

★ Белорусские астрономические олимпиады ★

Задания для заключительного этапа
XV Республиканской олимпиады по астрономии
30 марта - 4 апреля 2009 года

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР

1 апреля 2009 года



Дорогие друзья!

Мы поздравляем Вас с началом весны, Днем 1 апреля и продолжением заключительного этапа XV Республикаской олимпиады по астрономии. Сегодня Вам предстоит выполнить практический тур.

1. Практический тур состоит из нескольких частей: *Наблюдения*, *Работа с виртуальным планетарием* и *Анализ данных*. Время выполнения: первой и третьей частей (вместе) — 3 часа, второй — 2 часа.
2. Ваши ответы записывайте в Листах ответов **только** в специально отведенных для этого графах. Работы, выполненные с нарушением данного правила могут не оцениваться. Используйте выданные Вам тетради как черновик, который не оценивается.
3. Во время выполнения заданий частей *Наблюдения* и *Анализ данных*, если у Вас возникнет необходимость выйти из аудитории, лист ответов части *Наблюдения* Вам необходимо сдать безвозвратно.
4. Пожалуйста, ничего не пишите в графах "Шифр", "Сумма" и "Сумма баллов".
5. Пожалуйста, пишите разборчивым почерком. Жюри оставляет за собой право снижения оценок в случае трудностей прочтения вашего текста.
6. Вы можете пользоваться любыми письменными, рисовальными, чертежными и измерительными принадлежностями (кроме принесенной бумаги), ручками синих тонов, непрограммируемыми калькуляторами. Пользоваться справочниками, книгами и картами (в том числе игральными) запрещается.
7. После завершения выполнения заданий сдайте, не подписывая, Листы ответов и тетради представителям оргкомитета.
8. Желаем всего самого наилучшего!

НАБЛЮДЕНИЯ

1. НОЧНОЕ НЕБО В ГОРАХ

Отправившись в путешествие на новом недавно купленном внедорожнике (турбированный V12, 6.4 литра, 650 л. с.), Вы вскоре поняли, что заблудились в горах. Дорога поднималась вверх, а бензин в баке неуклонно подходил к концу. Вскоре зашло Солнце и наступила ночь. Сжигая последние остатки горючего, Вам удалось выехать на вершину горы — большую и ровную площадку с куполами двух обсерваторий. Припарковав автомобиль у одной из них, Вы вышли осмотреться. Была ясная ночь, а над Вами — поразительной чистоты и блеска звездное небо с широкой полосой Млечного пути. Вы без труда смогли отождествить яркие звезды и определить координаты местности. С этого момента ситуация была под контролем.

Задание: На предлагаемом фотоснимке воспроизведена картина Вашего путешествия (автомобиль припаркован слева). Укажите, какие звезды обозначены цифрами. Определите широту площадки и кратко опишите метод. Все результаты занесите в лист ответов.

2. ЛУНА

В 2009 году исполняется 40 лет с момента, когда жители Земли впервые ступили на поверхность Луны. 21 июля 1969 года американский аппарат «Аполлон-11» совершил посадку на Луне, и астронавты Нил Армстронг и Эдвин Олдрин впервые смогли пройтись по ее поверхности. Вам предлагается задание, посвященное данному событию. Укажите названия кратеров, морей, океанов и гор на Луне, отмеченные цифрами на фотоснимке. Какие из обозначенных букв соответствуют местам посадки лунных модулей «Аполлон-11» и «Аполлон-13»? Ваши ответы запишите в листе ответов.

"That's one small step for a man, one giant leap for mankind."

РАБОТА С ВИРТУАЛЬНЫМ ПЛАНЕТАРИЕМ

Cartes du Ciel

Уважаемые участники! В этом году вам предстоит выполнить необычный практический тур. Вы будете работать с виртуальным планетарием *Cartes du Ciel*. Это программа, которая позволяет построить ночное небо для любого заданного времени и места на Земле, а также рассчитать положения планет и спутников и моделировать небесные явления как уже прошедшие, так и предстоящие. Кроме базовых возможностей, к программе подключены библиотеки для точного расчёта положений планет и спутников, а также звёздный каталог *Tycho2*. Все эти дополнительные возможности уже включены и настроены.

В начале работы перед вами — запущенная программа, где вам предстоит в первую очередь указать место и время наблюдения в зависимости от того, с какого блока заданий вы начнёте. Потом поменять эти параметры вы сможете из меню программы. Большинство данных об объектах можно получить в окне свойств, нажав на соответствующий объект на карте. Все полученные результаты заносите в лист ответов в клетку напротив номера задания. Если в задании несколько вопросов, то и клетка будет разделена на столько же частей, и ответы стоит вносить в том порядке, в котором приведены вопросы. Если вам не хватит места или вы вносите исправления, то используйте дополнительное поле. Данные записывайте с такой же точностью, как и в программе.

Внимание! В блоке А в ответе указывать летнее белорусское время, в блоках В и С время UTC. Желаем успехов!

Блок А. ЗВЁЗДНОЕ НЕБО

Все задания этого блока выполняются для **текущей** даты (*01 апреля 2009 года*) и места проведения олимпиады (*координаты по GPS: N53°54'31" и E27°32'31"*). Т. е. параметры, которые могут незначительно изменяться в течение суток (например, склонение Солнца) приводить на момент начала олимпиады (т.е. 9:00 (UTC+3)).

1. Найдите азимут восхода и захода Солнца. (Азимут считать согласно программе, т.е. от точки севера)
2. Укажите время истинного полудня.
3. Определите склонение Солнца.
4. Какое созвездие будет в зените в полночь?
5. Возможно ли было бы увидеть сегодня на небе Марс? Объясните почему.
6. На какое угловое расстояние Полярная звезда удалена от Полюса мира?
7. В каком созвездии находится звёздное скопление M41?
8. Найдите фазовый угол Луны.
9. Определите либрацию Луны по широте и долготе. Что означает каждая из них? (Опишите в несколько предложений)
10. Укажите визуальную звездную величину звезды HR1708. Что это за звезда? Является ли она незаходящей?

Блок В. ВЕНЕРА

В 2004 году произошло очень редкое явление — прохождение Венеры по диску Солнца. Следующий раз это произойдёт 06.06.2012, а потом лишь в 2117 году. При помощи планетария исследуйте ближайшее прохождение 2012 года.

1. Найдите время второго контакта.
2. Опишите (любым из способов) ту часть поверхности Земли, с которой можно будет наблюдать второй контакт.
3. Опишите (в одно-два предложения) условия наблюдения данного явления на территории Беларуси.

Блок С. ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

2009 год объявлен годом астрономии. И это не случайно, ведь ровно 400 лет назад в 1609 году Галилео Галилей впервые направил телескоп в небо. И сразу же сделал огромное число открытий. Оказывается, к списку его открытий мог бы ещё добавиться Нептун за 234 года до своего открытия. В конце 1612 – начале 1613 года Галилей наблюдал в свой небольшой телескоп Юпитер и его спутники. Но во время этих наблюдений он, сам того не зная, зарисовал и Нептун, считая его звездой! По сохранившейся зарисовке от 27 января 1613 года, он зафиксировал на небе две звезды приблизительно одинаковой яркости, одна из которых — это TYC0280-00824-1, а вторая являлась Нептуном.

1. Найдите звёздные величины этой звезды и Нептуна в тот день.
Более того, Галилей зафиксировал Нептун и следующей ночью и написал: “...Немного дальше были расположены на одной линии две звезды. Они также наблюдались мной минувшей ночью, но мне почему-то кажется, что они были немного дальше друг от друга...” Как видим, он был близок к открытию, однако по неизвестным причинам он прекратил дальнейшие наблюдения.

2. Попробуйте указать вероятные причины того, что Галилей не обратил внимание на это смещение Нептуна относительно звезды, т.е. почему он не смог понять, что видел новую планету?

3. Оцените это смещение, т.е. найдите на какое угловое расстояние приблизился Нептун к звезде за этот один день.

Более того, Галилей в это же время мог стать первым в истории, кто наблюдал бы прямое покрытие планет, а именно покрытие Нептуна Юпитером.

4. Найдите дату покрытия.
5. Сколько времени оно продолжалось?
6. Во сколько раз видимый диаметр Юпитера был больше диаметра Нептуна?
7. Найдите расстояние (в а.е.) между Юпитером и Нептуном в момент покрытия.

АНАЛИЗ ДАННЫХ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕФЕИД ГАЛАКТИКИ М100

Определение расстояний до астрономических объектов является очень сложной задачей и одним из важнейших достижений астрономии. На протяжении многих лет использовались различные методы. Одним из них является класс переменных звезд, называемый цефеидами.

Цефеиды являются редкими и яркими звездами, которые по регулярному закону изменяют свою светимость. Этот класс звезд назван в честь δ Цефея, первой физической переменной данного типа, которая легко видна невооруженным глазом.

Галактика M100 — величественная спиральная система в большом скоплении в созвездии Девы, очень похожая на наш Млечный путь. Обозначение M100 соответствует 100-му номеру, который получил данный объект в каталоге Месье. Эта галактика является одной из наиболее удаленных, для которых проведены точные измерения переменных звезд типа цефеид. Данная задача основана на данных, полученных с помощью космического телескопа им. Хаббла.

С момента открытия цефеид было установлено, что для данного типа переменных звезд хорошо выполняется зависимость "период — светимость". В настоящее время лучшая оценка этой зависимости имеет вид:

$$M = -2.78^m \lg P - 1.35^m,$$

где M — абсолютная звездная величина звезды, P — период в сутках.

Вам предлагаются 12 кривых блеска цефеид галактики M100. Условные обозначения: Сепхейд — Цефеида, t (days) — время в сутках, m — видимая звездная величина.

1. Используя кривые блеска, определите абсолютные звездные величины цефеид M .
2. Предложите метод нахождения средней видимой звездной величины цефеид $\langle m \rangle$. Используя предложенный метод, определите звездную величину $\langle m \rangle$.
3. Определите расстояние до каждой из цефеид.
4. Кратко (в одно или несколько предложений) объясните причины различий расстояний.
5. Определите среднее значение расстояния до 12 цефеид, которое будем считать расстоянием до галактики M100.
6. Рассчитайте погрешность определения расстояния в предыдущем вопросе.
7. Существование зависимости "период — абсолютная звездная величина" установлено давно. Вам предстоит первыми определить, есть ли зависимость "период — амплитуда" для цефеид. Для этого вычислите коэффициент корреляции $r(P, \Delta m)$ периода P в сутках и разности максимальной и минимальной звездных величин Δm . Используйте приведенные в приложении формулы. Коэффициент корреляции характеризует степень линейной зависимости. Чем ближе его модуль к 1, тем зависимость ближе к линейной.

8. Будем считать, что зависимость Δm от P можно аппроксимировать линейной функцией вида $\Delta m = \alpha + \beta P$, называемой линией регрессии. Получите вид данной зависимости, для этого рассчитайте коэффициенты α и β по формулам, данным в приложении.
9. Нанесите точки $P_i, \Delta m_i$ ($i = 1 \dots 12$) и полученную в предыдущем вопросе функцию регрессии на график в листе ответов.
10. Красное смещение скопления Девы, согласно последним измерениям, составляет 0.00467. Рассчитайте постоянную Хаббла H_0 , используя это значение и определенное Вами расстояние. Скорость света равна 3.00×10^5 км/с.

Формулы математической статистики

Среднее значение:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Стандартное отклонение:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Стандартная ошибка среднего:

$$s_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$$

Линейная регрессия $Y = \alpha + \beta X$:

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \\ \alpha &= \bar{y} - \bar{x}\beta = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}\end{aligned}$$

Коэффициент корреляции:

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}}$$

Сумма:

$$\sum_{j=1}^m \xi_j = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots + \xi_m$$