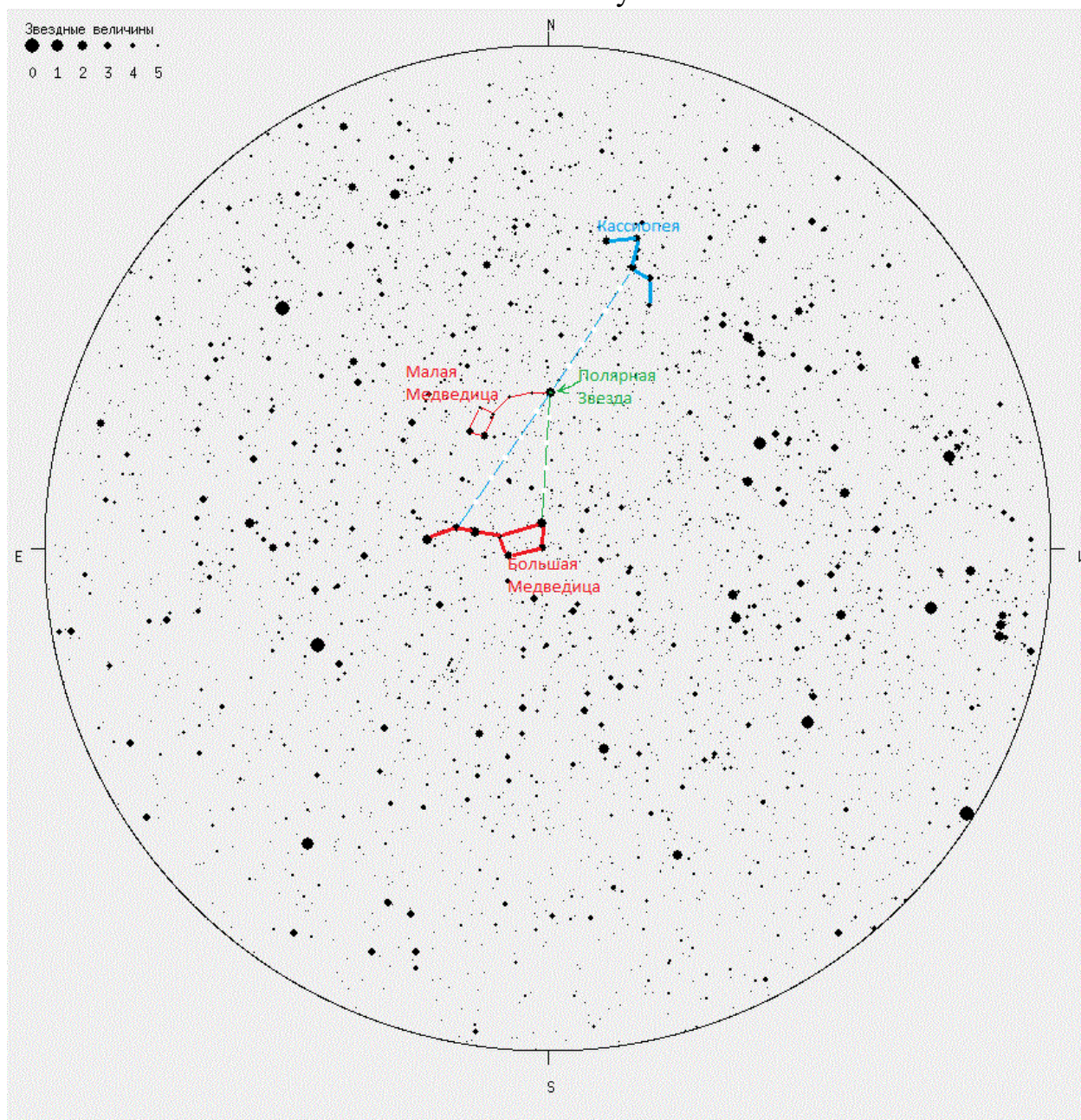
К заданию 2.

Снимок № 2



Решение к заданию № 2

По снимку № 1



Решение к заданию № 2

По снимку № 2

