Разное

Класс: **9** **10** Задача: **1**

? **Нарисуйте оптическую схему (в масштабе 1:4) телескопа Ньютона со следующими характеристиками:**

Главное зеркало − диаметр 200 мм;
Фокусное расстояние − 1 м;
Диагональное зеркало − длина малой оси 50 мм;
Труба − диаметр 240 мм, толщиной трубы пренебречь;
Длина трубы от вершины главного зеркала − 900 мм;
Вынос фокуса (расстояние от поверхности трубы до точки фокуса) − 100 мм.

Нарисуйте ход лучей для звезды, находящейся на оптической оси телескопа. Вычислите масштаб изображения в фокальной плоскости, определите линейный и угловой диаметр невиньетированного (незатененного) трубой поля зрения. Укажите на схеме все размеры, использованные при ее построении.

! Вначале начертим трубу в масштабе 1:4. Затем с одного из ее концов нарисуем зеркало так, чтобы его центр его оптической поверхности пришелся на центр задней стенки трубы. Сделаем вспомогательное построение − нарисуем главную оптическую ось зеркала, совпадающую с осью трубы. Вычислим, на каком расстоянии от главного зеркала должен находиться центр вторичного зеркала. Для этого из фокусного расстояния F вычтем вынос фокуса l и радиус трубы $D/2$. Получим:

$$L = F - l - \frac{D}{2} = 780 \text{ мм.}$$

В требуемом масштабе расстояние составит $L/4$ или 195 мм. Теперь вычислим размер большой оси диагонального зеркала. Эта же величина равна длине проекции зеркала на плоскость рисунка. Очевидно, что размер малой оси зеркала a_2 должен быть равен толщине пучка света, идущего от главного зеркала. Размер большой оси тогда будет равен

$$a_1 = \frac{a_2}{\cos 45^{\circ}} \approx 70 \text{ мм.}$$

В масштабе чертежа это составит $a_1/4$ или примерно 18 мм. Рисуем вторичное зеркало на схеме. Наносим лучи, параллельные главной оптической оси и падающие от звезды на края зеркала. После этого рисуем их дальнейший ход до пересечения в точке фокуса. На этом построение схемы телескопа и хода лучей закончено.

Вычислим масштаб изображения. Угловому расстоянию в 1° (1/57.3 радиан) будет соответствовать линейный размер d в фокальной плоскости. Он зависит только от фокусного расстояния телескопа и равен

$$d = \frac{F}{57.3} = 17.5 \text{ мм}.$$

Таким образом, масштаб составляет 3.4′ на мм. Чтобы определить размер поля зрения, нарисуем крайние лучи, участвующие в построении невиньетированного трубой изображения участка неба. Для этого соединим на схеме верхний край главного зеркала телескопа и край трубы. Получим треугольник **ABC**. В нем длина отрезка **BC** составляет 900 мм, длина отрезка **AB** равна

$$\mathbf{AB} = \frac{D - D_0}{2} = 20 \text{ мм}.$$

Здесь D_0 − диаметр зеркала. Таким образом, угол **ACB**, определяющий угловой радиус невиньетированного поля зрения, равен

$$\angle\mathbf{ACB} = \arcsin\frac{\mathbf{AB}}{\mathbf{BC}} = 1^{\mathrm{O}}16'.$$

Диаметр поля зрения составляет 2°32′. Линейный размер поля равен

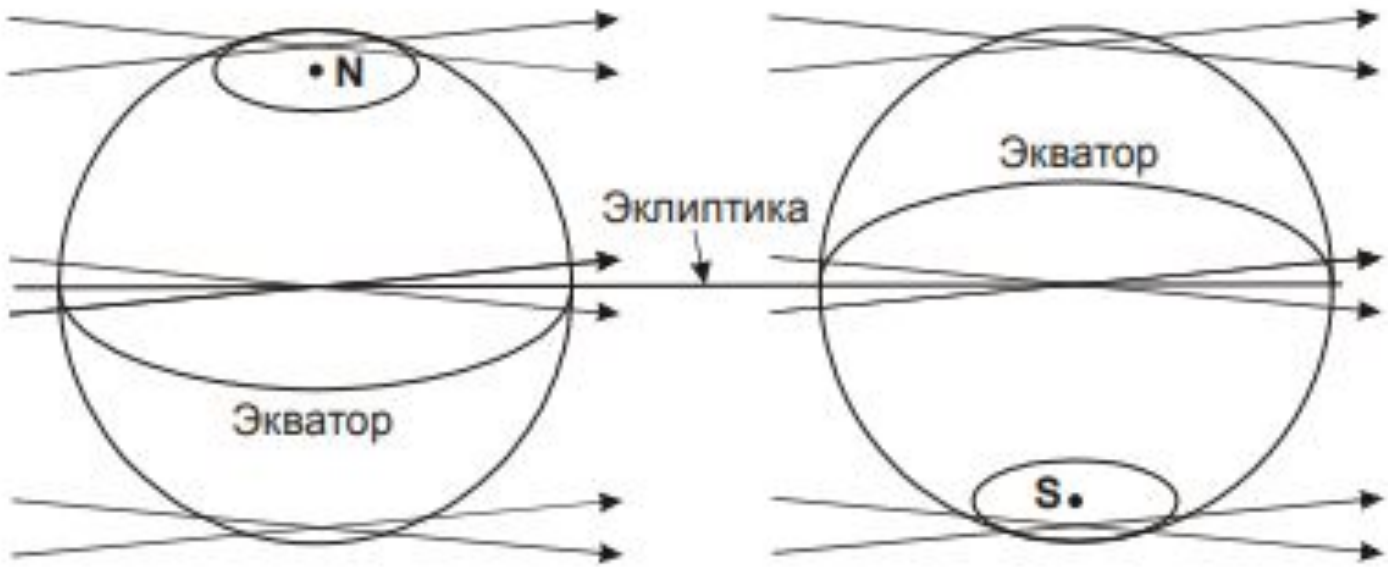
$$f = \frac{2^{\mathrm{O}}32'}{} d = 44 \text{ мм}$$

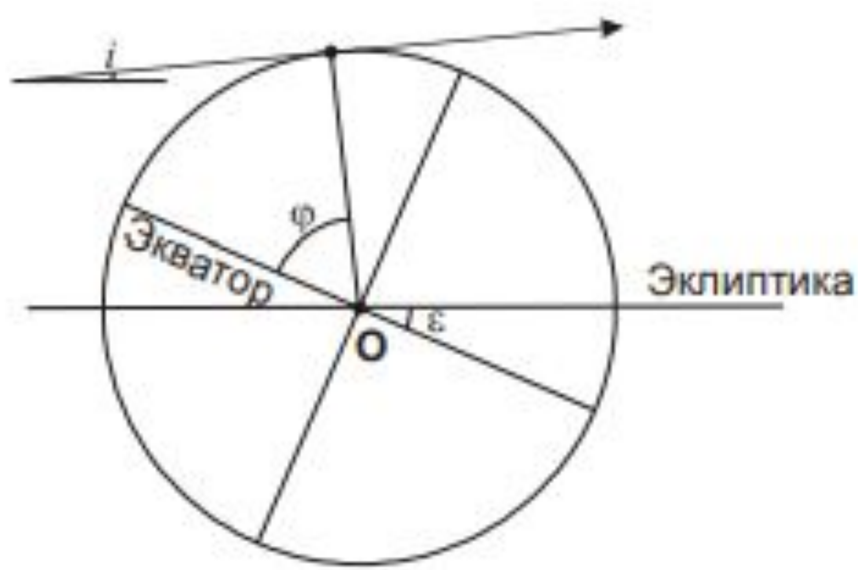
IX.4 БЕГУЩАЯ ТЕНЬ

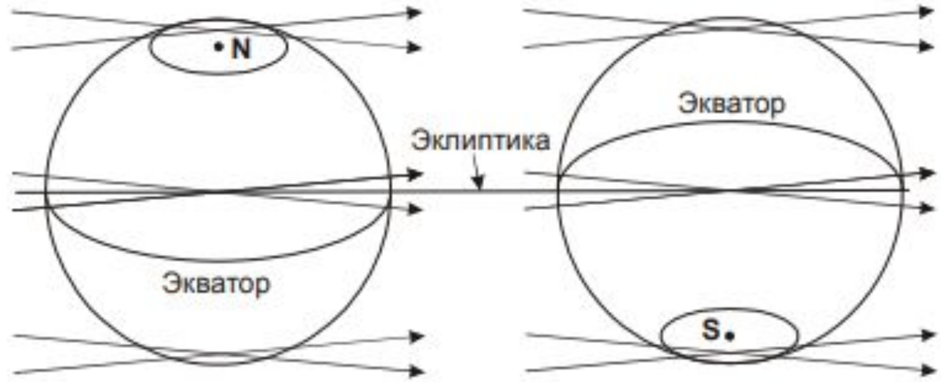
А.Н. Акиньщиков

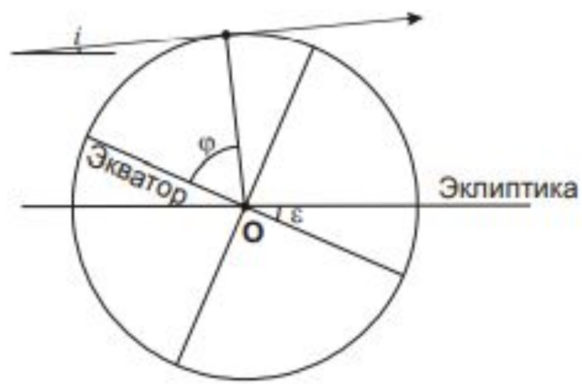
4. Условие. В каких широтах лунная тень во время солнечного затмения может двигаться по поверхности Земли точно с запада на восток, и в каких – точно с востока на запад? Атмосферной рефракцией и рельефом Земли пренебречь.

4. Решение. Луна движется по орбите вокруг Земли против часовой стрелки (если смотреть с северной стороны) и при полном солнечном затмении ее тень движется по поверхности Земли обычно от утреннего полушария к вечернему. На рисунке показаны примеры движения тени Луны во время летнего и зимнего солнцестояния. Направление движения тени наклонено к плоскости эклиптики на малый угол (около 5°). В зависимости от сезона, когда наблюдается затмение, для любой широты от северного до южного полюса тень Луны в какой–то точке Земли может двигаться точно вдоль параллели, с запада на восток.


N
Экватор
Эклиптика
Экватор
S


i
φ
Экватор
Эклиптика
ε
O





На этих же рисунках мы можем видеть, что вблизи летнего солнцестояния, если затмение наблюдается вблизи светлой полуночи в полярной области Земли на широтах более +66.6° (Северный полярный круг), тень может двигаться и с востока на запад. Соответственно, за Южным полярным кругом (широты от –66.6° до –90°) такая ситуация может случиться вблизи дня зимнего солнцестояния. Однако, широты в ±66.6° не будут предельными. Для нахождения граничной широты рассмотрим иной случай. Пусть затмение происходит вблизи весеннего равноденствия, а Луна располагается у восходящего узла своей орбиты. Предположим также, что лунная тень лишь слегка задела Землю с северной стороны. По рисунку мы можем определить, на какой широте произошло касание:

$$\varphi = 90° - \varepsilon - i = 61.4°.$$

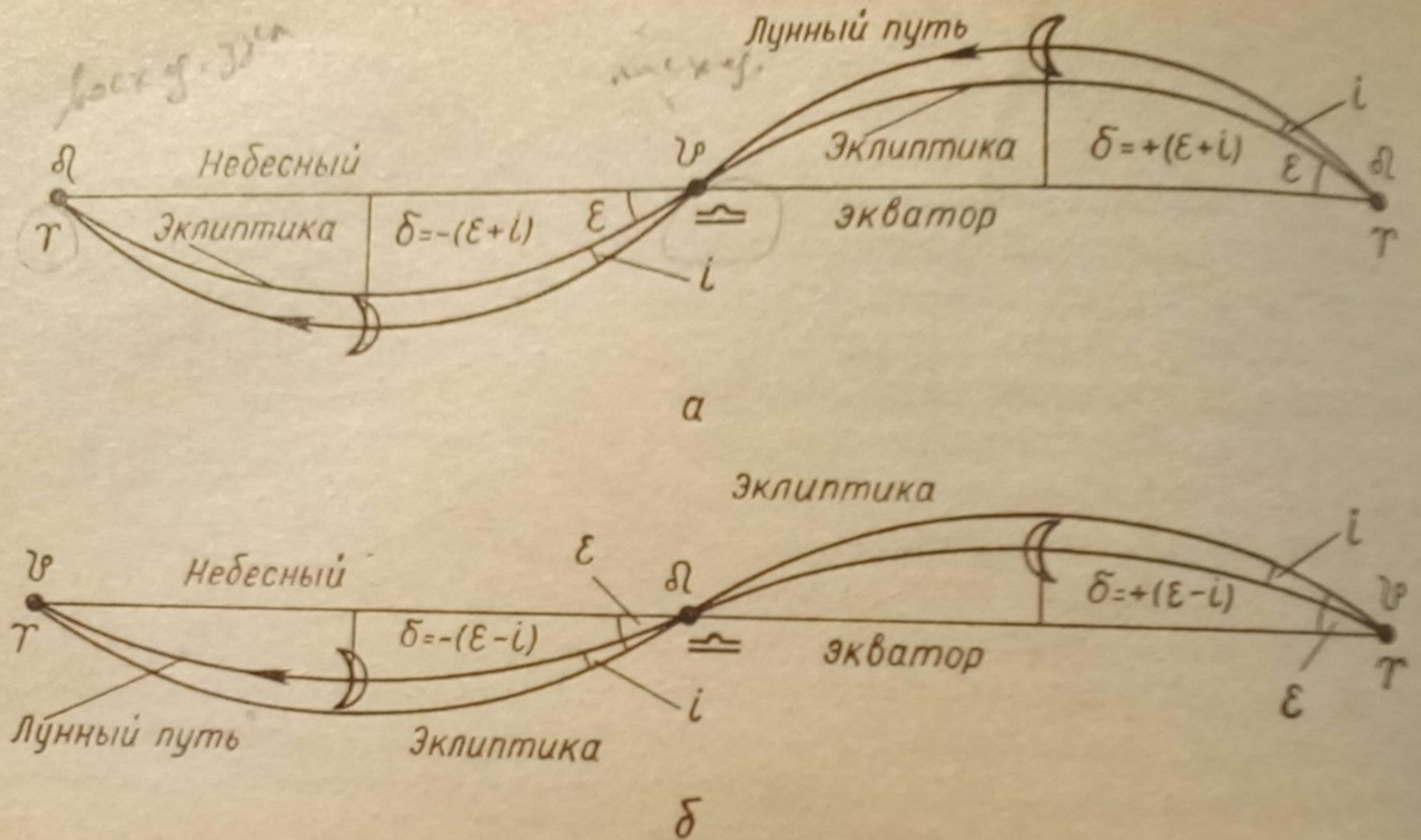
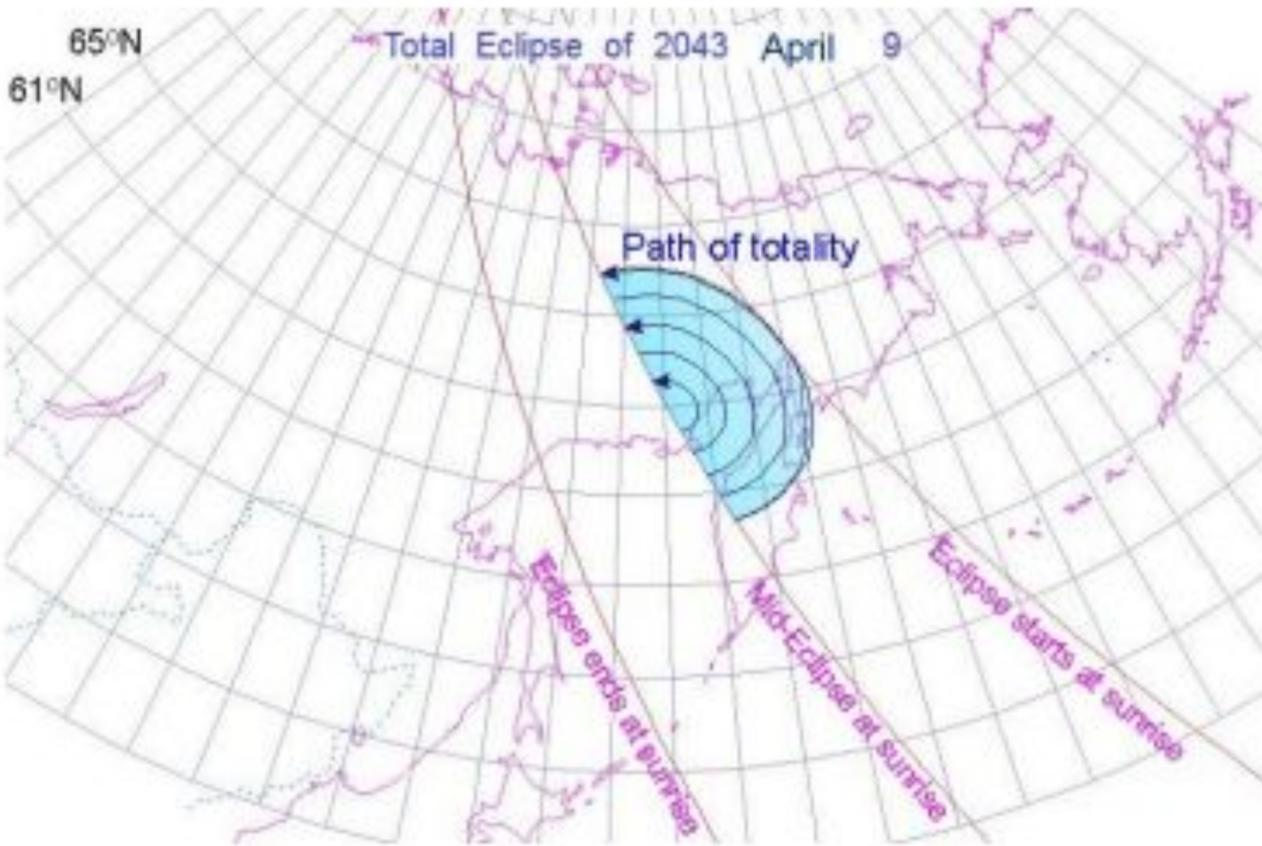


Рис. 60. Предельные положения лунного пути.

Здесь ε – угол наклона экватора к эклиптике, i – наклон орбиты Луны к эклиптике. При затмении, близком к касательному, тень опишет на поверхности Земли дугу, по форме близкую к полукругу. В какой-то момент, ближе к окончанию затмения, она будет двигаться в западном направлении. Похожая ситуация сложится во время полного солнечного затмения 9 апреля 2043 года, которое будет наблюдаться на восходе Солнца на севере Камчатского полуострова. Область видимости полной фазы показана на рисунке. Такая же картина может наблюдаться в южном полушарии на широтах ниже –61.4° на заходе Солнца вблизи весеннего равноденствия или на его восходе вблизи осеннего равноденствия.



IX.2 АРЕС В ГОСТЯХ У АНТАРЕСА

А.Н. Акиньщиков

Условие. 22 мая 2016 года Марс прошел точку противостояния с Солнцем в созвездии Скорпиона. В этот момент он был примерно на середине своего пути через это созвездие. Считая, что Марс движется в плоскости эклиптики, оцените, когда наступит следующее противостояние Марса, при котором он вновь окажется в созвездии Скорпиона. Известно, что Солнце находится в Скорпионе 7 дней в году.

Решение. То, что Солнце находится в Скорпионе 7 дней в году, означает, что длина дуги эклиптики, проходящая через это созвездие, составляет примерно 7°. То есть, будущее противостояние Марса, о котором идет речь, должно наступить в точке неба, удаленной не более, чем на 3.5° (0.01 от полного круга) от положения в противостоянии в 2016 году.

При решении задачи мы, вообще говоря, должны учитывать эксцентриситет орбиты Марса. Он приводит к тому, что синодический период этой планеты не является величиной постоянной. Например, противостояния 2018 и 2020 годов будет разделять не 780, а целых 809 дней. Однако, нас будут интересовать противостояния вблизи одного положения Марса на орбите примерно в 90° от точки перигелия. Во время противостояния 2016 года Марс располагался как раз на своем среднем расстоянии от Солнца – 1.52 а.е. Его угловая скорость вращения в этот момент также была близка к среднему значению. Поэтому при решении задачи мы будем считать орбитальное вращение Марса равномерным, а синодический период - постоянным.

Средний синодический период Марса составляет 780 дней или 2.135 года. Каждое следующее противостояние происходит через 1.5-2.5 месяца после предыдущего. Через 7-8 синодических периодов, составляющих 15 или 17 лет, противостояния Марса вернутся примерно на те же календарные сезоны и будут происходить в тех же областях неба. Но если мы рассчитаем точную длительность 7 и 8 синодических периодов, мы получим 14.945 и 17.080 лет. Помня о нашем упрощении (постоянство синодического периода), мы получаем, что соответствующие противостояния произойдут в 0.055 и 0.080 доли окружности от точки изначального противостояния. Это соответствует угловым расстояниям Δl в 19.8° и 28.8° к западу и востоку, что существенно больше половины дуги пути Солнца через созвездие Скорпиона. Поэтому через 15 и 17 лет, в 2031 и 2033 годах, противостояния Марса случатся в других созвездиях.

Чтобы облегчить решение задачи, будем проверять не все возможные значения количества синодических периодов, а числа N=7*p*+8*q*, где *p* и *q* – целые числа, отличающиеся не более, чем на единицу. Для таких N мы будем вычислять соответствующую величину времени в годах. Результаты занесем в таблицу:

p	*q*	*N*	T, годы	Δl, часть окружности	Δl,°
1	0	7	14.945	0.055	19.8
0	1	8	17.080	0.080	28.8
1	1	15	32.025	0.025	9.0
2	1	22	46.970	0.030	10.8
1	2	23	49.105	0.105	37.8
2	2	30	64.050	0.050	18.0
3	**2**	**37**	**78.995**	**0.005**	**1.8**
2	3	38	81.130	0.130	46.8