

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)

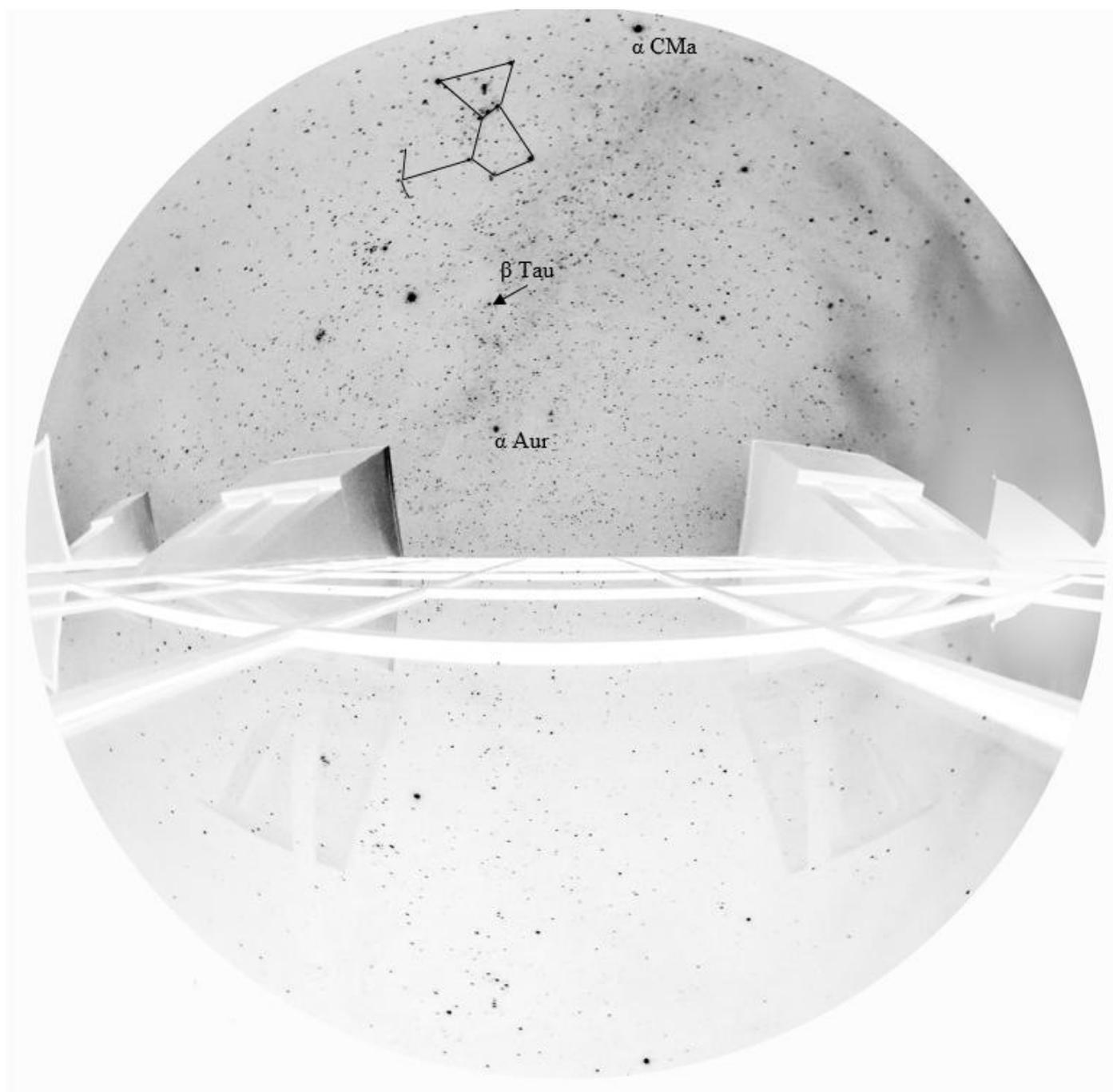
3. На один кадр снято два изображения Луны вблизи горизонта. Снимок сделан 22 сентября. Вычислите широту места наблюдения и интервал времени между моментами съёмки Луны. (15 баллов)



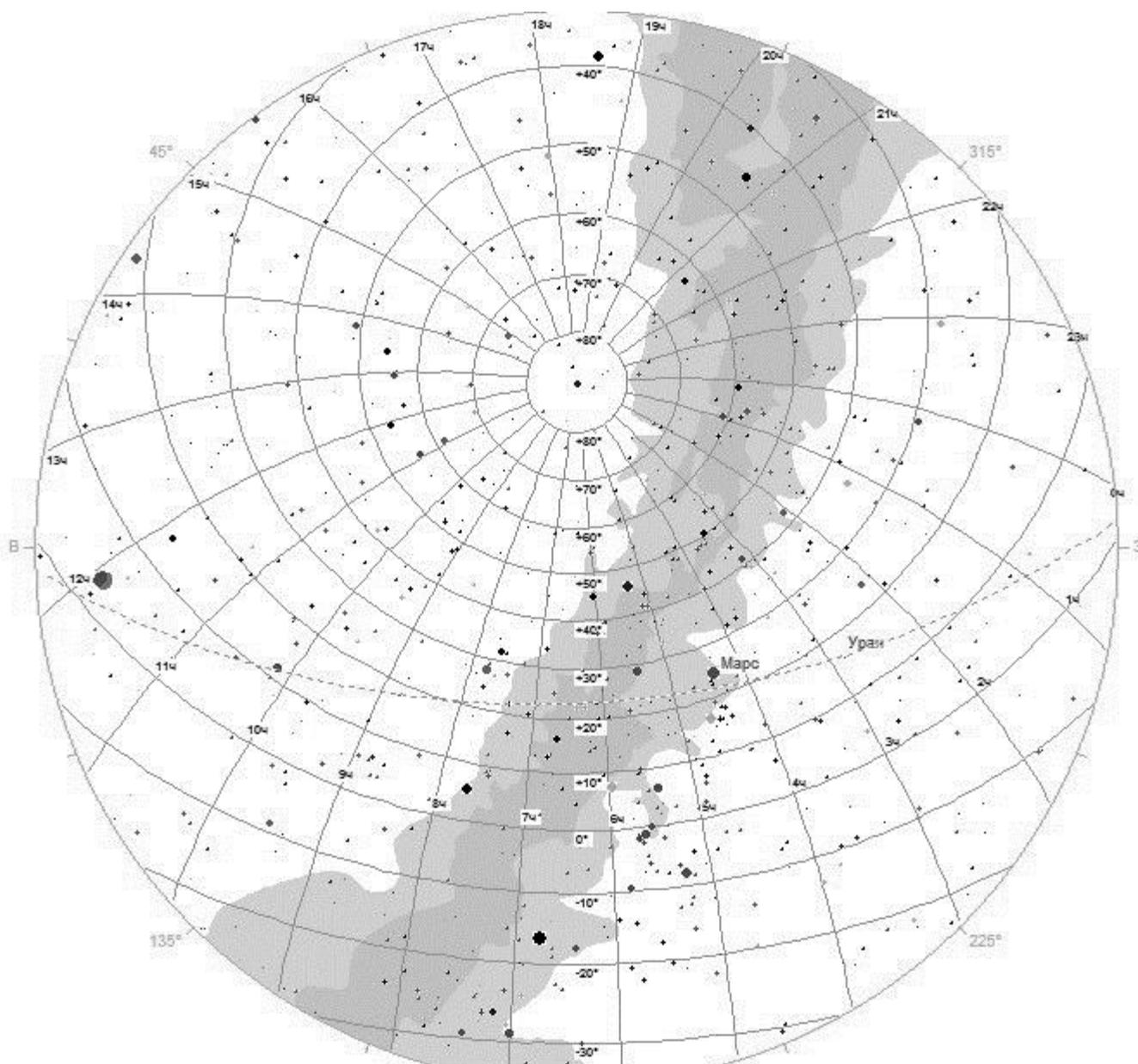
4. Некая звезда имеет параллакс $0.01''$, а линия водорода в её спектре, имеющая лабораторную длину волны 4861.3 \AA , наблюдается с длиной волны 4861.8 \AA . При этом видимое перемещение звезды в картинной плоскости (т. е. перпендикулярно лучу зрения) отсутствует. Через сколько лет блеск звезды для наблюдателя на Земле возрастет на 5^m ? 1 Ангстрем (1 \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 α к горизонту. Съёмка ведётся на сверхширокоугольный объектив с полем зрения 170° («фишай»). Оптическая ось камеры параллельна плоскости отражающей поверхности. Перпендикуляр к плоскости зеркала лежит в плоскости небесного меридиана. Определите α - 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 $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ м³/кг·с²

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 $\varepsilon = 23^{\circ}26'$

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