

XXVIII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур, решения

2021
14
марта

5–6 классы

При наблюдении Юпитера и трех его галилеевых спутников с четвертого (Каллисто) был получен снимок, на котором изображения спутников (слева направо — Ио, Ганимед, Европа) заменены черными кружками.



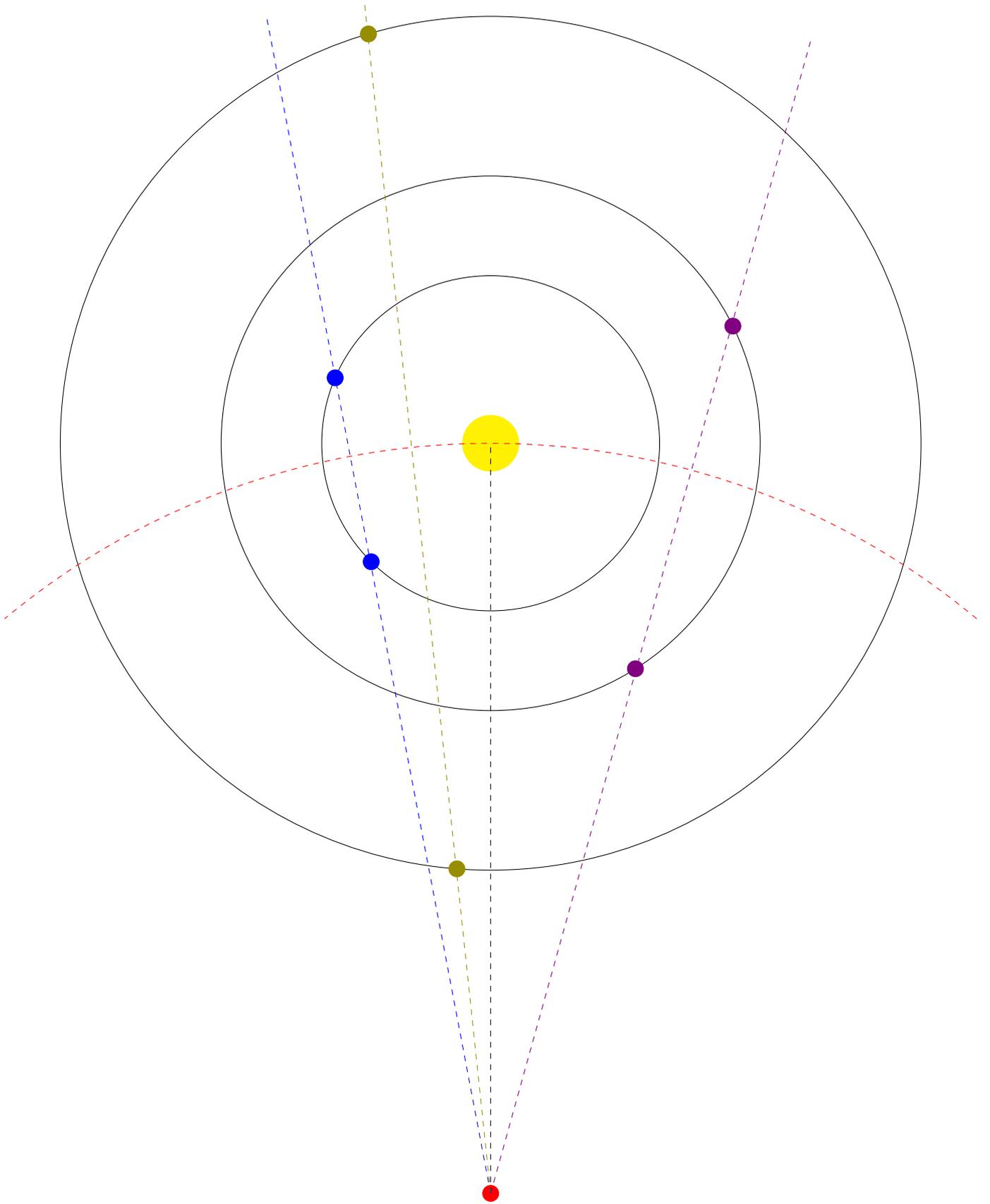
У Юпитера освещена ровно половина видимого диска. Нарисуйте в увеличенном масштабе видимые диски трех спутников и изобразите на них освещенные части дисков, которые в этот момент мог увидеть наблюдатель с Каллисто. Известно, что радиус Юпитера составляет 70 тыс. км, орбиты всех четырех спутников круговые, находятся в одной плоскости, их радиусы указаны в таблице ниже.

Спутник	Радиус орбиты в тыс. км
Ио	420
Европа	670
Ганимед	1070
Каллисто	1880

Решение (20 баллов):

Задачу можно решать различными способами, но самый простой (и в то же время достаточно точный) — графический. Содержащаяся в условии информация позволяет восстановить положение спутников в системе Юпитера практически полностью и, хотя для получения ответа это не требуется, опишем, как это можно было бы сделать — будет понятнее, почему на многих деталях такого решения можно сэкономить.

1. Построим рисунок с соблюдением масштабов, изображающий Юпитер, орбиты трех спутников и положение Каллисто (красная точка снизу). Затем построим дугу с центром в наблюдателе (Каллисто) и радиусом, равным расстоянию между Каллисто и Юпитером.
2. Измерив диаметр Юпитера на данной в условии картинке (и получив 28 мм), измерим также расстояния от центра Юпитера до **Ио** (70 мм), **Ганимеда** (40 мм) и **Европы** (100 мм). Цвета названий соответствуют обозначениям на рисунке.
3. Отложим на дуге с центром в Каллисто (на рисунке она красная штрихованная) точки, находящиеся на расстояниях, соответственно, $70/28 = 2.5$, $40/28 = 1.4$ и $100/28 = 3.6$ диаметров «Юпитера» от центра Юпитера (это можно сделать с помощью транспортира или циркуля) и построим прямые, проходящие через Каллисто и полученные точки.

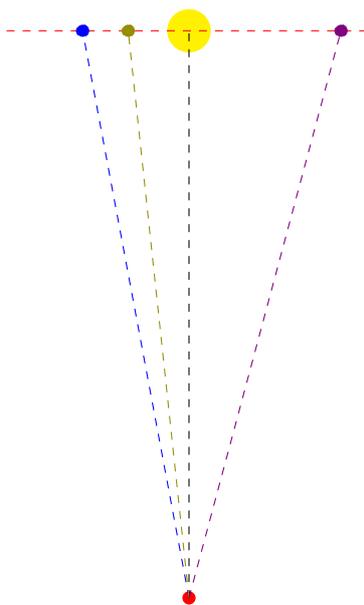


4. Поскольку в этих направлениях с Каллисто видны спутники, пересечения орбит спутников с прямыми — это возможные места, в которых могут находиться спутники (для каждого из них возможно по два варианта расположения). Отметим их на рисунке.

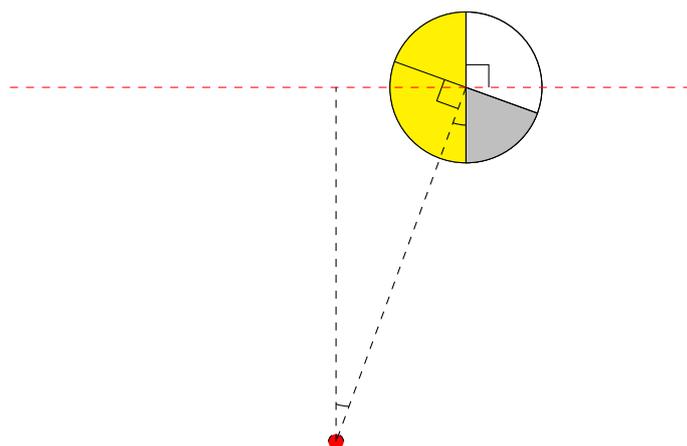
Теперь можно заметить то, что позволяет сильно упростить решение. Юпитер по условию освещен ровно наполовину (и слева), поэтому Солнце на нашем рисунке также располагается слева, причем (в масштабе рисунка) очень далеко (если рисунок напечатан на обычном листе бумаги, то Солнце окажется на расстоянии более 60 метров от него). Следовательно, каждый из трех наблюдаемых спутников будет выглядеть одинаково вне зависимости от того, в каком из двух положений на орбите окажется. Более того, если спутник сдвинуть вдоль прямой, задающей направление на него, то его вид и в этом случае не изменится, так что все спутники можно расположить на красной штрихованной дуге. Это обстоятельство сразу же приводит нас к полезному выводу: радиусы орбит спутников (кроме Каллисто) для решения задачи на самом деле не нужны.

Далее, можно заметить, что спутники на небе располагаются очень близко к Юпитеру (особенно это заметно в случае Ганимеда), поэтому красную штрихованную дугу мы вполне могли бы заменить горизонтальной прямой — внесенные при этом ошибки окажутся весьма небольшими.

Поэтому рисуем существенно более простой рисунок (сохранив те же цветовые обозначения). Во время олимпиады это можно было сделать прямо на условии, но Каллисто пришлось бы нарисовать на другом листе, но можно и сделать рисунок мельче, тем более что точное изображение размеров Юпитера на нем не требуется:



Осталось извлечь отсюда информацию о видимой фазе каждого спутника. Нарисуем примерную схему, объясняющую возникновение фаз:



Осталось только нарисовать подобный рисунок три раза для каждого из трех спутников. Результаты будут выглядеть так (спутники в том же порядке и с теми же цветовыми обозначениями):

