

# V Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике

Заключительный этап Российской олимпиады школьников по астрономии и космической физике 1998 года прошел точно в те же сроки и в том же месте, что и в прошлом году: с 7 по 12 апреля в городе Троицке Московской области, на базе Фонда «Байтик» и Центра новых педагогических технологий. Научное и идейное руководство олимпиадой осуществляло Астрономическое общество.

В Троицк прибыл 121 школьник из 32 регионов России. Как и в прошлые годы, участники олимпиады были разделены на три возрастные группы: 8–9, 10 и 11 классы (правда, задания для учащихся 8 и 9 классов немного различались). Каждый регион мог направить на олимпиаду четырех участников по 8–9 классам, двух десятиклассников и двух одиннадцатиклассников, а также (дополнительно) победителей Российской и Международной олимпиад 1997 года (эти нормы сохраняются и на 1999 г.) и российских победителей заочной олимпиады журнала «Звездочет». Заметим, кстати, что (согласно Положению об олимпиаде) города и районы России, проводящие у себя астрономические олимпиады, по согласованию с Координационным советом, могут представлять свою область на заключительном этапе, если областные олимпиады в этой области не проводятся.

8 и 10 апреля прошли, соответственно, теоретический и творческо-практический туры. На теоретическом туре школьникам было предложено 6 задач, а в задании творческо-практического тура была включена одна творческая задача и одна практическая (работа с фотографиями, сделанными на космическом телескопе «Хаббл»). Продолжительность каждого тура для участников составляла 4 часа, а вот жюри работало существенно дольше. Задачи этого года оказались гораздо более «живыми», что отразилось и на стиле изложения решений. Несомненными лидерами по числу оригинальных решений и фраз в решениях стали: в первом туре – задача про светящиеся кошачьи глаза, во втором – задача про деноминацию; не случайно их взялся проверять председатель жюри (профессор астрономического отделения МГУ А.С.Расторгуев). И ведь какие ответы были! Кошачьи глаза сверкали вплоть до  $-47^m$  (этакий галактический монстр)! Легко посчитать, что такую звездную величину можно было бы получить, приблизившись к Солнцу в 10000 раз (а приблизиться, как известно, можно максимум в 108 раз). На самом деле, глаз «среднестатистического кота» (как было написано в одной из работ) с расстояния в 5 метров светит, как звезда порядка  $-7^m$ . Ну а советов правительству галактики Млечный Путь было не меньше, чем дебатов в нашей Госдуме.

Важным методическим моментом этой олимпиады были меньшая формализация условий задач и существенное увеличение числа задач оценочного характера, в которых целью решения должны быть не числа или формулы, а понимание явления. Ведь решение именно таких задач развивает у школьников умение делать простые оценки, т.е. быстро и без громоздких вычислений получать правильное представление о разнообразных явлениях и объектах.

Каждая задача первого тура оценивалась из 10 баллов, второго – из 20; таким образом, максимально возможное число баллов составляло 100. Как обычно, после второго тура участники олимпиады могли ознакомиться с оценкой своих работ первого тура, побеседовать с членами жюри, обратиться с апелляцией.

В день между турами олимпиады – 9 апреля – в Московском городском дворце детского и юношеского творчества прошла традиционная научно-практическая конференция, посвященная Дню Космонавтики. Правда, это, хорошо продуманное мероприятие для школьников Москвы, к сожалению, явно не вписалось в программу Российской олимпиады.

## Задачи олимпиады

### Теоретический тур

#### 8 класс

1. В какой четверти Луна лучше освещает Землю – в первой или в третьей? Ответ обоснуйте и поясните рисунком.

2. В ночь с 23 на 24 февраля 1987 года астрономы зафиксировали вспышку сверхновой звезды в галактике Большое Магелланово облако, расстояние до которой от Земли около 55 кпк. В каком году на самом деле произошла эта вспышка?

3. Приблизительно сколько раз в году при благоприятной погоде могут любоваться полной Луной белые медведи? Наклонение плоскости орбиты Луны к плоскости эклиптики около  $5^\circ$ . Считайте, что белые медведи живут вблизи Северного полюса.

4. Искусственный спутник, находящийся на низкой околоземной орбите, пролетел над Харьковом ( $\varphi \approx 50^\circ$  с.ш.,  $\lambda \approx 36^\circ$  в.д.). Над каким городом или над какой местностью (приблизительно) он пролетит через один оборот вокруг Земли?

5. Год на Меркурии длится 88,0 суток, а период обращения вокруг своей оси составляет 58,7 суток (направления обоих вращений совпадают). Найдите продолжительность меркурианских суток.

6. Определите, внутри или вне Солнца находится центр масс Солнечной системы, пренебрегая массами всех планет, кроме Юпитера. Масса Солнца в 1050 раз больше массы Юпитера. Известно, что диаметр Солнца в 108 раз меньше расстояния от Земли до Солнца, а расстояние от Юпитера до Солнца составляет 5,2 а.е.

#### 9 класс

1–4. См. задачи 1–4 для 8 класса.

5. Оцените, сколько времени длится в Троицке заход Солнца (т.е. время от первого до последнего касания горизонта солнечным диском). Широта Троицка  $\varphi \approx 55^\circ 30'$  с.ш., долгота

На закрытии олимпиады каждому участнику была подарена «Астрономическая энциклопедия для школьников» (выпущенная издательством «Аванта +») и сборник олимпиадных задач по астрономии «Звездный мир» (автор – М.Г.Гаврилов). Призерам олимпиады были вручены также дипломы, ценные подарки и главный приз олимпиады: для одиннадцатиклассников – приглашение на физические и астрономические отделения ведущих вузов России (университетов Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Екатеринбург), а для остальных – приглашение на V Осеннюю астрономическую школу в Специальную астрофизическую обсерваторию РАН, в рамках которой состоится третья Международная астрономическая олимпиада.

Как обычно, во время олимпиады прошла конференция учителей астрономии. Были обсуждены проблемы как общешкольного, так и дополнительного образования, утвержден порядок проведения I съезда учителей астрономии РФ и стран СНГ (декабрь 1998 г., п. Черноголовка Московской обл.).

Теперь – немного об итогах и о будущем. Российская астрономическая олимпиада отметила свой пятилетний юбилей. Год от года растет число школьников, участвующих в городских и областных олимпиадах, а по числу участников заключительного этапа олимпиада вышла на пятое место, уступая только самым «почтенным» олимпиадам – по математике, физике, химии и биологии. Стали проводиться заочные конкурсы, победители которых участвуют сразу в заключительном этапе (как в былые годы победители конкурса журнала «Квант» участвовали в олимпиадах по математике и физике). Место проведения заключительного этапа следующей олимпиады пока не определено (может быть, это и к лучшему – за все предыдущие годы олимпиада ни разу не прошла в заранее намеченном месте). Городами-кандидатами на проведение олимпиады 1999 года являются Петергоф, Петрозаводск, Майкоп и Нижневартовск.

По традиции, все ваши вопросы, замечания и предложения (по комплекту задач, другим вопросам, а также интересные задачи, условия которых вы хотели бы видеть в будущих олимпиадах) просим сообщать автору по электронной почте: [gavrilov@issp.ac.ru](mailto:gavrilov@issp.ac.ru) или почтовому адресу: 142432 п. Черноголовка Московской обл., Институтский пр., 15, ИФТТ РАН.

Ниже приводятся условия задач обоих туров олимпиады, а также список призеров.

$\lambda \approx 37^{\circ}15'$  в.д., угловой диаметр солнечного диска  $2\rho = 32'$ .

**6.** Вы путешествуете по поясу астероидов, характерная плотность пород которых составляет  $3,5 \text{ г/см}^3$ . Каковы могут быть размеры астероидов, по которым можно бегать (с такой же скоростью, как на Земле), не боясь «упасть» в космос?

### 10 класс

**1.** На какой максимальной высоте может кульминировать Луна в Троицке? Наклонение эклиптики к плоскости небесного экватора  $\varepsilon = 23,5^{\circ}$ , а плоскости орбиты Луны к плоскости эклиптики  $i = 5,1^{\circ}$ ; широта и долгота Троицка  $\varphi \approx 55^{\circ}30'$  с.ш. и  $\lambda \approx 37^{\circ}15'$  в.д.

**2.** Гвинейскими астрономами обнаружена одна весьма плотная планета системы  $\tau$  Lynx Major. Период обращения планеты вокруг своей оси составляет всего лишь  $T = 6$  мин. Какой может быть плотность этой планеты?

**3.** Определите, внутри или вне Солнца находится центр масс Солнечной системы. Необходимые данные возьмите

из таблиц Солнечной системы. Видимый с Земли угловой размер Солнца равен  $\alpha = 9,3 \cdot 10^{-3}$  рад, а масса Солнца в 333 000 раз больше массы Земли.

**4.** На сколько различаются видимые звездные величины Солнца летом и зимой, если эксцентриситет земной орбиты  $e = 0,017$ ?

**5.** На небе имеется около 160 тысяч звезд ярче  $10^m$ . Считая, что они распределены по небу равномерно, оцените, как часто происходит их покрытие Луной.

**6.** С какой планеты – Венеры или Марса – легче (по энергетическим соображениям) запустить космический зонд на поверхность Солнца, и каким образом следует это осуществить? Какое время будет длиться полет? Необходимые данные возьмите из таблиц Солнечной системы.

### 11 класс

**1.** Некоторая галактика наблюдается как диск с угловым размером около  $\alpha = 0,5'$ , а красное доплеровское смещение в спектрах этой галактики составляет 2% ( $\Delta\lambda/\lambda = 0,02$ ). Сравните эту галактику с нашей по размерам. Посто-

янную Хаббла считать равной  $H = 75 \text{ км/(с} \cdot \text{Мпк)}$ .

**2.** Малая планета №887 (астероид Алинда) обращается вокруг Солнца по вытянутой эллиптической орбите. Для наблюдателя, находящегося вблизи Солнца, его блеск меняется на  $\Delta m = 5,24^m$ . Определите, на сколько меняется звездная величина Солнца, если наблюдать его с Алинды.

**3.** На просторах Тихого океана между Чили, Новой Зеландией и Антарктидой находится точка земного шара, диаметрально противоположная нам. Наш исследователь, стоящий «в чистом поле», наблюдает заход Солнца. Солнечный диск только что коснулся горизонта своим нижним краем. Что в этот самый момент увидит наблюдатель в диаметрально противоположной точке земного шара?

**4.** Наверно, вы нередко замечали, что порой ночью у котов ярко светятся глаза (как правило, желтым или зеленым светом), особенно если не вдалеке имеется источник света – уличный фонарь, например. Наиболее хорошо блеск кошачьих глаз будет заметен, если вы правильно выберете взаимное расположение себя, фонаря и кота. А теперь представьте, что вы наблюдаете кота, любующегося полной Луной. Приняв расстояние от себя до кота равным 5 м (как правило, ближе коты ночью людей не подпускают), оцените примерно максимальную возможную звездную величину каждого кошачьего глаза. Звездная величина Луны в полнолуние равна  $-12,7^m$ . Иные сведения о Луне и котах вспомните сами.

**5.** Космический корабль совершает перелет от Земли к Марсу по орбите Гомана–Цандера (в перигелии эта орбита касается орбиты Земли, а в афелии – орбиты Марса). Найдите время такого перелета, а также минимальное время, в течение которого космонавтам придется ожидать на Марсе момента отправления в обратный путь по орбите такой же формы. Из численных данных вам известны только периоды обращения Земли и Марса вокруг Солнца: 365,25 суток и 687 суток соответственно. Орбиты планет считать круговыми и лежащими в одной плоскости.

**6.** Оцените приблизительно размер солнечного паруса, с помощью которого можно было бы свободно путешествовать по Солнечной системе на космическом корабле-яхте массой 10 тонн (массой паруса можно пренебречь). Солнечная постоянная равна примерно  $1,4 \text{ кВт/м}^2$ , расстояние от Земли до Солнца около 150 млн км.

## Элементы планетных орбит

| Планета  | Среднее расстояние от Солнца |          | Сидерический период обращения |                 | Синодический период, в средних сутках | Эксцентриситет ( $e$ ) | Наклон орбиты ( $i$ ) | Расстояние от Земли, в млн км |            |
|----------|------------------------------|----------|-------------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------|
|          | в а.е.                       | в млн км | в тропич. годах               | в средн. сутках |                                       |                        |                       | наименьшее                    | наибольшее |
| Меркурий | 0,387                        | 57,9     | 0,241                         | 87,97           | 115,88                                | 0,206                  | 7°00'                 | 82                            | 217        |
| Венера   | 0,723                        | 108,2    | 0,615                         | 224,70          | 583,92                                | 0,007                  | 3 24                  | 39                            | 260        |
| Земля    | 1,000                        | 149,6    | 1,000                         | 365,26          | —                                     | 0,017                  | 0 00                  | —                             | —          |
| Марс     | 1,524                        | 227,9    | 1,880                         | 686,98          | 779,94                                | 0,093                  | 1 51                  | 56                            | 400        |
| Юпитер   | 5,203                        | 778,3    | 11,862                        | 4332,59         | 398,88                                | 0,048                  | 1 18                  | 591                           | 965        |
| Сатурн   | 9,539                        | 1427,0   | 29,458                        | 10759,20        | 378,09                                | 0,054                  | 2 29                  | 1199                          | 1653       |
| Уран     | 19,191                       | 2871,0   | 84,015                        | 30685,93        | 369,66                                | 0,046                  | 0 46                  | 2586                          | 3153       |
| Нептун   | 30,071                       | 4498,6   | 164,788                       | 60187,64        | 367,48                                | 0,008                  | 1 46                  | 4309                          | 4682       |
| Плутон   | 39,529                       | 5913,5   | 247,697                       | 90471,85        | 366,72                                | 0,253                  | 17 08                 | 4249                          | 7558       |

## Физические характеристики больших планет

| Планета  | Экваториальный диаметр |                | Объем относит. Земли | Масса               |                | Средняя плотность, г/см <sup>3</sup> | Период вращения вокруг оси орбиты | Наклон экватора к плоскости орбиты | Альbedo |
|----------|------------------------|----------------|----------------------|---------------------|----------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------|
|          | в км                   | относит. Земли |                      | 10 <sup>24</sup> кг | относит. Земли |                                      |                                   |                                    |         |
| Меркурий | 4880                   | 0,38           | 0,055                | 0,33                | 0,054          | 5,45                                 | 58сут 15ч 30мин                   | 0°                                 | 0,06    |
| Венера   | 12104                  | 0,95           | 0,84                 | 4,87                | 0,845          | 5,25                                 | ?                                 | ?                                  | 0,78    |
| Земля    | 12756                  | 1,00           | 1,00                 | 5,97                | 1,000          | 5,52                                 | 23ч 56мин 04с                     | 23°27'                             | 0,36    |
| Марс     | 6794                   | 0,53           | 0,15                 | 0,64                | 0,107          | 3,89                                 | 24 37 23                          | 24 48                              | 0,15    |
| Юпитер   | 142984                 | 11,21          | 1327                 | 1898                | 317,88         | 1,32                                 | 9 50 40                           | 3 07                               | 0,66    |
| Сатурн   | 120536                 | 9,45           | 757                  | 568                 | 95,17          | 0,69                                 | 10 14 24                          | 26 45                              | 0,68    |
| Уран     | 51118                  | 4,01           | 63                   | 86,8                | 14,54          | 1,28                                 | 10 49 *)                          | 98 00                              | 0,74    |
| Нептун   | 49532                  | 3,88           | 58                   | 102                 | 17,16          | 1,62                                 | 15 48                             | 29 36                              | 0,58    |
| Плутон   | 2274                   | 0,18           | 0,006                | 0,01                | 0,002          | 2,06                                 | ?                                 | ?                                  | 0,65    |

\*)Вращение обратное

## Творческо-практический тур

## 8—9 классы

1. В 1996 году на космическом телескопе «Хаббла» был проведен уникальный эксперимент: требовалось увидеть как можно более слабые объекты на небе, не достигаемые для наземной техники. В результате многочасовых экспозиций, выполненных с четырьмя светофильтрами, были получены изображения небольшой области неба вдали от Млечного Пути с площадью несколько квадратных угловых минут, где можно различить объекты до 29—30 звездной величины. Вам даются фотокопии изображений (полученные с некоторым уменьшением предельной звездной величины). На оригинальных изображениях удалось обнаружить около 2000 галактик, но лишь для небольшой части из них можно уверенно определить морфологический тип. Ваша задача: для выбранных объектов (они помечены цифрами) определить (по внешнему виду и цветовому оттенку), к какому классу они

относятся. Используйте обозначения: \* — звезда нашей галактики, S — спиральная галактика, E — эллиптическая галактика, Ir — неправильная галактика. Там, где можно указать подкласс галактики, укажите: тип Sa или Sc.

*Примечание.* Галактика №30 указана на не совсем точно: вы ее найдете, переместив стрелочку на 30° против часовой стрелки.

2. В 2098 году астрономы Футурландии, пользуясь стареньким наземным двадцатиметровым телескопом, открыли замечательный во многих отношениях астероид, движущийся по круговой орбите. Оказалось, что видимый путь, пройденный им на небе за пять лет наблюдений, имеет вид куска натянутой цепи с пятью удлиненными звеньями, как бы положенной сверху на веревочку. Оцените угловой размер «большой оси» звеньев этой цепи и период обращения вокруг Солнца астероида, открытого нашими футурландскими коллегами. Перерисовав в тетрадь «цепочку», отметьте на ней точки,

в которых блеск объекта достигает минимумов и максимумов.

## 10—11 классы

1. См. задачу 1 для 8—9 классов.

2. 1 января 1998 года правительством галактики Млечный Путь произведена деноминация 1:1000 «мер и весов» внутри галактики. Деноминация распространяется на область Вселенной радиусом (первоначальным) 20 кпк с центром в центре нашей галактики. При этом центр галактики остается в том же месте относительно других галактик, не меняется пространственная ориентация, но все расстояние между объектами внутри галактики уменьшаются в 1000 раз. В той же области деноминируется масса всей материи, т.е. в 1000 раз уменьшаются массы всех макро- и микрообъектов, даже элементарных частиц и электромагнитных волн. Кроме того, в течение всего 1998 года сохраняют свое действие «старые» значения всех мировых констант (скорость света, гравитационная постоянная, постоянная Планка, и т.п.).

Исследуйте последствия деноминации для населения галактики: в частности, к каким физическим последствиям в 1998 году это приведет, будет ли галактика и ее объекты устойчивыми,

что обнаружат ученые-астрономы и т.д. И, если уж правительство галактики решилось на деноминацию «мер и весов», то какие еще физические параметры тоже стоило бы деноминировать?

Сингулярность и невыполнение некоторых законов сохранения в момент резкой деноминации 1 января не рассматривать.

*М.Гаврилов*

## Призеры олимпиады

### Дипломы I степени

получили

*Бакай Д.* – Санкт-Петербург, 9 кл.,  
*Барташевич А.* – Нижний Новгород, 10 кл.,  
*Бирюков А.* – Нижний Новгород, 10 кл.,  
*Воронин П.* – Волгоград, 11 кл.,  
*Евдокимов Н.* – Москва, 11 кл.,  
*Золотухин И.* – Москва, 9 кл.,  
*Иванченко М.* – Нижний Новгород, 11 кл.,  
*Лемешев В.* – Тихвин, 10 кл.,  
*Литвин А.* – Саров Нижегородской обл., 9 кл.,  
*Рахчеев М.* – Челябинск, 10 кл.,  
*Саввин А.* – Рязань, 11 кл.,  
*Самарин П.* – Екатеринбург, 9 кл.,  
*Терентев Д.* – Краснодар, 11 кл.,  
*Шапиро А.* – Санкт-Петербург, 10 кл.

### Дипломы II степени

получили

*Ангер В.* – с.Ижевское Рязанской обл., 9 кл.,  
*Войцкич П.* – Москва, 8 кл.,  
*Гедерцев А.* – Ухта, 8 кл.,  
*Головин Д.* – Лесной Свердловской обл., 11 кл.,  
*Горяинов Д.* – Липецк, 11 кл.,  
*Гулевич Д.* – Санкт-Петербург, 11 кл.,  
*Долгов С.* – Кингисепп, 11 кл.,  
*Журавлев В.* – Москва, 11 кл.,  
*Задорин А.* – Калининград, 10 кл.,  
*Захаров Р.* – Сыктывкар, 10 кл.,  
*Канищев К.* – Железногорск Красноярского кр., 8 кл.,  
*Матяж И.* – Казань, 10 кл.,  
*Павлюченко С.* – Ухта, 11 кл.,  
*Филиппов Е.* – Санкт-Петербург, 10 кл.,  
*Хайрулин Р.* – Нижний Новгород, 9 кл.,  
*Хрешков А.* – Рязань, 11 кл.

### Дипломы III степени

получили

*Бармашова Т.* – Нижний Новгород, 7 кл.,  
*Гоков Е.* – Белгород, 10 кл.,  
*Дегтярёв В.* – Оренбург, 9 кл.,  
*Дёмин А.* – Ставрополь, 11 кл.,  
*Иванов А.* – Челябинск, 8 кл.,  
*Ильин Д.* – Казань, 11 кл.,  
*Карев Ю.* – Ухта, 10 кл.,  
*Кротов Д.* – Екатеринбург, 9 кл.,  
*Курилова Т.* – Москва, 9 кл.,  
*Макеев М.* – Славянск-на-Кубани, 8 кл.,  
*Мальнев А.* – Сочи, 10 кл.,  
*Миронов Д.* – Тихвин, 9 кл.,  
*Петров А.* – Приморско-Ахтарск, 9 кл.,  
*Полиэктов В.* – Архангельск, 11 кл.,  
*Постюнов А.* – Оренбург, 10 кл.,  
*Устюжанин А.* – Ижевск, 9 кл.,  
*Фомин Д.* – Ижевск, 10 кл.,  
*Чураев А.* – Самара, 11 кл.