

### 3.2. Астрономия

---

! ! !  
- ! !  
! ! !  
!  
) ! !2 !16/18/3132 /)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
**по организации и проведению школьного и муниципального этапов**  
**всероссийской олимпиады школьников по астрономии**  
**в 2021/2022 учебном году**

## Содержание

|      |                           |     |
|------|---------------------------|-----|
|      | .....                     | 96  |
| 1.   | ! ! ! ! ! ! .....         | 97  |
| 2.   | ! ! ! ! ! ! .....         | 98  |
| 3.   | ! - ! ! ! ! ! ! .....     | 99  |
| 4.   | ! - ! ! ! ! ! ! .....     | 99  |
| 5.   | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 100 |
| 6.   | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 102 |
| 7.   | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 105 |
| 9!   | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 105 |
| : !  | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 107 |
| !    | .....                     | 108 |
| !2!  | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 108 |
| !3!  | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 125 |
| !4!  | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 127 |
| !5!! | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 128 |
| !6!  | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 130 |
| !7!  | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 134 |
| !8!  | ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ..... | 139 |

## Введение

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ) ! \*!  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! !38! !3131! / !789! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! - ! ! ! ! ! !  
! ! ! /  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ) - \*!  
! ! ! /  
! ! ! ! ;! ! ! ! ! 2!  
! ! ! !36! /  
! ! ! ! / ! ! ! ! !  
! - ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! /  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! - ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
!! ! ! /  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! 6 11  
! ! ! !8 22 / ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ) ! \*!  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

/



! ! ! ! ! - ! !  
 /  
 1.1.4. ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! /  
**1.2. Муниципальный этап олимпиады** ! ! ! ! !  
 ! ! /  
 1.2.1. ! ! ;  
 8! ! 3! ! !): 1! \*<  
 9! ! 3! ! !): 1! \*<  
 :! ! 3! ! !): 231! \*<  
 21! ! 3! ! !): 231! \*<  
 22! ! 3! ! !): 231! \*/  
 1.2.2. ! ! ! ! ! ! 7 9! !: ! ! 21! !  
 11 ! ! ! ! ! ! ! /  
 1.2.3. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! - ! !  
 !  
 1.2.4. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! /

## **2. Общие рекомендации по разработке требований к проведению школьного и муниципального этапов олимпиады**

2.1. ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! -  
 ! ! ! ! ! ! ! -  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 /  
 2.2. ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### 3. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения заданий школьного этапа олимпиады

#### **4. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения заданий муниципального этапа олимпиады**

99

! ) ! ! ! ! \*! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! B5!  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
- ! ! ! ! ! ! !  
!! - ! ! ! ! /  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! /

## 5. Принципы формирования комплектов заданий и методические подходы к составлению заданий школьного этапа олимпиады

5.1. ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! - ! ! !  
! : 4 7! ! ! ! !)  
!! ! - ! \*! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! - ! ! ! !  
! ! ! !)  
! ! ! !2\*/  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
) ! ! ! ! ! ! ! ! \*!  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ;  
- ! ! ! ! ! ! ! <  
- ! ! ! <  
- ! ! ! <  
- ! ! ! ! ! ! ! ! ! <  
- ! ! ! ! ! ! ! <  
- ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! <

101



! - ! \* ! !  
 ! ! / ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! - ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! 2\*/  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ) ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! /  
 ! ! ! ! ! ! ! ;  
 - ! ! ! ! ! ! ! <  
 - ! ! ! <  
 - ! ! ! <  
 - ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! <  
 - ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! <  
 - ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! <  
 - ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 <  
 - ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! / ! <  
 - ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! /  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! - ! ! ! ! ! - !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 /  
 ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! 2!  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! 2 ! 3!  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! /







## 9. Использование учебной литературы и интернет-ресурсов при подготовке школьников к олимпиаде

1. / / ;
2. / / ; URSS, 2017.
3. / / ; , 2016.
4. ! ! 19 ; , 22/
5. / / ! ! 29/
6. / / ! ! ! 25/
7. / / / / ! ! 361!
- ! ! - 2010.
8. / / ! ! ! ! ;
- ! ! ! ! 18!
9. / / 21 22 ! ! !
- ! 29/
10. / / / / ! ! !
- 10 22 ! : 29.
11. ! ! ! ! ! <http://www.astrolymp.ru>.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1.

## Методическая программа олимпиады

## Общие принципы составления программы.

*[The page contains faint, illegible markings and symbols.]*

| <i>Этап<br/>олимпиады</i> | <i>Школьный</i> | <i>Муниципальный</i> | <i>Региональный</i> | <i>Заключительный</i> |
|---------------------------|-----------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| 4 7!                      | I (1, 2)        |                      |                     |                       |
| 8!                        | II (3)          | III (4)              |                     |                       |
| 9!                        | III (4)         | IV (5)               |                     |                       |
| :!                        | IV (5)          | V (6, 7)             | VI (8, 9)           | VII (10, 11)          |
| 21!                       | V (6, 7)        | VI (8, 9)            | VII (10, 11)        | VIII(12), IX (13)     |
| 22                        | VI (8, 9)       | VII (10, 11)         | VIII (12)           | X (14, 15)            |

! ! ! ! !  
!  
! ! ! ! !  
! ! ! ! !  
! ! ! ! !  
! ! ! ! !  
! ! ! ! !  
! ! ! ! !

/

**УРОВЕНЬ I (4–6 классы, школьный этап).**

## Раздел 1. Классическая астрономия (начальный цикл).

[illegible]

### § 1.2. Земля, ее свойства и движение.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### § 1.3. Луна, ее свойства и движение.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

## Раздел 2. Строение Вселенной (начальный цикл).

### § 2.1. Солнце и планеты.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

### § 2.2. Звезды и расстояния до них.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

### § 2.3. Объекты далекого космоса.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

## УРОВЕНЬ II (7 класс, школьный этап).

### Раздел 3. Небесная сфера (начальный цикл, часть 1).

#### § 3.1. Географические координаты.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ) \*! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

#### § 3.2. Горизонтальные координаты на небесной сфере.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

#### Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
/

## УРОВЕНЬ III (7 класс, муниципальный этап; 8 класс, школьный этап).

### Раздел 4. Небесная сфера (начальный цикл, часть 2).

#### § 4.1. Угловые измерения на небе.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

#### § 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### § 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере.

#### § 4.4. Экваториальные координаты и время.

#### § 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты.

#### § 4.6. Основы летоисчисления и измерения времени.

*Смежные вопросы математики.*

112

**УРОВЕНЬ IV (8 класс, муниципальный этап; 9 класс, школьный этап).**

**Раздел 5. Кинематика Солнечной системы (начальный цикл).**

*§ 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит).*

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
!

*§ 5.2. Малые тела Солнечной системы (приближение круговых орбит).*

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

*§ 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит).*

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

*Смежные вопросы математики.*

! ! ! ! ! ! ! ! ! !

*Смежные вопросы физики.*

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

**УРОВЕНЬ V (9 класс, муниципальный этап; 10 класс, школьный этап).**

**Раздел 6. Небесная механика (начальный цикл).**

*§ 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите.*

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !

## § 6.2. Механика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит).

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
!

## § 6.3. Движение искусственных спутников и Луны вокруг Земли (приближение круговой орбиты). Движение спутников планет.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
!

## Смежные вопросы математики.

! ! ! /

## Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
/

## Раздел 7. Астрономическая оптика (начальный цикл).

### § 7.1. Схемы и принципы работы телескопов.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
) \*! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
/ \*! ! ! ! ! ! ! !

## Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

**УРОВЕНЬ VI (9 класс, региональный этап; 10 класс, муниципальный этап; 11 класс, школьный этап).**

## **Раздел 8. Звездная астрономия (базовый цикл).**

### *§ 8.1. Энергия излучения.*

! ! ! ) \*! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !

### *§ 8.2. Шкала звездных величин.*

! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !

### *§ 8.3. Зависимость звездной величины от расстояния.*

! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
) ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !

### *§ 8.4. Электромагнитные волны.*

! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !

### *§ 8.5. Излучение абсолютно черного тела.*

! - ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !

### *§ 8.6. Солнце.*

! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !

### *§ 8.7. Движение звезд.*

! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !

### § 8.8. Двойные и затменные переменные звезды.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! !!! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### § 8.9. Планеты и экзопланеты.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### § 8.10. Звездные скопления.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### § 8.11. Основы галактической астрономии.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

### Смежные вопросы физики.

! ! - ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

## Раздел 9. Астрономическая оптика (базовый цикл).

### § 9.1. Ограничение разрешающей способности телескопа.

! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

### § 9.2. Светосила и проникающая способность телескопа.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! \*

### § 9.3. Основные приемники излучения.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! -  
 ! ! ! ! ! ! ! /  
 ! !

### Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

**УРОВЕНЬ VII (9 класс, заключительный этап; 10 класс, региональный этап;  
 11 класс, муниципальный этап).**

### Раздел 10. Небесная механика (базовый цикл).

#### § 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !

#### § 10.2. Небесная механика в Солнечной системе.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !

### § 10.3. Система Солнце – Земля – Луна.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### § 10.4. Задача двух тел и звездная динамика.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

## Раздел 11. Небесная сфера (базовый цикл).

### § 11.1. Уравнение времени.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### § 11.2. Аберрация света и поправки к координатам светил.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### § 11.3. Прецессия оси вращения Земли.

! ! ! ) \* ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ) \*/

### Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! /

### Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! /

## УРОВЕНЬ VIII (10 класс, заключительный этап; 11 класс, региональный этап).

### Раздел 12. Элементы астрофизики (базовый уровень).

#### § 12.1. Квантовая природа света.

- ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! - /

#### § 12.2. Основы спектрального анализа.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! \*!

#### § 12.3. Спектр излучения звезд.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! VCWSJ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

#### § 12.4. Классификация звезд.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ) ! ! ! ! ! ! - !

- ! ) - \*! ! Л !  
 - ! ! ! ! /

### § 12.5. Ядерная физика и механизмы энергосвечения звезд.

! ! ! ! ! Л ! !  
 ! Л ! ! ! ! ! ! ! !  
 Л ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! Л ! ! Л ! !  
 ! ! ! ! ! - ! Л /

### § 12.6. Эволюция нормальных звезд.

! ! ! ! Л ! Л ! !  
 ! ! Л ! ! Л ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! Л !  
 ! ! ! ! ! ! ! - ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 Л ! /

### § 12.7. Пульсирующие переменные звезды.

! ! Л ! - ! !  
 Л ! ! ! ! ! ! - Л  
 ! !SS! ! ! ! /

### § 12.8. Поздние стадии эволюции звезд.

! ! ! ! ! Л ! !  
 - Л ! Л ! Л ! !  
 ! ! ! Л ! ! ! !  
 Л Л

### § 12.9. Межзвездная среда.

! ! ! ! Л !  
 Л ! ! ! ! ! ! ! ! 32 Л ! ! !  
 /

### § 12.10. Галактики и основы космологии.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! !

### Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! !  
 ! ! /

### Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! - ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! / ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! \*

## УРОВЕНЬ IX (10 класс, заключительный этап).

### Раздел 13. Небесная сфера (углубленный уровень).

#### § 13.1. Суточные пути светил (общий случай).

! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! /

#### § 13.2. Система Солнце-Земля-Луна (общий случай).

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! - !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! /

§ 13.3. Движение близких тел в небе Земли (общий случай).

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ) ! ! \*! ! ! ! ! ! !  
 ! /

§ 13.4. Галактическая система координат.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 /

Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 !

**УРОВЕНЬ X (11 класс, заключительный этап).**

**Раздел 14. Небесная механика (углубленный цикл).**

§ 14.1. Элементы орбит.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !

§ 14.2. Движение в поле тяжести двух и более тел.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !

§ 14.3. Движение систем с переменной массой и энергией.

! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! !

Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

## Раздел 15. Астрофизика и космология (углубленный цикл).

### § 15.1. Формула Планка.

! ! ! ! ! ! ! !  
! - ! ! ! ! ! ! ! !  
! !

### § 15.2. Гидростатическое равновесие звезд.

! ! ! ! ! ! ! !  
! /

### § 15.3. Основы спектроскопии.

! ! ! ! ! ! ! !  
! \*! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### § 15.4. Перенос излучения в среде.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### § 15.5. Всеволновая астрономия.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### § 15.6. Физика атмосфер планет.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### § 15.7. Магнетизм во Вселенной.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! /

### § 15.8. Галактика и галактики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
0 ! ! - ! ! - /

### § 15.9. Основы теории относительности.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
!) ! ! \*! ! ! ! ! /

### § 15.10. Космология.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! /

### Смежные вопросы математики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !

### Смежные вопросы физики.

! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! /

! ! ! !  
) ! \*

!                   !)''')!                   \*

[illegible]

125

!2!.....

---

Максимальный балл – ( )

!3!.....

---

Максимальный балл – ( )

**Приложение 3.**  
**Форма бланка ответов**

| <b>ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ</b>                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ! !                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   | .....!  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ;                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A                                                    | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K            | L | M | N | O | P       | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z                          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | . |
| <b>ПРЕДМЕТ</b>                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b>КЛАСС</b>               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>ДАТА</b>                                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>ШИФР УЧАСТНИКА</b>                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>ФАМИЛИЯ</b>                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>ИМЯ</b>                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>ОТЧЕСТВО</b>                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Документ, удостоверяющий личность</b>             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b>Гражданство</b>         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <input type="checkbox"/> !! <input type="checkbox"/> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <input type="checkbox"/> ! |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>серия</b>                                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b>номер</b> |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Дата рождения</b>                                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ! ! + 7<br>! ! + 7<br>! !                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ! ! ! !)                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Сведения о педагогах-наставниках</b>              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1.                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ! ! ! !)                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2.                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ! ! ! !)                                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ! !                                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   | ! ! ! ! |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

## Приложение 4.

### Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий

! ! ! ! !  
!) \*! - !

---

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ  
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ  
ШКОЛЬНОГО (МУНИЦИПАЛЬНОГО) ЭТАПА  
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ АСТРОНОМИИ  
2021/2022 учебный год**

|        |    |   |   |       |   |   |   |
|--------|----|---|---|-------|---|---|---|
| !      | !  | ! | ! | !     | ! | ! | ! |
| !)`!`! | *! | ! | ! | !     | ! | ! | ! |
| !      | !! | ! | ! | !`!`! | / |   |   |

7 9!

|     |              |
|-----|--------------|
| !2! |              |
| /   |              |
| /   |              |
| !   | !) ! )`*! */ |

|     |              |
|-----|--------------|
| !3! |              |
| /   |              |
| /   |              |
| !   | !) ! )`*! */ |

....

## Приложение 5.

### Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде

#### Основные физические и астрономические постоянные

$$\begin{aligned}
 & G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2} \\
 & c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \\
 & k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{К}^2 \\
 & R = 6.37 \cdot 10^6 \text{ м} \\
 & \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}^4 \\
 & h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \\
 & m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \\
 & m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \\
 & e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \\
 & \mu_0 / \mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/А} \\
 & \mu = 1.2566 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/А} \\
 & H = 70 \text{ км/с} \cdot \text{Мпс}
 \end{aligned}$$

#### Данные о Солнце

$$\begin{aligned}
 & T = 5778 \text{ К} \\
 & \tau = 2.2 \cdot 10^{10} \text{ лет} \\
 & M = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг} \\
 & R = 6.96 \cdot 10^8 \text{ м} \\
 & \rho = 1408 \text{ кг/м}^3 \\
 & \mu_H = 0.67 \\
 & L = 3.8 \cdot 10^{26} \text{ Вт} \\
 & \mu = 1.2566 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/А} \\
 & \mu_0 / \mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/А} \\
 & \mu = 1.2566 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/А}
 \end{aligned}$$

#### Данные о Земле

$$\begin{aligned}
 & R = 6.37 \cdot 10^6 \text{ м} \\
 & M = 5.97 \cdot 10^{24} \text{ кг} \\
 & \rho = 5515 \text{ кг/м}^3 \\
 & \mu_H = 0.67 \\
 & L = 3.8 \cdot 10^{26} \text{ Вт} \\
 & \mu = 1.2566 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/А} \\
 & \mu_0 / \mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/А} \\
 & \mu = 1.2566 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/А}
 \end{aligned}$$

! 7467/88!  
 !6/ 85 21<sup>24</sup>  
 ! !6/63!<sup>3</sup>  
 ! ! ;!N<sub>2</sub> (78%), O<sub>2</sub> (21%), Ar (~1%)

### Данные о Луне

! ! !495511!  
 ! ! !4675 21!  
 ! ! !51 7811!  
 ! ! !1 / 66  
 ! ! ! ! !5°09'  
 ! ) \* ! !38/43 2773!  
 ! ! !3: /641 69: !  
 !2849!  
 ! ! ! !29/7!  
 !8/459 21<sup>22</sup> ! !209 2/4! !  
 ! !4/45!<sup>3</sup>  
 ! ! !1 /23  
 ! ! ! ! !12.7<sup>m</sup>  
 ! ! ! ! 0 ! !10.5<sup>m</sup>

### Физические характеристики солнца и планет

|                         |         |        |        | -            | !             | !      | -    | /    |
|-------------------------|---------|--------|--------|--------------|---------------|--------|------|------|
|                         | !       |        | !      | <sup>3</sup> | !             | !      | -    | +    |
| 2/ 9: 21 <sup>30</sup>  | 332946  | 697000 | 109.3  | 1.41         | 36/491!       | 7.25   |      | 26.8 |
| 4/413 21 <sup>23</sup>  | 0.05271 | 2439.7 | 0.3825 | 5.42         | 69/757!       | 0.00   | 0.10 | 0.1  |
| 5/97: 21 <sup>24</sup>  | 0.81476 | 6051.8 | 0.9488 | 5.20         | 243.019<br>** | 177.36 | 0.65 | 4.4  |
| 6/ 85 21 <sup>24</sup>  | 1.00000 | 6378.1 | 1.0000 | 5.52         | 34/ 45!       | 23.45  | 0.37 |      |
| 7/5 2: 21 <sup>23</sup> | 0.10745 | 3397.2 | 0.5326 | 3.93         | 35/734!       | 25.19  | 0.15 | 2.0  |
| 2/9: : 21 <sup>27</sup> | 317.94  | 71492  | 11.209 | 1.33         | : / 35!       | 3.13   | 0.52 | 2.7  |
| 6/796 21 <sup>26</sup>  | 95.181  | 60268  | 9.4494 | 0.69         | 21 /767!      | 26.73  | 0.47 | 0.4  |
| 9/794 21 <sup>25</sup>  | 14.535  | 25559  | 4.0073 | 1.32         | 28/35! +*     | 97.86  | 0.51 | 5.7  |
| 1.035 21 <sup>26</sup>  | 17.135  | 24746  | 3.8799 | 1.64         | 27/22         | 28.31  | 0.41 | 7.8  |

!! ! ! ! ! ! ! !  
 \*\* !

### Характеристики орбит планет

|  | !      |         | -      | !!<br>! | !        | !     |
|--|--------|---------|--------|---------|----------|-------|
|  | /      | //      |        |         |          |       |
|  | 57.9   | 0.3871  | 0.2056 | 7.004   | 98/ 8!   | 115.9 |
|  | 108.2  | 0.7233  | 0.0068 | 3.394   | 335/81!  | 583.9 |
|  | 149.6  | 1.0000  | 0.0167 | 0.000   | 476/37!  |       |
|  | 227.9  | 1.5237  | 0.0934 | 1.850   | 686/ 9!  | 780.0 |
|  | 778.3  | 5.2028  | 0.0483 | 1.308   | 22/973!  | 398.9 |
|  | 1429.4 | 9.5388  | 0.0560 | 2.488   | 3: /569! | 378.1 |
|  | 2871.0 | 19.1914 | 0.0461 | 0.774   | 95/ 1 2  | 369.7 |
|  | 4504.3 | 30.0611 | 0.0097 | 1.774   | 275/8: ! | 367.5 |

### Характеристики некоторых спутников планет

|                        |       |      |                | !         | !    | - | !<br>!<br>+ |
|------------------------|-------|------|----------------|-----------|------|---|-------------|
|                        |       |      | 0 <sup>3</sup> |           |      |   | m           |
| <b>Земля</b>           |       |      |                |           |      |   |             |
| 7.348 10 <sup>22</sup> | 1738  | 3.34 | 384400         | 27.32166  | 0.12 |   | 12.7        |
| <b>Марс</b>            |       |      |                |           |      |   |             |
| 1.08 10 <sup>16</sup>  | ~10   | 2.0  | 9380           | 0.31910   | 0.06 |   | 11.3        |
| 1.8 10 <sup>15</sup>   | ~6    | 1.7  | 23460          | 1.26244   | 0.07 |   | 12.4        |
| <b>Юпитер</b>          |       |      |                |           |      |   |             |
| 8.94 10 <sup>22</sup>  | 1815  | 3.55 | 421800         | 1.769138  | 0.61 |   | 5.0         |
| 4.8 10 <sup>22</sup>   | 1569  | 3.01 | 671100         | 3.551181  | 0.64 |   | 5.3         |
| 1.48 10 <sup>23</sup>  | 2631  | 1.94 | 1070400        | 7.154553  | 0.42 |   | 4.6         |
| 1.08 10 <sup>23</sup>  | 2400  | 1.86 | 1882800        | 16.68902  | 0.20 |   | 5.7         |
| <b>Сатурн</b>          |       |      |                |           |      |   |             |
| 7.55 10 <sup>20</sup>  | 530   | 1.21 | 294660         | 1.887802  | 0.9  |   | 10.2        |
| 1.05 10 <sup>21</sup>  | 560   | 1.43 | 377400         | 2.736915  | 0.7  |   | 10.4        |
| 2.49 10 <sup>21</sup>  | 765   | 1.33 | 527040         | 4.517500  | 0.7  |   | 9.7         |
| 1.35 10 <sup>23</sup>  | 2575  | 1.88 | 1221850        | 15.94542  | 0.21 |   | 8.2         |
| 1.88 10 <sup>21</sup>  | 730   | 1.21 | 3560800        | 79.33018  | 0.2  |   | ~11.0       |
| <b>Уран</b>            |       |      |                |           |      |   |             |
| 6.33 10 <sup>19</sup>  | 235.8 | 1.15 | 129900         | 1.413479  | 0.27 |   | 16.3        |
| 1.7 10 <sup>21</sup>   | 578.9 | 1.56 | 190900         | 2.520379  | 0.34 |   | 14.2        |
| 1.27 10 <sup>21</sup>  | 584.7 | 1.52 | 266000         | 4.144177  | 0.18 |   | 14.8        |
| 3.49 10 <sup>21</sup>  | 788.9 | 1.70 | 436300         | 8.705872  | 0.27 |   | 13.7        |
| 3.03 10 <sup>21</sup>  | 761.4 | 1.64 | 583500         | 13.46324  | 0.24 |   | 13.9        |
| <b>Нептун</b>          |       |      |                |           |      |   |             |
| 2.14 10 <sup>22</sup>  | 1350  | 2.07 | 354800         | 5.87685** | 0.7  |   | 13.5        |

+! ! ! ! ! ! !  
 +! ! !

### Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x;$$

$$\sin(\alpha + x) \approx \sin \alpha + x \cos \alpha;$$

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

$$tg(\alpha + x) \approx tg\alpha + \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1+x)^n \approx 1+nx;$$

```
(x <=! 2!      !      !!      */
```

## Приложение 6.

### Примеры олимпиадных заданий школьного этапа

**№ 1. )** ;! 6 22! ! ! ! ! ! 2;! 2/2 ! !

! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! @ ! /

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! /

**№ 2. )** ;!6 22! ;!2/4! ! ! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! @

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! /

**№ 3. )** ;!6 22! ;!2/4! ! ! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! @

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

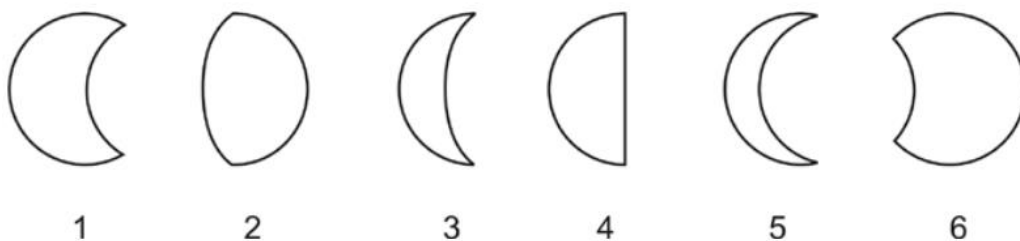
! /

**№ 4. )** ;!6 22! ;!2/4! ! ! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! /



Решение. ! ! ! ! ! ! ! ) \*

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

№ 5. ) !6 22! !3/2 ! ! ! ! 1.)

Условие. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

Решение. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

№ 6. ) !6 22! !3/2 ! ! ! ! 1.)

Условие. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

Решение. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

№ 7. ) !6 22! !3/2 ! ! ! ! 1.)

Условие. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

Решение. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

№ 8. ) !6 22! !3/3! ! ! ! ! ! ! 1.)

Условие. ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

Решение. 5! !>! 24! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! 26! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

**№ 9. )** ;6 22! ;3/3! ! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! !

5/3! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! !3&! ! ! @

*Решение.* ! ! !3&! ! 2061! ! ! ! !

! ! ! ! !5/3! ! ! !5/3! ! \*!

! ! ! ! ! ! !61! ! ! / / ! !321!

/

**№ 10. )** ;6 22! ;3/4! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ;!

! ! ! /

*Решение.* ! ! ! ! /

**№ 11. )** ;8 22! ;4/2! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! - ! ! !

!41 ! ! /41 ! ! /

2\*41 ! ! /- 41 ! ! /<

3\*231 ! ! /- 71 ! ! /<

4\*261 ! ! /- 41 ! ! /<

5\*261 ! ! /- 41 ! ! /<

6\*41 ! ! /- 71 ! ! /<

7\*41 ! ! /- 71 ! ! /<

8\*41 ! ! /- 41 ! ! /

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! !291 ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! !41 ! ! !291 !

! ! ! !261 ! ! ! ! !5.

**№ 12. )** ;8 22! ;4/3! ! ! ! ! !

! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! A ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! @

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 - ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

**№ 13. )** ; 8 22! ; 4/3! ! ! ! !  
 ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ;  
 2\*! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 /  
 3\*! ! ! ! ! ! ! ! ! ! /  
 4\*! ! ! ! ! ! ! ! ! ! /  
 5\*! ! ! ! ! ! ! ! ! ! /  
 6\*! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

**№ 14. )** ; 19 22! ; 15/2 ! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! 495!511! ! ! ! ! ! ! ! ! !

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 ! ! 4/78! ! ! ! ! ! ! ! 495511! 4-78! 0 748 2 ! 222  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

**№ 15. )** ;! 9-22! ;! 5/3! ! ! ! ! !  
 ! ! 1.)

*Задача.* ! ! ! ) $\alpha$  ! \* ! 22/6! ! ! ! ! !  
 @

*Решение.* ! ! ! ! ! ! L > ! 22/6! 04/37! ! 4-64! ! ,  
 ! ! ! > ! 20L > ! 4-37! 0 22-6! ! 1-394 /

**№ 16. )** ;! 9 22! ;! 5/7! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! 2 71! ! ! ! ! ! ! ! 2 71!  
 ! ! ! ! 36- ! ! ! ! ! ! ! ! !  
 2 @ ! ! /

*Решение.* 2: 71! ! ! ! ! ! ! ! 3: ! ! ! 3: ! !  
 ! ! ! ! 2 ! ! ! /

**№ 17. )** ;! 22! ;! 6/3! ! ! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ;!  
 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! /

*Решение.* ! ! ! ! ! ! !  
 /

## Приложение 7.

### Примеры олимпиадных заданий муниципального этапа

**№ 1.** ( 8 22! ! ! ! ! 2; 4/2 !  
! ! 2.)

*Условие.* ! ! ! ! ! - ! ) ! 71 \*  
! ! ! ! ! @

! ! ; ! !R >7511! /

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
3 R 035 4711\* >1/6! 0 ! ! ! ! ! ! ! ! ! ) ! φ)  
! ! ! ! ! 71 ! ! 3! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! 3! ! ! ! !  
! ! ! / 1/36! 0 /

**№ 2.** ( 8 22! ; 4/3! ! ! 5/2 !  
! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! !  
\* ! ! ) ! ! \* ! ! ) ! \* ! ! ! !  
; ! ! ) ! A<sub>1</sub>>27: ! ! h<sub>1</sub>>72 \* ! ! ) ! A<sub>2</sub>>27: !  
h<sub>2</sub>>51 ).

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! h<sub>2</sub> ! h<sub>1</sub> ! >32 /

**№ 3.** ( ; 8 22! ; 4/3! ! ! ! 1.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! 67 ! ! ! ! ! 48 ! ! ! !  
! ! ! 6! @ ! ! ! ! !  
! /

2\* ! ! ! ! .

3\* ! ! ! ! .

4\* ! ! ! !

5\* ! ! ! !

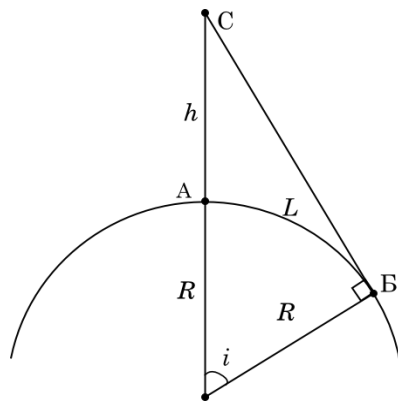
*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

$\Delta$       !      !!      !      ↓      ↓      ! !      ↓      !      ↓      !  
!      !      !      ↓ !      ! !      Δ      ↓      !      !      !  
Δ      !      ! 3.

**№ 4.** ( ; 8 11↓      ! !      ! !      ! 2; 4.2      ! !  
!      !      !      ↓      ! 2.)

*Условие.*      !      !      ! !      !      ! !      !7511!      ! !  
!      Δ      !      ! !      ! !      !      !      !      !      Δ  
!      !      ! ! ! ) !      ! \*      !      ! !  
↓      ! ! !      ! !      !      ! ! @

*Решение.*      !      !      ! !      ! !      !A↓      !      ! !      !B,  
! !      !C!      !      ! !      !      !L.



$L = (i \ 0 \ 291 * ! \ R.$   
!      !      !      !  $i = R / (R+h).$   
!      !      !  $h = R > !7511!$  ↓      !      !  $i > !1/6!$       ↓  $i > !7!$  Δ  
↓  $L \ !7811!$  /

**№ 5.** ) ; 8 22↓ : 4.4      !      ! !      ↓      ! 1.)

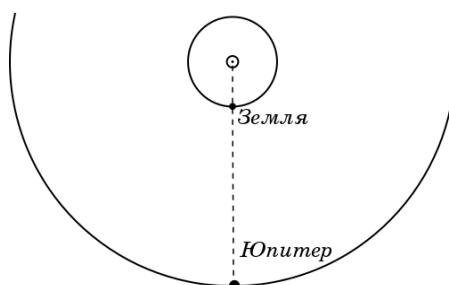
*Условие.*      ↓      !      !      !      !      !      !      Δ      !      !  
!      !      ! ) !      \* @

*Решение.*      !      !      !      !      !      !      !      !  
!      !      !      !      Δ      !      !      !      ↓      !  
!      !      !      !      !      ! !      !      !      !      !  
!) ↓ !      !      !      !      !      !      !      \*Δ / / !      !476!      ↓ !  
!      !      !35!      ↓      !      !      ! !      !      !      !476 35! > !9871!      /

**№ 6. )** ;18 22! ;15/5! ! ! ! 1.)  
*Условие.* ! ! - ! )41 ! / \*! ! ! ! 8! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! @  
*Решение.* ! !35! ! ! !471 ! / / !2 ! !26 !  
/ / ! ! ! !8! ! ! !8 26 ! > ! 21 6 !  
21 6 ! !41 ! ! ! !246 !

**№ 7. (** ;18 22! ;15/5! ! ! ! ! 2.)  
*Условие.* 33! ! ! ! ! ! ! !7! !51! !  
! ! ! ! )47! / \*! ! ! ! ! /  
*Решение.* ! 33! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! 23! ! ! ! ! ! ! !7!  
!51! ! ) ! ! ! ! \*! ! !471 !  
35! ! ! ! ! ! !5! ! ! ! !  
! ! )7 71, 51 \*0 > 211 ! ! ! ! ! 247 ! / /

**№ 8. )** ;19 22! ;16/2 ! ! ! ! 2.)  
*Условие.* ! ! ! ! ! ! !6! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !  
! ! ! @



*Решение.* ! ! ! ! ! ! ) ! ! ! \*! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ) ! ! \*! ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! !6! 1 = 4 ! ! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! ! !611! ! !  
! ! ! ! ! ! ! ! !5 611! > ! 3111! ! ) ! ! !  
! ! \*! ! ! ! ! /



**№ 12.** ( ;: 22! ;7/4! ! ! ! 2.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! 7! ! ! ! !

! ! ! ! @ ! ! ! @

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! R ! !

! M !  $a = GM / R^2$  ! ! ! !  $a = v^2 / R$  ! v !

! ! ! ! ! ! ! ! ! M !  $v^2$ .

! ! ! ! ! ! 38/4! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! 5/6! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! 5/6<sup>2</sup> > 31! ! ! ! /

*Примечание:* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! / ! ! ! ! ! ! ! ! /

**№ 13.** ( ;: 22! ;7/4! ! ! ! ! 2.)

*Условие.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! @ ! ! ! ! ! ! ! !

! - ! ! ! ! /

! ; ! ! ! - 495! ! ! ! ! ! !

! ! 38/4! !

*Решение.* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! 35! \*/

! ! ! ;

$$(T / T)^2 = (a_l / a_c)^3,$$

$$a_c = a_l ! T_C / T)^{2/3} > 495! 21^3 ! 2038/4!^{2/3} > 53/5! 21^3 .$$

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! / / 42.4 7/5 > 47! ! /

*Примечание:* ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !

/ ! ! ! ! ! ! ! ! !

**№ 14.** ( : 10 22! ; 9/3! ! ! ! ! 2.)

Условие. ! ! ! 29! ! ! ! ! !

! ! ! ! 2! ! ! @ ! /

Решение. ! ! ! ! ! - ! ! ! !

(n+1)- ! ! ! 211<sup>1/5</sup> ! 3/6! ! ! ! 2! ! ! ! 2! !  
 ! ! ! 3! ! ! ! ! ! ! 29! ! !  
 ! /

**№ 15.** ) ;! 21 22! ;! 9/4! ! ! ! ! !  
 ! 2.)

Условие. ! ! ! ! ! )ε ! ! \*

! ! ! ! 287<sup>m</sup>! ! ! ! 36 ! ! !  
 ! ! ! ! ! ! ! /

Решение. ! ! ! M ! ! ! ! ! m

! ! ! ! r ;

$$M = m + 5 \quad 5 \lg r = 1,76 + 5 \quad 5 \lg 25 \quad ! \quad 1/33: 8! \quad ! \quad 1/3/$$

**№ 16.** ) ;! 21 22! ;! 9/5! ! ! ! ! 1.)

Условие. ! ! ! ! ! ! @

1) α- <

2) γ- <

3) ! ✂

4) ✂

5) β- <

6) δ- /

Решение. α- ! ! ! ! β- ! ! ! !

! ! ! ! ! ! ! ! ! !

! δ- ! ! ! ! ! ! ! γ- ! !  
 /