

2-ОЙ ДИСТАНЦИОННЫЙ ЭТАП
МОСКОВСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
2021–2022 уч. г.

Задания и решения

10–11 классы

[1–3]. Перед вами карта неба, на которой цифрами отмечены астеризмы некоторых созвездий.



Задача 1

Соотнесите номера и названия созвездий.

Левый столбец	Правый столбец
1	Близнецы
2	Большая Медведица
3	Большой Пёс
4	Волопас
5	Дракон
6	Змея
7	Кассиопея
8	Кит
	Лебедь
	Орёл
	Орион
	Пегас
	Персей
	Рыбы
	Сетка
	Южная Рыба

Ответ: 1 – Близнецы, 2 – Дракон, 3 – Кассиопея, 4 – Орёл, 5 – Пегас, 6 – Рыбы, 7 – Кит, 8 – Орион.

Критерии: Правильный ответ – **2 балла**. Если в ответе не больше 1 ошибки – **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Задача 2

В каких из отмеченных на рисунке созвездий (которые вы выбрали в предыдущем задании) может наблюдаться Луна?

Ответ: Близнецы, Рыбы, Кит и Орион.

Критерии: **2 балла** за правильный ответ, **–1 балл** за каждый лишний выбранный или ошибочно невыбранный ответ.

Комментарий: Луна может наблюдаться в зодиакальных созвездиях. Орбита Луны наклонена к эклиптике под углом примерно в 5° , поэтому Луна движется не строго по эклиптике. Следовательно, Луну можно увидеть в некоторых созвездиях, которые расположены вблизи эклиптики.

Задача 3

Верхняя кульминация звёзд каких из отмеченных на рисунке созвездий в сентябре происходит вблизи полуночи?

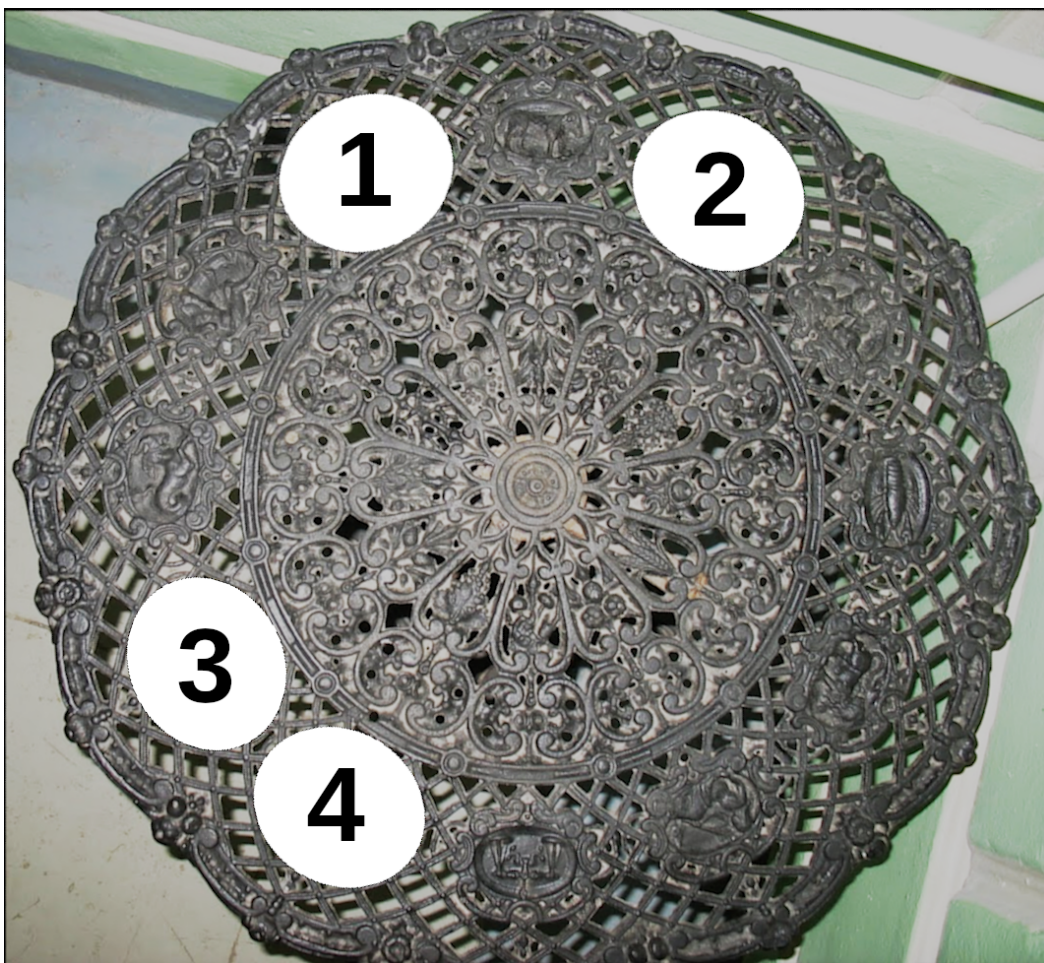
Ответ: Кассиопея, Пегас, Рыбы, Кит.

Критерии: 2 балла за правильный ответ, –1 балл за каждый ошибочно выбранный или ошибочно невыбранный ответ.





Комментарий: В созвездии Рыб находится точка весеннего равноденствия, так что в сентябре их кульминация приходится на полночь. На карте Рыбы как раз в верхней кульминации, так что в ответ нужно включить все созвездия, находящиеся на небесном меридиане к югу от полюса.

Задача 4

На иллюстрации показан стол девятнадцатого века (вид сверху). Расставьте недостающие элементы изображения по местам.



2-ой дистанционный этап.
Московской астрономической олимпиады. 2021–2022 уч. г. 10–11 классы

Левый столбец	Правый столбец
А. 	1
Б. 	2
В. 	3
Г. 	4

Ответ: А4, Б1, В2, Г3

Критерии: 2 балла за верный ответ, в остальных случаях – 0 баллов.

Комментарий: На крышке стола последовательно изображены зодиакальные созвездия.



Задача 5

Сколько (примерно) созвездий сможет одновременно (в пределах 1-2 минут) увидеть наблюдатель, стоящий в чистом поле в ясную погоду?

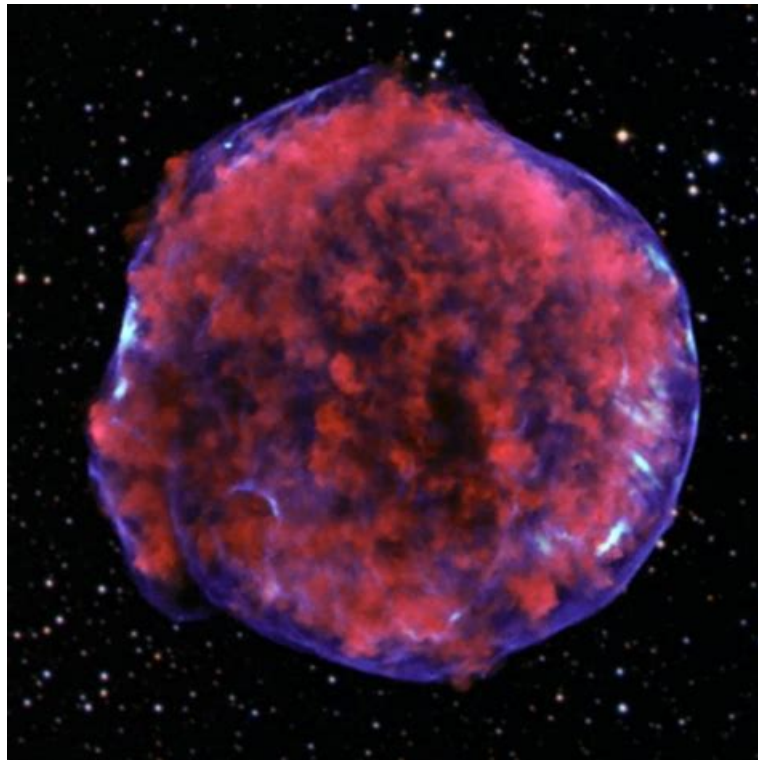
- 1 10-15
- 2 20-30
- 3 40-50
- 4 70-80

Ответ: 3 (40-50)

Критерии: 2 балла за правильный ответ.

Комментарий: на небесной сфере 88 созвездий, значит, одновременно можно увидеть примерно половину из них.

[6–8] Перед вами фотография космического объекта



Задача 6

К какому типу относится этот объект?

- 1 Эмиссионная туманность
- 2 Отражательная туманность
- 3 Линзовидная галактика
- 4 Неправильная галактика

Ответ: 1 (эмиссионная туманность)

Критерии: 2 балла за верный ответ, в остальных случаях – 0 баллов.

Комментарий: На картинке показано рентгеновское изображение остатка сверхновой 1572 года (сверхновая Тихо Браге).

Задача 7

Какой механизм играет главную роль в свечении этого объекта?

- 1 Ионизация вещества излучением нейтронной звезды с последующей рекомбинацией
- 2 Нагрев межзвёздной среды ударными волнами
- 3 Реакции радиоактивного распада
- 4 Выделение гравитационной энергии при аккреции вещества
- 5 Реакции термоядерного синтеза в межзвёздной среде
- 6 Ускорение электронов в магнитном поле галактики

Ответ: 2 (нагрев ударными волнами)

Критерии: 2 балла за правильный ответ, 1 балл за ответ 3, в остальных случаях – 0 баллов.

Комментарий: Остаток сверхновой первые месяцы после вспышки излучает преимущественно за счёт радиоактивного распада короткоживущих изотопов, образовавшихся в результате самой вспышки. Главным источником излучения более старых остатков, наподобие изображённого на фотографии, являются ударные волны, возникающие при столкновении быстро расширяющейся оболочки и межзвёздной среды.

[8-10] Перед вами модельное изображение Юпитера и его галилеевых спутников, построенное для наблюдателя, который покоится высоко над северным полушарием планеты.



Задача 8

Как называются объекты, обозначенные числами 1-4?

Левый столбец	Правый столбец
1	Ганимед
2	Европа
3	Ио
4	Каллисто

Ответ: 1) Европа 2) Каллисто 3) Ио 4) Ганимед

Критерии: Правильный ответ – **2 балла**, в остальных случаях – **0 баллов**.

Задача 9

Выберите все верные утверждения (при наличии)

- а) При наблюдении с Европы Ганимед находится в квадратуре относительно Солнца
- б) При наблюдении с Каллисто фаза Европы превосходит фазу Ганимеда
- в) При наблюдении с Ио Каллисто находится вблизи противостояния с Солнцем
- г) При наблюдении с Юпитера самым ярким из спутников является Каллисто
- д) При наблюдении с Ио фаза Каллисто превосходит фазу Ганимеда
- е) С Ио наблюдается попятное движение Каллисто.

Ответ: а), в), д).

Критерии: 2 балла за правильный ответ, **-0,75 балла** за каждый лишний выбранный или ошибочно невыбранный ответ. Оценка не может быть меньше **0 баллов**.

Задача 10

Считая, что видимый диаметр Юпитера для наблюдателя составляет 2 градуса, оцените, сколько времени (в минутах) потребуется наблюдателю, чтобы заметить смещение хотя бы одного из объектов 1-4 на фоне далёких звёзд невооружённым глазом?

Ответ: 1-2 минуты.

Критерии: Правильный ответ [1;2] – 2 балла, за ответ в интервале [0,5;1) ∪ (2;4] – 1 балл.

Комментарий: Из рисунка очевидно, что радиус орбиты Ио составляет примерно 6 радиусов Юпитера. Ио совершает оборот вокруг Юпитера примерно за 1.7 дня (можно взять из справочных данных или вычислить с помощью третьего закона Кеплера). Значит, на заметный невооружённому глазу сдвиг в 1' – 2' потребуется примерно 1-2 минуты

Задача 11

Отметьте правильные утверждения

- 1 Луну видно только ночью
- 2 Луна не вращается вокруг своей оси
- 3 Зима в Северном полушарии наступает из-за того, что Земля находится в дальней от Солнца части орбиты
- 4 В современном календаре может быть подряд 7 невисокосных лет
- 5 Во время солнечного затмения Солнце попадает в тень Луны

2-ой дистанционный этап.

Московской астрономической олимпиады. 2021–2022 уч. г. 10–11 классы

- 6 Оба конца стрелки магнитного компаса путешественника, находящегося на Северном полюсе Земли, указывают на юг
- 7 С территории России нельзя увидеть южные созвездия
- 8 В телескоп можно наблюдать фазы некоторых планет

Ответ: 4, 6, 8.

Критерии: За каждый верно выбранный или верно невыбранный ответ выставляется **0,25 балла**. Максимальная оценка за задачу **2 балла**.

Комментарии:

1. Луна достаточно яркая, чтобы её можно было увидеть в дневное время. В этом легко убедиться самостоятельно.
2. Наблюдатель на Луне будет всё время видеть Землю, обращаясь вокруг Луны. Поскольку Луна всегда обращена одной стороной к Земле, то Луна также должна поворачиваться вокруг своей оси вслед за Землёй.
3. На самом деле, ближе всего к Солнцу Земля находится в начале января.
4. Невисокосными являются года, кратные 100 и не кратные 400. Например, с 2097 по 2103 года не будет ни одного високосного.
5. Во время солнечного затмения Луна отбрасывает тень на Землю.
6. На Северном полюсе все направления – на юг.
7. Можно, но не все, а некоторые – не целиком. Например, можно увидеть созвездия Большой Пёс и Стрелец.
8. Фазы можно наблюдать у тех тел, на которые мы можем смотреть не только со стороны Солнца, но и сбоку. Например, полный набор фаз виден у Венеры.

Задача 12

Расположите астрономические открытия в порядке их совершения:

Левый столбец	Правый столбец
1 (самое старое)	1. Обнаружение расширения Вселенной
2	2. Доказательство существования других галактик,
3	помимо Млечного Пути
4	3. Доказательство закона всемирного тяготения
5	4. Обнаружение экзопланет
6	5. Обнаружение белых карликов
7	6. Открытие ускоренного расширения Вселенной
8 (самое новое)	7. Определение расстояний до звёзд
	8. Открытие переменных звёзд

Ответ: 8, 3, 7, 5, 2, 1, 4, 6.

Критерии: **2 балла** за правильный ответ, **–1 балл** за ошибку внутри эпохи, **0 баллов** за другие ошибки

Комментарий: Открытия естественным образом разбиваются на 3 эпохи:

а) Эпоха визуальных наблюдений

8. Открытие переменных звёзд – 1638 год
3. Доказательство закона всемирного тяготения – 1666-1687

б) Эпоха фотографических наблюдений в телескопы

7. Определение расстояний до звёзд – 1838
5. Обнаружение белых карликов – 1844–1862
2. Доказательство существования других галактик, помимо Млечного Пути – 1913-1924
1. Обнаружение расширения Вселенной – 1927–1929

в) Эпоха современных космических телескопов (4,6)

4. Обнаружение экзопланет – 1991
6. Открытие ускоренного расширения Вселенной – 1998

Ошибка внутри эпохи штрафуется 1 баллом. В случае, если учащийся меняет местами открытия из разных эпох, за задачу ставится 0 баллов.

Пример: 38721564, 83125764 – **1 балл**, 87352146 – **0 баллов**.

Задача 13

Марс расположен в 1.5 раза дальше от Солнца, чем Земля, а сутки на Марсе длятся примерно 25 часов. Считая, что восход Солнца на экваторе Земли длится две минуты, найдите продолжительность восхода на экваторе Марса. Запишите ответ в секундах.

Ответ: 83.

Критерии: [82-84] – **2 балла**, в остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарии: Солнце на Марсе в $\frac{3}{2}$ раз меньше, чем на Земле, но вращается Марс медленнее в $\frac{24}{25}$ раз. Наклоном оси планеты можно пренебречь. Значит, продолжительность восхода составляет

$$120 \cdot \frac{25}{24} \cdot \frac{2}{3} \approx 83 \text{ секунды} .$$

Задача 14

Вариант 1

Некоторая расширяющаяся туманность расположена от нас на расстоянии 9000 световых лет, а её угловой диаметр равен 6 угловых минут. Считая скорость расширения постоянной и равной 5000 км/с, определите время с момента появления туманности на небе Земли. Ответ округлите до целого.

Ответ: 471 лет.

Критерии: Ответ в диапазоне 460–480 (с округлением) – **2 балла**, неокругленные ответы из правильного диапазона, а также ответы в диапазоне 920–960 – **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарий: Скорость расширения туманности меньше скорости света в 60 раз. Радиус туманности равен $9000 \cdot 3/3438 \approx 7.85$ св. лет. До такого размера туманность расширяется за $7.85 \cdot 60 \approx 471$ лет.

Вариант 2

Некоторая расширяющаяся туманность расположена от нас на расстоянии 8000 световых лет, а её угловой диаметр равен 10 угловых минут. Считая скорость расширения равной 6000 км/с, определите время с момента появления туманности на небе Земли. Ответ округлите до целого.

Ответ: 581 лет.

Критерии: Ответ в диапазоне 570–590 (с округлением) – **2 балла**, неокругленные ответы из правильного диапазона, а также ответы в диапазоне 1140–1180 – **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Вариант 3

Некоторая расширяющаяся туманность расположена от нас на расстоянии 5000 световых лет, а её угловой диаметр равен 12 угловых минут. Считая скорость расширения равной 7500 км/с, определите время с момента появления туманности на небе Земли. Ответ округлите до целого.

Ответ: 349 лет.

Критерии: Ответ в диапазоне 340–360 (с округлением) – **2 балла**, неокругленные ответы из правильного диапазона, а также ответы в диапазоне 680–720 – **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Вариант 4

Некоторая расширяющаяся туманность расположена от нас на расстоянии 11000 световых лет, а её угловой диаметр равен 4 угловых минуты. Считая скорость расширения равной 3750 км/с, определите время с момента появления туманности на небе Земли. Ответ округлите до целого.

Ответ: 512 лет.

Критерии: Ответ в диапазоне 500–520 (с округлением) – **2 балла**, неокругленные ответы из правильного диапазона, а также ответы в диапазоне 1000–1040 – **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Задача 15

Вариант 1

Высота геостационарной орбиты (на которой спутник Земли совершает ровно один оборот за сутки) составляет приблизительно 36 000 км. На какой высоте над Землёй должна располагаться орбита спутника, чтобы за сутки он делал четыре оборота? Ответ округлите до тысяч км. Например, 56000.

Ответ: 10 000.

Критерии: правильный ответ – **2 балла**, ответы 8 000, 14 000 и 17 000 – **1 балл**.

Комментарий: Радиус геостационарной орбиты равен 36 000 км + 6 400 км (радиус Земли) = 42 400 км. Отношение радиусов орбит равно корню третьей степени из квадрата периода (в сутках). Радиус орбиты с периодом в четверть суток составляет ~16700 км, а высота орбиты – 10200 км.

Вариант 2

Высота геостационарной орбиты (на которой спутник Земли совершает ровно один оборот за сутки) составляет приблизительно 36 000 км. На какой высоте над Землёй должна располагаться орбита спутника, чтобы за сутки он делал пять оборотов? Ответ округлите до тысяч км. Например, 56000.

Ответ: 8 000.

Критерии: правильный ответ – **2 балла**, ответы 6 000, 12 000 и 15 000 – **1 балл**.

Вариант 3

Высота геостационарной орбиты (на которой спутник Земли совершает ровно один оборот за сутки) составляет приблизительно 36 000 км. На какой высоте над Землёй должна располагаться орбита спутника, чтобы за сутки он делал три оборота? Ответ округлите до тысяч км. Например, 56000.

Ответ: 14 000.

Критерии: правильный ответ – **2 балла**, ответы 11 000, 17 000 и 20 000 – **1 балл**.

Вариант 4

Высота геостационарной орбиты (на которой спутник Земли совершает ровно один оборот за сутки) составляет приблизительно 36 000 км. На какой высоте над Землёй должна располагаться орбита спутника, чтобы за сутки он делал восемь оборотов? Ответ округлите до тысяч км. Например, 56000.

Ответ: 4 000.

Критерии: правильный ответ – **2 балла**, ответы 3 000, 9 000 и 11 000 – **1 балл**.

Задача 16

Перед вами фотография метеорного потока.



В каком месяце была сделана эта фотография?

- 1 Январь
- 2 Февраль
- 3 Март
- 4 Апрель
- 5 Май
- 6 Июнь
- 7 Июль

2-ой дистанционный этап.

Московской астрономической олимпиады. 2021–2022 уч. г. 10–11 классы

8 Август

9 Сентябрь

10 Октябрь

11 Ноябрь

12 Декабрь

Ответ: 11 (Ноябрь).

Критерии: Правильный ответ **2 балла**. Остальные ответы – **0 баллов**.

Комментарий: Радиант, т. е. область, из которой вылетают метеоры, располагается в созвездии Льва (лат. *Leo*, род. п. *Leonis*). Метеорный поток Леониды активен в ноябре.



Задача 17



На рисунке показан телескоп системы Ньютона. Расставьте предложенные способы наблюдения в этот телескоп (обозначенные стрелками 1-6) в порядке возрастания увеличения изображения, которое видно при таком наблюдении. (если ничего не видно, не включайте в список этот вариант)

Ответ: 6145.

Критерии: 2 балла за правильный ответ. Ответы 45, 145, 645, 1645 оцениваются в 1 балл. В остальных случаях – 0 баллов.

Комментарий. Варианты 2 и 3 должны быть исключены – в них видны заглушка искателя полюса и торец зеркала. Из оставшихся наименьшее увеличение в объективе искателя (6, $\Gamma \sim 0.1-0.2$), затем идёт увеличение в отражении главного зеркала (1, $\Gamma \sim 1$), затем – увеличение в окуляре искателя (4, $\Gamma \sim 5-10$) и наконец, в окуляре телескопа (5, $\Gamma \gg 10$).

Задача 18

Какие планеты Солнечной системы можно увидеть с помощью этого телескопа?

- 1 Меркурий
- 2 Венера
- 3 Марс
- 4 Юпитер
- 5 Сатурн
- 6 Уран
- 7 Нептун

Ответ: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Критерии: Правильный ответ – **2 балла**. За ответ 1, 2, 3, 4, 5, 6 – **1 балл**. В остальных случаях **0 баллов**.

Комментарий: Диаметр этого телескопа, очевидно, превышает 2–3 см, необходимые для наблюдения Нептуна, самой слабой из планет.

Задача 19

Во время соединения Юпитера и Сатурна их видимые звёздные величины составляли соответственно -1.97^m и 0.63^m . Чему была равна их суммарная звёздная величина? Ответ округлите до сотых.

Ответ: -2.06 .

Критерии: Правильный ответ – **2 балла**. За ответ в диапазоне $[-2.1; -2.0]$ – **1 балл**. В остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарии: Пусть $m_{\text{ю}}$, $m_{\text{с}}$ и m_{Σ} – звёздные величины Юпитера, Сатурна и их обоих вместе, а $E_{\text{ю}}$, $E_{\text{с}}$ и E_{Σ} – создаваемые ими освещённости. Тогда по формуле Погсона

$$\frac{E_{\text{ю}}}{E_{\text{с}}} = 10^{0.4(m_{\text{с}} - m_{\text{ю}})}.$$


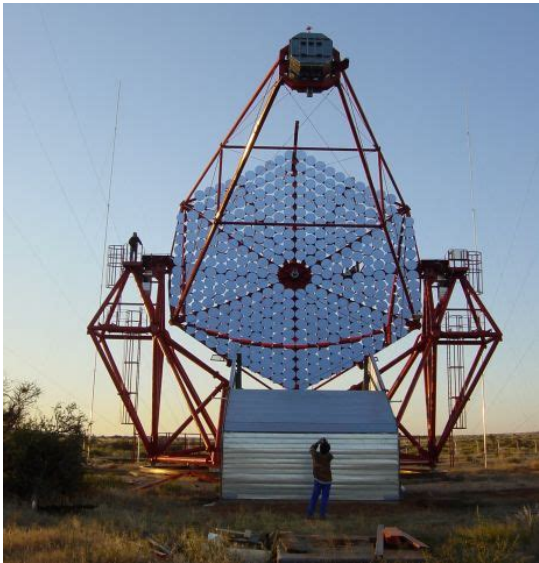
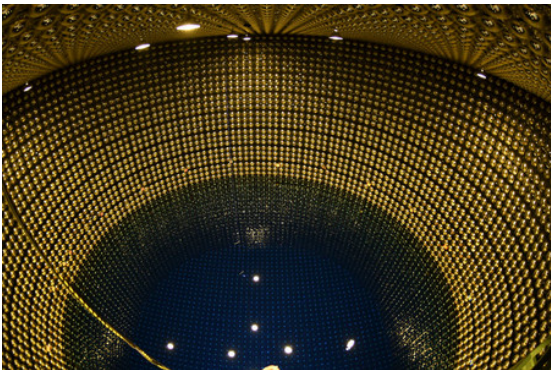


Также

$$m_{\Sigma} = m_{\text{с}} - 2.5 \lg \left(1 + 10^{0.4(m_{\text{с}} - m_{\text{ю}})} \right) \approx -2.06.$$

Задача 20

Сопоставьте фотографию прибора и его предназначение:

1. Наблюдение нейтрино
2. Наблюдение радиоволн
3. Регистрация космических лучей
4. Регистрация продолжительности солнечного сияния
5. Регистрация моментов прохождения звёзд через меридиан

а) 	б) 
в) 	г) 
д) 	

2-ой дистанционный этап.

Московской астрономической олимпиады. 2021–2022 уч. г. 10–11 классы

Ответ: а) 2, б) 3, в) 1, г) 5, д) 4.

Критерии: Правильный ответ **2 балла**, одна ошибочная перестановка – **1 балл**, в остальных случаях – **0 баллов**.

Комментарии: а) крупнейший в мире радиотелескоп с заполненной апертурой (FAST); б) Один из телескопов системы H.E.S.S., предназначенный для исследования черенковского излучения частиц, движущихся быстрее скорости света в атмосфере; в) Нейтринный детектор Super-Kamiokande; г) пассажный инструмент, предназначенный для наблюдения кульминаций светил; д) гелиограф.