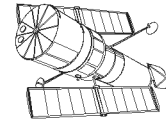


## ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



### Телескоп системы Ньютона (А.М. Татарников)

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;

Диagonальное 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) трубной поля зрения. Укажите на схеме все размеры, использованные при ее построении.

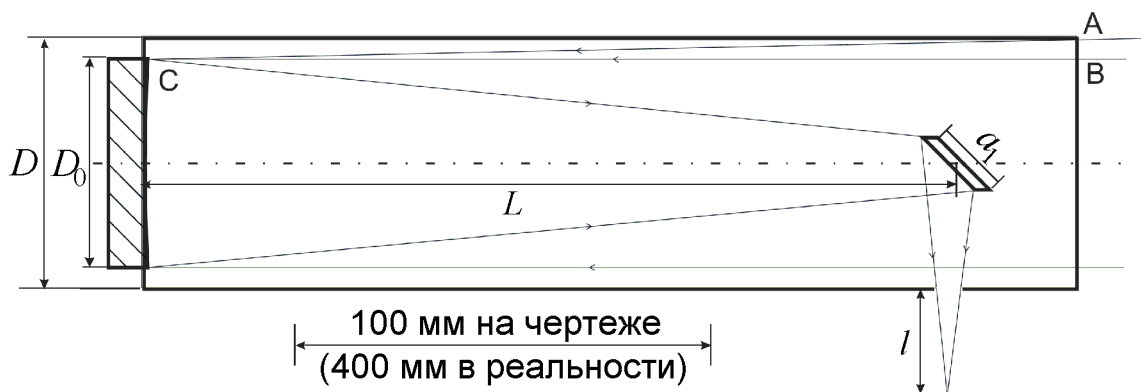
! Вначале начертим трубу в масштабе 1:4. Затем с одного из ее концов нарисуем зеркало так, чтобы его центр его оптической поверхности пришелся на центр задней стенки трубы. Сделаем вспомогательное построение — нарисуем главную оптическую ось зеркала, совпадающую с осью трубы. Вычислим, на каком расстоянии 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  $1^\circ$  ( $1/57.3$  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 трубной 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

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

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

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

Диаметр поля зрения составляет  $2^\circ 32'$ . Линейный размер поля равен

$$f = \frac{2^\circ 32'}{1^\circ} d = 44 \text{ мм.}$$



### Обратная сторона Луны (О.С. Угольников)

Класс: **9**

Задача: **2**

**?** Вам предложена фотография, сделанная с борта космической станции, пролетающей вблизи обратной стороны Луны (негатив). С какой минимальной скоростью (относительно Луны) должен лететь этот аппарат, чтобы впоследствии без дополнительных затрат энергии покинуть систему Земля-Луна? Орбиту Луны считать круговой.

## Практический тур

**!** Из рисунка мы можем определить отношение видимых радиусов Земли и Луны, как они наблюдаются с космического аппарата:

$$K = \frac{\rho_L}{\rho_E} = 11.5.$$

Аппарат пролетает позади Луны (если наблюдать с Земли), над ее обратной стороной, на расстоянии  $d$  от центра Луны. Обозначим расстояние между центрами Земли и Луны через  $L$ . Запишем выражение для соотношения видимых радиусов:



$$K = \left( \frac{r}{d} \right) : \left( \frac{R}{L+d} \right) = \frac{r \cdot (L+d)}{Rd}.$$

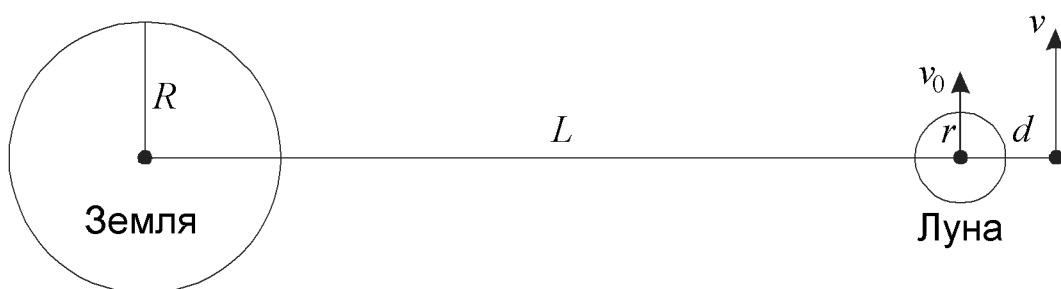
Здесь мы учли, что оба видимых радиуса не слишком велики (вблизи Луны видимый радиус Земли будет около  $1^\circ$ , соответственно, видимый радиус Луны составит примерно  $12^\circ$ ). Мы также не учитываем то, что космический аппарат несколько отклонился от линии Земля – Луна, так как его учет усложнит решение, но мало скажется на значении  $d$ , которое нам нужно определить. Из последней формулы получаем:

$$d = \frac{rL}{KR - r},$$

что составляет 9300 км. Чтобы покинуть пределы системы Земля-Луна, аппарат должен преодолеть гравитационное воздействие Луны и после этого иметь скорость, достаточную для преодоления поля тяжести Земли. Вторая космическая скорость относительно Земли для расстояния  $(L + d)$  составит

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{L+d}},$$

где  $M$  – масса Земли. Но это есть скорость относительно Земли. Скорость аппарата относительно Луны может быть и меньшей, если он будет



## XVII Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

двигаться в ту же сторону, что и Луна. Минимальная скорость после выхода из гравитационного поля Луны будет равна

$$v_0 = v_2 - \sqrt{\frac{GM}{L}} = \sqrt{\frac{2GM}{L+d}} - \sqrt{\frac{GM}{L}} \approx \sqrt{\frac{GM}{L}} \cdot (\sqrt{2} - 1).$$

Здесь было учтено, что величина  $d$  значительно меньше, чем  $L$ . По закону сохранения энергии, скорость аппарата в гравитационном поле Луны, на расстоянии  $d$  от ее центра, должна быть равна

$$v^2 = v_0^2 + \frac{2Gm}{d} = \frac{GM}{L}(3 - 2\sqrt{2}) + \frac{2Gm}{d}.$$

Здесь  $m$  — масса Луны. Подставляя численные значения, получаем величину скорости: 1.1 км/с.



### Мир галактик (Е.Н. Фадеев)

Класс:

9

Задача:

3

**?** Вам предоставлены фотографии десяти галактик (негатив). Определите, к какому морфологическому классу принадлежит каждая из галактик.

**!** По классификации Хаббла галактики делятся на эллиптические, линзовидные, спиральные (обычные и пересеченные) и неправильные.

Эллиптические галактики (обозначение  $E$ ) имеют круглую или близкую к эллиптической форму. Их яркость спадает монотонно от центра к периферии. Обычно эллиптические галактики не имеют структурных деталей. Эти галактики подразделяются на подтипы в зависимости от степени сжатия, которая определяется по формуле

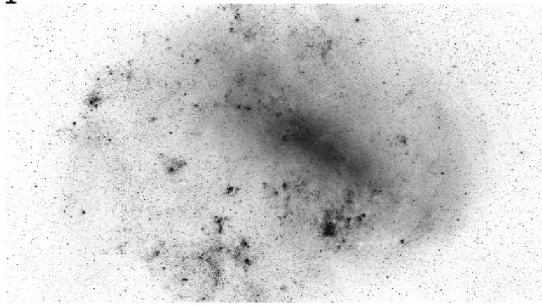
$$n = 10 \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right),$$

где  $b$  и  $a$  — малая и большая полуоси эллипса. Круглая галактика получает обозначение  $E0$ , а галактика с соотношением осей 1:2 —  $E5$ .

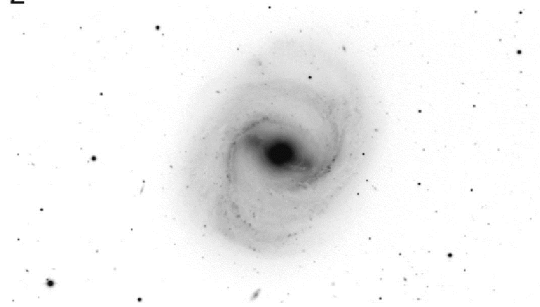
Спиральные галактики имеют два ярких компонента — балдж и звездный диск. Балдж — это сферическая подсистема, свойства которой сходны со свойствами эллиптических галактик. Звездный диск в спиральных галактиках обычно гораздо больше балджа по радиусу, но меньше по толщине. Наиболее яркой частью диска являются спиральные рукава, содержащие много пыли, газа и молодых горячих звезд. По наличию или отсутствию "бара" — перемычки, пересекающей балдж, спиральные галактики разделяют на два вида: обычные ( $S$ ) и пересеченные ( $SB$ ). И те, и другие галактики подразделяют на подтипы  $Sa$  ( $SBa$ ),  $Sb$  ( $SBb$ ),  $Sc$  ( $SBc$ ),  $Sd$  ( $SBd$ ), а также переходные подтипы  $Sab$  ( $SBab$ ),  $Sbc$  ( $SBbc$ ),  $Scd$  ( $SBcd$ ).

# Практический тур

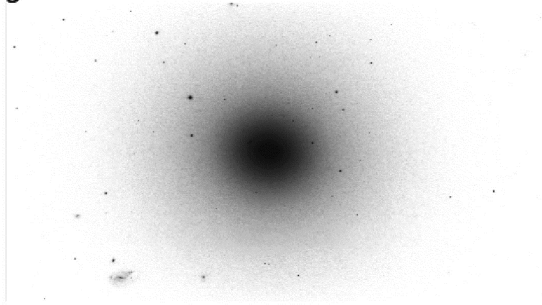
1



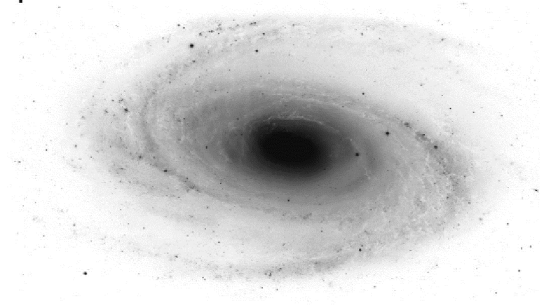
2



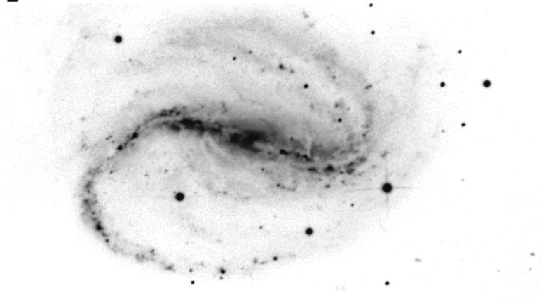
3



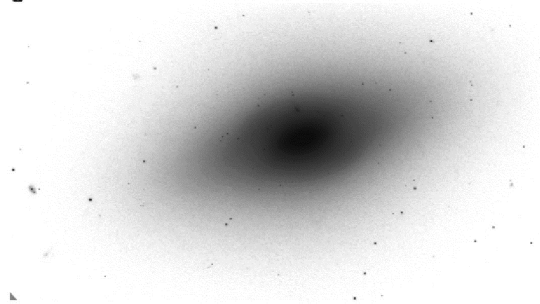
4



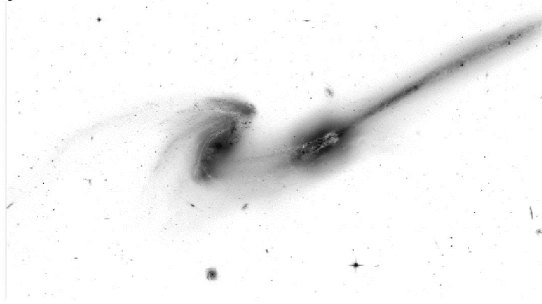
5



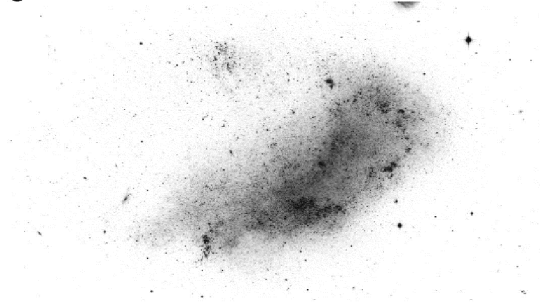
6



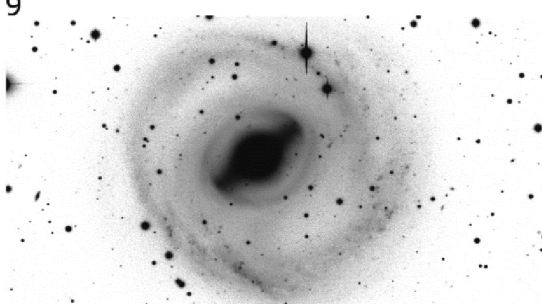
7



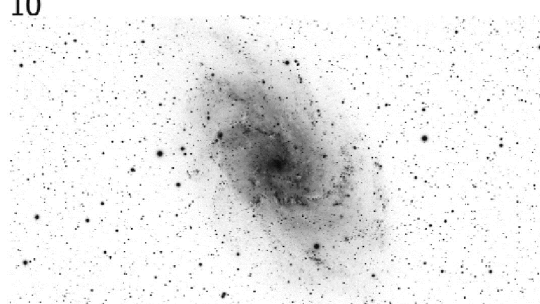
8



9



10



## XVII Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Галактики ранних типов  $Sa$  ( $SBa$ ) характеризуются большим размером балджа и четко выраженными туго закрученными спиральными рукавами. Галактики позднего типа  $Sc$  ( $SBc$ ),  $Sd$  ( $SBd$ ), наоборот, характеризуются малым размером балджа, который в галактиках подтипа "d" практически исчезает совсем, и слабой закруткой рукавов. Кроме того, сами рукава начинают дробиться на отдельные облака.

Линзовидные галактики ( $SO$ ) представляют собой переходный тип между эллиптическими и спиральными галактиками. Отличаются от спиральных галактик отсутствием спиральных рукавов, но, в отличие от эллиптических галактик, в линзовидных присутствует пыль и газ.

Неправильные галактики ( $I$ ,  $Ir$  или  $Irr$ ) не имеют регулярной формы. Они содержат много пыли, газа и молодых звезд. В ряде галактик удается выделить перемычки и даже некое подобие спиральной структуры. Такие неправильные галактики получили название Магеллановых спиральных галактик ( $Sm$  и  $SBm$ ) по их прототипу, Большому Магелланову облаку.

**Ответы на задания.** В скобках приведены названия галактик.

1. Галактика имеет клочковатую форму. Можно разглядеть области звездообразования и пылевые прожилки. Очевидно, это неправильная галактика. В центре видна яркая структура, видимо, бар. Яркие облака имеют тенденцию группироваться в цепочку сходную со спиральным рукавом, что позволяет классифицировать эту галактику как  $SBm$  (*Большое Магелланово облако*).

2. Спиральная галактика с перемычкой. Имеет средних размеров балдж и достаточно четкие спиральные рукава. Это позволяет классифицировать ее как галактику  $SBb$  ( $M91$ ).

3. Эллиптическая галактика. Имеет форму близкую к кругу. Следовательно, она относится к типу  $E0$  ( $NGC 4458$ ).

4. Спиральная галактика, видимая сбоку. Имеет довольно большой балдж и хорошо различимые и достаточно туго закрученные рукава, чтобы классифицировать галактику как  $Sab$  или  $Sb$  ( $M81$ ).

5. Спиральная галактика с перемычкой. Имеет очень маленький балдж. Спиральные рукава слабо закручены, но еще не разбиваются на отдельные облака. Тип галактики  $SBc$  ( $NGC 7479$ ).

6. Сильно вытянутая эллиптическая галактика  $E5$  ( $NGC 4660$ ).

7. Пара взаимодействующих галактик, известная как "мыши". Форма каждой из галактик сильно искажена приливными силами ( $NGC 4676$ ).

8. Неправильная галактика  $Irr$  ( $NGC 1427A$ ).

9. Галактика с перемычкой и средних размеров балджем. Окружающий галактику диск либо представляет собой очень туго скрученные рукава, либо не имеет рукавов вовсе. С равной вероятностью галактику можно причислить к типам  $SB0$  и  $SBa$  ( $NGC 2217$ ).

10. Спиральная галактика без перемычки. Имеет маленький балдж и фрагментарные, но довольно скрученные рукава. Тип  $Sc$  или  $Scd$  ( $M33$ ).