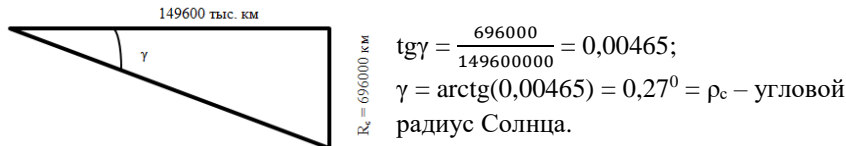


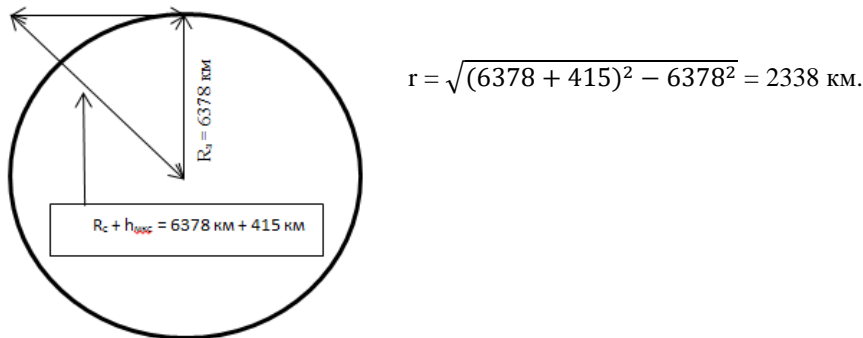
**Рекомендации к решению олимпиады  
в воспитательно-оздоровительном лагере «Олимпиец»  
июнь 2025 г.**

**Задание 1. Изображение дня.**

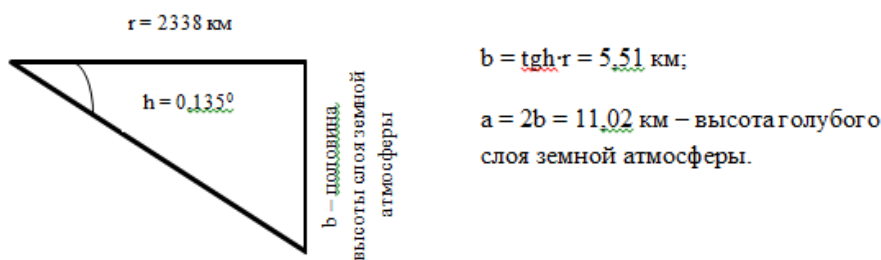
- Определим линейный радиус Солнца  $R_c = \frac{D_c}{2} = 696000$  км.
- Зная среднее расстояние от Земли до Солнца (большая полуось земной орбиты) и линейный радиус Солнца, определим угловой радиус Солнца. Рассмотрим прямоугольный треугольник:



- Определим угловой диаметр Солнца  $d_c = 2\rho_c = 0,54^\circ$ .
- Поскольку угловые размеры голубого слоя земной атмосферы и Солнца находятся в соотношении 1:2, то угловая высота слоя земной атмосферы составляет  $H = 0,27^\circ$ .
- Определим расстояние от МКС до голубого слоя земной атмосферы, рассмотрев следующий рисунок:



- Зная угловую высоту слоя земной атмосферы и расстояние до него, определим линейные размеры этого слоя. Рассмотрим прямоугольный треугольник:



**Всего баллов: 20.**

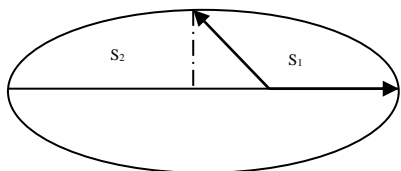
**Задание 2. Космический лифт.**

- а). Определим значение первой космической скорости для геостационарной платформы  $v_1 = \frac{v_2}{\sqrt{2}} = 6,702$  км/с. Рассчитаем массу Земли по формуле  $M = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R_3^3 = 5,97 \cdot 10^{24}$  кг. Из формулы первой космической скорости  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$  определим радиус орбиты геостационарной платформы  $R = 8865,26$  км. Определим длину троса космического лифта:  $L = R - R_3 = 2487,3$  км.

б). Определим большую полуось гомановской орбиты  $a = \frac{a_3 + a_{пл}}{2} = 5,29$  а.е. По третьему закону Кеплера определим сидерический период обращения космического аппарата по гомановской орбите:  $T = \sqrt{a^3} = 12,16$  года. Тогда время полета по гомановской орбите составит  $t = \frac{T}{2} = 6,08$  года.

Планета – Сатурн. Спутники Сатурна: Титан, Энцелад, Мимас, Япет, Диона, Тефия, Рея.

в). Используем формулу второго закона Кеплера:  $\frac{S_1}{S_2} = \frac{t_1}{t_2}$ .  $S_1$  – это площадь, которую «заметает» радиус-вектор гомановской орбиты при движении космического аппарата от точки перигелия до середины гомановской полуорбиты. Обратимся к рисунку:



$$S_1 = \frac{1}{4}\pi ab - \frac{1}{2}b(a-q) = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 5,29 \cdot b - \frac{1}{2}b(5,29 - 0,98) = [b = a\sqrt{1 - e^2}, q = a(1 - e) \rightarrow e = 0,814 \text{ и } b = 3,07 \text{ а.е.}] = 12,75 - 6,62 = 6,13 \text{ (а.е.)}^2.$$

$S_2$  – это площадь, которую «заметает» радиус-вектор гомановской орбиты при движении космического аппарата от середины полуорбиты к точке афелия (смотри рисунок).

$$S_2 = \frac{1}{4}\pi ab + \frac{1}{2}b(a-q) = 19,37 \text{ (а.е.)}^2.$$

Т.о.,  $\frac{t_1}{t_2} = 0,316$ , кроме того  $t_1 + t_2 = t = 6,08$  года. Следовательно,  $t_2 = 4,62$  года и  $t_1 = 1,46$  года.

Значит,  $\Delta t = t_1 - t_2 = 3,16$  года.

**Всего баллов: 30.**

**Задание 3. Звезды и объекты Мессье.**

а).

Название звезды по каталогу Байера	Собственное название звезды	Значение координаты звезды по каталогу Флемстида	Краткое обозначение звезды на латинском языке
$\beta$ Ориона	Ригель	$5^h 15^m$	$\beta$ Ori
$\alpha$ Лиры	Вега	$18^h 35^m$	$\alpha$ Lyr
$\beta$ Персея	Алголь	$3^h 00^m$	$\beta$ Per
$\alpha$ Орла	Альтаир	$19^h 50^m$	$\alpha$ Aql
$\beta$ Б. Медведицы	Мерак	$10^h 55^m$	$\beta$ UMa
$\gamma$ Ориона	Беллатрикс	$5^h 25^m$	$\gamma$ Ori
$\beta$ Льва	Денебола	$11^h 40^m$	$\beta$ Leo
$\alpha$ Тельца	Альдебаран	$4^h 30^m$	$\alpha$ Tau

б).

Обозначение туманности (галактики, звездного скопления) по каталогу Мессье	Собственное название туманности (галактики, звездные скопления)	Созвездие, в котором находится туманность (галактика, звездное скопление)
M1	Крабовидная туманность	Телец
M16	Орел	Змея
M31	Андромеда	Андромеда
M42	Орион	Орион
M51	Водоворот	Гончие Псы
M57	Кольцо	Лири
M104	Сомbrero	Дева

**Всего баллов: 38 баллов.**

#### Задание 4. Астрофизика.

а). Для определения расстояния до звезд используем формулу  $M = m + 5 - 5 \lg r$ . Значения  $M$  и  $m$  возьмем из таблицы:

Звезда	$\alpha$ Кентавра В	Вольф 359	Сириус А	Лейтен 726-8 В
видимая звездная величина	1,4	13,5	-1,4	13,0
абсолютная звездная величина	5,7	16,6	1,5	15,8
расстояние в пк	1,38	2,4	2,63	2,75
расстояние в св. годах	4,5	7,82	8,57	8,97
расстояние в а.е.	284645,7	495036	542476,95	567228,75
расстояние в км	$4,14 \cdot 10^{13}$ км	$7,2 \cdot 10^{13}$ км	$7,89 \cdot 10^{13}$ км	$8,25 \cdot 10^{13}$ км

б). Для определения апертуры телескопов воспользуемся формулой  $m = 2 + 5 \lg D$ . Проницающую силу  $m$  возьмем из таблицы.

Звезда	Проксима Кентавра	Звезда Барнарда	Сириус В	Ресс 248
видимая звездная величина	11,1	9,5	8,4	12,3
апертура мм	66,00	31,62	19,05	114,8

в). Для определения радиусов звезд воспользуемся формулой  $R = \sqrt{L} \left(\frac{T_c}{T}\right)^2$ . Светимость звезд возьмем из таблицы.

Звезда	BD+36 <sup>0</sup> 2147	Лейтен 726-8 А	$\epsilon$ Эридана
Температура	3500 К	2670 К	5100 К
Светимость	0,0055	0,000058	0,29
Радиус	0,2	0,036	0,69

г). Для нанесения звезд на диаграмму Герцшпрунга-Рассела будем использовать значения их светимостей, температур и спектральных классов:

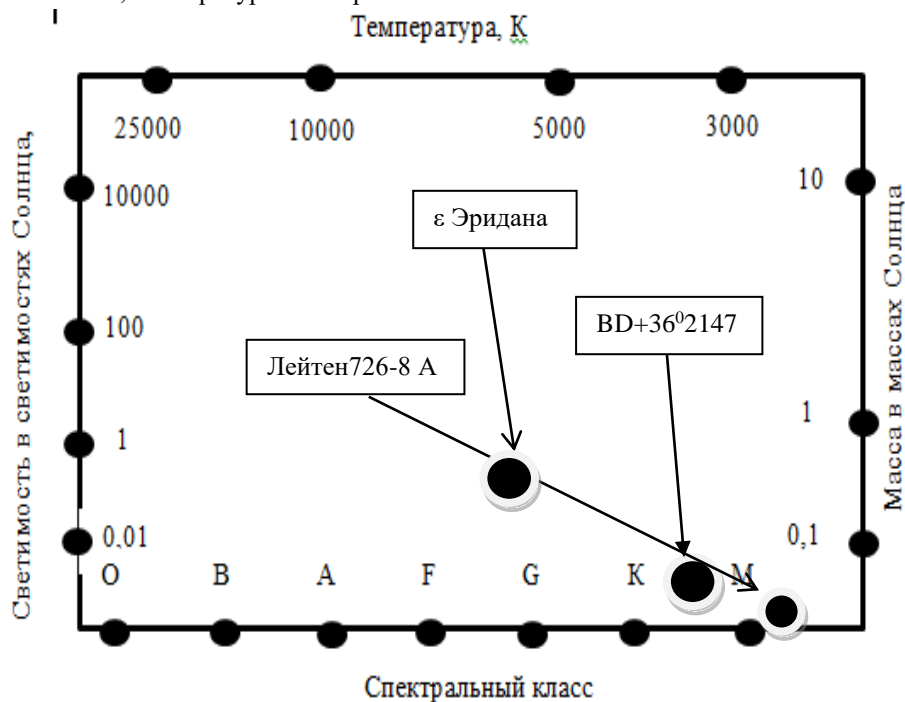


Рис. 2

Все три звезды относятся к классу «Карлики».

д). Для расположения звезд в порядке убывания их температуры используем спектральную классификацию этих звезд, приведенную в таблице. Последовательность звезд выглядит следующим образом:

$\alpha$  Кентавра А (G2V) –  $\alpha$  Кентавра В (K1V) –  $\epsilon$  Эридана (K2V) – 36<sup>0</sup>15693 (M2V) – Росс 128 (M5V).

**Всего баллов: 45.**

**Задание 5. Сферическая тригонометрия.**

а). Для определения зенитного расстояния звезды используем следующую формулу сферической тригонометрии:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t. \text{ Отсюда } z = 62,6^{\circ}.$$

б). По условию задачи  $h = 35^{\circ}30'$ , следовательно,  $z = 90^{\circ} - h = 24^{\circ}30' = 24,5^{\circ}$ . В момент прохождения звездой верхней кульминации ее часовой угол  $t = 0^{\circ}$ . Поэтому спустя  $3^{\text{ч}}20^{\text{мин}}$  часовой угол звезды составит  $t = 3^{\text{ч}}20^{\text{мин}} = 50^{\circ}$ . Воспользуемся следующей формулой:  $\sin z \cdot \sin A = \cos \delta \cdot \sin t$ . Отсюда  $\sin A = (\cos \delta \cdot \sin t) : \sin z = (0,497 \cdot 0,766) : 0,415 = 0,918 \rightarrow A = 66,67^{\circ}$ .

в). При помощи ПКЗН определим экваториальные координаты звезд.

Звезда	$\alpha$	$\delta$
Денеб ( $\alpha$ Лебеда)	$20^{\text{ч}}50^{\text{мин}}$	$+45^{\circ}$
Садр ( $\gamma$ Лебеда)	$20^{\text{ч}}20^{\text{мин}}$	$+40^{\circ}$
Альбирео ( $\beta$ Лебеда)	$19^{\text{ч}}30^{\text{мин}}$	$+28^{\circ}$

Далее преобразуем значения прямых восхождений звезд в градусы:

$$20^{\text{ч}}50^{\text{мин}} = 312,5^{\circ}; 20^{\text{ч}}20^{\text{мин}} = 305^{\circ}; 19^{\text{ч}}30^{\text{мин}} = 292,5^{\circ}.$$

Преобразуем значения координат в радианы:

Звезда	$\alpha$	$\alpha$ радиан	$\delta$	$\delta$ радиан
Денеб ( $\alpha$ Лебеда)	$20^{\text{ч}}50^{\text{мин}}$	5,45	$+45^{\circ}$	0,79
Садр ( $\gamma$ Лебеда)	$20^{\text{ч}}20^{\text{мин}}$	5,32	$+40^{\circ}$	0,70
Альбирео ( $\beta$ Лебеда)	$19^{\text{ч}}30^{\text{мин}}$	5,00	$+28^{\circ}$	0,49

Затем по формуле Гаусса рассчитаем площадь сферического многоугольника:

$$S = 0,5 \cdot ((5,45 \cdot 0,7 + 5,32 \cdot 0,49 + 5 \cdot 0,79) - (0,79 \cdot 5,32 + 0,7 \cdot 5 + 0,49 \cdot 5,45)) = 0,0015 \text{ стерад.}$$

Переводим стераданы в квадратные угловые градусы:  $0,0015 \text{ стерад} = 4,92 \text{ угл}^{\circ}$ .

**Всего баллов: 37.**

**Общая сумма баллов: 170.**