

XXVII Международная астрономическая олимпиада
XXVII International Astronomy Olympiad

Китай, Пекин

6 – 14.XI. 2023

Beijing, China

Group

 α β γ

язык

language

Русский

язык

language

English

Только для перевода.

Задачи практического тура

Напоминание. Задачи практического тура составлены таким образом, что при написании решений от участника не требуется использование какого-либо языка. Не допускается использование текстов (ни на родном языке, ни на одном из официальных языков IAO) в решениях задач.

1(αγ). Камоалева. Камоалева (2016 HO₃) – околоземный астероид. Он является одним из основных объектов исследований китайской программы изучения астероидов «Тяньвэнь-2». Астероид уже наблюдался на 2,16-метровом телескопе в обсерватории Синлун Национальной астрономической обсерватории Китая.

Поскольку 2016 HO₃ объект довольно тусклый, для получения его изображения нужно совместить снимков с короткой выдержкой. На рис. 11.1. представлено суммарное изображение, созданное наложением 30 снимков с 30-секундной экспозицией каждый, полученных на 2,16-метровом телескопе. Эти 30 изображений были сняты 2023-03-25 с 16:35:09.00 до 16:53:52.00. 2016 HO₃ обведен кружком, а 16 звёзд пронумерованы.

Координаты этих звёзд в системе ICRS (International Celestial Reference System) приведены в таблице 11.a.:

Столбец 1: номер звезды.

Столбец 2: прямое восхождение в системе ICRS.

Столбец 3: склонение в системе ICRS.

Известно, что как прямое восхождение, так и склонение 2016 HO₃ в течение наблюдений уменьшались.

11.1. Предполагая, что отношение сигнал/шум для каждого астероида на отдельных изображениях равно $SNR_0 = 1$, вычислите значение сигнал/шум SNR_N при суммировании N изображений.

11.2. Определите, какая точка трека звёзд является начальной при съёмке: левая или правая, напишите L (левая) или R (правая).

В таблице 11.b. приведены пиксельные координаты 2016 HO₃ и пиксельные координаты середины треков 13 звёзд:

Столбец 1: идентификатор и номер звезды.

Столбец 2: координата x в пикселях.

Столбец 3: координата y в пикселях.

11.3. Также с помощью таблицы 11.a. рассчитайте координаты 2016 HO₃ в системе ICRS на момент середины съёмки.

Примечание: при преобразовании небесных координат в пиксельные может быть использована линейная аппроксимация:

$$\alpha = a_1 + a_2 x + a_3 y$$

$$\delta = b_1 + b_2 x + b_3 y,$$

где α и δ – прямое восхождение и склонение соответственно, а x и y – пиксельные координаты.

- 11.4.** Происхождение 2016 HO₃ можно определить по нормированному коэффициенту отражения вещества его поверхности. В таблице 11.с. приведены данные измерения нормированного коэффициента отражения 2016 HO₃:

Столбец 1: длина волны (мкм).

Столбец 2: нормированный коэффициент отражения (безразмерная величина).

Столбец 3: погрешность нормированного коэффициента отражения (безразмерная).

Нанесите данные этих измерений на график 11.2. На графике 11.2. также показаны данные измерений трёх видов материалов: грунта лунного высокогорья, полученного миссией «Аполлона», смеси метеоритов Гибсон/Вака-Муэрта и астероида Авзонии.

- 11.5.** Определите наиболее возможное происхождение 2016 HO₃, ответ дайте на английском языке: “Луна” (the Moon), “Метеорит” (meteorite) или “Астероид” (asteroid).

2(αβγ). Места для обсерватории. Основываясь на ключевых показателях количества ясных ночей, яркости ночного неба, видимости в атмосфере и коэффициенте атмосферной экстинкции, китайские астрономы провели мониторинг и выбрали четыре высокогорных объекта в Али, Тибет, Даочэн, Сычуань; Музтагг, Синьцзян и Ленху, Цинхай.

- I.** В таблице 12.1 представлены данные мониторинга одного из мест, где
 M – звёздная величина из стандартного звёздного каталога,
 m – измеренная звёздная величина,
 χ – относительная воздушная масса.

12.1. Используя данные из таблицы 12.1., нарисуйте график на миллиметровой бумаге.

12.2. Рассчитайте коэффициент атмосферной экстинкции K в этом месте, а также соответствующую точку «нуля прибора» (ZP).

$$M - m = ZP - K\chi$$

II. Для мониторинга используется 50-см телескоп с апертурой $f/16$, а физический размер пикселя детектора – 20 мкм × 20 мкм.

12.3. Вычислите, какой угол на небе соответствует одному пикселю детектора ("/пиксель).

12.4. Рассчитайте яркость ночного неба M_{nsb} (зв.вел. на кв.угл.сек) по формуле:

$$M_{nsb} = ZP + 25.0 - 2.5 \log_{10} \left(\frac{Skycounts}{scale^2 t_{exp}} \right),$$

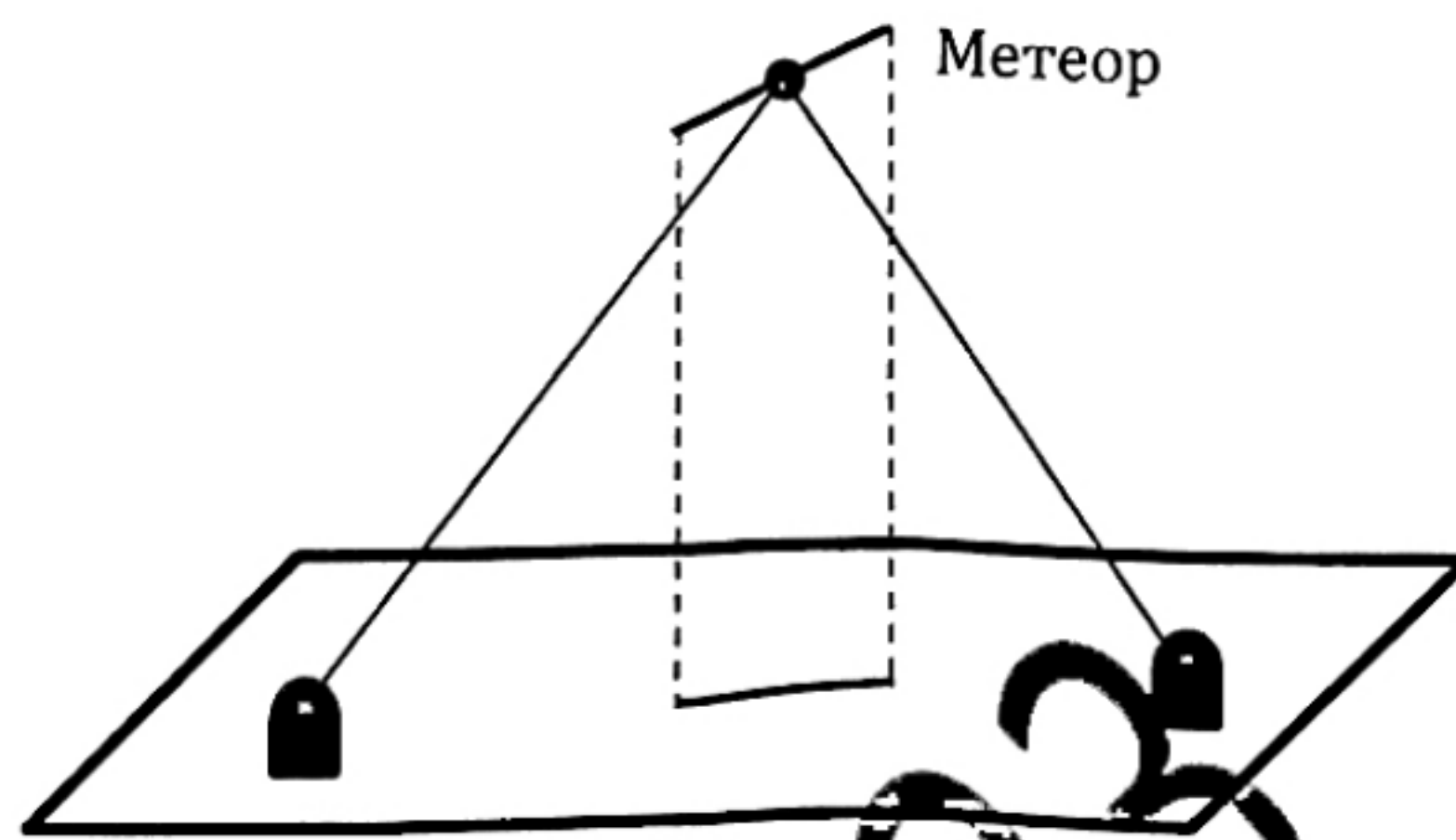
где время экспозиции t_{exp} – 5 секунд, а среднее значение счёта фотонов $Skycounts$, приходящееся на один пиксель, равно 227,85.

III. По данным мониторинга атмосферных явлений (измерения в угл. секундах), представленным в таблице 12.2.:

12.5. на миллиметровой бумаге постройте гистограмму видимости (с интервалом 0,2"),

12.6. и вычислите медианное значение видимости (в угловых секундах).

3(βγ). **Метеор.** Метеоры – это атмосферные явления очень короткого временного масштаба. Когда две камеры установлены в разных местах, можно получить трехмерную траекторию и орбиту метеороида. Во время метеорного потока Геминид в 2021 году две метеорные станции (обозначенные как HH и YQ) участвовали в наблюдении за метеорным потоком. Станция YQ установлена в



Университете Китайской академии наук, кампус Яньциху. В данных наблюдений, представленных в таблице 13.3, точность по времени считается достаточно высокой, но погрешность по координатам составляет около 1 угловой минуты.

Чтобы облегчить расчёты, мы используем координационную систему координат ECEF (Earth-Centered, Earth-Fixed). Начало системы находится в центре Земли. Ось X направлена на точку пересечения нулевого меридиана и экватора. Ось Z направлена на Северный полюс. Расположение станций в системе ECEF показано в таблице 13.2.

- 13.1. В таблице 13.1. представлены изображения из шести видеосъёмок. Не все объекты на этих изображениях – метеоры. Определите, что это за объекты и обозначьте их (прямо на листке с изображениями) соответствующими буквами: М – метеоры, А – самолеты, S – спутники, В – птицы.
- 13.2. В таблице 13.3. представлены данные наблюдений одного и того же метеороида, полученных на двух метеорных станциях. Координаты представляют собой единичные векторы в ECEF, указывающие направление на метеороид. Вычислите положение метеора в трёхмерном пространстве в каждый указанный момент времени. Используя линейную подгонку, оцените величину и направление (в виде единичного вектора) вектора скорости метеороида.
- 13.3. Координаты радианта метеорного потока Геминиды: R.A. = 12° , Dec = $+33^\circ$. Скорость метеороидов составляет ~ 35 км/с. Принадлежит ли этот метеор метеорному потоку Геминиды? Дайте ответ по-английски: «Yes» или «No».



XXVII Международная астрономическая олимпиада XXVII International Astronomy Olympiad

Китай, Пекин

6 – 14.XI. 2023

Beijing, China

язык	Русский
language	
язык	English
language	

For translation only.**Practical round. Problems to solve**

Reminding. Problems of the Practical round compiled in such a way that when writing solutions, use of any language is not required from the participant. So texts are not allowed in solutions of the problems (neither in the native language, nor in one of the official languages of the IAO).

11($\alpha\gamma$). **Kamo'oalewa.** Kamo'oalewa (2016 HO₃) is a near-Earth asteroid. It is the primary target of China's asteroid exploration program "Tianwen-2", and has already been monitored by the 2.16-meter telescope at the Xinglong Observatory of the National Astronomical Observatory of China for pre-argument.

Since 2016 HO₃ is faint, its image needs to stack multiple short exposure images. Figure 11.1. presents one stacked image created using 30 images, each of which has 30-second exposure by the 2.16-meter telescope. These 30 images were shot on 2023-03-25 from 16:35:09.00 to 16:53:52.00. The 2016 HO₃ is circled in Figure 11.1. and 16 stars are numbered.

The International Celestial Reference System (ICRS) coordinates of these stars are given in Table 11.a., from which you find:

Column 1: star number.

Column 2: right ascension in ICRS.

Column 3: declination in ICRS.

It is known that both the right ascension and declination of 2016 HO₃ decrease during the shoot.

11.1. Assuming a signal-to-noise ratio for each asteroid in the individual images is $SNR_0 = 1$, calculate the signal-to-noise ratio SNR_N when combining N images under ideal conditions.

11.2. Determine whether the left end or right end of the streak is the starting point of the shoot, write L (left end) or R (right end).

Table 11.b. gives the pixel coordinates of 2016 HO₃ and the pixel coordinates of the median of streak for 13 stars, from which you find:

Column 1: ID and star number.

Column 2: x in pixel coordinate.

Column 3: y in pixel coordinate.

11.3. Along with Table 11.a., please calculate the ICRS coordinate of 2016 HO₃ at the midpoint of the shooting duration.

Note: linear approximation can be used when converting between celestial coordinates and pixel coordinates:

$$\alpha = a_1 + a_2x + a_3y$$

$$\delta = b_1 + b_2x + b_3y$$

where α and δ are the right ascension and declination, respectively, and x and y are the corresponding pixel coordinates.

11.4. The Origin of 2016 HO₃ can be analyzed from the normalized reflectance of its surface materials. Table 11.c. provides the observational data of the normalized reflectance of 2016 HO₃, from which you find:

Column 1: wavelength (μm).

Column 2: normalized reflectance (unitless)

Column 3: error of normalized reflectance (unitless)

Draw these data in Figure 11.2. Figure 11.2. also shows the observational data of three kinds of materials: Apollo highland soil (lunar sample), Gibeon/Vaca Muerta Mix (meteorite mixture), and Ausonia (asteroid).

- 11.5. Determine the most possible origin of 2016 HO₃, with answer In English: "Moon" (the Moon)", "Meteorite" (meteorite) or "Asteroid" (asteroid).

2(αβγ). Sites for observatory. Based on the key indicators of the number of clear nights, night sky brightness, atmospheric seeing and the atmospheric extinction coefficient, Chinese astronomers monitored and selected four high-altitude sites in Ali, Tibet; Daocheng, Sichuan; Muztagg, Xinjiang and Lenghu, Qinghai.

- I. Table 12.1. presents the monitoring data of one site, where

M is the magnitude from standard star catalog,
 m is the instrument magnitude,
 χ is the relative airmass.

- 12.1. Draw a graph using data from Table 1 on the coordinate paper.

- 12.2. Calculate the atmospheric extinction coefficient K at the site, and the corresponding instrument zero point (ZP).

$$M - m = ZP - K\chi$$

- II. 50-cm telescope with an aperture of f/16 is used for monitoring, and the physical pixel size of the detector is $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$.

- 12.3. Calculate scale value of the sky angle corresponding to the single pixel (in "/pixel).

- 12.4. Calculate the night sky brightness M_{nsb} (mag in arcsec²) of the site by the following equation:

$$M_{nsb} = ZP + 25.0 - 2.5 \log_{10} \left(\frac{Skycounts}{scale^2 t_{exp}} \right),$$

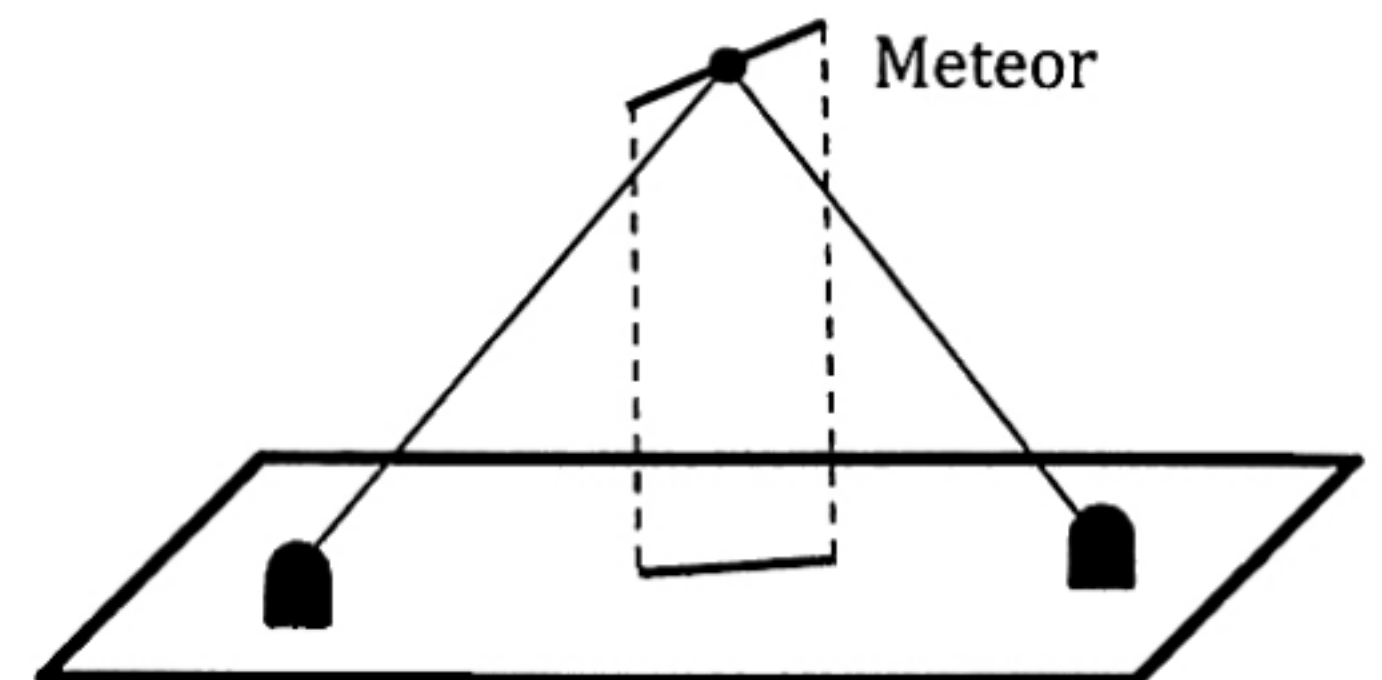
where the exposure time t_{exp} of the monitoring image is 5 seconds, and the median value of photon count $Skycounts$ corresponding to single pixel in the image is 227.85.

- III. According to atmospheric seeing monitoring data (") presented in Table 12.2.,

- 12.5. make a histogram of the atmospheric seeing of the site (with an interval of 0.2") on the coordinate paper,

- 12.6. and give the median atmospheric seeing of the site (in units of arcsecond).

- 13(βγ). Meteor.** Meteors are atmospheric phenomena with very short time scale. When two cameras installed at different locations, the 3-D trajectory and orbit of the meteoroid can be obtained. During the Geminids meteor shower in 2021, two meteor stations (coded as HH and YQ) participated the observation of the meteor shower. YQ station is installed at the Yanqihu campus of UCAS (University of Chinese Academy of Sciences). In the observations shown in Table 13.3, timestamps are considered to be sufficiently accurate, but the coordinates have uncertainties of ~1 arcminute.



To help calculations, we here use the ECEF (Earth-Centered, Earth-Fixed) coordination system. The origin of the system is at the center of the Earth. The X axis point toward the intersection of the prime meridian and the equator. The Z axis points toward the North Pole. The locations of the stations in ECEF system are shown in Table 13.2.

- 13.1. Table 13.1. includes stacked images of six video clips. The objects in these clips are not all meteors. Identify the nature of these objects and label them (directly on the image sheet) with corresponding letters: M – meteors, A – aircrafts, S – satellites, B – birds.

- 13.2. Table 13.3. lists a pair of meteor data that from the same meteoroid. The coordinates are unit vectors in ECEF indicating the direction to the meteoroid. Calculate 3-D positions of the meteor at each timestamp. Using linear fitting, estimate the magnitude and direction (as unit vector) of the velocity vector of the meteoroid.

- 13.3. The radiant of the Geminids meteor shower is at R.A.=112°, Dec=+33°. The velocity of meteoroids is ~35 km/s. Does this meteor come from the Geminids meteor stream? Give answer in English: «Yes» or «No».