

**Межрегиональная предметная олимпиада КФУ по астрономии,**  
заключительный этап, 2022/23 учебный год  
*10-11 класс*

1. Самый эффективный способ выработки энергии во Вселенной – трансформация гравитационной энергии падающего на компактный релятивистский объект (например, чёрную дыру (ЧД)) тела в другие виды энергии (тепловую, кинетическую, энергию излучения и т. п.). При этом высвобождение энергии приводит к уменьшению массы покоя падающего на ЧД тела, в соответствии с формулой эквивалентности массы и энергии. А падающее по спирали вещество образует аккреционный диск, внутренний радиус которого равен радиусу последней устойчивой орбиты. Расчёты показывают, что он равен  $3R_s$ , где  $R_s$  - радиус Шварцшильда (горизонт событий ЧД).

Какую максимальную энергию (в долях исходной массы покоя падающего тела) можно получить в этом процессе? Релятивистскими эффектами при падении вещества на ЧД пренебречь. Падение вещества считать начинающимся с бесконечно большого расстояния. (25 баллов)

2. В каком диапазоне может изменяться угловое удаление от Солнца для Меркурия в момент наибольшей элонгации при наблюдении с Земли? Орбиту Земли считать круговой. (15 баллов)

3. На один кадр снято два изображения Луны вблизи горизонта. Снимок сделан 22 сентября. Вычислите широту места наблюдения и интервал времени между моментами съёмки Луны. (15 баллов)



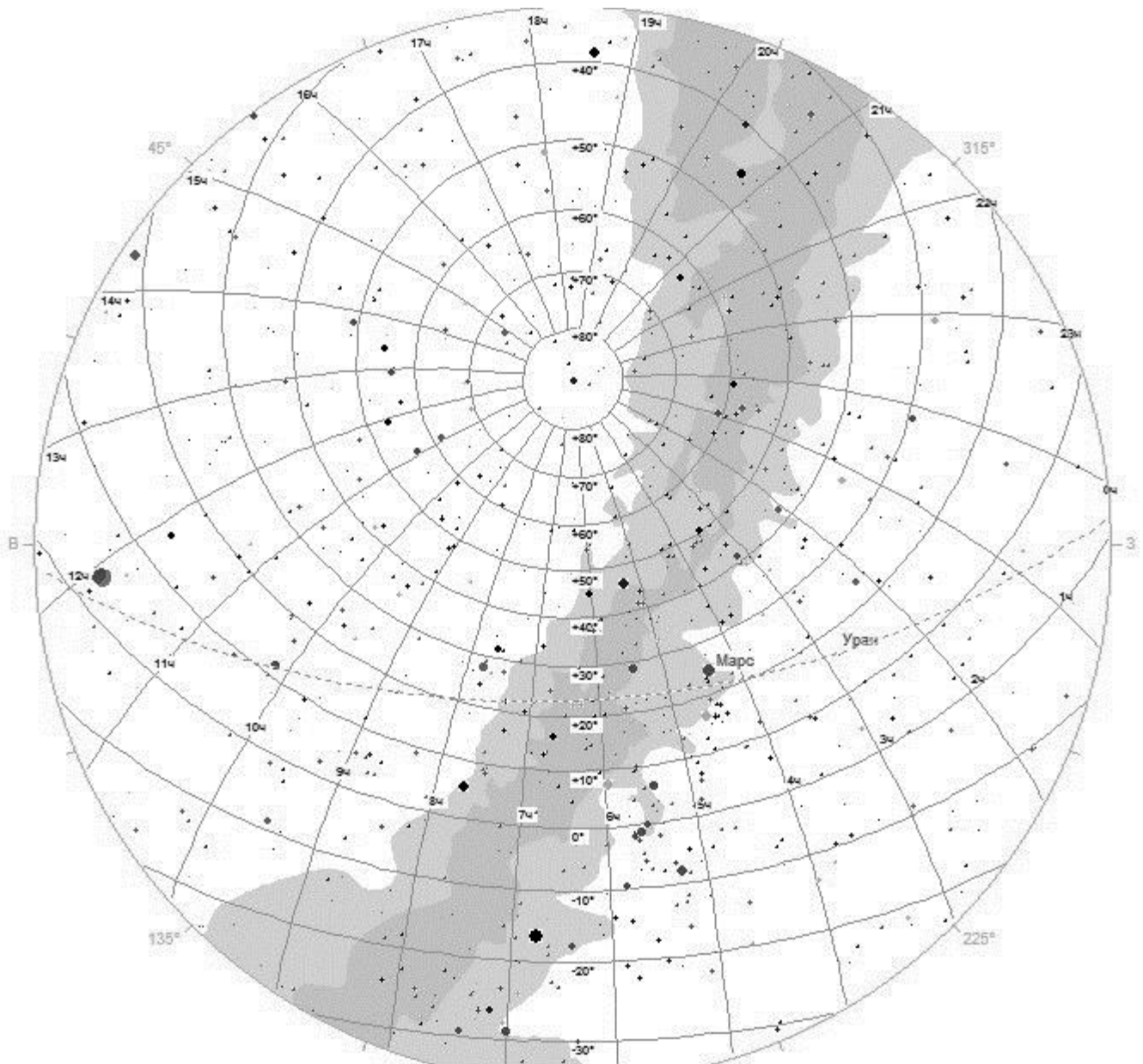
4. Некая звезда имеет параллакс  $0.01''$ , а линия водорода в её спектре, имеющая лабораторную длину волны  $4861.3 \text{ \AA}$ , наблюдается с длиной волны  $4861.8 \text{ \AA}$ . При этом видимое перемещение звезды в картинной плоскости (т. е. перпендикулярно лучу зрения) отсутствует. Через сколько лет блеск звезды для наблюдателя на Земле возрастет на  $5^m$ ? 1 Ангстрем ( $1 \text{ \AA}$ ) =  $10^{-10}$  м. (20 баллов)

5. На фото, сделанном в декабре 2022 года в Турецкой национальной обсерватории ТЮБИТАК (широта  $\varphi = 37^\circ$ ), где расположен телескоп КФУ РГТ-150 с диаметром зеркала 1.5 метра, снято зимнее небо и его отражение в стеклянной поверхности, расположенной под углом  $\alpha$  к горизонту. Съёмка ведётся на сверхширокоугольный объектив с полем зрения  $170^\circ$  («фишай»). Оптическая ось камеры параллельна плоскости отражающей поверхности. Перпендикуляр к плоскости зеркала лежит в плоскости небесного меридиана. Определите  $\alpha$  - угол наклона зеркальной отражающей поверхности к горизонту. (25 баллов)

Фото для задачи 5 (негатив)



## Карта отождествления для задачи 5 (негатив)



### Справочные данные:

1 а.е. =  $1.496 \cdot 10^8$  км; 1пк = 206265 а. е.

скорость света в вакууме  $c = 299792$  км/с; гравитационная постоянная  $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/кг·с<sup>2</sup>

продолжительность тропического года  $T = 365.2422$  суток

длительность синодического периода обращения Луны 29.5 дня, сидерического – 27.3 дня

наклонение экватора Земли к плоскости эклиптики  $\epsilon = 23^{\circ}26'$

масса Солнца –  $2 \cdot 10^{30}$  кг, радиус Солнца –  $6.96 \cdot 10^5$  км

масса Земли –  $6 \cdot 10^{27}$  г, радиус Земли – 6371 км

радиус Луны – 1737 км, большая полуось орбиты Луны 385 000 км

большая полуось орбиты Меркурия 0.38 а.е., эксцентриситет орбиты Меркурия 0.21

большая полуось орбиты Весты 2.36 а.е., эксцентриситет орбиты Весты 0.09