

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

① (8 баллов за задачу)

а) **Правда**, и связано это именно с прецессией (1 балл).

б) **Ложь**. С таким «округлением» ошибка в целые сутки набегит не за четыре года (как в случае с високосными годами), а ровно за один год. И связано это различие в продолжительности звездных ($23^{\text{h}}56^{\text{m}}$) и солнечных (24^{h}) суток всего лишь с движением Солнца на фоне звезд вследствие орбитального обращения Земли. (1 балл за ответ и 1 балл за пояснения)

в) **Ложь**. В основу солнечных календарей кладется не звездный год (сидерический период Земли), а тропический год (промежуток времени между двумя последовательными прохождением Солнца через точку весеннего равноденствия). Именно тропический год является промежутком времени, через который меняются поры года. (1 балл за ответ и 1 балл за пояснения)

г) **Правда**. Из-за эллиптичности земной орбиты зимой мы проходим перигелий, а летом – афелий. Следовательно, летний период (от весеннего до осеннего равноденствия) будет немного длиннее из-за более медленного движения Земли. А если еще учесть, что восходом и заходом Солнца называется пересечение горизонта не центром, а верхним краем его диска, а также учесть рефракцию, то мы получим еще дополнительную прибавку к продолжительности полярного дня для Северного полюса. (1 балл)

д) **Ложь**. Эта точка находится в Рыбах. Когда-то она была в Овне, но вследствие прецессии земной оси перешла в Рыбы около 2000 лет назад. (1 балл за ответ и 1 балл за пояснения)

② (6 баллов за задачу)

а) На экваторе Солнце и все остальные светила восходят и заходят перпендикулярно горизонту. В дни равноденствий суточное движение Солнца происходит вдоль небесного экватора с угловой скоростью $\omega = 360^\circ/24^{\text{h}}$. Тогда, чтобы преодолеть дополнительные $35'$, ему потребуется время $t = 35'/\omega = 140^{\text{s}}$. А поскольку такая прибавка будет и утром, и вечером, то долгота дня вырастает на 280 секунд или 4 минуты 40 секунд. (4 балла)

б) «... уменьшаются». Если быть точным, то размеры объектов по горизонтали остаются неизменными, а по вертикали они «сжимаются». Причина кроется в том, что чем ниже объект, тем больше его поднимает рефракция. В итоге нижний край того же Солнца приподнимается больше, чем верхний, и угловые размеры по вертикали уменьшаются (см. фото в задаче). Если вдруг кто-то из вас видел, каким огромным было Солнце в момент восхода или захода, то знайте, что это всего лишь обман зрения. (2 балла)

③ (6 баллов)

Поскольку звезды находятся очень близко друг к другу, фигуру на небесной сфере, образованную суточными параллелями и кругами склонений, проходящими через обе звезды, можно считать плоским прямоугольником. А расстояние между звездами будет являться его диагональю.

Тогда по теореме Пифагора это угловое расстояние составит $\rho = \sqrt{(\Delta\alpha \cdot \cos \delta)^2 + (\Delta\delta)^2} = 34,2''$.

Самое главное в этой задаче – не забыть про $\cos \delta$. Суточные параллели имеют разную длину: чем ближе к полюсу, тем параллель будет короче. И эта длина как раз будет пропорциональна косинусу склонения. Если участник олимпиады $\cos \delta$ забыл, то максимальный балл за задачу - 3.

- ④ (5 баллов) Время на часах жителя столицы Германии связано с истинным солнечным временем формулой:

$$T_B = T_{\odot} + \eta - \lambda + n,$$

где $n = 1^h$ для зимнего периода и $n = 2^h$ для летнего. Действительно, практически вся Европа по-прежнему переводит стрелки на летнее время и назад, на зимнее.

Допустим, что в данный момент у нас зимнее время и истинный полдень наступил ровно в 12:00. Тогда

$$12^h00^m = 12^h00^m + \eta - 0^h54^m + 1^h$$

(здесь мы уже перевели долготу Берлина в часовую меру). Отсюда можно выразить уравнение времени, оно получится равным $\eta = -0^h54^m$. Глядя на график уравнения времени, можно заметить, что такое значение уравнения времени принимает дважды за год – приблизительно 15 сентября и 13 декабря (в ответе допускается отклонение $\pm 5^d$). Однако первая дата не подходит, так как 15 сентября Германия живет по летнему времени. Остается лишь 13 декабря.

Если мы захотим решить задачу для летнего времени с $n = 2^h$, то нетрудно заметить, что получится значение уравнения времени, которое оно никогда не может принимать. Следовательно, в летний период подобная ситуация реализоваться не может.

- ⑤ (5 баллов) Рассчитаем параболическую скорость для расстояния 43,4 а. е. от Солнца:

$$v_{\Pi} = \sqrt{\frac{2GM_{\odot}}{r}} = 6,4 \text{ км/с.}$$

Скорость корабля была намного большей, следовательно, «Новые горизонты» движется по гиперболической траектории – значит, никогда не вернется назад в Солнечную систему.

Самые внимательные могут заметить, что скорость 14,3 км/с была дана относительно Аррокота, а не Солнца. Однако скорость самого объекта пояса Койпера была вполне невелика, потому даже если мы отнимем ее от 14,3 км/с, все равно траектория останется гиперболой.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- ⑥ (8 баллов, по 2 за каждый пункт)

- а) Юпитер и Сатурн
- б) Марс
- в) Венера
- г) Самая яркая – Венера, а самая тусклая – Сатурн

- ⑦ (8 баллов)

- а) Орион (2 балла)

- б) Это восход Ориона (2 балла)

в) Для ответа на данный вопрос следовало бы вспомнить, что Орион – экваториальное созвездие, небесный экватор проходит через одну из звезд пояса Ориона примерно перпендикулярно его фигуре.

Угол, под которым экватор пересекает горизонт, равен $90^\circ - \varphi$. Измерив его транспортиром, получим 76° . Тогда широта составит 14° . **(2 балла)**

Заметим, что «голова» Ориона расположена ниже «ног» - это говорит о том, что широта южная. Поэтому окончательный ответ - 14° ю. ш. Поскольку идеально помнить положение экватора удастся далеко не каждому участнику олимпиады, допускается погрешность $\pm 10^\circ$. **(2 балла)**

Итого – **46 баллов** за всю олимпиаду.

Остались вопросы? Нашли ошибку? Звоните +375 29 2570809.