

Научно-исследовательская работа

Астрономия

**ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕЛЕСКОПА  
РЕФРАКТОРА**

*Работу выполнила:*

**Четверикова Анастасия Михайловна**

*студентка 2 курса групп В-9-19*

*ПГПОУ «Пермский агропромышленный техникум», Россия, г. Пермь*

*Руководитель:*

**Григорьев Алексей Николаевич**

*преподаватель астрономии*

*ПГПОУ «Пермский агропромышленный техникум», Россия, г. Пермь*

## ВВЕДЕНИЕ

Новые открытия происходят в нашей жизни ежеминутно. В современное время сложно представить жизнь без очевидных вещей. Все что существует сейчас- это заслуги древних людей, наших предков, которые стремились к познанию мира и окружающей среды. Опыты и изучения помогли внести в науку огромный вклад, распахнув дверь в удивительное пространство космоса. Перед нами оказался мир, полный загадок и тайн. Нашим проводником стал телескоп, помогая нам глубже познать многое о Вселенной.

Можно с уверенностью сказать, что все когда-либо мечтали поближе рассмотреть звезды. С помощью бинокля или подзорной трубы можно полюбоваться ярким ночным небом, однако вы вряд ли сможете разглядеть в эти приборы что-то подробно. Здесь понадобится более серьезная аппаратура – телескоп. Не все могут позволить себе купить телескоп. Но не стоит отчаиваться. Можно сделать телескоп своими руками. Наблюдение за небом через такой аппарат позволит увидеть в разы больше чем через бинокль.

Телескоп – это оптический прибор, для наблюдения и изучения отдаленных объектов на ночном небе. Телескопическая система дает шанс взглянуть на звезды через объектив, разглядеть мельчайшие детали пространства.

**Актуальность:** Знания о строении телескопа дает возможность изготовить телескоп своими руками и даст возможность наблюдения за ночным небом с помощью аналога специализированного оборудования, созданного в домашних условиях.

**Цель работы:** изучить строение и изготовить телескоп-рефрактор.

**Задачи:**

- 1) Ознакомиться с учебной и научной литературой по теме исследования, в том числе с ресурсами Интернет;
- 2) Изучить устройство и принцип работы телескопа-рефрактора;
- 3) Изготовить простейший телескоп-рефрактор.

**Объект исследования:** телескоп.

**Предмет исследования:** устройство и принцип работы телескопа-рефрактора.

**Методы проекта:** изучение и анализ литературы и ресурсов Интернет, моделирование, наблюдение и эксперимент.

## О ТЕЛЕСКОПАХ

*Телескоп* – это оптический прибор, для наблюдения и изучения отдаленных объектов на ночном небе. Телескопическая система дает шанс взглянуть на звезды через объектив, разглядеть мельчайшие детали пространства.

### История создания телескопа

Идея создания телескопа на протяжении многих столетий будоражила умы. Арабский ученый Альхазен проводил эксперименты с различными видами зеркал, изучая преломление света. Результаты своих трудов он подробно описал в нескольких книгах, за что уже почетно в Европе получил имя «отца оптики». По его пути пошли известные английские ученые 13 века. Например, Роджер Бэкон, который уже задумался об изобретении телескопа.

Первый шаг совершил астроном Томас Диггес, который в 1450 году пытался увеличить звезды с помощью выпуклой линзы и вогнутого зеркала.

Самые первые чертежи простейшей одно линзовой и двух линзовой зрительной трубы были обнаружены в записях Леонардо Да Винчи. В те времена телескоп еще назывался зрительной трубой.

Первая в Европе консерватория на Датском острове Вен была создана без телескопа, хоть и местный астроном-наблюдатель Тихо Браге совершил в небе не мало замечательных открытий ему явно не хватало оптического помощника.

В 1608 году голландским мастером Липперсгейем была воспроизведена зрительная двух линзовая зрительная труба по чертежам Да Винчи. Устройство было довольно простым: в трубе на расстоянии располагались две линзы. Объективом являлась выпуклая линза с фокусным расстоянием в 10, 20, 30

дюймов и окуляр- вогнутая рассеивающая линза. Недостатком этого устройства являлось малое поле зрения и слабая яркость картинки.

Первый телескоп, собранный Галилеем в 1609 году, имел трехкратное увеличение. Позже ему удалось добиться 32-кратного приближения. В дальнейшем ученые поняли, что увеличение фокусного расстояния улучшает качество изображения и помогает избежать аберраций, или искажений. Размеры телескопов при этом стали достигать 100 метров. Галилей также стал первым ученым, который стал использовать оптику для изучения небесных светил. Свои открытия он описал в своей книге «Небесный вестник» чем потряс весь мир. Именно с Галилея началось бурное создание телескопов.

В 1611 году немецкий ученый Иоганн Кеплер разработал инструмент с двумя выпуклыми линзами. Эта схема давала перевернутое изображение, но зато оно было более четким и ярким, и при этом значительно расширялось поле зрения. Также в 1611 году греческий математик Иоаннис Димисианос предложил название «телескоп».

Первый телескоп по схеме Кеплера был сделан в 1613 году ученым Кристофом Шейнером. Он же впервые использовал для наведения телескопа две взаимно перпендикулярные оси, одна из которых стоит под прямым углом к плоскости экватора, что помогало компенсировать вращение Земли при наблюдениях.

В 1668 году телескопы впервые выдвинули на первый план ученого Исаака Ньютона. Он установил, что линзовые телескопы выдают через чур большое искажение, поэтому соорудил прибор- «телескоп-рефлектор», где лучи фокусировались в вогнутом зеркалом изогнутой бронзы. Длиной он был всего 15 см и диаметром 33 мм. Ученый смог добиться 40-кратного увеличения высокого качества.

В 1672 году француз Лоран Кассегрен предложил двухзеркальную схему, где первое зеркало было параболическим, а в качестве второго рефлектора выступал выпуклый гиперболоид, располагающийся перед фокусом первого. Первый подобный телескоп был сделан в 1732 году. Таким образом, уже в

конце 17 века были разработаны все основные схемы телескопов, которые совершенствовались в последующие годы.

В середине 19 века появились первые фотографии, выполненные с помощью телескопов. В 1860-е годы произошло важное событие в мире астрономии – англичанин Уильям Хаггинс впервые использовал вместе с телескопом спектроскоп. Ученый исследовал спектры излучения звезд и доказал различия между галактиками и туманностями.

В 1917 году в Калифорнии был построен зеркальный телескоп Хукера диаметром 2,5 м, с помощью которого Эдвин Хаббл делал свои открытия. В 1948-м там же был запущен телескоп Хейла диаметром 5,15 м. Он оставался самым крупным в мире до 1976 года.

В СССР был открыт БТА (Большой телескоп азимутальный), установленный в Специальной астрофизической обсерватории на горе Семиродники около Нижнего Архыза. Это был первый телескоп с альт-азимутальной компьютеризованной монтировкой. По сей день зеркало БТА диаметром 605 см является самым большим по массе. Самый большой в мире телескоп с цельным зеркалом диаметром 10 м находится на Гавайских островах.

2008 году в городе Новосибирске ученые с приборостроительного завода воссоздали телескоп-рефлектор ТАЛ-35 по схемам Исаака Ньютона. Чертежи создавались практически с нуля – на основе архивной информации. Единственное отличие копии от исторического оригинала – качество изображения.

В 20-м веке также наблюдалось развитие телескопов, которые работали в широком диапазоне длин волн от радио до гамма-лучей. С тех пор было разработано огромное множество сложных астрономических приборов. Если во второй половине XIX века моду задавали телескопы-рефракторы, то в XX веке лидерами стали зеркальные рефлекторы. И сегодня в большинстве телескопов используются зеркальные схемы.

## Виды телескопов

В настоящее время существует большое количество телескопов разных диапазонов электромагнитного спектра: оптические, радиотелескопы, гамма-телескопы, рентгеновские телескопы. При всем своем многообразии, все телескопы, принимающие электромагнитное излучение, решают две основных задачи: первая задача телескопа - создать максимально резкое изображение и, при визуальных наблюдениях, увеличить угловые расстояния между объектами. Вторая задача телескопа – увеличивать угол, под которым наблюдатель видит объект. Способность увеличивать угол характеризуется увеличением телескопа. Оно равно отношению фокусных расстояний объектива и окуляра.

Оптические телескопические системы используют в астрономии для наблюдения за небесными светилами, в оптике для различных вспомогательных целей: например, для расходимости лазерного излучения. Телескопы так же можно использовать в качестве зрительной трубы, наблюдая за отдаленными предметами.

По своей оптической схеме большинство телескопов делятся на:

- 1) Линзовые (рефракторы) – в качестве объектива используется линза или система линз.
- 2) Зеркальные (рефлекторы) – вогнутое зеркало используется в качестве объектива.
- 3) Зеркально-линзовые телескопы – в качестве объектива используется обычно сферическое главное зеркало, а для компенсации погрешностей служат линзы.

Это может быть одиночная линза, ахроматический мениск Максудова или planoидная асферическая пластина (системы Шмидта, Райта). Иногда главному зеркалу придают форму эллипсоида, сплюснутого сфероида (камера Райта), или просто немного фигурированную неправильную поверхность. Этим удаётся исправить остаточные аберрации системы.

Кроме того, для наблюдений за Солнцем профессиональные астрономы используют специальные солнечные телескопы, отличающиеся конструктивно от традиционных звёздных телескопов.

В любительской астрономии помимо сфокусированного изображения используется несфокусированное, полученное выдвиганием окуляра – для оценки блеску туманных объектов, например, комет, сравнением с блеском звёзд. Для подобной оценки блеска Луны в полнолуние, например, во время лунного затмения, используется «перевернутый» телескоп – наблюдение Луны в объектив.

Для исследования космических объектов в радиодиапазоне применяют радиотелескопы. Основными элементами радиотелескопов являются принимающая антенна и радиометр – чувствительный радиоприёмник, перестраиваемый по частоте, и принимающая аппаратура. Поскольку радиодиапазон гораздо шире оптического, для регистрации радиоизлучения используют различные конструкции радиотелескопов, в зависимости от диапазона.

Самые распространенные типы оптических устройств – рефракторы и рефлекторы. Первый тип имеет объектив, выполненный из системы линз, а второй – зеркальный объектив.

Рефракторы – это первые телескопы, изобретенные человеком. В таком телескопе за сбор света отвечает двояковыпуклая линза, которая выступает в роли объектива (Рис.1.). Ее действие строится на основном свойстве выпуклых линз – преломлении световых лучей и их сборе в фокусе.

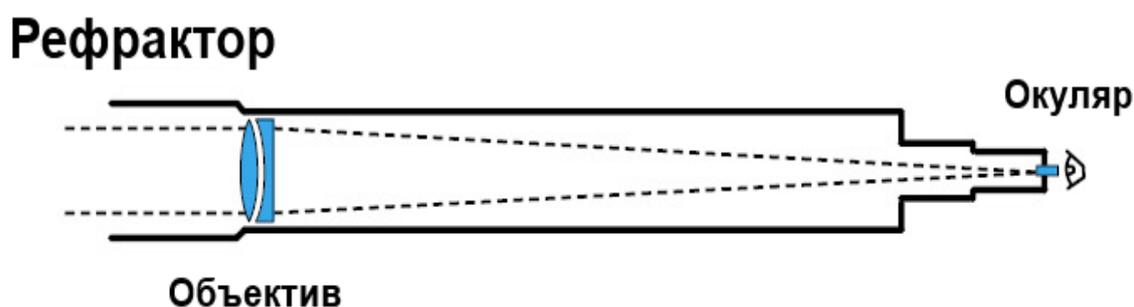


Рис.1. Устройство рефрактора

**Рефрактор Галилея.** В нем были использованы две линзы, с помощью которых собиралось максимальное количество звездного света. Первая линза, которая выступала в роли объектива, была выпуклой и служила для сбора и фокусировки света на определенном расстоянии. Вторая линза, играющая роль окуляра, была вогнутой и использовалась для превращения сходящего светового пучка в параллельный. С помощью системы Галилея можно получить прямое, неперевернутое изображение, качество которого сильно страдает от хроматической аберрации (погрешности изображения).

**Рефрактор Кеплера.** Здесь в роли окуляра использовалась выпуклая линза, в которой передний фокус был совмещен с задним фокусом линзы-объектива. От этого итоговое изображение было перевернутым, что не принципиально для астрономических исследований.

Для данной схемы также была характерна хроматическая аберрация, впрочем, эффект от нее можно было сглаживать, увеличив фокусное расстояние. Именно поэтому телескопы того времени имели огромное фокусное расстояние с трубой соответствующего размера, что вызывало серьезные трудности при проведении астрономических исследований.

В начале 18 века появился рефрактор, который популярен и сейчас. Объектив данного прибора сделан из двух линз, изготовленных из различных видов стекла. Одна линза – собирающая, вторая – рассеивающая. Такая структура позволяет серьезно уменьшить хроматическую и сферическую погрешность. А корпус телескопа остается весьма компактным. Сегодня созданы рефракторы апохроматы, в которых влияние хроматической аберрации сведено к возможному минимуму.

**Рефлектор** – оптический телескоп, имеет более сложное строение и использует в качестве светособирающего элемента зеркало. Самый первый рефлектор был создан Исааком Ньютоном в 17 веке, сегодня система ньютоновского рефлектора является наиболее популярной среди современных телескопов

*Телескоп Ньютона* является самым простым по своему строению. Плоское диагональное зеркало располагается вблизи фокуса под углом 45 градусов. Оно отклоняет пучок свет вверх. В зависимости от размера относительного отверстия главное зеркало может быть параболической или сферической формы. Изображение в телескопе Ньютона перевернутое (Рис. 2).

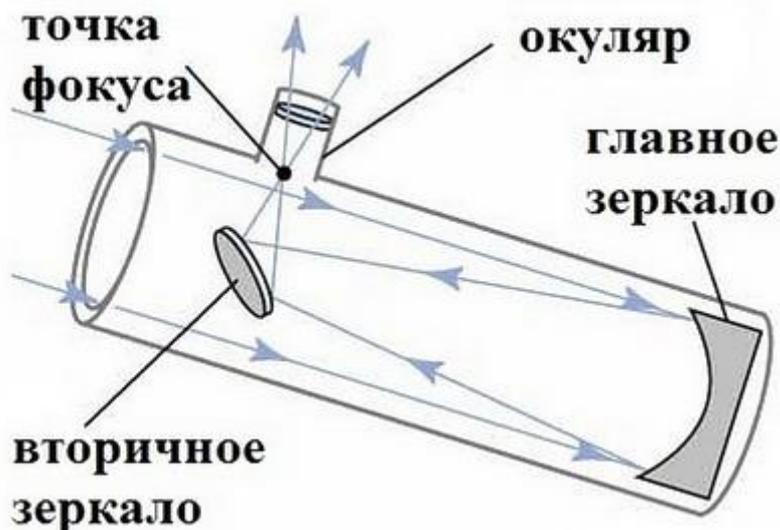


Рис. 2. Схема рефлектора Ньютона

Сейчас также используют радиотелескопы и космические телескопы. Для исследования космических объектов в радиодиапазоне применяют радиотелескопы. Основными элементами радиотелескопов являются принимающая антенна и радиометр – чувствительный радиоприемник, перестраиваемый по частоте, и принимающая аппаратура.

## УСТРОЙСТВО ТЕЛЕСКОПА-РЕФРАКТОРА

Телескоп представляет собой трубу, установленную на монтировке, снабжённой осями для наведения на объект наблюдения и слежения за ним. Визуальный телескоп имеет объектив и окуляр. Линза, обращенная к объекту наблюдения, называется объективом, а линза, к которой прикладывает свой глаз наблюдатель – окуляр. Задняя фокальная плоскость объектива совмещена с передней фокальной плоскостью окуляра. В фокальную плоскость объектива вместо окуляра может помещаться фотоплёнка или матричный приёмник

излучения. В таком случае объектив телескопа, с точки зрения оптики, является фотообъективом, а сам телескоп превращается в астрограф. Телескоп фокусируется при помощи фокусирующего устройства.

Простейшей оптической системой является линза, которая представляет собой тело, изготовленное из однородного прозрачного для света вещества и ограниченное двумя сферическими поверхностями. Если расстояние между ограничивающими линзу поверхностями в центре линзы  $d$  намного меньше радиусов их кривизны ( $d \ll R_1, R_2$ ), то линза называется тонкой.

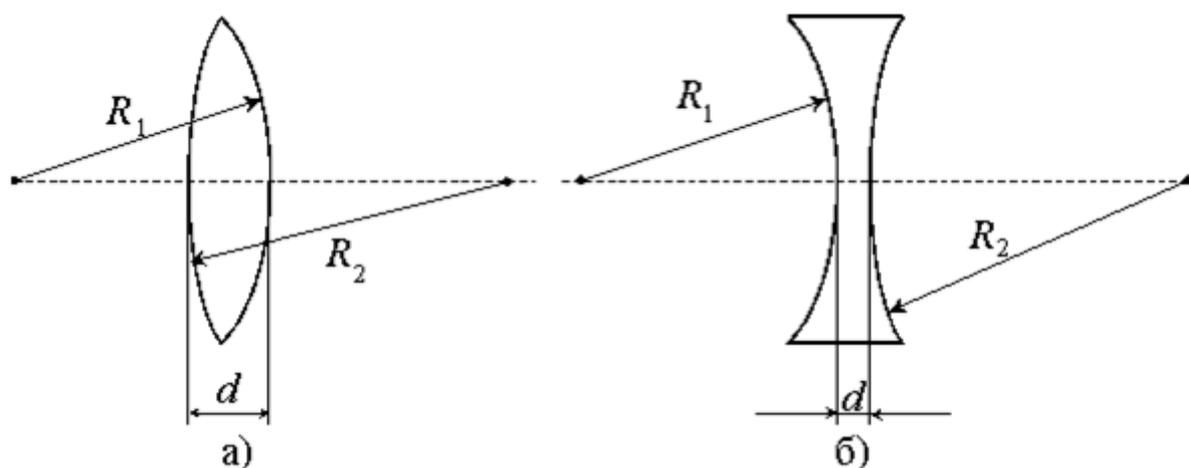


Рис. 3 Двояковыпуклая (а) и двояковогнутая (б) линзы

Линия, соединяющая центры  $O_1$  и  $O_2$  ограничивающих линзу сферических поверхностей, называется главной оптической осью. Лучи, параллельные оптической оси, после прохождения через двояковыпуклую (собирающую) линзу сходятся в точке  $M$  на этой оси (рис. 4, а) (линза имеет два главных фокуса). Эта точка называется главным фокусом собирающей линзы. При прохождении через двояковогнутую (рассеивающую) линзу параллельные лучи расходятся. Точка  $M_1$  на главной оптической оси, где пересекаются продолжения этих расходящихся лучей, называется главным фокусом рассеивающей линзы (рис. 4, б) (этот фокус называют также мнимым).

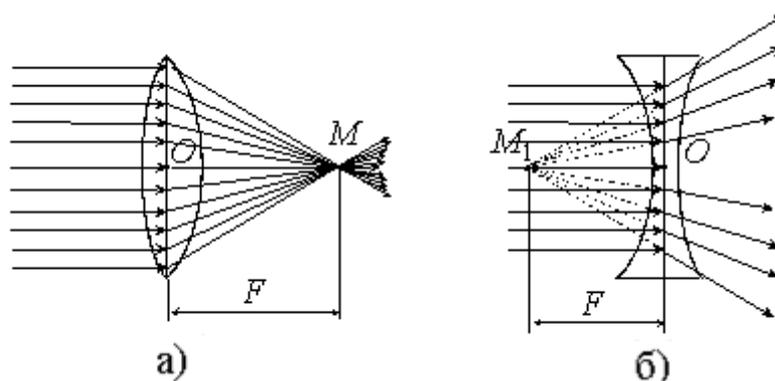


Рис. 4. Ход лучей в линзах двояковыпуклой (а) и двояковогнутой (б)

Расстояние от оптического центра линзы  $O$  до главного фокуса называется фокусным расстоянием линзы  $F$ . Оно зависит от величины радиусов кривизны  $R_1$  и  $R_2$ , ограничивающих ее сферических поверхностей (Рис. 3), от величины показателя преломления  $n$  и материала линзы относительно окружающей среды.

Величина  $D$  называется *оптической силой линзы*. Оптическая сила линзы измеряется в диоптриях. Диоптрия равна оптической силе линзы с фокусным расстоянием в один метр. Оптическая сила собирающей линзы положительна, а рассеивающей – отрицательна.

Основным свойством линзы является ее способность давать изображения предметов. Собирающая линза дает как действительное, так и мнимое изображение, как увеличенное, так и уменьшенное изображение, как прямое, так и обратное изображение. Это зависит от того, где расположен предмет: между линзой и фокусом, либо между фокусом и двойным фокусом, либо за двойным фокусом. Рассеивающая линза всегда дает мнимое и уменьшенное изображение. Расстояние предмета от линзы  $d$  и расстояние от линзы до изображения  $f$  (Рис. 5) связаны с ее фокусным расстоянием  $F$  соотношением:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} - \text{формула тонкой линзы.}$$

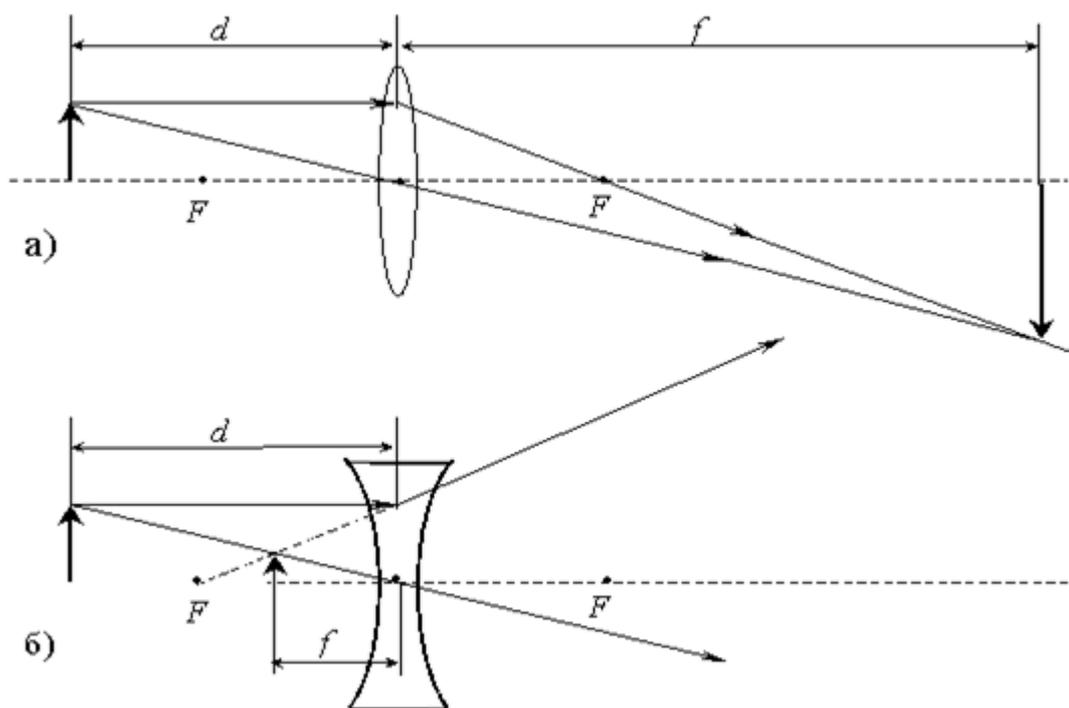


Рис.5. Построение изображения в линзах

В этой формуле знак (+) соответствует собирающей (рис. 5, а), а знак (-) - рассеивающей (рис. 5, б) линзам. Если собирающая линза дает мнимое изображение, то в формуле (2) надо перед слагаемым, содержащим величину  $f$ , ставить знак (-).

Используя формулу (2), можно экспериментально определить фокусное расстояние  $F$ . Однако точность такого непосредственного определения фокусного расстояния невелика. Это связано с тем, что при измерении расстояний  $d$  и  $f$  мы делаем относительно большие ошибки.

Телескоп принято характеризовать угловым увеличением  $\gamma$ . В отличие от микроскопа, предметы, наблюдаемые в телескоп, всегда удалены от наблюдателя.

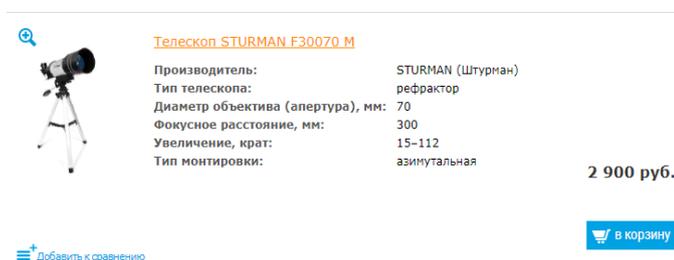
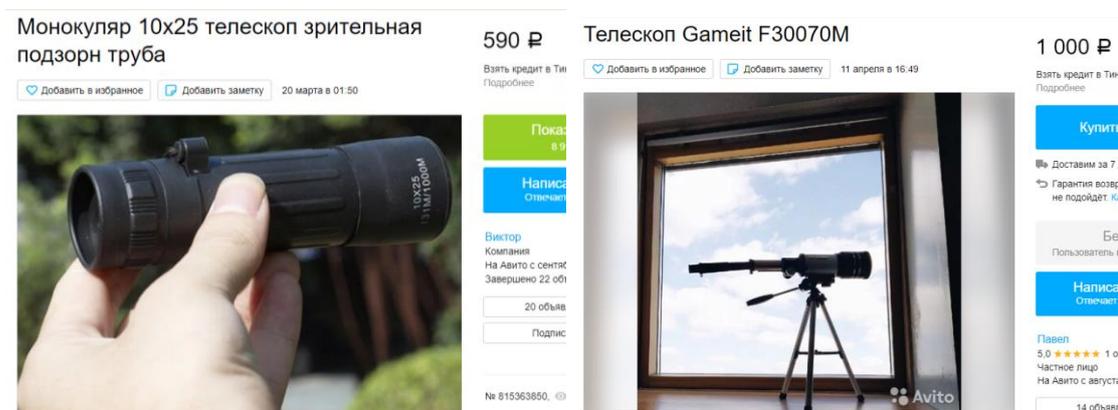
$$\gamma = \frac{F_1}{F_2}.$$

Принцип работы телескопа заключается не в увеличении объектов, а в сборе света. Чем больше у него размер линзы, тем больше света он собирает.

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕЛЕСКОПА-РЕФРАКТОРА

## Экономическое обоснование

В настоящее время телескопы, можно сказать, достаточно доступный товар. В сети Интернет можно найти большое количество различных ценовых категорий, года выпуска, цвета, размера. Любительский рефрактор б/у можно приобрести от 600 рублей, но одним из главных недостатков такой покупки может оказаться непригодный товарный вид и погрешности изображения. Более профессиональные модели телескопа - рефрактора б/у можно купить от 1000 рублей. Качество картинки уже будет намного выше, но чаще всего в таких телескопах возникает проблема в настраивании изображения самого телескопа. Цена на новые модели телескопов – рефракторов из специализированных магазинов начинается от 3500 рублей. Они имеют достойное качество, хорошую фокусировку и чаще их легко настраиваются (Рис. 6).



Производитель:	STURMAN (Штурман)
Тип телескопа:	рефрактор
Диаметр объектива (апертура), мм:	70
Фокусное расстояние, мм:	300
Увеличение, крат:	15-112
Тип монтировки:	азимутальная



Производитель:	Levenhuk (Левенгук)
Тип телескопа:	рефрактор
Диаметр объектива (апертура), мм:	40
Фокусное расстояние, мм:	500
Увеличение, крат:	25-40
Тип монтировки:	азимутальная

Рис. 6. Обзор телескопов

## Технологическая последовательность проекта

Изучив строение телескопа рефрактора, я пришла к выводу, что самый простой образец можно создать достаточно бюджетно. Для изготовления модели были приобретены пластиковые ПВХ трубы  $D = 50$  мм и  $D = 100$  мм, пластиковая ПВХ заглушка  $D = 100$  мм, линзы  $D = 50$  мм и  $D = 9$  см. Исходя из расчетов, себестоимость телескопа составила примерно 450 рублей.

Для изготовления самодельного телескопа-рефрактора были использованы следующие материалы и приборы:

1. ПВХ труба  $D = 50$  мм
2. ПВХ труба  $D = 100$  мм
3. Пластиковая ПВХ заглушка  $D = 100$  мм
4. Линза  $D = 50$  мм
5. Линза  $D = 90$  мм
6. Изолента – 1 шт
7. Суперклей
8. Силикатный клей



Рис. 6. Материалы для изготовления телескопа-рефрактора

Последовательность изготовления	Изображение
<p>1. Измерение фокусного расстояния: у малой лупы = 12,5 см, у большой = 33 см. ФР двух линз составляет 55,5 см.</p>	
<p>2. От малой линзы отрезала держатель, зашкурила поверхность. Линзу соединила с трубой 5 см и зафиксировала его изолентой.</p>	
<p>3. После полученное изобретение вставила в заглушку, с заранее проделанным отверстием = диаметру 6 см</p>	
<p>4. От трубы, диаметром = 11 см отрезаю часть = 8 см, учитывая ФР линз.</p>	

<p>5. От большой лупы ножовкой отрезала держатель. После чего опять же зашкурила поверхность.</p>	
<p>6. В полученном обрезке трубы, отрезала около 2 см материала и вставила туда линзу, зафиксировав кольцо внутри клеем, а по длине окружности изолентой.</p>	
<p>7. Далее готовую линзу вставила в трубу.</p>	



Рис. 7. Собранный телескоп-рефрактор

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Я довольна своей работой. Углубленное изучение помогло мне узнать много интересного о создании телескопов и их эволюции. Больше всего мне понравилось создавать сам телескоп, это была в какой-то мере кропотливая работа, но именно при завершении работы я испытала неистовое удовольствие.

Сейчас мне нравится наблюдать за звездным чистым небом в полученное изобретение, и мне кажется, что ему можно найти не только личное применение, его так же и в учебное время, показывая строение самого простого и доступного телескопа, который можно смастерить самому.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пахомов И. И., Рожков О. В. Оптико-электронные квантовые приборы. — 1-е изд. — М.: Радио и связь, 1982. — С. 184. — 456 с.
2. В. А. Гуриков. История создания телескопа. Историко-астрономические исследования, XV / Отв. ред. Л. Е. Майстров — М., Наука, 1980
3. С. И. Вавилов. Галилей в истории оптики // УФН. — 1964. — Т. 64. — № 8. — С. 583—615.
4. Турыгин И. А. Прикладная оптика. — 1-е изд. — М.: Машиностроение, 1966.
5. Перейти обратно:Цесевич В.П. Что и как наблюдать на небе. — 6-е изд. — М.: Наука, 1984. — 304 с.
6. Телескоп (астрономия) – статья из Большой советской энциклопедии.