

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЕЙ АСТРОНОМИИ

НЕБОСВОД



СТАТЬЯ НОМЕРА

Возвращение к истокам

08'20
август

Небесный курьер (новости астрономии) Большая астропрогулка в Иванове

Журнал "Земля и Вселенная" 3 -2020 Иммерсионная микроскопия

Обзор астролитературы Небо над нами: август - 2020



Книги для любителей астрономии из серии «Астробиблиотека» от 'АстроКА'



Астрономический календарь на 2005 год (архив – 1,3 Мб)
<http://files.mail.ru/79C92C0B0BB44ED0AAED7036CCB728C5>

Астрономический календарь на 2006 год <http://astronet.ru/db/msg/1208871>
 Астрономический календарь на 2007 год <http://astronet.ru/db/msg/1216757>
 Астрономический календарь на 2008 год <http://astronet.ru/db/msg/1223333>
 Астрономический календарь на 2009 год <http://astronet.ru/db/msg/1232691>
 Астрономический календарь на 2010 год <http://astronet.ru/db/msg/1237912>
 Астрономический календарь на 2011 год <http://astronet.ru/db/msg/1250439>
 Астрономический календарь на 2012 год <http://astronet.ru/db/msg/1254282>
 Астрономический календарь на 2013 год <http://astronet.ru/db/msg/1256315>
 Астрономический календарь на 2014 год <http://astronet.ru/db/msg/1283238>
 Астрономический календарь на 2015 год <http://astronet.ru/db/msg/1310876>
 Астрономический календарь на 2016 год <http://astronet.ru/db/msg/1334887>
 Астрономический календарь на 2017 год <http://astronet.ru/db/msg/1360173>
 Астрономический календарь на 2019 год <http://astronet.ru/db/msg/1364103>

Астрономический календарь на 2020 год <http://www.astronet.ru/db/msg/1364099>

Астрономический календарь - справочник <http://www.astronet.ru/db/msg/1374768>

Солнечное затмение 29 марта 2006 года и его наблюдение (архив – 2,5 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1211721>

Солнечное затмение 1 августа 2008 года и его наблюдение (архив – 8,2 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1228001>

Кометы и их методы их наблюдений (архив – 2,3 Мб)

<http://astronet.ru/db/msg/1236635>

Астрономические хроники: 2004 год (архив - 10 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>

Астрономические хроники: 2005 год (архив – 10 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1217007>

Астрономические хроники: 2006 год (архив - 9,1 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1219122>

Астрономические хроники: 2007 год (архив - 8,2 Мб)

<http://www.astronet.ru/db/msg/1225438>

Противостояния Марса 2005 - 2012 годы (архив - 2 Мб)

http://www.astrogalaxy.ru/download/Mars2005_2012.zip

Календарь наблюдателя – Ваш неизменный спутник в наблюдениях неба!

КН на август 2020 года <http://www.astronet.ru/db/news/>



<http://astronet.ru>



<http://www.nkj.ru/>



НАУКА И ЖИЗНЬ



<http://www.popmech.ru/>



<http://www.vokruzsveda.ru>



Вышедшие номера журнала «Небосвод» можно скачать на следующих Интернет-ресурсах:

<http://www.astronet.ru/db/sect/300000013>

<http://www.astrogalaxy.ru>

<http://www.shvedun.ru/nebosvod.htm>

<http://www.astro.websib.ru/sprav/jurnalN> (журнал + все номера КН)

<http://ivmk.net/lithos-astro.htm>

ссылки на новые номера - на <http://astronomy.ru/forum>



Уважаемые любители астрономии!

Август - лучший летний месяц для наблюдений звездного неба в средних широтах. Появляется возможность наблюдать все более слабые туманности и кометы, тем более, что в завершающем месяце лета на вечернем небе взору любителей астрономии доступны три кометы, находящиеся в относительной близости друг от друга. Это NEOWISE (C/2020 F3), PANSTARRS (C/2017 T2) и Lemmon (C/2019 U6). Кометы перемещаются по созвездиям Волос Вероники и Волопаса недалеко от яркой звезды Арктур. 6 августа эти кометы максимально (в секторе около 8 градусов) сблизятся друг с другом. Самая яркая из этих комет, конечно же, нашумевшая комета лета 2020 года NEOWISE (C/2020 F3). В начале августа ее еще можно увидеть невооруженным глазом. Вынырнув из южного полушария небесной сферы, эта небесная странница появилась на небе средних широт нашей страны в начале июля и подарила многим и многим любителям астрономии возможность запечатлеть комету с ее великолепным хвостом. Фотографии хвостатой гостьи журнал публикует на своих страницах. Конечно, все фотографии невозможно опубликовать в журнале, поэтому все желающие могут просмотреть фото кометы, сделанные отечественными любителями астрономии на российском Астрофоруме в теме «C/2020 F3 (NEOWISE) - яркая комета лета» на <https://astronomy.ru/forum/index.php/topic.183811.0.html>. На вечернем и утреннем небе можно еще наблюдать серебристые облака, а ночью и утром наблюдается парад больших планет Солнечной системы. На фоне утренней зари видны Меркурий и Венера, а ночью наблюдаются Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Сведения об астрономических явлениях месяца можно узнать из статьи в данном номере журнала «Небо месяца: АВГУСТ - 2020», а также из [Календаря наблюдателя на август](#) и [Астрономического календаря на 2020 год](#). Журнал, по-прежнему, ждет ваших статей и фотографий для публикации на своих страницах.

Ясного неба и успешных наблюдений!

Искренне Ваш Александр Козловский

Содержание

- 4 **Небесный курьер (новости астрономии)**
Первые звезды во Вселенной погасли уже через 500 млн лет после Большого взрыва
Марат Мусин
- 10 **Телескоп из очковых линз (возвращение к истокам)**
Евгений Давыдовский
- 23 **Иммерсионная микроскопия**
Николай Дёмин
- 25 **Обзор астрономической литературы**
Николай Дёмин
- 28 **Большая астропрогулка в Иванове**
Сергей Беляков
- 30 **«Земля и Вселенная» 2 - 2020**
Валерий Щивьев
- 32 **Комета NEOWISE (C/2020 F3)**
Астрономическая картинка дня
- 34 **Небо над нами: АВГУСТ - 2020**
Александр Козловский

Обложка: Комета NEOWISE и туманности
<http://www.astronet.ru/db/apod.html>

Вы бы не испугались диких животных, чтобы сфотографировать такое небо? Один астрофотограф так и поступил, и мы можем любоваться результатом. Во-первых, на картинке запечатлено множество звезд, многие из самых ярких выделяются голубым цветом. Во-вторых, можно увидеть несколько красноватых туманностей, включая туманность Калифорния около правого края, а над ней – туманности Сердце и Душа. Однако главной причиной не испугаться местной дикой природы была комета NEOWISE, которая видна слева. Картинка смонтирована из снимков с длинными экспозициями, полученными на прошлой неделе. Голубой ионный хвост кометы NEOWISE направлен прямо вверх, от восходящего Солнца, а отражающий солнечный свет пылевой хвост отклонился направо. Для создания картинки были сделаны три последовательные экспозиции общей длиной более 10 минут из одного места около Меджигорже в Польше. Освещенная Лунной грунтовой дорожкой показывает путь вперед, где на горизонте видны горы Снежник. Комета C/2020 F3 (NEOWISE) пролетит ближе всего к Земле на следующей неделе. После этого пятикилометровый испаряющийся грязный ком снега начнет ослаблять яркость, направляясь назад, на окраины Солнечной системы.

Авторы и права: Ярек Ожива

Перевод: Д.Ю. Цветков

Журнал для любителей астрономии «Небосвод»

Издается с октября 2006 года в серии «Астробиблиотека» (АстроКА)

Гл. редактор, издатель: **Козловский А.Н.** (<http://moscowaleks.narod.ru> - «Галактика», <http://astrogalaxy.ru> - «Астрогалактика») сайты созданы редактором журнала совместно с Александром Кременчуцким)

Обложка: **Н. Демин**, корректор **С. Беляков** stgal@mail.ru (на этот адрес можно присылать статьи)

В работе над журналом могут участвовать все желающие **ЛА России и СНГ**

Веб-ресурс журнала: <http://www.astronet.ru/db/author/11506>, почта журнала: stgal@mail.ru

Тема журнала на Астрофоруме - <http://www.astronomy.ru/forum/index.php/topic.19722.0.html>

Веб-сайты: <http://astronet.ru>, <http://astrogalaxy.ru>, <http://astro.websib.ru>, <http://ivmk.net/lithos-astro.htm>

Сверстано 28.07.2020

© **Небосвод, 2020**

Первые звезды во Вселенной погасли уже через 500 млн лет после Большого взрыва

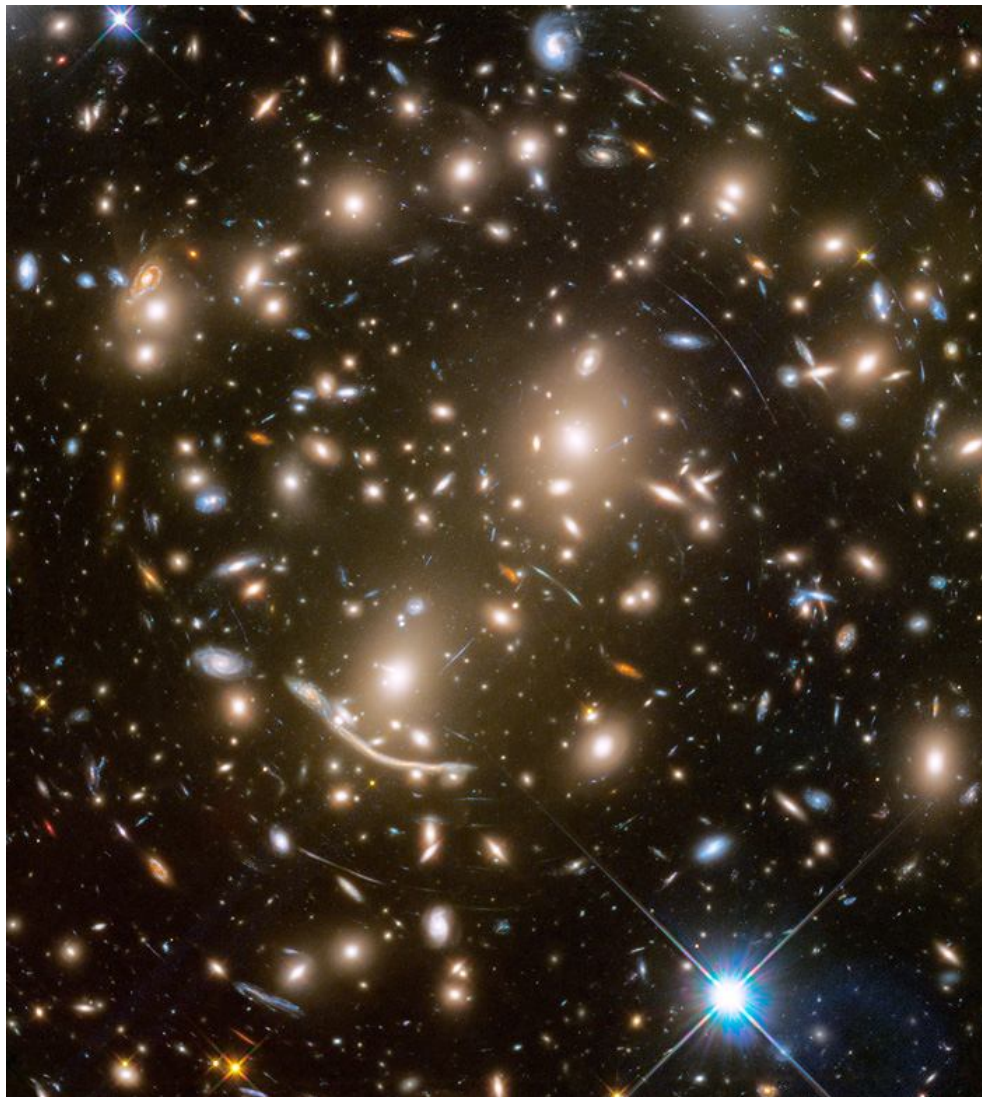


Рис. 1. Скопление галактик Abell 370, сфотографированное телескопом «Хаббл». Эта область — одна из площадок, выбранных для исследования в рамках обзора Hubble Frontier Fields, проводившегося в 2013–2017 годах. Голубые дуги — наиболее явный результат гравитационного линзирования более далеких галактик этим скоплением. Фото с сайта frontierfields.org

Задача поиска следов самых первых звезд, которые зажглись во Вселенной, — одна из основных в современной астрофизике. Проблема в том, что эти звезды существовали очень небольшое время после Большого взрыва, а возможностей современных телескопов едва хватает, чтобы заглядывать в те далекие времена. Недавно появилась статья, авторы которой пишут о своем подходе к работе с данными обзора Hubble Frontier Fields, дополненными наблюдениями космического инфракрасного

телескопа «Спитцер» и наземного Очень большого телескопа в Чили. Ученые использовали сложное моделирование и нетривиальные алгоритмы обработки снимков далеких галактик, свет от которых был усилен гравитационными линзами. И

хотя следов первых звезд им найти не удалось, эта работа всё равно дала важные результаты. Во-первых, из нее следует, что всего через 500 млн лет после Большого взрыва самых первых звезд уже не осталось. Во-вторых, применение методов, описанных в этой работе, к данным телескопа им. Джеймса Уэбба, запуск которого намечен на будущий год, наверняка приведет астрономов к долгожданному обнаружению первых звезд.

Во Вселенной много загадок, но один из самых важных нерешенных вопросов относится к первым звездам: когда они сформировались и как сильно условия во Вселенной в то время отличались от сегодняшних? По данным современной физической космологии, первые

звёзды начали формироваться спустя несколько сотен миллионов лет после Большого взрыва, когда Вселенная достаточно остыла для того, чтобы облака водорода смогли нарушить установившееся гидростатическое равновесие и начать сжиматься в протозвёзды. Сформировавшиеся таким образом звёзды стали первыми источниками света во Вселенной, приняли участие в процессе реионизации и обогатили космос первыми тяжелыми элементами. Но это всё в теории. Чтобы проверить эти предположения, первые звёзды необходимо обнаружить.

За последние сто лет астрономы пришли к выводу, что звёзды не образовались в какой-то один момент: и в каждой галактике, и во Вселенной в целом процесс образования звезд идет миллиарды лет, и, например, в Млечном Пути он еще не закончился. Естественно, из-за изменения химического состава

Вселенной (которое в основном происходит благодаря нуклеосинтезу в недрах звезд и при вспышках сверхновых) вновь образованные звёзды отличаются от тех, что появились раньше. Для классификации звезд с точки зрения времени их образования используется понятие звездное население (или звездное поколение).

Как и многие термины в астрономии, поколения звезд называются (точнее, нумеруются) не в хронологическом (относительно возраста Вселенной) порядке, а в порядке, в котором их открывали ученые. Поэтому звёзды, которые образовались позже всего (например, наше Солнце), относят к населению I (см. Population I stars) — они сформировались из остатков более ранних звезд, и в их внешних слоях относительно много тяжелых элементов (то есть элементов тяжелее гелия, которые в астрономии принято называть металлами), которые сами там образоваться не могли. Так, например, на поверхности Солнца более 1% от массы составляют кислород, углерод и неон. Эти более ранние звёзды тоже образовались не только из водорода или гелия — хотя большая часть их прогорела и взорвалась, но самые холодные из них (а значит, маломассивные и потому способные существовать очень долго) были найдены в звездных скоплениях, разбросанных по нашей Галактике. Их называют звездами населения II (см. Population II stars). В них намного меньше элементов тяжелее гелия, но они всё же там есть. И только в исходных ингредиентах самых первых звезд — звезд населения III (см. Population III stars) — должны быть только водород и гелий, то есть элементы, которые были во Вселенной сразу после Большого взрыва. Звёзды населения III до сих пор не найдены.

Сразу нужно оговориться, что напрямую увидеть отдельные звёзды населения III мы, скорее всего, не сможем никогда. Разрешение лучших телескопов — существующих, проектируемых и даже еще только планируемых — позволит видеть отдельные звёзды разве что в самых близких галактиках (а, например, часть звезд нашего Млечного Пути скрыта от нас облаками газа и пыли, и мы их не увидим никогда). Поэтому астрономы пытаются найти галактики в молодой Вселенной, в которых есть хотя бы косвенные признаки наличия звёзд населения III.

Один из признаков — следы, оставленные взрывами сверхновых. Первые звёзды были крайне массивными и прожигали весь свой водород всего за несколько миллионов лет, взрываясь сверхновыми. Поэтому в галактиках молодой Вселенной должен быть сильный избыток рентгеновского излучения, возникающего в таких процессах. Поиски этих рентгеновских следов идут в галактиках на больших красных смещениях — то есть эти галактики очень далекие, и мы их видим в то время, когда Вселенная была молода. Недостаток этого метода в том, что он позволяет найти галактики, где звёзды населения III еще «недавно» были, но уже исчезли. Это означает, что можно только примерно предположить время их появления, а получить информацию об их массе, составе и распределении по объему родительской галактики, увы, не получится.

Обнаружить следы присутствия звезд населения III во время их жизни можно по особенностям излучения галактик в ультрафиолетовом диапазоне (о том, почему это так, рассказано ниже). Именно этот УФ-след и ищет группа астрономов во главе с исследователем из Европейского космического агентства Рачаной Бхатавдекар (Rachana Bhatawdekar). Первая статья группы, посвященная этой теме, вышла в прошлом году (R. Bhatawdekar et al., 2019. Evolution of the galaxy stellar mass functions and UV luminosity functions at $z = 6-9$ in the Hubble Frontier Fields). Сейчас к печати в журнале MNRAS готовится их вторая статья, доступная пока в виде препринта. О ней и пойдет речь дальше.

Все работы по первым звездам ведутся на пределе технических возможностей современных телескопов, и измерения проводятся, увы, с большими погрешностями. Поэтому важно иметь статистически большую выборку максимально далеких от нас галактик, в которых уже можно будет искать признаки (или следы) первых звезд. А далекие галактики, как ни странно, лучше всего искать там, где, на первый взгляд, ничего нет, — то есть нет близких и ярких объектов, которые бы засвечивали снимок, пока телескоп «всматривается» в космические дали. Одно из таких мест на небосводе называется Hubble Ultra Deep Field (см. картинку дня Hubble Legacy Field). Площадь этого казавшегося темным и ничем не примечательным участка неба в 160 раз меньше лунного диска. Но в 2003 году, после того как телескоп «Хаббл» пронаблюдал его в течение 11 суток, оказалось, что на нем находятся более 10 тысяч галактик, большинство из которых очень молодые — они находятся красных смещениях $z = 6-9$. То есть мы их видим в первый миллиард жизни Вселенной.

Долгие попытки использовать эти данные для поиска звезд населения III дали крайне противоречивые результаты. Некоторые научные группы заявляли о том, что наклон спектра в УФ-диапазоне указывает на присутствие первых звезд, но последующие наблюдения показали, что разброс величин слишком большой, а ошибки измерений не позволяют построить точный график (точнее, позволяют построить какой угодно график).

Но удача сопутствует храбрым. Оказалось, что есть еще более удачное поле для поиска первых звезд. Оно называется Hubble Frontier Fields (HFF) и состоит из шести небольших площадок (каждая размером около 1/1000 лунного диска), расположенных в направлении на гигантские скопления галактик, которые находятся от нас примерно в 4 миллиардах световых лет (примеры таких скоплений — Abell 370 в созвездии Кит и Abell 2744 в созвездии Скульптор). Скопления эти примечательны тем, что своей гравитацией они собирают свет от намного более далеких галактик и направляют его к нам, — то есть они являются гравитационными линзами (рис. 2) и позволяют нам при помощи телескопа «Хаббл» увидеть галактики такими, какими они были всего через 500 миллионов лет после Большого взрыва, когда возраст Вселенной составлял всего 3,6% от нынешнего.

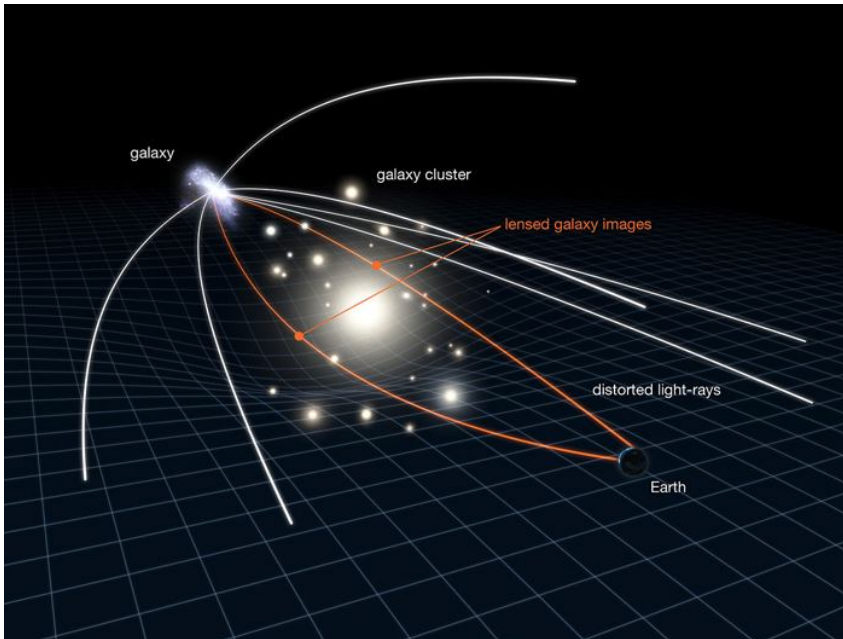


Рис. 2. Принцип действия гравитационной линзы. Скопление галактик, расположенное между Землей и удаленной галактикой, собирает идущий от нее в разных направлениях свет в пучок, который попадает на зеркало телескопа. Масса скопления, искривляющая пространство и поэтому заставляющая свет менять направление, работает подобно собирающей линзе. Рисунок с сайта spacetelescope.org

Еще важнее, что увидеть можно далекие галактики средних размеров — вплоть до тех, что в 1000 раз тусклее (то есть менее массивные), чем наш Млечный Путь. Такие тусклые галактики особенно подходят для поиска признаков звезд населения III: обычное звездообразование в них идет не так активно, а значит проще выловить искомый сигнал от первых звезд, ведь он не «размазывается» по многим сотням их новорожденных соседей.

Для наблюдения за этими площадками в 2013–2017 годах решением директора телескопа «Хаббл» из его личного резерва было выделено полторы тысячи часов. Потом данные «Хаббла» были дополнены наблюдениями космического телескопа «Спитцер» в инфракрасной (ИК) области. Сейчас HFF используется астрономами разных стран для изучения всех аспектов формирования и эволюции галактик в ранней Вселенной. В обсуждаемой работе изучалась одна из площадок HFF, она называется MACSJ0416.1-2403 и содержит около трех тысяч галактик.

Сразу скажем, что признаков первых звезд обнаружить не удалось. Отсутствие результата в научном исследовании — это тоже результат. Но значение этой работы еще и в том, как астрономы подошли к двум вечным проблемам, возникающим при работе с далекими галактиками, — учету засветки от линзирующего скопления и стыковке данных, полученных от принципиально разных телескопов. Давайте это обсудим.

Свет от скопления линзирующего галактик и свет, идущий от более далеких галактик, усиленный этим скоплением, ничем принципиально не отличаются друг от друга: на изображении, полученном телескопом, будут видны разбросанные по полю зрения галактики разных цветов, форм и размеров, но некоторые из них принадлежат линзирующему скоплению, а некоторые являются далекими фоновыми галактиками, в которых ищут первые звёзды. Световые профили галактик будут накладываться друг на друга, мешая определить их точные границы и полную светимость. В обсуждаемой работе предложен следующий выход из этой ситуации. Сначала по уже имеющимся данным телескопа

«Хаббл» для каждой галактики было измерено красное смещение, которое позволило надежно установить, какие из них принадлежат более близкому скоплению, а какие находятся далеко за ним. Затем, используя закон распределения поверхностной яркости галактик, известный также как закон Серсика, ученые построили модельные профили всех массивных галактик линзирующего скопления и затем вычли их из изображений реальных галактик. Таким образом, на снимках остались только те галактики, которые не принадлежат линзирующему скоплению (рис. 3).

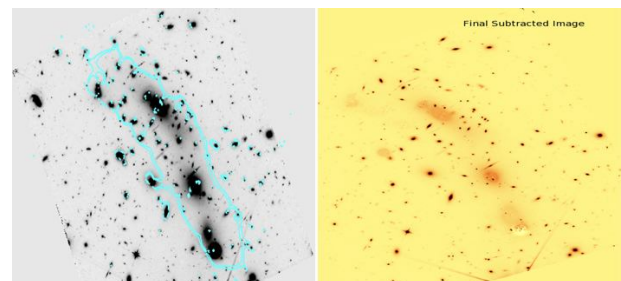


Рис. 3. Скопление галактик MACSJ0416. Слева — снимок телескопа «Хаббл» на длине волны 1,6 мкм. Светло-голубым выделены критические линии — области, где усиление света далеких галактик особенно сильно. Справа показан тот же участок, но без галактик линзирующего скопления, которые были убраны с помощью модельных профилей, построенных на основании закона Серсика. Рисунок из обсуждаемой статьи

Следующим этапом поиска звезд населения III стало изучение УФ-излучения оставшихся на снимке источников (ультрафиолетовым оно является в системе отсчета далекой галактики — до нас оно доходит уже в оптическом диапазоне из-за красного смещения). Стандартный подход здесь — представить форму усредненного спектра в виде степенного закона $f(\lambda) = \lambda^{-\beta}$ (где λ — длина волны) и измерить коэффициент завала УФ-спектра β : в нормальных галактиках с продолжающимся

звездообразованием коэффициент β обычно равен -2 (то есть чем дальше мы уходим в УФ-область, тем сильнее поток излучения), но у галактик со звездами населения III УФ-излучение еще сильнее, и β должна достигать -3 (рис. 4).

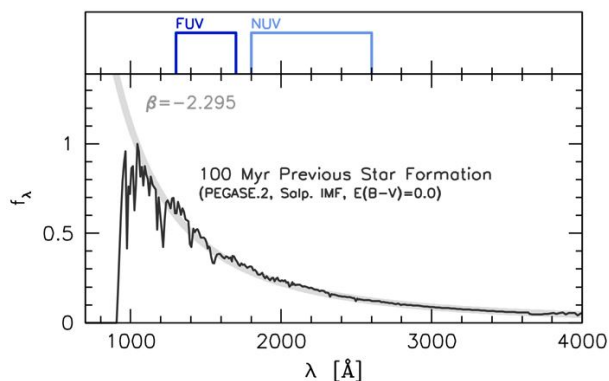


Рис. 4. Пример спектра молодой галактики с активным звездообразованием. Показаны дальний и ближний УФ-диапазоны (участки выделены синим и голубым), а также видимый свет (правая часть графика). Молодые звезды дают существенный вклад в коротковолновую часть спектра, который обрывается из-за недостатка чувствительности камеры на этих длинах волн. Серым цветом показана кривая наклона спектра с рассчитанным коэффициентом β . Рисунок из статьи S. M. Wilkins et al., 2012. Predictions for the intrinsic UV continuum properties of star forming galaxies and the implications for inferring dust extinction

Физика здесь довольно простая: чем звезда массивнее, тем ярче она горит. Максимум излучения самых больших звезд классов O и B приходится на жесткий ультрафиолет и спадает по мере приближения к оптическому диапазону. Самые первые звёзды формировались в условиях практически неограниченных запасов водорода и скорее всего были еще массивнее (вероятно, они были самыми массивными звездами в истории), а значит, их УФ-излучение должно быть еще сильнее, а β — еще отрицательнее. И если таких звезд много, то в интегральном спектре галактики (напомним, что отдельные звёзды на таком расстоянии не видны) тоже будет избыток УФ-излучения, спадающий по мере увеличения длины волны. Таким образом, поиск первых звезд сводится к поиску галактик с максимально отрицательными значениями коэффициента β , что соответствует самому крутому наклону (или, как говорят, завалу) спектра.

Сам процесс поиска — это тоже сложная задача. Когда в 1994 году знаменитый астроном Даниэла Кальцетти (Daniela Calzetti; кстати, в мае этого года ее выбрали в Национальную академию наук США за большой вклад в изучение молодой Вселенной) впервые предложила изучать свойства галактик путем измерения завала спектра, этот метод предполагалось использовать для учета количества пыли в галактиках (D. Calzetti et al., 1994. Dust Extinction of the Stellar Continuum in Starburst Galaxies: The Ultraviolet and Optical Extinction Law). Суть в том, что методом наименьших квадратов можно посчитать наклон графика потока в зависимости от

длины волны в пределах от 125 до 260 нм. Сравнивая полученный наклон с наклоном ближних и хорошо изученных галактик вроде Млечного Пути или Магеллановых облаков, можно оценить количество пыли в различных галактиках. Со временем астрономы поняли, что на форму завала спектра помимо количества пыли внутри галактики также влияет металличность ее звезд (чем меньше в водородной звезде примесей тяжелых элементов, тем она голубее) и общее количество молодых массивных звезд. Логично, что в ранней Вселенной, где мало элементов тяжелее водорода и гелия, и металличность звезд, и влияние пыли будут минимальными (и потому практически не увеличат значение β), а вот яркие и горячие звёзды населения III, наоборот, будут делать наклон спектра более крутым.

Проблема, однако, в том, что спектр и 25 лет назад, и сейчас можно получать только для ярких галактик: будучи разложен призмой, поток излучения должен быть всё еще достаточно сильным, чтобы его зафиксировала матрица приемника. А что делать, когда галактики сами еле видны даже в мощнейшие телескопы? Стандартным приемом является упрощение метода: галактика снимается в двух УФ-фильтрах, которые дают две точки на границах УФ-диапазона. Через эти точки, как мы знаем еще со времен Евклида, можно провести только одну прямую, которая и даст наклон. Не нужно объяснять, сколько ошибок может вкратиться в величину наклона, измеренную таким образом...

Новаторский подход авторов обсуждаемой статьи заключается именно в способе измерения параметра β . Раз нельзя напрямую получить спектр этих далеких галактик, решили они, его надо смоделировать, используя все имеющиеся данные от разных телескопов, а также существующие модели развития и эволюции галактик.

И снова немного физики. Разные процессы в галактиках проявляются в виде характерных особенностей на разных участках спектра. Как мы уже знаем, текущее звездообразование наиболее ярко проявляется в УФ-диапазоне. Уже сформировавшиеся звёзды главной последовательности ярче всего светят в оптическом диапазоне. Тусклые звёзды, пыль и газ хорошо видны в ИК-диапазоне. Чтобы построить модельный спектр галактики (то есть узнать относительное количество звезд всех масс, количество газа, пыли и других источников излучения, найти их эталонные спектры и сложить их вместе, получив интегральный спектр галактики), надо постараться учесть все эти детали, не забывая, что на красном смещении $z = 9$ длина всех участков спектра увеличилась ровно в 10 раз, и теперь даже верхняя граница УФ-диапазона будет нам видна на длине волны 1,25 мкм, а это уже ИК.

Как уже говорилось, телескопы «Хаббл» и «Спитцер» получили глубокие изображения скопления MACSJ0416. Проблема в том, что они работают в несмежных участках спектра: камеры «Хаббла» снимают в диапазоне 0,4–1,6 мкм, в то

время как самый коротковолновый фильтр «Спитцера» принимает свет на длине волны 3,6 мкм. Чтобы построить более точное распределение энергии по длине волны, было бы неплохо получить хотя бы одну точку в незакрытой области электромагнитного диапазона между зонами чувствительности обоих телескопов. Для этого были использованы данные камеры HAWK-I, установленной на Очень большом телескопе в Чили, — с ее помощью были получен снимок в фильтре K, а это ближний участок ИК-диапазона.

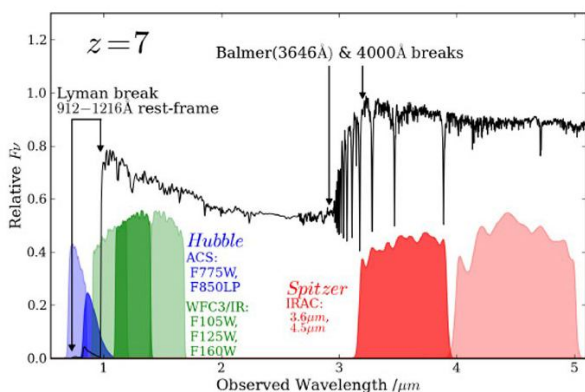


Рис. 5. Расположение фильтров телескопа «Хаббл» и двух каналов телескопа «Спитцер» на шкале длин ЭМ-волн. Большой разрыв между областями чувствительности этих телескопов останется не заполнен до запуска космического телескопа им. Джеймса Уэбба, который запланирован на 2021 год. Частично это можно компенсировать длительными наблюдениями на наземных телескопах с помощью фильтра K, середина зоны пропускания которого приходится на длину волны 2,2 мкм. Рисунок с сайта ned.ipac.caltech.edu

Важным (и самым трудоемким) этапом научной работы было сопоставление снимков, полученных разными телескопами. Дело в том, что качество изображения, угловое разрешение и чувствительность матриц настолько разнятся, что порой совершенно непонятно, где на ИК-снимках находится маленькая галактика, отчетливо видная на снимках «Хаббла»: ее может быть вообще не видно, или она могла слиться с изображением близкой соседки, а то и нескольких галактик разом. Чем-то это похоже на задачу из детективных фильмов, когда из нескольких размытых пикселей на старой камере слежения нужно получить не только номер автомобиля преступника, но и отпечатки грязи на заднем бампере. Эта же проблема обыграна в одном из эпизодов мультсериала «Футурама».

Оказывается, в астрономии подобные детективные трюки возможны. Прием называется Template Fitting, что можно перевести как «поиск эталонных изображений». Его суть в том, что изображение галактики в более качественном телескопе (в нашем случае это «Хаббл») используется для создания модели изображения этой же галактики в телескопе с менее качественным изображением (VLT и «Спитцер»). Для этого используется математическая операция свертки, которую можно представить как перемножение интегралов, описывающих распределение потока по площади (рис. 6).

Получившееся эталонное изображение масштабируется и центрируется, чтобы оно совпало с настоящей галактикой на снимке. Как только это произошло, то поток излучения этой эталонной галактики заносится в каталог. Получается, что из низкокачественного изображения ИК-телескопа удалось вытащить гораздо больше информации, чем там изначально было, — как и в фантастическом примере с восстановлением мельчайших деталей автомобильного номера из нескольких пикселей. Этот относительно новый, очень времязатратный и требующий больших вычислительных ресурсов метод позволяет получать точную фотометрию галактик в самых трудных участках электромагнитного спектра — ИК и субмиллиметровом. Благодаря применению этого приема обсуждаемая статья даже без финальных выводов о поиске первых звезд заслуживает высокой оценки — в ней опубликованы самые точные на сегодняшний день характеристики наиболее удаленных и тусклых галактик, наблюдаемых на площадках HFF.

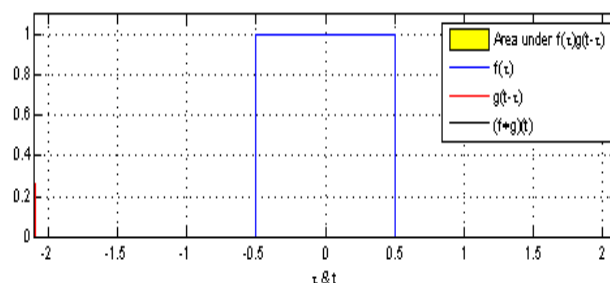


Рис. 6. Анимация операции свертки, производимой над двумя простыми функциями, обозначенными красным и синим. Черная линия, получаемая, когда графики функций накладываются друг на друга, и является результатом этой операции. Математически нет никакой разницы между этой анимацией и тем, как операция свертки изображений, полученных «Хабблом» и «Спитцером», позволяет получить точные размеры и яркость галактик в ИК-диапазоне. Кроме того, что на это требуется уйма времени и вычислительных ресурсов. Анимация с сайта ru.wikipedia.org

В итоге, получив для каждой галактики точные и выверенные данные в десяти различных фильтрах в диапазоне от 0,4 до 4,5 мкм, ученые приступили к последнему этапу работы — моделированию спектра каждой галактики из тех, что расположены в поле HFF на красном смещении $z = 6-9$ (то есть мы их видим такими, какими они были спустя 500–900 миллионов лет после Большого взрыва). В этом моделировании перебираются различные варианты возраста звезд, их металличности, концентрации, а также функции масс и количества пыли в галактике и строится модельный спектр, который сравнивается с десятью значениями потока излучения, измеренного телескопами. Спектр, который подошел точнее всего, позволяет не только определить точное значение коэффициента β , но и узнать физические характеристики галактики — ее массу, темп звездообразования, звездное население и так далее. Этот метод не лишен недостатков. Например, используемые модели строятся на основе нашего

понимания эволюции звезд и галактик, а значит, если первые звезды имеют необычные спектральные характеристики, они останутся необнаруженными или, наоборот, исказят выводы. Однако этот метод на сегодня является самым надежным, если есть возможность использовать достаточное количество изображений, полученных в разных фильтрах.

По итогам измерений ученые пришли к выводу, что результаты предыдущих работ, указывавшие на обнаружение галактик, где β доходила до $-3,0$, скорее всего не соответствуют действительности — даже в этих уникальных молодых маломассивных галактиках УФ-спектр спадает не быстрее, чем с $\beta = -2,63$. А это значит, что следов первых звезд обнаружить не удалось. Из этого следует, что они появились — и скорее всего успели закончить свой жизненный цикл — быстрее, чем за 500 миллионов лет после Большого взрыва. Прежде чем перейти к стандартному окончанию подобных новостей и выразить надежду на скорейший запуск телескопа им. Джеймса Уэбба, нужно добавить, что отрицательный результат поиска звезд населения III — это не единственный результат обсуждаемой статьи.

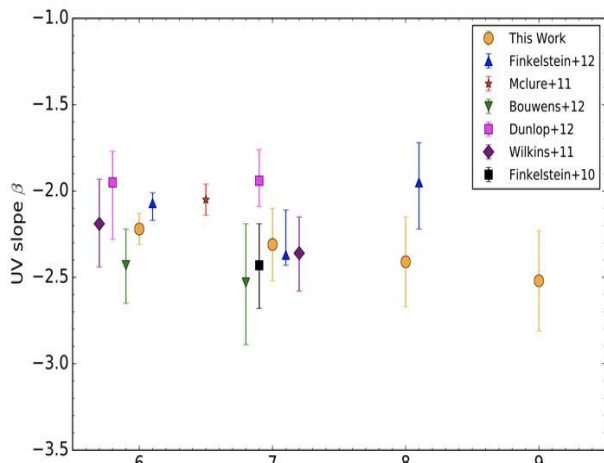


Рис. 7. Сравнение средних значений наклона спектра β , полученных в обсуждаемой статье (оранжевые точки), с данными предыдущих исследований. Обращают на себя внимание намного меньшие погрешности в новых данных, а также то, что они просчитаны для самые далеких на сегодняшний день красных смещений — вплоть до $z = 9$. Несмотря на тенденцию к уменьшению значения β с возрастанием красного смещения, до сих пор нет данных о галактиках со значениями $\beta \leq -3,0$, что указывало бы на первые звезды. Рисунок из обсуждаемой статьи

Например, зная характеристики галактик по построенным модельным спектрам, астрономы установили зависимость скорости звездообразования от массы галактики. Эта зависимость называется «основной последовательностью» и в ближней Вселенной имеет линейный характер: чем массивнее галактика с активным звездообразованием, тем больше звезд она формирует каждый год (см. The SFR main sequence and starburst galaxies и статью P. Popesso et al., 2018. The main sequence of star-forming galaxies —

I. The local relation and its bending). Универсальность этой последовательности на больших красных смещениях неоднократно ставилась под сомнение, но всегда не хватало данных для галактик малой и средней массы. Обсуждаемая статья ставит достаточно жесткие ограничения: спустя 500 миллионов лет после Большого взрыва галактики из широкого диапазона масс хорошо ложатся на основную последовательность, а значит, для их изучения оправданно применять модели, откалиброванные по хорошо изученным ближним галактикам.



Рис. 8. По данным, полученным за последние 15 лет, известно, что масса дисковых и карликовых галактик (то есть количество звезд в них) прямо пропорциональна темпу звездообразования (количеству появляющихся каждый год новых звезд). Эта зависимость называется «основной последовательностью» и хорошо выполняется на разных этапах жизни Вселенной

В завершение — пара слов про телескоп им. Джеймса Уэбба. Несмотря на очередной перенос запуска, это по-прежнему самый ожидаемый телескоп в научном сообществе. Размеров его зеркала с лихвой хватит, чтобы разложить свет от фоновых галактик скопления MACSJ0416 (и многих других, еще не открытых) в спектр и по характеристикам этого спектра наконец обнаружить признаки самых первых звезд — неуловимых светил населения III. Осталось лишь дождаться запуска и надеяться, что он пройдет успешно.

Источник: Rachana Bhatawdekar, Christopher J. Conselice. UV Spectral-Slopes at $z = 6-9$ in the Hubble Frontier Fields: Lack of Evidence for Unusual or Pop III Stellar Populations // Препринт arXiv:2006.00013 [astro-ph.GA]. (Статья принята к публикации в журнале MNRAS.)

Марат Мусин

https://elementy.ru/novosti_nauki/t/5271928/Marat_Musin

Телескоп из очковых линз (возвращение к истокам)

Возвращение к истокам или вновь об астрономических трубах из очковых линз



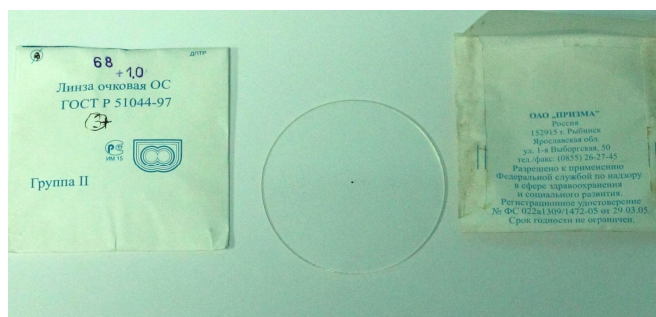
Каждый любитель астрономии приходит в эту увлекательную науку своим путём. Нередко интерес к небесным светилам зарождается ещё с детства, со школьной скамьи, автор этой статьи не является исключением. Просмотрев во время летних каникул после окончания 3-го класса старый учебник природоведения с изображением плана Солнечной системы, на котором красовался «окольцованный» Сатурн, я попросил родителей раздобыть книг по астрономии. Вскоре мне принесли учебник Бориса Александровича Воронцова-Вельяминова «Астрономия» для 10-го класса, с него и началось моё долгое и захватывающее путешествие во Вселенную. Хотя, как младшему школьнику, не все математические выкладки были тогда понятны, уже через несколько месяцев я умел находить на небе все главные звёзды и основные созвездия, доступные в средней полосе, наблюдал яркие планеты. Со всей остротой встал вопрос об увеличении зоркости зрения, иначе говоря, о приобретении какой-либо астрономической оптики. В самом конце упомянутого учебника, где содержались указания к наблюдениям, его автор рекомендовал самостоятельное изготовление телескопов из очковых линз, за что я ему очень благодарен. В те времена приобрести небольшой телескоп или даже бинокль было настоящей проблемой. В наше время, когда самая разнообразная оптика стала гораздо доступнее, нередко высказывается мнение, что трубы из очковых или иных случайно

приобретённых линз навсегда ушли в прошлое и о них не стоит даже вспоминать. Я в корне не согласен с этим утверждением по целому ряду причин. Во-первых, наблюдения, выполненные в самостоятельно изготовленный инструмент, пусть даже самый простой и скромный, всегда приносят больше радости и удовлетворения его владельцу. Во-вторых, в последние годы в связи с известными событиями в экономике оптические приборы серьёзно подорожали, практически все модели биноклей, зрительных труб, телескопов, в том числе для начинающих, стали стоить вдвое-втрое дороже. В-третьих, изготовление даже простейшего телескопа-рефрактора на уровне телескопической техники XVII столетия имеет большую методическую ценность, поскольку знакомит начинающего любителя с такими ключевыми понятиями как апертура, фокусное расстояние, дифракционная картина Эйри, разрешающая способность, хроматическая и сферическая аберрации, увеличение, проникающая способность и многими другими. В-четвёртых, обладание скромным инструментом изначально учит владельца «выжимать» из него по максимуму все возможности, тренировать наблюдательные навыки, что очень пригодится в дальнейшем при работе с более мощной оптикой. Наконец, разве не интересно мысленно перенестись на несколько столетий назад и взглянуть на Вселенную глазами первооткрывателей, пионеров телескопической техники, таких как Г.Галилей, С.Мариус, К.Шейнер, Х.Гюйгенс, Я.Гевелий, Ж.Кассини?! Весьма ценным качеством телескопов из очковых линз является также то обстоятельство, что их можно изготовить в очень короткий срок, буквально за один-два дня с весьма скромными затратами, доступными даже школьнику средних и младших классов. Более опытные любители могут приобщить к этому интересному занятию своих детей. К счастью, в настоящее время наблюдается долгожданное возвращение астрономии в школьную программу, что делает практику изготовления учащимися самодельных астрономических труб вновь востребованной. В литературе и Интернете можно найти немало статей и советов разных авторов по изготовлению простейших телескопов. Тем в большей мере вызывает изумление тот факт, что некоторые рекомендации, циркулирующие в первоисточниках уже многие десятилетия, являются непродуманными, подчас вредными, даже способными на корню загубить всё дело, а ряд принципиально важных вопросов не освещён вовсе. Попробуем разобраться с ключевыми моментами, связанными с постройкой простейшего телескопа-рефрактора, а заодно попытаемся развенчать и некоторые устоявшиеся мифы о нём.

Нередко приходится слышать мнение, что рефракторы с объективами из одной линзы вообще неспособны давать изображение хорошего или хотя бы приемлемого качества. На самом деле это не так,

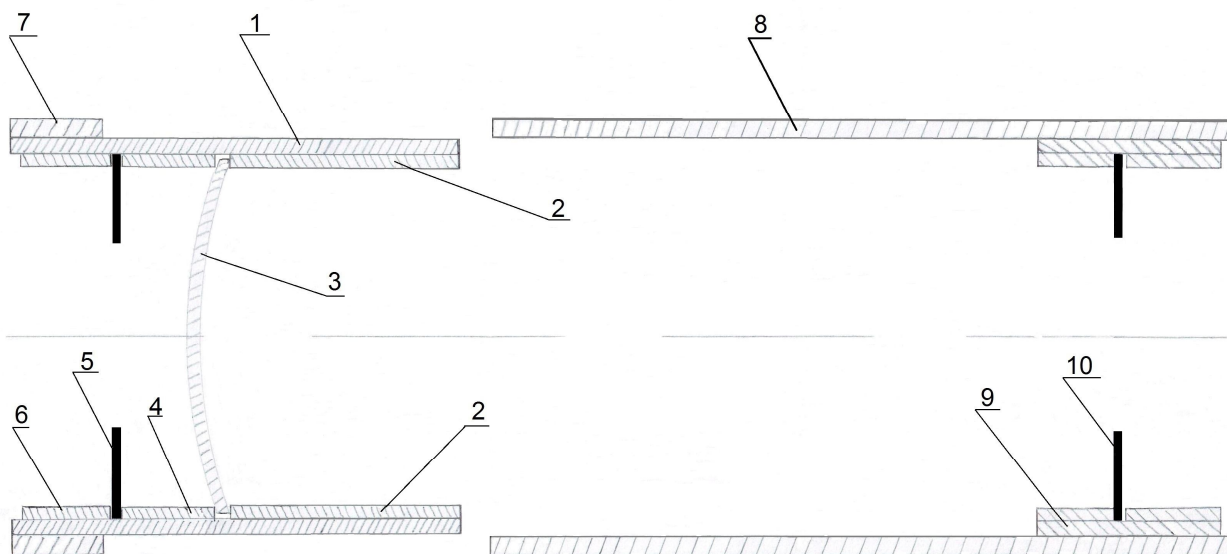
иначе не состоялась бы череда важных телескопических открытий XVII – первой половины XVIII веков и не было бы целой плеяды выдающихся наблюдателей. Однако для того, чтобы получить изображение надлежащего качества, нужно выполнить ряд условий. Главным из них является достаточно малое относительное отверстие D/F , где D – диаметр входного отверстия объектива, а F – его фокусное расстояние. Это минимизирует вред от всех aberrаций, прежде всего хроматической, являющейся в данном случае главной помехой. Не вдаваясь в подробности, приведём формулу, которая позволяет вычислить фокусное расстояние «идеального» объектива из одной линзы через его диаметр: $F = 7D^2$, где диаметр и фокусное расстояние выражены в миллиметрах. Как видим, чтобы получить достаточно большое входное отверстие, которое определяет мощность и возможности нашей трубы, фокусное расстояние приходится делать очень длинным. Например, для маленькой апертуры в 16мм, какую имела одна из труб Г.Галилея, требуется фокусное расстояние 1792мм. Если мы захотим использовать отверстие хотя бы в 1 дюйм (25,4мм), нам придётся взять фокусное расстояние уже 4,5 метра. К счастью, как показывает практика, можно обойтись в 3-5 раз меньшими значениями, и наш телескоп, хотя и будет обладать некоторым хроматизмом, всё же позволит получить угловое разрешение, близкое к теоретическому, которое ограничено дифракцией света. Оно оценивается, как известно, критериями Рэля $\theta = (140/D)''$ либо Дауэса $\theta = (120/D)''$, где D – диаметр объектива, выраженный в миллиметрах. Сказанное нуждается в некотором пояснении. Критерий Рэля – это не что иное как угловой радиус дифракционного диска звезды в жёлто-зелёных лучах, к которым наиболее чувствителен человеческий глаз. Если на таком угловом расстоянии будут находиться две звезды примерно одинакового блеска, то наблюдатель увидит два дифракционных изображения, разделённых небольшим, но заметным тёмным промежутком, т.е. двойная звезда «разрешится» как говорят астрономы. Критерию Рэля должен удовлетворять любой «приличный» телескоп. Опытные наблюдатели разрешают и более тесные двойные, соответствующие критерию Дауэса. В этом случае два дифракционных диска практически соприкасаются, но между ними всё же можно усмотреть едва ощутимый тёмный промежуток. Похожая ситуация имеет место и при разрешении мелких деталей на дисках Луны и планет. Если мы подсчитаем разрешающую способность трубы с объективом в 1 дюйм, то получим по Дауэсу 4,7''. Эта величина – одного порядка с паспортным разрешением многих современных биноклей и подзорных труб. Однако надо заметить, что реальное разрешение скажем, биноклей, отнюдь не всегда соответствует паспортному. Дело в том, что при его расчетах разрешающую способность невооружённого глаза с нормальным зрением обычно принимают равной 1' (60''), что справедливо только для хорошо освещённых контрастных объектов. При астрономических наблюдениях такие условия, как правило, не реализуются, и правильнее будет принять разрешение глаза равным не 1', а 2'

(120''). Тогда, если бинокль даёт, например, 10-кратное увеличение, то реальное разрешение его не будет превышать 12'', ему просто не хватит увеличения. Наш же телескоп, обладая несколькими сменными окулярами, без труда позволит получить увеличения до 30-40^x и полностью реализовать свою разрешающую способность. Как видим, наша простейшая астрономическая труба вполне может поспорить с современной оптикой! Попутно стоит отметить одно любопытное правило: получается, что выигрыш в разрешении, полученный с помощью телескопа в сравнении с невооружённым глазом, численно равен диаметру его объектива в миллиметрах. Очевидно, что даже наш простейший инструмент обеспечит выигрыш более чем на порядок! В науке существует известная проверенная закономерность: если какой-либо прибор увеличивает наши возможности на порядок, то это обязательно приведёт к открытиям. Так оно в своё время и произошло, «Звёздный вестник» Г.Галилея первым сделал достоянием гласности удивительные открытия начала телескопической эпохи в астрономии.



Вернёмся к практическим вопросам, связанным с изготовлением простейшего телескопа-рефрактора. Как уже было показано выше, фокусное расстояние его желательно выбирать подлиннее. Исходя из оптимального баланса оптических и массогабаритных качеств, наиболее рациональным следует считать фокусное расстояние трубы в пределах 0,8-1,33м, что соответствует оптической силе очковой линзы от +1,25 до +0,75 диоптрии, хотя при желании для дачи или собственного дома можно решиться и на инструмент с двухметровым фокусом (линза +0,5 диоптрии). Для уменьшения габаритов трубу можно сделать раздвижной, состоящей из 2-4 секций. Рассмотрим теперь, какую специфику создаёт тот факт, что объективом нашей трубы будет служить именно очковая линза. Считается, что основным фактором, ограничивающим апертуру однолинзового объектива, является хроматическая aberrация, а на втором месте стоит aberrация сферическая. В теории это действительно так, но то, что объективом будет являться очковое стекло, заставляет по-другому расставить приоритеты. На первое место выходит астигматизм, связанный с погрешностями изготовления очковых линз, оптическая точность поверхности которых не очень высока. С целью изучения качества доступного ассортимента очковых стёкол автором были проведены опыты с несколькими партиями стеклянных линз отечественного и зарубежного (китайского) производства.

Передняя часть трубы телескопа



- 1 - корпус оправы объектива
- 2 - вклеенное опорное кольцо для линзы
- 3 - объектив (менисковая линза)
- 4 - вставное кольцо для удержания линзы
- 5 - апертурная диафрагма
- 6 - вставное кольцо для удержания апертурной диафрагмы

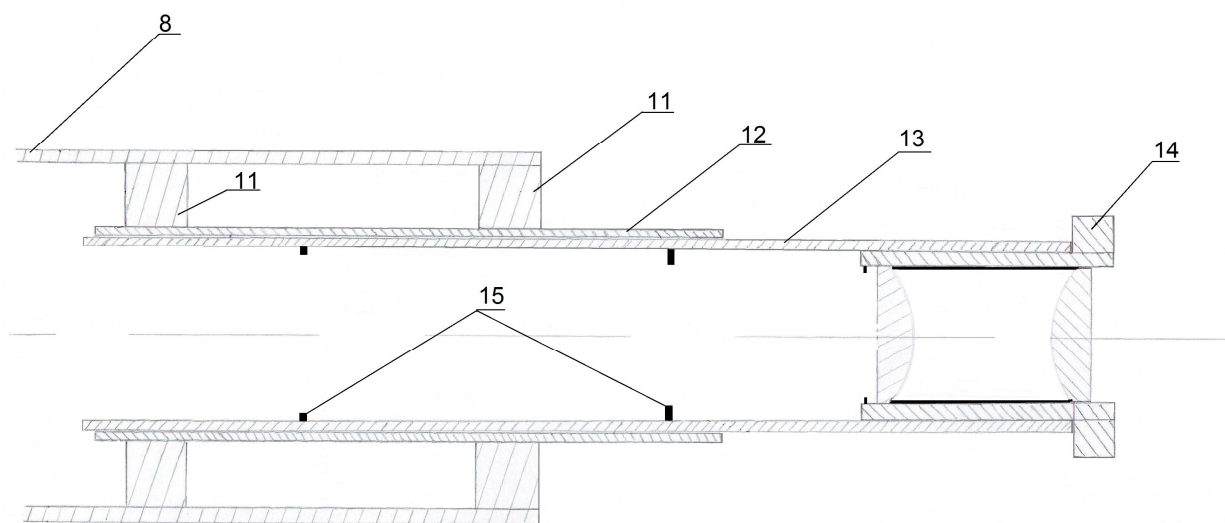
- 7 - приклеенное кольцо для фиксации на трубе
- 8 - труба телескопа
- 9 - оправа светоотсекающей диафрагмы
- 10 - светоотсекающая диафрагма

Они дали следующие результаты: на каждые 5-6 линз, как российских, так и импортных, лишь 1 давала хорошее дифракционное изображение светящейся точки при входной апертуре 25мм и допускала применение увеличения до 50^{\times} , 2-3 были среднего качества и давали приемлемое дифракционное изображение при апертуре 20мм, допуская увеличение до $35-40^{\times}$. Примерно каждая пятая линза оказывалась вообще негодной из-за сильного астигматизма. Отсюда следует важная практическая рекомендация: **для достижения наилучшего результата лучше сразу закупить небольшую партию очковых линз**, штук 5-6. При цене 150 руб. за линзу расходы ещё не будут очень велики, а если удастся договориться с продавцом о возврате отбракованных линз, то они будут и вовсе минимальны.

Второе место займёт сферическая aberrация, связанная с неоптимальной для наших задач формой очковой линзы, а именно менисковой (выпукло-вогнутой). Известно, что в качестве простейшего объектива минимальную сферическую aberrацию создаёт двояковыпуклая линза с отношением радиусов кривизны 1:6, обращённая более выпуклой стороной вперёд, это доказал ещё И.Кеплер. Почти такими же свойствами обладает и плосковыпуклая линза. Менисковые же линзы вносят более значительную сферическую aberrацию, тем большую, чем больше кривизна их поверхностей. При одной и той же рефракции очковые линзы могут изготавливаться по различным стандартам, с кривизной, отличающейся почти вдвое. Отсюда следует вторая важная практическая рекомендация: **надо выбирать линзы с минимальной кривизной, т.е. по внешнему виду наименее «пузатые».** В

телескопе их обязательно следует устанавливать выпуклой стороной вперёд. Хроматическая aberrация, во всяком случае, для визуальных (не фотографических) наблюдений, отодвигается на третье место, но недооценивать её также не стоит. Ассортимент материалов, из которых изготавливают очковые линзы, в последние годы значительно расширился. Наряду со стеклом широко используется оптический пластик. Стекло тоже бывает разное, всё большее применение находят оптические материалы с большим показателем преломления, близким к 1,7. Прежде обычно использовалось стекло с более низким показателем преломления 1,51, близкое по своим свойствам к оптическому стеклу марки К8, а также обычному оконному, зеркальному или витринному стеклу. Именно такие линзы наиболее подходят для наших целей, т.к. стёкла с более высоким показателем преломления часто обладают и большей дисперсией, обуславливающей повышенную хроматическую aberrацию. Дисперсия характеризуется числом Аббе, равным отношению фокусного расстояния в жёлтых лучах к разности фокусных расстояний в красных С (656нм) и голубых F (486нм) лучах. Чем оно выше, тем меньше хроматическая aberrация. Так стекло марки К8 имеет число Аббе равное 64. Следовательно, продольная хроматическая aberrация линзы из такого стекла для голубых и красных лучей будет составлять $1/64$ фокусного расстояния в среднем участке спектра. Число Аббе на упаковках очковых линз обычно не пишут, но показатель преломления иногда указывают, особенно для импортных. К счастью, линзы из стекла, близкого к К8 встречаются в продаже и поныне, например,

Окулярная часть трубы телескопа



- 8 - труба телескопа
- 11 - кольца крепления переходного тубуса
- 12 - переходный тубус
- 13 - окулярная трубка (подвижная)
- 14 - окуляр (Рамсдена)
- 15 - светоотсекающие диафрагмы окулярной трубки (могут быть установлены)

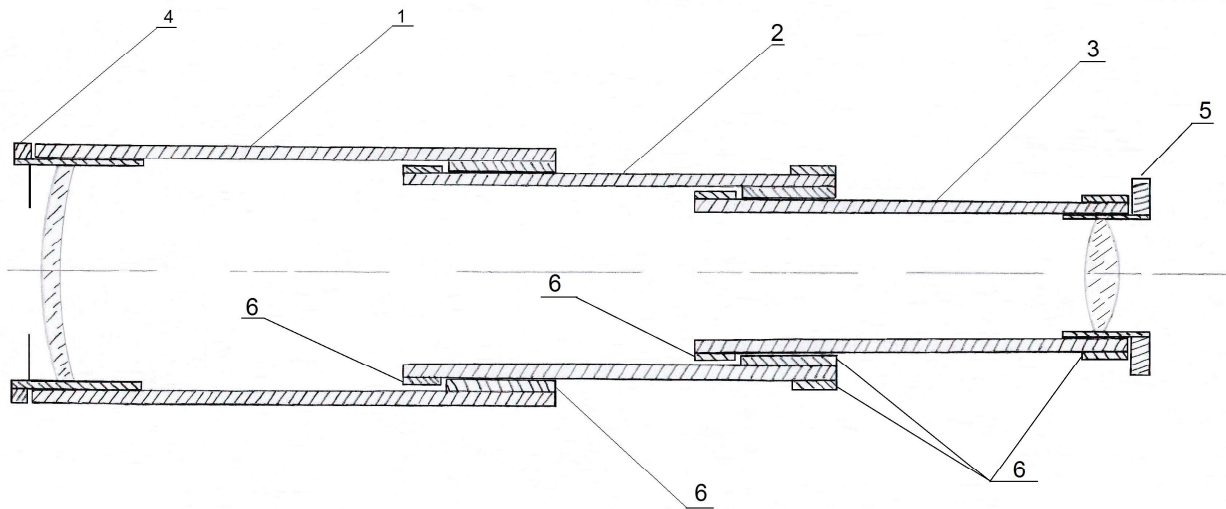
отечественные очковые линзы диаметром 68мм, производимые ОАО «Прима» в г. Рыбинск Ярославской области. Они на рынке из числа наиболее дешёвых и к тому же вполне удовлетворяют нашему условию по минимизации сферической аберрации. Иногда линзы, вынутые из конверта, бывают покрыты лёгким беловатым налётом. Его, как и метку в центре, легко можно удалить, не прибегая к прогирке стекла. Нужно лишь нанести 2-3 капли «Фейри» и промыть в струе проточной воды. Наиболее ходовой оптический пластик CR-39 тоже обладает достаточно высоким числом Аббе, равным 58, и в этом отношении пригоден для наших задач, но пластиковые линзы, как показали опыты, оказались отнюдь не лучшими по астигматизму.

Попробуем теперь более детально рассмотреть вопрос о наиболее рациональной апертуре нашей трубы и её связи с фокусным расстоянием. Если исходить из условия, чтобы абберационный кружок поперечной хроматической аберрации для голубых и красных лучей не превышал размеров дифракционного диска (вспомним формулу $F=7D^2$), то для линзы из стекла К8 или сходного с ним при фокусном расстоянии 1м допустимо отверстие 13мм, при фокусе 2м – 17мм. При этом поперечная сферическая аберрация, пропорциональная кубу диаметра входного отверстия, также будет ещё мала. На практике можно допустить некоторый компромисс по хроматической и сферической аберрации и использовать отверстие большего диаметра. Наши опыты с очковыми линзами показали, что наибольшим входным отверстием, при котором качество изображения будет ещё оставаться приемлемым, можно считать 25-26мм, (т.е. 1 дюйм)

при фокусном расстоянии объектива 1м (линза с рефракцией +1дптр). При этом звёзды ещё будут выглядеть «наколотыми», а при увеличениях 35-50^x можно отчётливо наблюдать дифракционную картину Эйри. Если предъявлять ещё более бескомпромиссные «планетные» требования к чёткости и контрасту картинки на самых высоких для нас увеличениях, не ниже 50^x, то лучше ограничиться отверстием 23мм. При повышении входного диаметра до 30мм изображение начнёт заметно терять резкость за счёт аберраций уже на средних увеличениях, у ярких звёзд появятся ореолы. Однако на небольших увеличениях, порядка 12-14^x, можно ещё допустить входное отверстие и такого диаметра. Если использовать линзу +0,75дптр (фокусное расстояние 1,33м), то допустимая апертура немного возрастёт, примерно на 10-15%. Двухметровая труба (с линзой +0,5дптр) позволит уменьшить заметность хроматизма, но вряд ли обеспечит существенный прирост апертуры, хотя бы потому, что найти качественное, неастигматичное очковое стекло для апертуры 35-40мм труднее, чем для 25мм. Поэтому оптимальным входным отверстием для «очковой» трубы следует считать 25-26, максимум 30мм при фокусном расстоянии в пределах 0,8-1,33м.

Нередко в первоисточниках можно встретить рекомендацию делать объектив из двух одинаковых менисковых линз, обращённых вогнутыми сторонами внутрь, друг к другу, между которыми посередине ставится диафрагма около 30мм диаметром, по типу фотографического объектива, который называется «перископ».

РАЗДВИЖНАЯ ТРУБА



- 1- первая секция
- 2 - вторая секция
- 3 - третья секция
- 4 - оправа объектива (съёмная)
- 5 - окуляр (съёмный, один из нескольких)
- 6 - ограничительные кольца (приклеенные)

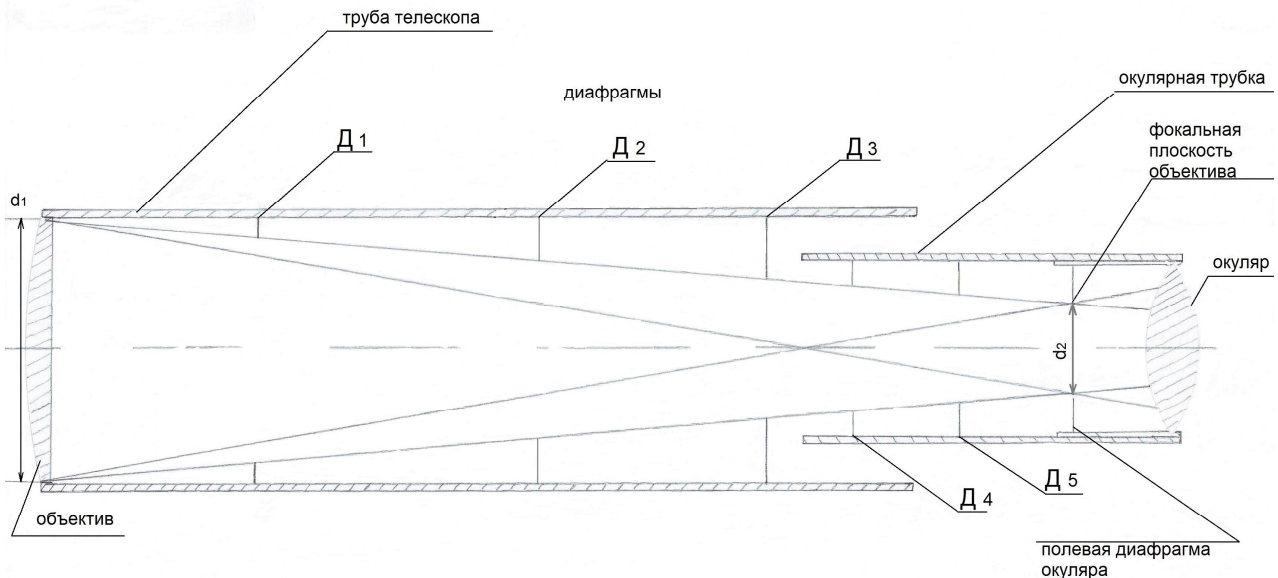
Когда-то автор пробовал изготовить такую трубу из двух менисковых линз $+0,25$ дптр, чтобы получилось фокусное расстояние 2 метра. Другой раз делалась попытка составить комбинацию из линзы $+1$ дптр и очкового мениска с нулевой оптической силой, установленного позади неё, вогнутой стороной вперёд, чтобы попытаться компенсировать сферическую aberrацию основной линзы. Ничего путного из этих затей не вышло, объективы из одиночной очковой линзы всякий раз давали изображение лучше подобных двухлинзовых комбинаций. Главная причина, по-видимому, состоит в том, что такие двухкомпонентные «очковые» объективы нуждаются в тщательной юстировке, а это очень нелёгкая задача, особенно с учётом очень упрощённых конструкций их оправ. Автору впоследствии не раз доводилось юстировать двухлинзовые объективы-ахроматы. В этих объективах поперечное смещение линз на величину $0,05-0,1$ мм уже приводит к появлению ощутимой aberrации комы. У очковых же менисков поверхности имеют существенно большую кривизну, чем у ахроматов, а оптические центры могут не совпадать с геометрическими на величину порядка миллиметра. Представьте, как сложно отъюстировать такой дублет, не имея высокоточной точёной металлической оправы с юстировочными винтами! В объективе из одиночной линзы несоответствие геометрического и оптического центра столь заметного вреда не причиняет. По этой же причине попытки составить качественную ахроматическую комбинацию из очковых стёкол, изготовленных из разных оптических материалов с различной дисперсией, как рекомендовали в некоторых книгах, также представляются

малоперспективными, несмотря на то, что в теории такая возможность существует.

Укажем на ещё одно чрезвычайно важное обстоятельство, не нашедшее отражение в большинстве литературных источников. Очковые линзы, требующиеся для наших целей, выпускаются достаточно тонкими, при приложении усилий легко могут быть подвержены деформациям, ведущим к появлению дополнительного астигматизма. **Поэтому при монтаже в оправе линза должна лежать совершенно свободно, не будучи ничем зажатой.** Необходимо предусмотреть зазор как по диаметру, так и по высоте порядка $0,3-0,5$ мм, даже в оправках, сделанных из бумаги или картона. Иначе говоря, объектив нашей трубы должен слегка болтаться, «играть» в оправе, никакого вреда от этого не будет, зато будет гарантия от деформаций и пережатия при изменениях температуры.

Несколько слов об окулярах. Любители исторической достоверности могут испробовать в качестве окуляра сильную рассеивающую линзу, как это делал Г.Галилей. Можно подыскать такую среди деталей старых некондиционных фотообъективов или иных устройств, можно использовать сильную отрицательную очковую линзу, например, $-15-20$ дптр. Такой окуляр обеспечивает прямое изображение, но обладает существенным недостатком: даёт малое поле зрения. Пользоваться такой трубой начинающему любителю будет весьма неудобно. Я хорошо помню, как впервые взяв в руки трубу с аналогичным окуляром и всего 5-кратным увеличением, добрых четверть часа пытался навести её на яркую звезду, хорошо видимую невооружённым глазом. По мере приобретения опыта это стало удаваться, конечно, гораздо легче,

Упрощённая схема светоотсекающих диафрагм



d_1 - диаметр входного зрачка (объектива)

d_2 - линейный диаметр поля зрения в фокальной плоскости объектива

Д1, Д2, Д3 - светоотсекающие диафрагмы трубы телескопа (основные)

Д4, Д5 - светоотсекающие диафрагмы окулярной трубки (дополнительные)

но всё же изначально предпочтение следует отдать окуляру Кеплера, простейшим вариантом которого является одиночная короткофокусная собирающая линза. Перевернутое изображение, которое даёт такой окуляр, при астрономических наблюдениях не имеет большого значения. Его главное преимущество – значительно большее поле зрения. Подыскать такие линзы не составляет большого труда. Можно опять же использовать некондицию от старых оптических приборов, если таковая имеется, но можно просто приобрести недорогие лупы кратностью 4^x-10^x , какие в разнообразном ассортименте встречаются в продаже. Фокусное расстояние лупы в миллиметрах можно вычислить, разделив 250 на кратность лупы, которая обычно указана на корпусе.

Чтобы рассчитать увеличение, которое даст инструмент, нужно фокусное расстояние объектива разделить на фокусное расстояние окуляра. Используя одиночную линзу в качестве окуляра, надо обратить внимание на следующее важное обстоятельство: глаз наблюдателя должен размещаться не вплотную к линзе, а в зоне расположения выходного зрачка, это позволит обеспечить максимально возможное поле зрения. У одиночных линз выходной зрачок располагается достаточно далеко, на расстоянии, равном фокусному. Например, если мы используем линзу с фокусным расстоянием 5см, то зрачок глаза должен располагаться в 5см позади окуляра. Поэтому, изготавливая простые однолинзовые окуляры, следует предусмотреть детали конструкции, позволяющие с удобством располагать глаз на нужном расстоянии. Если мы пожелаем сделать поле зрения трубы резко очерченным, что улучшит эстетику картинки, то в

переднем фокусе линзы необходимо поместить полевую диафрагму, диаметр которой в общем случае зависит от фокусного расстояния и конструкции окуляра. Диафрагма не только очерчивает край поля, но и призвана отсекавать те его периферийные участки, где изображение начинает заметно портиться из-за aberrаций. Насколько хороша одиночная линза в качестве окуляра для нашего телескопа? Учитывая его малое относительное отверстие, она будет работать вполне прилично, в центральной части поля зрения можно сказать, даже идеально, обеспечивая минимальное рассеяние и потери света. Поэтому можно пойти на некоторый компромисс и диаметр полевой диафрагмы взять равным до 0,5-0,6 фокусного расстояния линзы. Для нашего примера линзы с фокусным расстоянием 5см можно использовать диафрагму до 25-30мм, тогда поле зрения окуляра составит около 30° . С метровой трубой он обеспечит увеличение 20^x и поле зрения $30^\circ/20$ – около $1,5^\circ$, т.е. в него войдут до 3 диаметров диска Луны или Солнца. Иногда задаются вопросом, какой стороной надо поставить разнвыпуклую линзу по отношению к глазу? В теории, если используется плосковыпуклая или двоякоразнвыпуклая линза, то помещая её выпуклой стороной к объективу, мы получаем малые aberrации комы, астигматизма и дисторсии, но большую сферическую aberrацию, вносимую окуляром. Если поместить выпуклой стороной к глазу, то меньшую сферическую aberrацию и лучшую резкость на оси, но меньшее неискажённое поле. Однако с учётом малого относительного отверстия нашего телескопа существенной разницы в качестве изображения от такой перестановки мы не заметим. Главным

недостатком одиночной линзы в качестве окуляра будет вносимый ею хроматизм увеличения, который проявляется в виде цветной каёмки, появляющейся при смещении светила из центральной части поля зрения к краю. Это наиболее заметно при наблюдении крупных ярких протяжённых объектов, например, Луны, или при земных наблюдениях. Чтобы избавиться от этого недостатка, следует применить более сложные усовершенствованные конструкции окуляров. Можно, конечно, использовать ахроматические окуляры Плессла, Кельнера и другие, добытые по случаю от старых биноклей, зрительных труб, микроскопов или приобрести их в специализированном магазине, но простейшие виды усовершенствованных окуляров можно с успехом изготовить и самому. Речь идёт об окулярах Рамсдена и Гюйгенса. Окуляр Рамсдена наиболее прост и состоит из двух одинаковых плосковыпуклых линз, обращённых выпуклыми сторонами друг к другу и отстоящих друг от друга на величину своего фокусного расстояния. Вместо плосковыпуклых можно применить одинаковые двоякоразновыпуклые линзы, ставя их более выпуклыми сторонами внутрь. Подобные окуляры входили в комплект известного любительского телескопа «Алькор». Неплохая в общем схема, но имеет один существенный недостаток: выпуклая поверхность передней линзы находится в фокусе глазной, поэтому все мелкие царапинки и пылинки на ней становятся отчётливо видимыми. Из-за этого линзы сближают до расстояния 0,7-0,8 фокусного, несколько жертвуя исправлением хроматизма увеличения, но по опыту это не всегда помогает. Царапины и пылинки, незаметные на тёмном небе при наблюдениях звёзд, при наблюдении Луны, Солнца (через фильтр!), всё равно могут оставаться видимыми, ухудшая эстетику изображения. Поэтому переднюю линзу таких окуляров следует отбирать особо тщательно и содержать в идеальной чистоте. Диафрагма, ограничивающая полезное поле зрения (обычно около 35°), ставится впереди полевой (передней) линзы данного окуляра в непосредственной близости от неё. Иногда роль диафрагмы играют элементы крепления самой линзы.



Окуляр Гюйгенса лишён описанного недостатка. Он состоит из двух плосковыпуклых линз, обращённых выпуклыми сторонами вперёд, к объективу.

Соотношение фокусных расстояний линз в окуляре Гюйгенса берётся как 2:1 либо как 3:1, более длиннофокусная полевая линза ставится впереди, а расстояние между линзами равно полусумме фокусных расстояний обоих компонентов. Диафрагма, ограничивающая поле зрения, в этом окуляре устанавливается внутри, в фокусе глазной линзы, поле зрения окуляра составляет до 40-45°. Надо заметить, что конструируя окуляр Гюйгенса, совсем необязательно точно подгонять линзы под указанные параметры, главное условие – это выдержать расстояние между ними, равное полусумме их фокусных. Линзы можно брать не только плосковыпуклые, но как и в случае с окуляром Рамсдена, двоякоразновыпуклые, ставя их более выпуклой стороной вперёд. Если вместо плосковыпуклой передней линзы в окуляре Гюйгенса поставить менисковую, то получится его разновидность, которая называется окуляром Миттенцвея, позволяющая получать более широкое исправленное поле (до 55°). Этим можно воспользоваться при конструировании слабых окуляров для небольших увеличений. На практике для нашего телескопа вполне достаточно трёх-четырёх окуляров, дающих увеличения в диапазоне 12-16, 25-30 и 40-50 раз, причём для всех увеличений вполне работоспособной будет и простая одиночная линза. Если не удалось раздобыть линзу с фокусным расстоянием 20-25мм для наиболее сильных увеличений, то окуляр можно составить из двух одинаковых линз с фокусом около 40мм, размещённых вплотную друг к другу, более выпуклыми сторонами внутрь. Такая конструкция носит название окуляра Фраунгофера, в отличие от окуляра Рамсдена, она, как и одиночная линза, не исправляет хроматизм увеличения (цветную каёмку на краевых участках поля зрения). Добавив к основному астрономическому окуляру ещё одну короткофокусную собирающую линзу, можно изготовить и земной окуляр, дающий прямое изображение. В современных зрительных трубах линзовая оборачивающая система часто состоит из двух ахроматических склеек, к которым добавляется ещё одна линза – коллектив, как это сделано, например, в трубах «Турист-3», «Турист-4». Но с учётом малого относительного отверстия нашего «очкового» объектива вполне сойдёт и одиночная линза. Надо лишь учесть, что она увеличит длину трубы на величину своего учетверённого фокусного расстояния. Например, мы имеем оборачивающую линзу с фокусным расстоянием 50мм. Её следует поместить позади главного фокуса объектива на удвоенное фокусное расстояние, т.е. 100мм. На таком же удвоенном фокусном расстоянии позади неё следует разместить и окуляр. В этом случае оборачивающая линза не меняет масштаб изображения. Если поиграть с отрезками, то масштаб изображения (и итоговое увеличение трубы) можно изменить как в большую, так и в меньшую сторону. У автора был такой окуляр с линзой указанного фокусного расстояния. Чтобы длина трубы сильно не менялась, был применён сменный объектив с фокусным расстоянием 800мм (очковая линза +1,25дптр), который ставился вместо основного с фокусом 1000мм. Земной окуляр обеспечивал вполне приличное изображение с

примерно 20-кратным увеличением и полем немногим более градуса, небольшим по современным меркам, но вполне достаточным, чтобы вести наблюдение за домом одной знакомой студентки-однокурсницы. Не стоит особенно переживать из-за того, что объектив и окуляры нашего самодельного телескопа будут непросветлёнными, но вот зачернить торцы линз, особенно окулярных, будет нелишним, для этого можно воспользоваться чёрным маркером.

Остановимся более подробно на процессе изготовления трубы нашего телескопа. Наиболее доступными, удобными и практичными материалами для быстрого изготовления оправ линз, самой трубы являются проклеенные бумага и картон. Разумеется, можно использовать и другие подходящие материалы и изделия, например, пластиковые сантехнические трубы, отрезки металлических труб, охотничьи гильзы и т.п. Для склеивания бумаги и картона можно применять любой подходящий клей: столярный, ПВА и др. Наиболее прочным является эпоксидный клей, пропитанная им бумага, свёрнутая и проклеенная в несколько слоёв, приобретает совершенно особые свойства. По прочности она не уступает твёрдому пластику, а подчас и металлу, позволяя создавать изделия, что называется, на века. Такой материал можно пилить, сверлить, обрабатывать напильником, наждачной бумагой. Но использование эпоксидного клея требует определённого навыка, мер предосторожности и занимает больше времени. Самым неподходящим считается силикатный канцелярский клей, но опыт показывает, что и с его помощью можно построить трубу, способную прослужить не один год.



Телескоп рационально делать из трёх отдельных составных частей, которые в готовом изделии соединяются вместе. Это оправа объектива, собственно труба (тубус) инструмента и окулярная трубка, которая вставляется в основной тубус и может перемещаться для фокусировки. В окулярную трубку вставляются сменные окуляры.

Фокус у однолинзовых рефракторов не такой «острый», как у ахроматов, поэтому применение профессиональных крейфордовских, речных, геликоидных фокусёров хотя и приветствуется, но не обязательно. Вполне можно обойтись простейшей скользящей окулярной трубкой, удерживаемой на трении. Приведённые чертежи дают наглядное представление об устройстве инструмента. Поясним лишь отдельные важные моменты. Оправа объектива представляет собой трубку длиной 2-2,5 диаметра очковой линзы, т.е. 140-170мм. Она должна быть достаточно прочной, сделанной из 4-5 слоёв проклеенного картона или 6-8 слоёв плотной бумаги, например, ватмана. Очковая линза должна входить в неё с обязательным зазором порядка 0,5мм. С одной стороны в эту трубку, не допуская подтёков клея, наглухо вклеивается другая трубка немного меньшего диаметра длиной примерно 100мм. Внутренний край её должен быть обрезан максимально аккуратно и ровно, т.к. именно на него ложится очковая линза и именно эта деталь обеспечивает перпендикулярность линзы и продольной оси инструмента. С противоположной стороны в оправу вставляется кольцо высотой примерно 25мм, оно должно входить в неё на трении, достаточно плотно. Данное кольцо удерживает линзу от выпадения спереди. На это кольцо ставится диафрагма с внутренним диаметром около 25мм, ограничивающая входное отверстие телескопа. Можно изготовить несколько сменных диафрагм диаметром от 20 до 30мм. Их также можно выполнить из картона, но в инструменте автора они были выпилены лобзиком из фольгированного стеклотекстолита, который используют радиолюбители для печатных плат. Второе, более узкое кольцо, тоже входящее на трении, служит для удержания этой диафрагмы. Труба (тубус) телескопа цилиндрической формы, делается по внешнему диаметру уже готовой оправы объектива. Её можно изготовить из одного или двух листов ватмана. Для намотки можно использовать пару болванок подходящего диаметра, например, аэрозольных баллончиков, диаметр которых можно подогнать, подмотав на них изоленту. В заднюю часть трубы вклеивается переходная трубка меньшего диаметра, в которую на трении вставляется окулярная трубка, она должна двигаться с некоторым усилием, но плавно. Желательно, чтобы в тубусе телескопа были установлены светоотсекающие диафрагмы, защищающие от паразитного света, отражённого от внутренних стенок, для трубы примерно метровой длины достаточно будет трёх-четырёх штук. Диаметр этих диафрагм можно определить графическим методом из чертежа, с учётом максимальной рабочей апертуры очковой линзы и максимальной разумной величины линейного поля зрения. Например, для телескопа с фокусным расстоянием 1 метр можно принять предельную апертуру линзы объектива 30мм, а величину линейного поля в фокусе 27мм, что в угловой мере соответствует 1,5 градусам или трём диаметрам диска Луны. Крепление диафрагм понятно из чертежа. Впрочем, в те времена, когда автор активно пользовался подобными инструментами, никаких диафрагм в его трубах не стояло, было одно лишь чернение стенок.

Окулярную трубку целесообразно делать под внутренний диаметр не менее 1,25 дюйма (31,8мм), это соответствует диаметру баррелей большого ассортимента профессиональных аксессуаров, в первую очередь, окуляров фабричного производства, которые могут попасть в распоряжение любителя. Оправы самодельных окуляров можно подогнать под этот диаметр.

Все внутренние части трубы, переходный тубус, окулярную трубку, оправы объектива и окуляров следует как можно более тщательно зачернить. Удобным средством является чёрная матовая аэрозольная краска, хотя в прежние годы автор обходился обыкновенной чёрной канцелярской тушью. Поскольку труба закрытая, и влага в неё практически не проникает, можно применить и чёрную бархатную бумагу. Она хорошо поглощает паразитный свет и исключает блики, поэтому с ней вполне можно обходиться без светоотсекающих диафрагм.

Кому астрономическая труба длиной порядка метра покажется чересчур громоздкой, можно предложить раздвижную ступенчатую конструкцию из нескольких секций, наиболее рациональное их количество две или три. Её устройство показано на другом чертеже. Необходимо, чтобы секции вдвигались друг в друга достаточно плотно, без болтанки, но и без чрезмерных усилий. Подвижка последней секции используется для фокусировки. Светоотсекающие диафрагмы можно прикрепить к передним торцам второй и третьей секции. Наружные поверхности секций для лучшего скольжения можно натереть воском. Именно такой конструкции труба была у автора в студенческие годы во время традиционных осенних выездов на сельхозработы.

Даже самый небольшой телескоп при наблюдениях нуждается в надёжной опоре. Для начинающего наблюдателя, по моему мнению, наиболее подходящей будет азимутальная монтировка, которая позволяет поворачивать трубу вправо и влево по азимуту и вверх вниз по высоте. Управление ею интуитивно понятно и не будет вызывать затруднений. Её недостатком является необходимость поворачивать трубу по обеим осям при сопровождении светила в суточном движении. Но если наблюдать вблизи небесного меридиана, как это чаще и происходит, то особых сложностей не возникает. Для нашего сравнительно лёгкого по весу инструмента в роли монтировки подойдут многие фотоштативы, главным качеством которых должны быть достаточная прочность и устойчивость. Но при необходимости простую азимутальную монтировку можно соорудить буквально «на коленке», используя несколько деревянных брусков и гвоздей, как это делал автор во время своих студенческих выездов в колхоз. При желании можно построить и экваториал. В своё время автор пользовался упрощённой экваториальной монтировкой, которая представляла собой деревянный брус, установленный на подпорках вертикально, его верхняя грань была срезана под углом $90^\circ - \varphi$, где φ – широта места наблюдения. В центре скошенной площадки было отверстие для болта, с помощью которого крепилась деревянная вилка. Между ушками вилки был пропущен другой болт,

служивший осью склонений, вокруг него вращалась деревянная рейка, к которой крепилась труба. Болт, удерживающий вилку на вертикальном столбе, направлялся на Полярную звезду, расположенную близ полюса мира. Экваториальная монтировка значительно удобнее при поиске слабых объектов по звёздным картам.

Перейдём к вопросу об испытаниях трубы, а также отбора очковых линз. Для этого нам необходимо иметь окуляр с фокусным расстоянием 20-25мм. Его оптический дизайн не имеет особого значения, вполне годится самодельная конструкция, в т.ч. с одиночной собирающей линзой. Из светодиодного фонарика желательнее изготовить искусственную звезду, хотя можно обходиться и без неё. В тёмное время суток испытания можно вести по звёздам, удобна Полярная звезда благодаря своей неподвижности и достаточному блеску. Вследствие небольшой апертуры наш инструмент мало чувствителен к атмосферной турбулентности, поэтому для испытаний годится почти любая ясная ночь. В дневное время можно использовать точечные солнечные блики на изоляторах столбов, на елочных игрушках или на стальных шариках от подшипников. Искусственную звезду или металлический шарик надо установить на некотором расстоянии, трёх-четырёх десятков метров будет вполне достаточно. Диафрагируем очковую линзу до 25-27мм, наводим на точечный источник света нашу трубу и рассматриваем изображение светящейся точки в фокусе, а также при небольшой расфокусировке в обе стороны. Надо стремиться к тому, чтобы расфокусированные изображения были максимально круглыми. В этом случае при наводке на фокус мы увидим маленький правильный кружок – диск Эйри, который может быть окружён колечком. Плохие экземпляры линз вместо кружка Эйри показывают бесформенную кляксу с лучами. Отбираем наилучший экземпляр. Контрольную проверку можно провести, наблюдая Луну, земные ландшафты, мелкие детали зданий при увеличениях 40-50^x. Искусственная звезда позволяет сделать испытания более оперативными, уверенными и комфортными, поэтому кратко остановимся на её изготовлении, ничего сложного в этом нет. Нужно взять какой-нибудь светодиодный фонарик и прикрыть его экраном из пищевой алюминиевой фольги с маленьким отверстием. Экран надо расположить как можно ближе к светодиоду. Отверстие в экране делается так: возьмём лист обыкновенной писчей или газетной бумаги, кладем его на ровную стеклянную или металлическую поверхность. Сверху положим лист фольги, плотно прижмём. Швейной иглой аккуратно прокалываем отверстие. Лист бумаги под фольгой необходим для того, чтобы отверстие не получилось чрезмерно малым.

Вместо очковых подойдут и другие длиннофокусные линзы, например, насадочные от старых фотоаппаратов, хотя, как показали опыты на паре экземпляров, по астигматизму они могут быть отнюдь не лучше очковых. Разумеется, большим успехом будет приобретение подходящей ахроматической линзы, это сделает нашу трубу существенно мощнее и лучше, хотя может обойтись дороже. Все детали постройки небольшого

инструмента остаются те же, за исключением того, что ахроматическую линзу скорее всего не придётся диафрагмировать. Проще всего обращаться с ахроматическим объективом, если он клееный, для небольшого рефрактора это вполне оправданное решение.

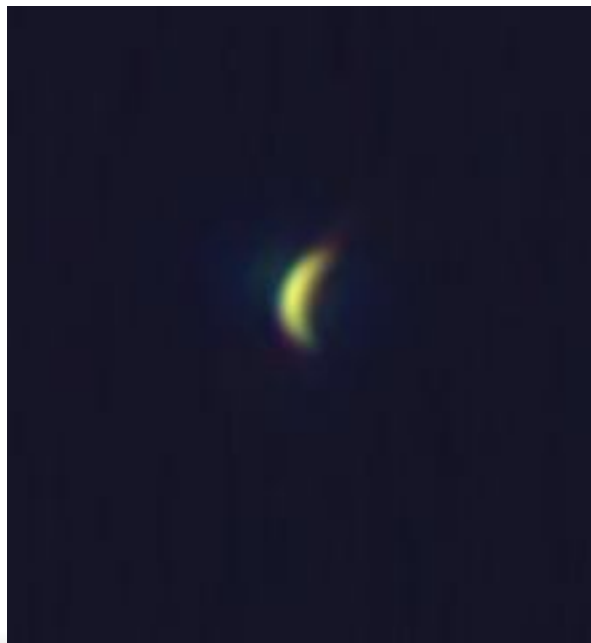
Итак, потратив сравнительно немного времени и средств, мы сделали небольшой инструмент с апертурой от 20 до 30мм, рабочими увеличениями примерно от 12 до 35-50^x и угловым разрешением 4-6". Важной характеристикой телескопа является также проникающая способность, которая зависит от количества света, собранного объективом. Она пропорциональна квадрату диаметра объектива. Если принять диаметр зрачка глаза в темноте равным 6мм, то наш телескоп при отверстии объектива в 1 дюйм даёт выигрыш в проницании около 16 раз, что соответствует 3 звёздным величинам. Практика подтверждает этот вывод, на хорошем незасвеченном деревенском небе такому телескопу действительно доступны звёзды 9-й звёздной величины. Если невооружённым глазом на всём небе можно увидеть около 6 тысяч звёзд, то в такой чрезвычайно скромный по современным меркам инструмент их можно наблюдать уже до 125 тысяч! Что следует включить в программу наблюдений начинающему любителю астрономии, вооружённому подобной трубой?



Безусловно, самым доступным и самым благодарным объектом будет, конечно же, **Луна**. Тёмные равнины лунных морей, множество кратеров, вид которых меняется в зависимости от фазы, системы светлых лучей, горные цепи, пепельный свет, либрации, всё это может дать пищу для многих вечеров и ночей, проведённых у окуляра. Наш телескоп позволит приступить к серьёзному изучению селенографии, ему доступны кратеры диаметром 10-15км, каких на Луне насчитываются сотни. На первом этапе изучения селенографии такой инструмент в какой-то мере даже предпочтительнее более мощных телескопов, поскольку показывает и сосредотачивает внимание на главных деталях и позволяет обозревать сразу весь лунный диск. С помощью такой трубы по

примеру Г.Галилея можно определить высоту лунных гор, валов и центральных горок кратеров, подметить, что дно многих кратеров лежит ниже окружающей поверхности. В своё время автор этой статьи оценивал характерную крутизну кратерных валов, которая в целом оказалась на удивление небольшой.

Другим интересным и доступным объектом будет наше дневное светило. Безусловно, наблюдение **Солнца** требует соблюдения мер предосторожности и применения фильтров, ослабляющих свет не менее чем на 5 порядков. Обычно для этой цели используют фирменные плёночные или стеклянные фильтры, приобретаемые в специализированных астрономических магазинах, которые устанавливаются на входе трубы. Однако благодаря небольшой апертуре и малому относительному отверстию наш телескоп будет достаточно безопасен даже при использовании окулярных фильтров из тёмного стекла, которые крайне не рекомендуются на более мощных и светосильных инструментах. Такой фильтр с успехом можно изготовить из стекла для сварщиков или просто густо закопчённого стекла. В принципе, наблюдать можно и вовсе без фильтров, используя окулярную проекцию солнечного диска на экран, что обычно рекомендовалось в старых руководствах по астрономии. Только надо позаботиться о ширме, затеняющей солнечный экран от прямых лучей. При этом малое относительное отверстие инструмента снова идёт на пользу, поскольку позволяет не опасаться за сохранность окуляра, линзы которого могут треснуть в более светосильных телескопах. Разрешающая сила трубы из очковой линзы достаточна для того, чтобы рассмотреть основные детали строения крупных солнечных пятен, следить за изменениями в группах пятен, их ростом и распадом, которые могут происходить в течение нескольких недель и даже дней, за их движением вследствие вращения Солнца. Рассмотреть солнечную грануляцию не удастся, для этого требуется большее разрешение, но вот увидеть факельные поля на краях солнечного диска вполне можно попробовать.



Возможности, предоставляемые скромной апертурой для наблюдения планет, конечно, ограничены, но всё же наш телескоп позволит уверенно наблюдать фазы **Венеры**, которая, по выражению Г.Галилея, подражает видам Цинтии, поможет отыскать на небе планету **Меркурий**, который всегда прячется в лучах зари, а в нашем климате ещё нередко и в дымке близ горизонта. Хороший экземпляр очковой линзы позволит различить и фазы Меркурия в периоды, когда он недалёк от нижнего соединения и виден в виде серпа почти максимальных размеров, автору это иногда удавалось, но всё же для данного инструмента это непростая задача. Зато наблюдать его прохождения по диску Солнца, которые случаются значительно чаще прохождений Венеры, вполне реально.

Наша труба даст возможность увидеть диски и других ярких планет и, таким образом, позволит начинающему любителю отличить их от звёзд и распознать, кто есть кто в планетной семье. Правда диск **Марса** будет весьма мелким, тем не менее, в течение нескольких месяцев до и после противостояния можно отчётливо различать его фазу, а в периоды великих и околорелигиозных противостояний, когда размер диска близок к максимальному, можно попытаться разглядеть Большой Сирт и полярную шапку.

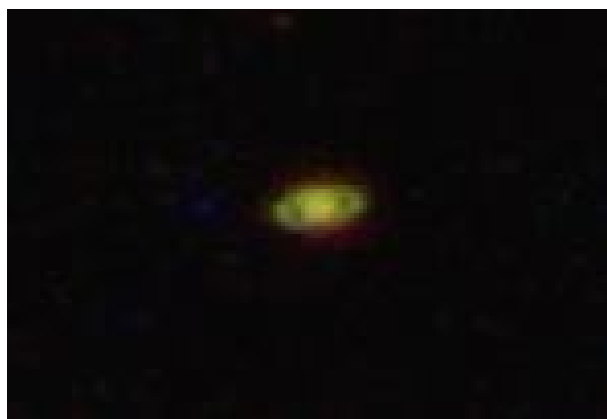


Диск **Юпитера** вполне ощутим по размерам, в хороший экземпляр трубы при увеличении 40-50^x на диске Юпитера, хоть и не без некоторых усилий, можно различить две главные экваториальные полосы. На пределе видимости автору удавалось наблюдать даже Большое Красное Пятно, хоть оно и выглядело неприметной серой крапинкой. Зато четыре Галилеевых спутника: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто видны уверенно и можно следить за их движением и некоторыми явлениями в системе спутников.

В школьные годы, наблюдая в «очковую» трубу **Сатурн**, автор, подобно Г.Галилею, видел его «тройным», с некими придатками по бокам. Линза, использованная тогда в качестве объектива, сохранилась до сих пор, её исследование показало весьма посредственное качество. Я был буквально поражён тем фактом, что применение отобранного экземпляра линзы при апертуре 25мм (и даже 20мм!) при фокусном расстоянии 1м и увеличении 35-50^x позволило наблюдать кольцо Сатурна уверенно и без всякого труда!

Правда, в отличие от более крупного телескопа Х.Гюйгенса, проницающей силы оказалось

недостаточно, чтобы увидеть спутник Сатурна Титан, хотя звёздообразные объекты 8,4^m и слабее в общем случае доступны. Тут сказывается общая закономерность: поблизости от яркого светила обнаружить слабый спутник значительно труднее.



Уран и **Нептун** также доступны наблюдению, но, в отличие от ярких планет, они будут иметь звёздообразный вид. Впрочем, Уран выделяется своим цветом, зеленоватым, или цветом морской волны, не характерным для звёзд. Тот вечер 16 июня 1977г. до сих пор остаётся одним из самых ярких моих астрономических воспоминаний, когда используя в поиске метод звёздных цепочек и суточное вращение неба, я впервые увидел величаво врывающийся в поле зрения трубы Уран! Повторное наблюдение через двое суток позволило убедиться в его перемещении среди звёзд и окончательно подтвердить правильность отождествления. В настоящее время условия для наблюдения Урана и Нептуна значительно более благоприятны, чем в те годы.

Не менее интересным, но гораздо более многочисленным классом объектов, доступных нашему скромному инструменту, являются двойные и кратные звёзды. Есть какое-то особое очарование в том, что глядя на обычные, зачастую малоприметные для невооружённого глаза светящиеся точки, в окуляре телескопа видишь блестящие звёздные пары, а порой и целые сложные системы звёзд. Двойные звёзды дают великолепную возможность развивать наблюдательные навыки, а также проверять оптические качества и разрешающую способность инструментов. Конечно, для трубы с объективом из очковой линзы доступны лишь достаточно яркие пары с угловым расстоянием между компонентами не менее 5", если удалось подобрать для объектива линзу достаточно хорошего качества. Для начального ознакомления можно использовать список, приводимый в каждом выпуске «Школьного астрономического календаря». Приведём его, дополнив ещё несколькими примечательными объектами. Некоторые из них хочется прокомментировать особо.

Мицар ζ Б.Медведицы – наверное, об этой звезде, по которой древние арабы проверяли зрение, слышали многие даже далёкие от астрономии. Невооружённым глазом рядом со средней звездой ручки ковша можно увидеть слабую звёздочку – **Алькор**. Наш телескоп при увеличении от 20^x позволит увидеть не только Алькор, но и спутник

яркой звезды, т.е. «разрешить» сам Мицар. Первая труба, которую автор в школьные годы делал без отбора очковой линзы, показывала эту пару с некоторым трудом, т.к. от главного компонента отходили мешающие лучики. Но с отобранной качественной линзой и оптимальной диафрагмой в 25мм эта красивая пара белых звёзд при увеличении 35-50^x разрешается очень легко и с огромным запасом! Алькор будет виден на большом удалении и, если присмотреться, между двойным Мицаром и Алькором можно различить ещё одну слабую звёздочку.

Сердце Карла α Гончих Псов – эту красивую пару, несмотря на солидную разницу в блеске компонентов, начинающий наблюдатель должен различить даже в не самую удачную трубу.

ζ **Лиры** и особенно **Альбирео β Лебеда** – это наиболее благодарные, лёгкие и красивые объекты даже для самого неопытного наблюдателя. Несмотря на очень скромную апертуру нашего телескопа, в паре β Лебеда удаётся без труда различить контрастные цветовые оттенки компонентов: жёлто-оранжевый и голубоватый. Лёгкой и красивой является также двойная ι **Рака**, цвета компонентов жёлтый и голубоватый.

В прежние выпуски «Школьного астрономического календаря» включались, а из последующих почему-то выпали очень симпатичные пары γ **Дельфина** и γ **Овна** с разделениями около 10" и 8" соответственно. В хорошую «очковую» трубу они доступны наблюдениям без всякого труда. Чего нельзя сказать о таких объектах как γ **Андромеды**, η **Кассиопей**. Ввиду относительной близости и большому различию блеска компонентов, они весьма трудны для разрешения, особенно последняя, спутник которой наиболее слабый по блеску. Несомненно большой интерес вызовет кратная θ **Ориона**, состоящая из двух групп, включающая в себя цепочку из трёх звёзд и знаменитую **Трапецию**, погружённую в **Большую Туманность Ориона**. Три из звёзд Трапеции видны без усилий, но при хорошей прозрачности атмосферы удаётся заметить и четвёртый компонент.

Тем, кто чувствует себя ещё недостаточно подготовленным для разрешения тесных и трудных пар, можно рекомендовать полюбоваться легко доступными широкими, по большей части оптическими двойными, такими как α и β **Козерога**, α **Весов**, ζ **Льва**, θ **Тельца**, ν **Дракона**, δ **Лиры**, ε¹ и ε² **Лиры**. К сожалению, тесные составляющие последней, знаменитой «Двойной двойной» в Лире находятся за пределами возможности нашего инструмента. Для более строгого тестирования разрешающей способности «очковой» трубы подойдут такие пары как 95 **Геркулеса** и α **Близнецов Кастор**. Первая состоит из двух почти одинаковых звёзд, разделённых промежутком в 6,2", у которых можно подметить различие цветовых оттенков компонентов, хотя сделать это непросто из-за относительно невысокого блеска этой пары. Однако делить её хорошая труба должна очень чётко. Кастор является, пожалуй, почти предельным объектом для апертуры в 1 дюйм и делится только с очень хорошими экземплярами очковых линз. С экземплярами чуть похуже можно различить двойственность этой звезды в виде вытянутой

фигуры в форме восьмёрки. Необходимо использовать максимальное полезное увеличение около 50^x. Надо сказать, что с отличными экземплярами линзы можно подметить и двойственность ещё одной яркой звезды – γ **Льва**, но это будет уже, что называется, высший пилотаж и полного разделения не получится. Со временем станет доступна и γ **Девы**, компоненты которой с 1990г. повернулись более чем на 270° и удаляются друг от друга, но в настоящее время при максимальном увеличении в дюймовую апертуру удаётся подметить лишь вытянутость дифракционного изображения.

Небольшая апертура нашей трубы не может предоставить богатых возможностей для наблюдений объектов глубокого космоса (DSO). Тем не менее, на тёмном деревенском небе и даже на окраине городов кое-что отыскать можно. Прежде всего речь пойдёт о двух ярчайших туманностях на нашем небе: **Туманности Ориона (M42)** и **Андромеды (M31)**. Туманность Ориона легко заметна даже в областном центре с 400-тысячным населением, надо только держаться подальше от центральных ярко освещённых улиц. В ней находится кратная звезда – знаменитая Трапеция Ориона, при хорошей прозрачности неба данный телескоп позволяет увидеть все четыре её главных компонента. Туманность обволакивает Трапецию и простирается значительно дальше, чем темнее небо, тем больше размер диффузного свечения, которое мы сможем увидеть. Наблюдать туманность надо с самым слабым окуляром из имеющихся в распоряжении, а вот для наблюдения Трапеции потребуется увеличение 40-50^x. Туманность Андромеды имеет совершенно иную природу, это гигантская звёздная система, состоящая не менее чем из 400 миллиардов звёзд, удалённая, по новейшим данным, на 2,7 миллиона световых лет. Её призрачное свечение в виде продолговатого пятна с центральным уплотнением занимает практически всё поле зрения даже при небольшом увеличении. Чем темнее и прозрачнее небо, тем дальше можно проследить его границы. Конечно, увидеть спиральные ветви и иные подробности мы не сможем, но среди звёзд фона без особого труда можно увидеть её спутник – карликовую эллиптическую галактику **M32**. Она имеет вид слегка туманной звезды. Когда автор в студенческие годы был на уборке урожая в довольно глухом сельском уголке на Орловщине, в тёмные осенние ночи ему удалось уверенно рассмотреть и второй спутник – эллиптическую галактику **NGC205 (M110)**. Эта галактика имеет меньший блеск (8,9^m) и поверхностную яркость, тем не менее, чётко удалось зафиксировать её овальную форму.

В прозрачные ночи вдали от городской засветки без труда можно отыскать ещё одну галактику – **Туманность Треугольника M33**, видимую в виде тусклого слегка продолговатого почти равномерного свечения. На селе автору легко удалось увидеть и хорошо известную пару галактик в Большой Медведице **M81** и **M82**. Они видны в одном поле зрения и сразу бросается в глаза отличие их формы: немного продолговатая и сильно вытянутая. Эти галактики удалены уже на 10 миллионов световых лет. Из других подобных объектов можно

попробовать отыскать Водоворот М51 в Гончих Псах, а вот М101 в Большой Медведице увидеть в «кочковую» трубу мне так и не удалось. При наблюдениях туманных объектов играет роль не только интегральный блеск (нам доступны объекты до 9^m), но и площадь, на которой он «размазан» по небу. Среди других примечательных диффузных объектов хочу отметить планетарную туманность **Гантель М27** в Лисичке. Она отлично видна на хорошем небе как белёсое туманное пятно, чем-то напоминающее песочные часы. Это была первая туманность, увиденная мной после Туманностей Андромеды и Ориона. Одной из наиболее памятных страниц тех далёких лет для меня стало наблюдение **Крабовидной Туманности М1** в созвездии Тельца. При самом малом увеличении она была видна почти как звезда, довольно неприметная, но это «почти» меня тогда и насторожило. Поставив увеличение 28^x, я сразу увидел, что звезда превратилось в небольшое туманное пятнышко, остаток вспышки сверхновой звезды 1054 года. Как писал известный советский астроном И.С.Шкловский, вся современная астрофизика делится на две части: то, что связано с Крабовидной Туманностью и всё остальное. Для начинающего астронома большая удача отыскать этот знаменитый объект. Из других доступных достопримечательностей стоит упомянуть шаровые звёздные скопления, тоже видимые как туманные пятна. Наиболее достойными внимания и лёгкими для поиска будут **М13** и **М92** в Геркулесе, **М3** в Гончих Псах, **М15** в Пегасе, **М2** в Водолее. Знаменитое М13 было первым, которое наблюдал автор, будучи школьником в далёком 1975 году, высунув только что изготовленную трубу в форточку. Наблюдая шаровые скопления, надо помнить, что мы видим наиболее старые объекты нашей Галактики, возраст которых по меньшей мере вдвое превышает возраст Солнца и Земли. В каталоге Мессье можно найти ещё немало объектов, которые можно отыскать на небе с помощью нашей трубы, но подлинным шедевром будут яркие рассеянные звёздные скопления, и в первую очередь, **Плеяды!** Это один из самых впечатляющих объектов на небе, которые можно наблюдать с помощью небольшого телескопа, подзорной трубы или бинокля. Человек с нормальным зрением обычно видит маленький ковшик из 6 звёзд. Г.Галилей насчитывал в свои трубы уже 36 звёзд, наш телескоп с отверстием в 1 дюйм позволит увидеть сверкающую картину из полусотни звёзд самого разнообразного блеска, самые яркие из которых имеют отчётливый голубоватый цвет! Нужно применять небольшое увеличение, чтобы в поле зрения вошло всё скопление или хотя бы большая его часть. Красивое зрелище представляю собой и **Ясли** в созвездии Рака, **М39** в Лебеде, **h и χ Персея**, хотя последнее раскрывает все свои красоты при большей апертуре. Находясь под тёмным незасвеченным небом, даже с помощью такого скромного инструмента мне удалось в миниатюре повторить опыт «звёздных черпков» В.Гершеля и наглядно убедиться в сильной концентрации слабых звёзд к плоскости Млечного Пути.

Все свои наблюдения автор проводил, не пользуясь искателем, наводя трубу подобно старинному

орудию «по стволу». Однако небольшой оптический искатель с увеличением 4-6^x мог бы оказаться очень полезным, если построенный нами инструмент хотя бы в какой-то степени претендует на стационарный. Для его изготовления также можно использовать очковые линзы (+3-4дптр для объектива) и недорогие лупы в качестве окуляра. Возможны и другие варианты решений.

С помощью «очковой» трубы можно получить и некоторые астрофотографии, например, Луны в главном фокусе. Удобнее всего использовать цифровые зеркальные камеры. Однако следует отметить, что матрицы камер, по-видимому, в большей степени чувствительны к хроматической аберрации чем глаз, поэтому контраст снимков у автора получался несколько ниже, чем изображение, воспринимаемое визуалью. Кроме того, пришлось столкнуться с ещё одним феноменом: пылинки на матрице при съёмке с данной трубой почему-то заметны сильнее, чем с более светосильными инструментами или фотообъективами. Вероятно, это как-то связано с малым относительным отверстием «очкового» телескопа.



Подводя итог всему сказанному, можно с уверенностью заявить, что хотя «золотой век» астрономических труб из очковых линз остался в прошлом, они ещё могут принести немалую пользу начинающим любителям астрономии и помочь сделать первые шаги в потрясающе интересный мир науки о Вселенной.

г.Брянск, 2020г.

Памяти моего отца Давыдовского Виталия Григорьевича.

Литература:

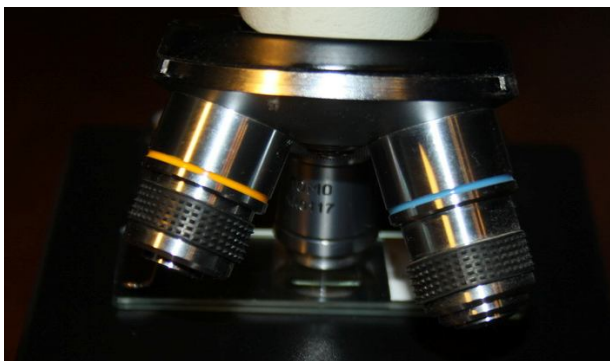
1. Чикин А.А. Астрономическая труба из очковых стёкол. М. ГТТИ, 1932.
2. Навашин М.С. Телескоп астронома-любителя. М. «Наука», 1979.
3. Андрианов Н.К., Марленский А.Д. Школьная астрономическая обсерватория. М. «Просвещение», 1977.
4. Астрономический Календарь. Постоянная часть. М. «Наука», 1981.
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Учебник для 10 класса. Издание четвёртое. М. «Просвещение», 1972.
6. Школьный астрономический календарь. Ежегодник. М. «Просвещение» 1978/1979 учебный год, М. «Дрофа» 2007/2008 учебный год.

Евгений Давыдовский,
любитель астрономии
Специально для журнала «Небосвод»

Иммерсионная микроскопия

Использование методов иммерсии в микроскопических наблюдениях.

Сегодня мы поговорим о таком интересном и полезном методе микроскопического наблюдения, как использование иммерсии. Увеличение большинства моделей любительских микроскопов обычно не превышает 640х – 800х, а числовая апертура наиболее распространённых «сухих» объективов ограничена сверху значением $A=0,85$. Использование водной или масляной иммерсии позволяет наблюдателю обойти эти ограничения и достигнуть теоретического предела разрешения, доступного традиционным оптическим микроскопам.



Несколько слов о разрешении микроскопа.

Кратко коснёмся теории разрешающей способности оптического микроскопа.

По определению, линейный предел разрешения δ в данном случае описывается равенством:

$$\delta = \lambda/2A,$$

где: λ – длина волны источника света, используемого во время наблюдений;

A – числовая апертура объектива микроскопа.

Из данного соотношения очевидно, что для того, чтобы наблюдать всё более мелкие объекты в микроскоп, нам необходимо либо уменьшать длину волны λ падающего излучения, либо увеличивать апертуру A , определяемую по формуле:

$$A = n \sin \alpha$$

Первый путь приведёт нас к необходимости использования источника монохроматического излучения с длиной волны порядка 400 нм (уменьшить её ещё сильнее нельзя – мы выйдем за пределы видимого диапазона света), например, фиолетового лазера. А вот второй – к методике иммерсии.

Присмотримся внимательнее к формуле выше. Из геометрических соображений и определения функции синуса всегда справедливо:

$$\sin \alpha < 1$$

Случай $\sin \alpha = 1$ возможен теоретически, но не реализуем на практике. А это означает, что апертура «сухой» системы никогда не может превышать

для воздушной среды, образующейся между покровным стеклом микропрепарата и фронтальной линзой объектива будет в первом приближении равен той же самой единице.

Но что если заполнить этот промежуток чем-то другим? Ведь из курса оптики известно, что показатель преломления зависит от состава среды. Именно так и поступают при использовании иммерсионного метода, вводя между микропрепаратом и объективом каплю иммерсионной жидкости, имеющей большее значение показателя n по сравнению с воздухом. К наиболее распространённым иммерсионным жидкостям относятся: вода ($n = 1,33$), кедровое или синтетическое иммерсионное масло ($n = 1,51$) и монобромнафталин ($n = 1,71$). Их использование позволяет применять иммерсионные объективы с увеличением до 120х – 150х и значениями A вплоть до 1,6. Такие характеристики для оптического микроскопа являются уже теоретически предельными – дальнейшему росту разрешающей способности будет препятствовать волновая природа света.

В заключительной части теоретического экскурса хотелось бы упомянуть ещё такое важное понятие, как полезное увеличение микроскопа, составляющее от 500 до 1000 числовых апертур объектива. Иными словами, если Вы используете иммерсионный объектив 100х с $A = 1,4$, то наиболее разумным было бы выбрать увеличение всей системы в диапазоне 700х – 1400х. При меньших значениях детализация будет уменьшена за счёт неполного использования потенциала разрешения нашего глаза, а при больших своё тёмное дело сделают волновые эффекты света.

Как это выглядит на практике?

В качестве примера рассмотрим использование объектива масляной иммерсии на школьном микроскопе Микромед С-12.

В штатной комплектации данный оптический прибор снабжен объективами 4/0,1; 10/0,25 и 40/0,65, где первая цифра обозначает увеличение, даваемое объективом, а вторая – его апертуру. Производитель выпускает специальные иммерсионные объективы 100/1,25 МИ для этой модели, но, к сожалению, они слишком дороги (порядка 2500 – 3000 рублей) и по цене сравнимы с самим микроскопом. И здесь нас может спасти такое понятие, как «стандартизация». В качестве недорогой и качественной альтернативы (порой, даже более совершенной с оптической точки зрения) можно посоветовать объективы 100/1,3 МИ производства ЛОМО 70-х и 80-х годов XX века, которые легко найти на вторичном рынке по весьма демократичной цене 500 – 700 рублей.

Единственным недостатком в данной связке является недостаточный ход фокусера микроскопа Микромед С-12, который можно компенсировать, к

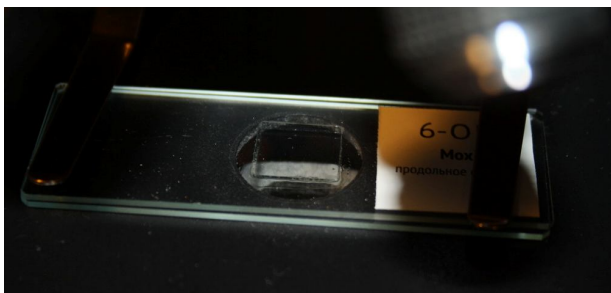
примеру, подложив под образец второе предметное стекло либо же иной прозрачный и подходящий по конфигурации объект.



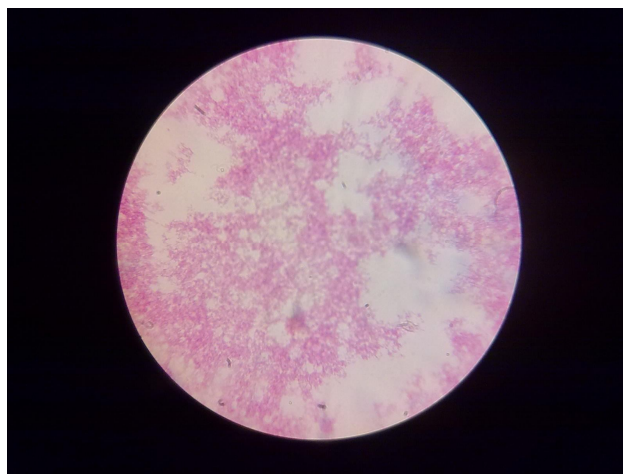
Объективы ЛОМО имеют стандартную резьбу и без особых проблем вкручиваются на место штатных. Процедура эта достаточно простая и описывать её здесь подробно нет необходимости.

Теперь нам необходимо позаботиться об освещении. Наблюдения на больших увеличениях требуют очень яркого и ровного света в рабочем поле. Конечно, идеальным выходом было бы использование конденсоров и специальных осветителей с толстой нитью накаливания и настройкой света по Келеру, но на практике в любительских целях можно обойтись обычной настольной лампой. Лампочку, как показывает практика, желательнее использовать самую простую (накаливания) и в меру яркую. Энергосберегающие решения тут рекомендовать трудно – при длительном наблюдении с таким освещением глаза устают гораздо сильнее.

Приступаем непосредственно к наблюдениям. Наносим иммерсионное масло с помощью пипетки или ватной палочки на покровное стекло образца. Если у Вас нет иммерсионного масла заводского производства, то его, в крайнем случае, можно заменить вазелиновым маслом, продающимся в аптеках. Показатели преломления кедрового ($n = 1,51$), синтетического иммерсионного ($n = 1,515$) и вазелинового ($n = 1,503$) масел практически равны и, если от изображения не требуется кристалльного качества, для целей иммерсии они взаимозаменяемы.

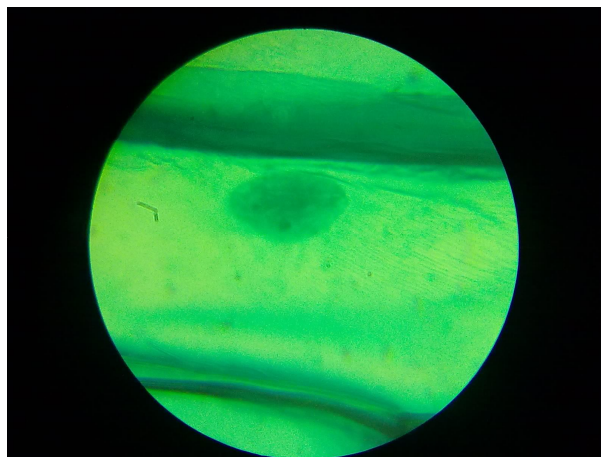


Аккуратно опускаем объектив в каплю иммерсионного масла. Все современные (произведённые в середине XX века и позже) высокоапертурные объективы имеют пружинящую оправу, что существенно снижает вероятность порчи микропрепарата или покровного стекла, но проявить некоторую осторожность в этом деле не помешает. Настраиваем резкость с помощью ручки тонкой фокусировки.



Кисломолочные бактерии, 1600x, масляная иммерсия.

Проводим изучение микропрепарата. Тут хотелось бы отметить один важный момент – если Вы желаете передвинуть предметное стекло с препаратом, обязательно приподнимите объектив! Зазор между ним и покровным стеклом в данном режиме наблюдения очень мал (порядка 0,1 – 0,2 мм), существует опасность повреждения оптического прибора.



Ядро клетки лука, 1600x, масляная иммерсия.

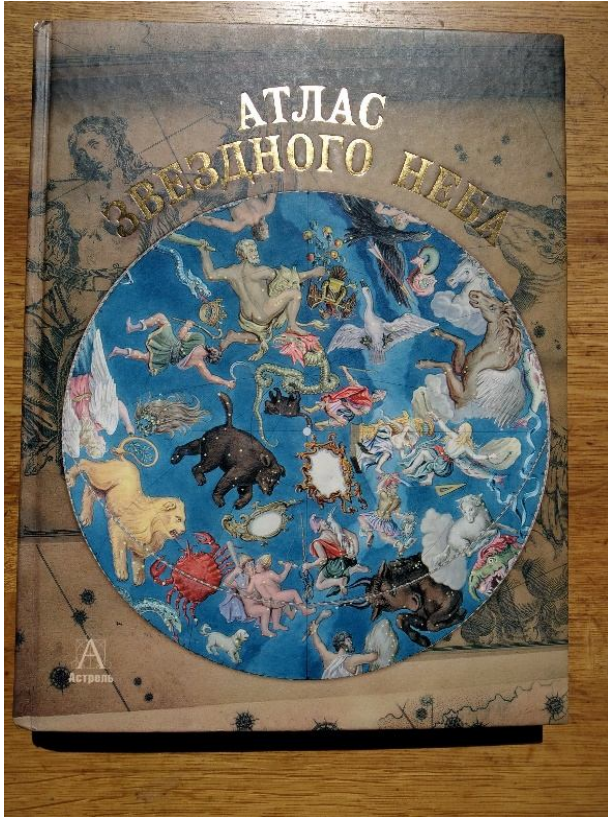
По окончании наблюдений следует удалить остатки масла с препарата и фронтальной линзы микроскопа. Сделать это можно с помощью чистого спирта (96%) или бензина. Идеальным инструментом для такой работы будут гигиенические (ушные) палочки, которые можно купить в любом косметическом магазине или аптеке. Иногда в качестве хорошего средства для удаления иммерсионного масла рекомендуют ксилол, но ввиду токсичности последнего, к подобным рекомендациям следует относиться с осторожностью. Кроме того, существуют свидетельства, что ксилол иногда может проникать под покровное стекло и растворять канадский бальзам – просветляющую среду, в которой заключён образец, что нередко приводит к необратимой порче микропрепарата.

**Николай Демин, любитель астрономии,
г. Ростов-на-Дону**

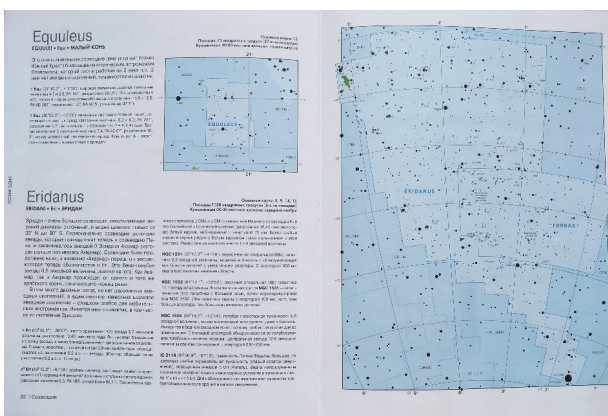
(специально для журнала «Небосвод»)

Обзор астрономической литературы

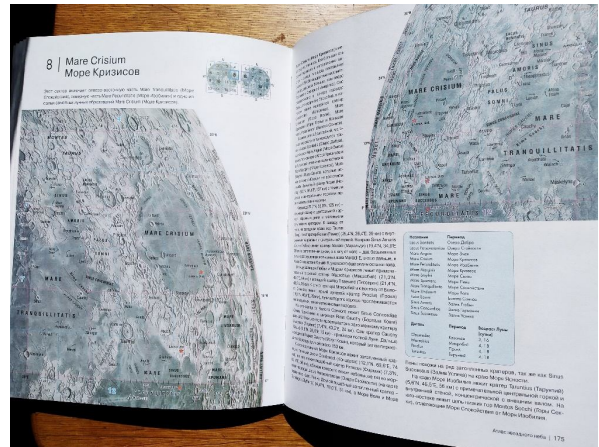
Итак, предлагаю продолжить обзор астрономической литературы, начатый мною в июньском номере журнала «Небосвод» за 2020 год.



Следующая книга, которую я хотел бы рассмотреть — это «Атлас звёздного неба» авторства известного английского астронома Сторма Данлопа. Один из немногих русскоязычных звёздных атласов, встречающихся в свободной продаже. Книга состоит из трех частей — первая представляет собой набор из 20 карт звёздного неба, на которых отмечены все звёзды, видимые невооружённым глазом, а также яркие объекты дальнего космоса. Каждая карта снабжена сопроводительными таблицами, в которых указаны основные характеристики (координаты, блеск, угловой размер) нанесённых на неё дипскай-объектов.

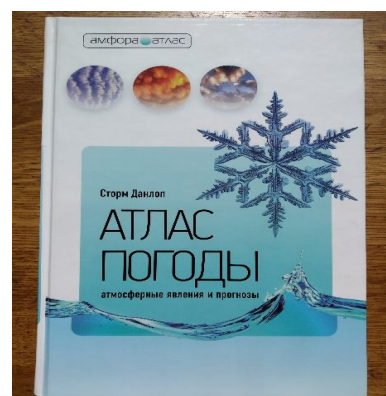


Второй раздел атласа представляет собой обзор всех 88 созвездий небесной сферы — для каждого созвездия даётся карта (до 7,5 звёздной величины) и проводятся описания наиболее примечательных объектов, расположенных в нём — двойных и переменных звёзд, галактик, скоплений и туманностей. Для некоторых наиболее сложных участков неба даются более подробные схемы, на которых отмечены звёзды вплоть до 10 величины.

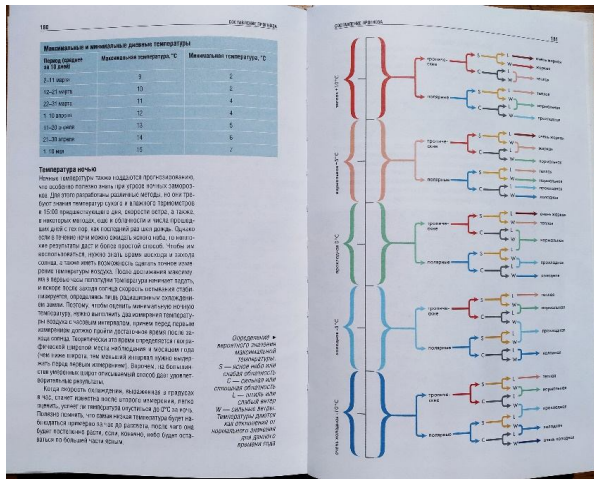


Третий раздел атласа посвящен Луне — здесь приводятся 16 карт видимого полушария нашего спутника в прямом и зеркальном отображении, снабжённых подробным описанием наиболее примечательных деталей поверхности. Имеется также и карта обратного полушария Луны, приведённая, впрочем, в гораздо более мелком масштабе.

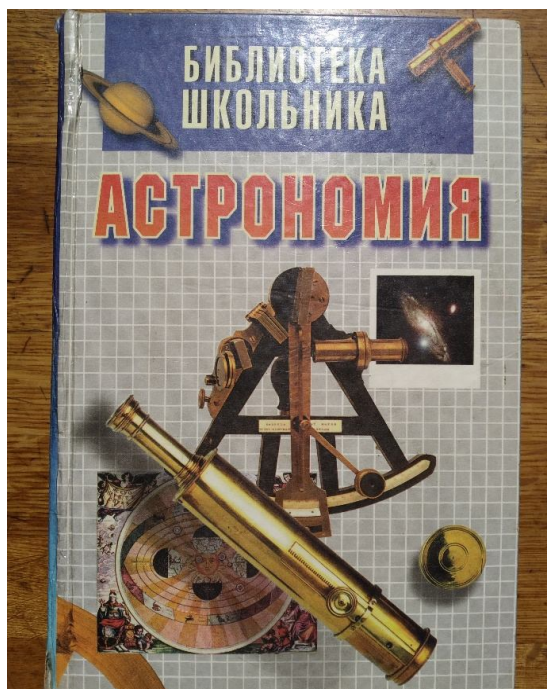
Переплёт атласа твёрдый, качественный, обложка выглядит очень презентабельно. Печать цветная, нареканий по её качеству нет, а вот бумага, на которой издана книга, к сожалению, подкачала — она слишком рыхлая, что совершенно исключает возможность использования атласа в сложных полевых условиях. В целом книга, как мне кажется, будет очень полезна для составления программы наблюдений начинающими любителями астрономии. Для опытных же наблюдателей, вероятно, большинство описанных в ней объектов будут давно знакомы, что, впрочем, не исключает её полезности в качестве справочника.



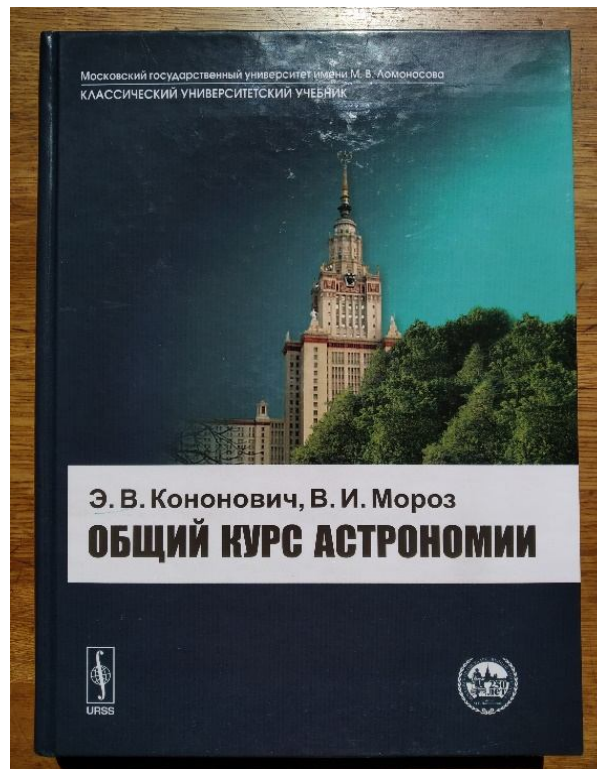
Другая книга Сторма Данлопа, о которой хотелось бы поговорить — это «**Атлас погоды: атмосферные явления и прогнозы**». Книга полезная для понимания процессов в земной атмосфере, приводящих к погодным изменениям. Даются разного рода характеристики облачного покрова, доступно и понятно излагается смысл многих метеорологических понятий. Есть советы по самостоятельному составлению прогноза погоды - в общем, книга может быть полезна любителю астрономии для организации наблюдений. Переплёт плотный, выполнен очень качественно, бумага достаточно приятная - не скажу, что очень плотная, но явно и не газетная. Печать цветная, нареканий к её качеству нет.



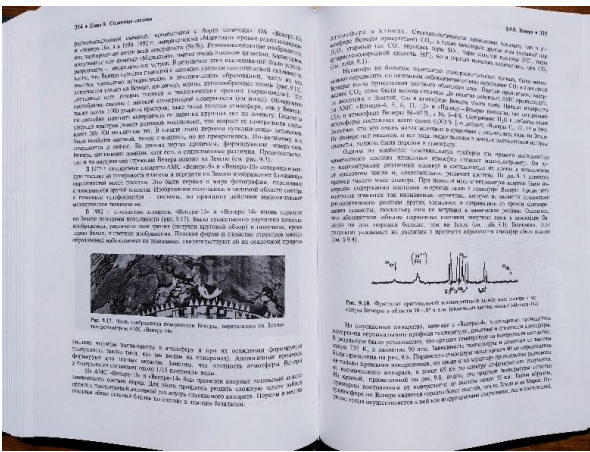
Из выявленных недостатков - во первых, книга не вполне адаптирована для отечественного читателя - даётся подробный обзор климатических карт для Европы и Северной Америки, но для азиатской части России никакой информации в издании не приводится. Вторым обнаруженным недостатком можно назвать спутанные обозначения на нескольких климатических картах (стр. 125 и 127) - среднюю величину осадков перепутали в легенде со средней температурой.



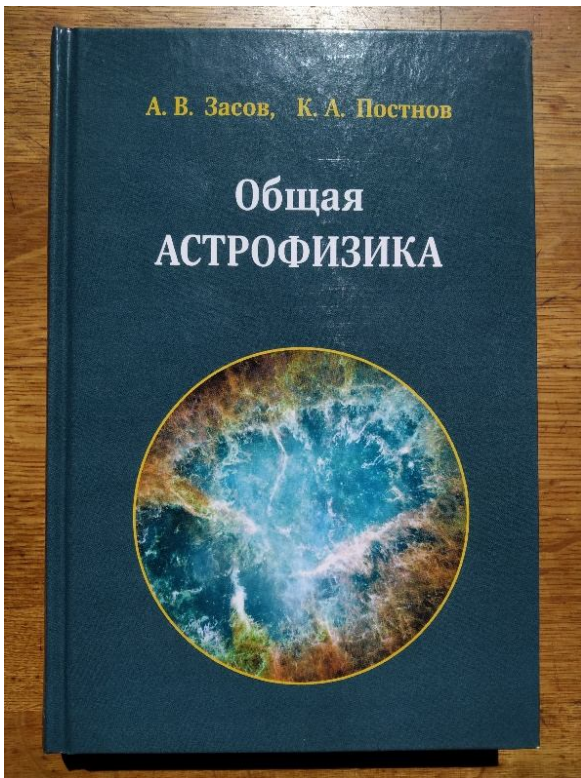
В качестве вводного курса астрономии некоторый интерес, особенно для юных читателей, может представлять следующая книга - «**Библиотека школьника: Астрономия**», под авторством М.Я. Цофина, издание 1998 г. Достаточно объёмистая и занимательная книга, может быть полезна начинающему любителю астрономии для ознакомления с историей астрономии, основными достижениями астрофизики на конец XX века и т.д. Несколько выбивается из контекста книги Глава 17 - "Прикладная астрономия. Телескоп своими руками. Фотографирование ночного неба", представляющая собой краткое изложение методики изготовления главного зеркала телескопа - рефлектора. Логичнее было бы (если книга позиционируется в качестве литературы «для школьников») дать хотя бы общее представление о любительской астрономии и методиках проведения астрономических наблюдений. Порадовал цветной блок с Атласом звёздного неба ВАГО со звёздами до 6,5 звёздной величины. Так как книге уже почти четверть века, некоторые данные, опубликованные в ней, нуждаются в дополнении и уточнении, но для общего знакомства с астрономией она весьма неплоха.



Для тех же, кто уже имеет базовые знания по астрономии и хочет укрепить и систематизировать их, можно посоветовать следующую книгу - «**Общий курс астрономии**» под авторством Э. Кононовича и В. Мороза. Несмотря на то, что книга позиционируется исключительно как университетский учебник, написана она достаточно живым и понятным языком, не перегруженным узкоспециализированными терминами и математическими выкладками. В то же время сам материал охватывает почти все аспекты общей астрономии — от небесных координат и астрометрии до устройства Солнечной системы и космологии.



Книга выдержала 7 изданий, последнее из которых датировано 2019 годом — а это означает, что приведённая в ней информация вполне соответствует современному положению дел. Переплёт книги твёрдый, качественный, бумага белая, плотная, нареканий к физическому оформлению нет. Издание богато иллюстрировано, печать чёрно-белая. Стоимость книги на момент написания обзора составляет около 900 рублей.



Вторым академическим учебником, представляющим несомненный интерес для любителей астрономии можно назвать книгу «Общая астрофизика» под авторством А. Засова и К. Постнова. Пореккомендовать её можно тем, кто уже неплохо знаком с астрономией как наукой, но хочет освежить и расширить свои знания в области физики небесных тел. Книга выходила в 3 изданиях, последнее из которых было отпечатано в 2015 году. Переплёт книги твёрдый, качественный, бумага белая и плотная, печать чёрно-белая, в целом оформление производит приятное впечатление. Цена книги в интернет-магазинах чуть менее 700 рублей.



Следующая книга, которую мы рассмотрим — это «Вселенная. От большого взрыва до чёрных дыр» под авторством О. Фейгина, выпущенная в 2011 году. Красочная, иллюстрированная, отпечатанная на замечательной плотной бумаге, но при этом, на мой взгляд, весьма посредственная книга. Авторского текста немного, по своему уровню он рассчитан на неподготовленного читателя, но может быть ограниченно интересен и некоторым любителям астрономии. Почти половина книги занята разного рода цитатами - иногда уместными, но чаще имеющими весьма отдалённое отношение к тексту, написанному автором.



Многие иллюстрации также представляют сугубо декоративным элементом и никак в смысловом плане не связаны с текстом. Думаю, что такую книгу можно условно рекомендовать только в качестве яркого и интересного подарка для ребенка лет 8-10, увлекающегося астрономией и желающего узнать побольше об эволюции нашей Вселенной.

Продолжение следует...

Николай Демин, любитель астрономии, г. Ростов-на-Дону
(специально для журнала «Небосвод»)

БОЛЬШАЯ АСТРОПРОГУЛКА В ИВАНОВЕ



После нескольких месяцев самоизоляции люди изголодались по совместным мероприятиям. И вот, когда стало «почти можно», ивановское сообщество любителей астрономии решило провести 25 июля 2020 года за городом, на поле у деревни Дегтярево – традиционном месте всех выездных звездных семинаров, «Большую астропрогулку». В отличие от «Летнего Треугольника», где собираются больше сотни человек, это мероприятие было кулуарным и предусматривало соблюдение дистанции, антисептиков и прочих санитарных условий.

Немногим более тридцати человек приехало на поле, чтобы понаблюдать звездное небо и интересные космические объекты. Большинство участников никогда ранее на подобных мероприятиях не были. Поэтому для них все было в новинку и очень интересно. В наблюдениях использовались полевые бинокли и несколько телескопов разных оптических систем. Особенно хочется отметить самодельный «касегрен» с 250-мм зеркалом, установленный на монтировку с автонаведением.

После организационных моментов приступили к наблюдениям Луны. Спутник Земли в фазе 0,3 начал перед заходом скрываться в надвигающихся с запада легких облаках, поэтому надо было успеть показать участникам кратеры и моря. Одновременно звучал рассказ о Луне, ее происхождении, элементах рельефа, истории изучения.

Затем на темнеющем южном небе появились Юпитер и Сатурн. В эти дни они

близки к противостояниям, но низкое положение над горизонтом и неустойчивая атмосфера мешали любоваться деталями облачности и кольцами. Впрочем, Галилеевы спутники и полосы в атмосфере Юпитера были видны отчетливо, а в кольцах Сатурна различалась щель Кассини. Участники мероприятия услышали много интересной информации об этих планетах-гигантах и их спутниках.



В 22 часа 12 минут с запада на восток пролетела Международная космическая станция. Так как большинство присутствующих до сего момента ее ни разу не видели вживую, пролет МКС вызвал бурю эмоций и восторга. Станция зашла в земную тень в южной части неба прямо над Сатурном. Несколько раз наблюдались вспышки спутников, подобных вспышкам «Иридиумов», но это были не «Иридиумы»...



До восхода Марса оставался час – самое время для проведения викторины. Полтора десятка сложных и простых вопросов выявили хорошее знание астрономии среди молодых участников. Победители получили заслуженные призы.

На взошедшем оранжевом Марсе ярким белым пятнышком блестела южная полярная шапка, хорошо видимая даже при стократном увеличении.

А около 23 часов на западе, на фоне Волопаса, промелькнул яркий метеор. По небу по полярным орбитам летали спутники, у горизонта мигали огоньками самолеты, пару раз в соседних населенных пунктах кто-то запускал фейерверки, на севере блестели редкие серебристые облака...



Небо постепенно стемнело, хотя до почти черных августовских ночей июль конечно не дотягивает. Пришло время экскурсии по звездному небу. Участники астропрогулки познакомились в полярными созвездиями, узнали много интересного о Большой Медведице и Полярной звезде, Кассиопее и Драконе, полюсе эклиптики и прецессии, точке апекса и центре Млечного Пути, созвездиях Лебедя, Лиры и Орла, составляющих астеризм Летний Треугольник звездах Вега, Денеб и Альтаир, нашей

Галактике Млечный Путь, а также о некоторых других созвездиях июльского неба: Дельфине, Пегасе, Андромеде, Персее, Змееносце, Геркулесе, Волопасае и некоторых других. Особый интерес вызвали вопросы эволюции звезд и расстояний до них. На примере Арктура, Полярной, Веги и Денеба были показаны космические расстояния и спектральные классы звезд. Подавляющее большинство участников впервые в жизни смогли увидеть Антарес – созвездие Скорпиона наблюдать в Иванове из-за околоризонтной дымки очень сложно.

И, наконец, перешли к объектам дальнего космоса. Рассказ о туманностях и звездных скоплениях иллюстрировался наблюдениями туманности M57 «Кольцо» в Лире и шарового звездного скопления M13 в Геркулесе. В 250-мм телескоп прекрасно была видна клочковатость M57 и ее зеленоватый цвет, а M13 распалась на сотни мельчайших звездочек. Экскурсионный рассказ о далеких галактиках сопровождался показом Туманности Андромеды M31 и ее спутника M32. В крупный телескоп выделялось ядро Туманности Андромеды и различались спиральные рукава галактики.

В полночь, до восхода Венеры и Плеяд, небо постепенно затянулось облаками, которые то усиливались, то таяли, а телескопы и фототехника покрылась обильной росой. Мероприятие пришлось заканчивать, к тому же запланированная программа была выполнена полностью. Участники, получившие горы интересной информации и впервые увидевшие в телескопы космические объекты, остались очень довольны и выразили желание обязательно побывать на других мероприятиях, которые организует ивановское сообщество любителей астрономии.

Сергей Беляков, любитель астрономии,
г. Иваново Специально для журнала «Небосвод»

Журнал "Земля и Вселенная" 2 - 2020



Аннотации основных статей журнала «Земля и Вселенная» № 2 2020

«Пасынки Галактики, или Звездные объекты внегалактического происхождения внутри Млечного Пути». Доктор физико-математических наук, профессор МАРСАКОВ Владимир Андреевич (НИИ физики Южного федерального университета).

С тех пор, как примерно сто лет назад нашу Галактику признали изолированной звездной системой, существующей в безграничной Вселенной, никому даже в голову не приходило, что звезды и звездные скопления, находящиеся в пределах видимости от Солнца, могли образоваться где-нибудь за ее пределами. Другими словами астрономы были уверены, что все галактическое звездные объекты являются генетически связанными, то есть образовавшимися из единого протогалактического облака. Однако скорости и химический состав некоторых даже ближайших звезд и шаровых звездных скоплений никак не укладывались в такое представление. Посмотрим, как эволюционировали наши представления о формировании структуры Галактики.

«Гигантские радиогалактики – уникальные объекты Вселенной». Доктор физико-математических наук ВЕРХОДАНОВ Олег Васильевич (Специальная астрофизическая обсерватория РАН).

Среди большого класса объектов, наблюдаемых на небе с помощью радиотелескопов, радиогалактики являются, с одной стороны, одними из наиболее изученных, а с другой, – одними из самых загадочных. Отличительное свойство этих объектов – их колоссальная мощность в радиодиапазоне электромагнитного спектра, которая объясняется процессами, идущими в ядре галактики.

«Коллекция гамма-всплесков глубины в четверть века. Какие результаты принес эксперимент КОНУС-ВИНД». Кандидат физико-математических наук АПТЕКАРЬ Рафаил Львович (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН).

В ноябре 2019 года исполнилось двадцать пять лет с момента начала работы российского научного прибора «Конус» на космическом аппарате «Винд» (Wind, NASA). Сегодня это самый длительный российский научный эксперимент в космосе.

Аппаратура эксперимента была разработана сотрудниками Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе для наблюдения космических гамма-всплесков и солнечных вспышек и установлена на американском спутнике «Винд», предназначенном для мониторинга параметров солнечного ветра. «Винд» был запущен 1 ноября 1994 г. и успешно работает сегодня.

С помощью прибора «Конус» за два с половиной десятилетия были зарегистрированы тысячи космических гамма-всплесков и сотни вспышек на нейтронных звездах со сверхсильными магнитными полями (магнетарах), что позволило уточнить представления об источниках мощнейших потоков гамма-излучения во Вселенной. По наблюдениям «Конуса» удалось проследить вспыхивающую активность Солнца на протяжении двух полных 11-летних циклов, что позволило проанализировать взрывные процессы выделения энергии на ближайшей к нам звезде.

Эксперимент КОНУС-ВИНД продолжается, и сегодня он вошел в число «инструментов» новой многоканальной астрономии, начало которой принято отсчитывать от первого совместного детектирования гравитационно-волнового и гамма-излучения от слияния нейтронных звезд в августе 2017 г.

«Конец элитарного клуба-2. Высокие рубежи космических предпринимателей». Доктор экономических наук, кандидат технических наук, член Международной академии астронавтики ПАЙСОН Дмитрий Борисович.

В предыдущем номере журнала мы говорили о двух прошедших этапах развития космического предпринимательства. Примерно в 80-х годах прошлого века основные направления гражданской прикладной космонавтики перешли на коммерческие рельсы, а на рубеже веков состоялась радикальная демократизация космической деятельности, в космос пришли большие и малые

стартапы, и модели отношений «частников» и государств претерпели существенные изменения.

Самое интересное, однако, впереди. Каковы направления дальнейшей «эмансипации» бизнеса, состоится ли «третий переход», связанный с открытием космическим бизнесом принципиально новых, ранее на Земле не виданных, направлений деятельности, и каковы перспективы, особенно государственного взаимодействия в космосе – тема для отдельного разговора.

«Космические исследования в 2019 году. Хроника научных запусков и основных событий».

«Открывший конечность скорости света. Оле Рёмер (к 375-летию со дня рождения)». Кандидат физико-математических наук ЕРЕМЕЕВА Алина Иосифовна (Государственный астрономический институт им. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова).

Оле (Олоф, Олаф, иногда Олай) Кристенсен Рёмер (Ole Christensen Rømer) родился 15 сентября (25 сентября н. ст.) 1644 г. в Дании в портовом городе Аархус (Орхус, центральная Ютландия) на восточном побережье Дании, в семье небогатого купца Кристена Олесена Рёмера (переселившегося в Данию с острова Рём, откуда и фамилия) и его жены Анны. С 1665 г. при короле Фредерике III Дания была абсолютистской монархией, с 1670 г. ею правил Фредерик IV. Законом 1683 г. укреплялась централизация страны. В XVII в. зарождалась буржуазия – в ущерб аристократии (дворянства) появлялись городские сословия: состоятельные купцы, судовладельцы (развивалась морская торговля), первые промышленники (мануфактуристы). На государственные должности стали назначать представителей из сословия горожан, что впоследствии скажется и на судьбе и карьере О. Рёмера.

Получив начальное образование в местной латинской школе, Оле Рёмер уже в эти годы заинтересовался астрономией. Однако, поступив в 1662 г. в Копенгагенский университет, он не только слушал лекции профессора астрономии Ланге, но также изучал медицину и физику у знаменитого физика, последователя Рене Декарта, ректора Копенгагенского университета Эразма (Расмуса) Бартолина (1625–1698), открывшего в 1669 г. явление двойного лучепреломления в кристаллах исландского шпата. С 1669 г. Рёмер стал его помощником и даже жил в его доме, а в дальнейшем женился на его дочери.

«Преподавание астрономии в Московском университете в начале XIX века». Кандидат физико-математических наук ГРИБКО Людмила Павловна (Государственный астрономический институт им. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова).

В статье идет речь о довольно трудном периоде преподавания астрономии в Московском университете в 1811–1826 гг. Трудности этого периода объясняются разными причинами, и важно выяснить, почему пустовала кафедра астронома-наблюдателя, а также кем, как и когда читались курсы астрономических дисциплин на Физико-математическом отделении Императорского Московского университета (ИМУ).

«Крупнейшие рефракторы мира». СОЛОМОНОВ Юрий Владимирович (СКБ

«Контур»), ГЕРАСЮТИН Сергей Александрович (Мемориальный музей космонавтики).

XIX век вошел в историю как век технического прогресса. Появились железные дороги, паровозы и пароходы, фотоаппараты, телефоны и телеграфы. Не обошел прогресс и астрономию. Благодаря успехам оптиков и химиков, удалось создать новые качественные линзы и зеркала, обеспечить обсерватории масштабным оборудованием. Вторая половина XIX века была богата уже не просто техническими изобретениями, но и красочными астрономическими событиями – появлением ярких комет, метеорных штормов, открытием восьмой планеты Нептун, каналов на Марсе, доселе невидимых спутников Сириуса и Прокциона. Делались большие успехи в небесной механике, астрометрии, что и положило начало развитию астрофизики. Все это позволило обратиться астрономам к правительству и получить финансирование для заказа больших инструментов. Кроме того, богатые финансисты сами предлагали деньги на строительство телескопов и обсерваторий, тем самым пытаясь увековечить память о себе. Все это определило гонку оптических технологий, в которой приняли участие практически все ведущие державы мира. Наука шла в гору, астрономам удалось совершить много новых и интересных открытий.

«Проложивший путь в космос (к 125-летию со дня рождения М. Валье)». Часть 2. ГЕРАСЮТИН Сергей Александрович (Мемориальный музей космонавтики).

«Ночь. Небо. Телескоп». Зав. отделом научно-просветительской работы КАЛЯКИНА Татьяна Александровна, старший научный сотрудник МИТЮГОВ Алексей Константинович (Нижегородский планетарий им. Г.М. Гречко).

Традиционно, приходя в планетарий, люди интересуются возможностью посетить сеанс реальных астрономических наблюдений. В свою очередь, планетарий должен найти возможность этот интерес удовлетворить. Однако большинство планетариев находятся в городах, где уровень светового загрязнения сильно ограничивает проведение таких сеансов. Обычно они сводятся к вечерним мероприятиям по наблюдению в телескоп Луны и видимых невооруженным глазом планет. При этом сотрудник Планетария может давать устные комментарии, либо выступать с лекциями, либо использовать наглядные пособия – тематические плакаты.

Основная идея нового подхода подобных сеансов состоит в том, чтобы связать ход лекции с происходящими в реальном времени астрономическими явлениями: заход Солнца, восход Луны, появление на небе в процессе наступления вечерних сумерек планет и ярких звезд, а также некоторыми интересными событиями, видимыми невооруженным глазом (например, пролетом МКС). Такая комбинация не только позволяет удовлетворить самые разнообразные запросы зрителей, но и является методикой, которая может быть реализована на любой площадке, даже без купола. Формат взаимодействия лектора со зрителями получается максимально свободным. Как лекция, так и наблюдения рождают большое количество вопросов, обсуждений, даже дискуссий.

Валерий Щивьев, любитель астрономии
<http://www.astronet.ru/>

Яркая комета лета 2020 года



Комета NEOWISE (C/2020 F3) и изменение ее вида за две недели. Фото: [Антон Казбанов](#)

Неожиданно поярчавшая вопреки прогнозам комета NEOWISE (C/2020 F3) в начале июля уже красовалась на фоне зари с ее великолепным хвостом. Лучшие фотографии хвостатой гостьи журнал публикует на своих страницах. Все фото ниже взяты из Астрономической картинки дня на Астронет <http://www.astronet.ru/db/apod.html> Конечно, все фотографии невозможно опубликовать в нашем издании, поэтому читатели журнала «Небосвод» могут просмотреть фото кометы, сделанные отечественными любителями астрономии, на российском Астрофоруме в теме «C/2020 F3 (NEOWISE) - яркая комета лета» на <https://astronomy.ru/forum/index.php/topic.183811.0.html>

Кроме этого, на вечернем небе августа взору любителей астрономии доступны три кометы, находящиеся в относительной близости друг от друга. Это NEOWISE (C/2020 F3), PANSTARRS (C/2017 T2) и Lemmon (C/2019 U6). Кометы перемещаются по созвездиям Волос Вероники и Волопаса недалеко от яркой звезды Арктур. 6 августа эти кометы максимально (в секторе около 8 градусов) сблизятся друг с другом.



Комета NEOWISE над Стоунхенджем
Фото: [Деклан Деваль](#)



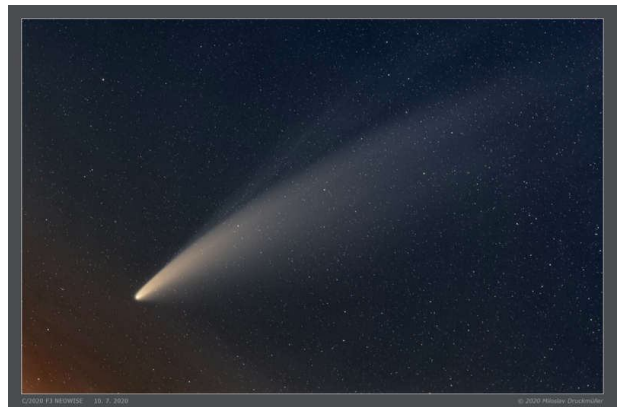
Структуры в хвостах кометы NEOWISE
 Фото: [Цзысюань Лин \(Педагогический университет Пекина\)](#)



Комета NEOWISE Фото: [Том Мастерсон](#)



Комета NEOWISE на севере
 Фото: [Билл Петерс](#)



Хвосты кометы NEOWISE Фото: [Мирослав Друкмюллер \(Технологический университет Брно\)](#)



Серебристые облака и комета NEOWISE
 Фото: [Эммануэль Паоли](#)

Астрономическая картинка дня
<http://www.astronet.ru/db/apod.html>



Фото: [Kevin Palmer](#)

Избранные астрономические события месяца (время всемирное - UT)

1 августа - Луна ($\Phi = 0,94+$) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,
1 августа - Луна ($\Phi = 0,97+$) близ Юпитера и Сатурна,
3 августа - полнолуние,
5 августа - долгопериодическая переменная звезда R Волопаса близ максимума блеска (6m),
5 августа - покрытие Луной ($\Phi = 0,95-$) звезды tau2 Водолея (4m) при видимости на большей части страны,
6 августа - Луна ($\Phi = 0,91-$) проходит южнее Нептуна,
6 августа - долгопериодическая переменная звезда S Северной Короны близ максимума блеска (6m),
9 августа - Луна ($\Phi = 0,72-$) проходит южнее Марса (покрытие, видимое в Южной Америке и Антарктиде),
9 августа - Луна ($\Phi = 0,70-$) в апогее своей орбиты на расстоянии 404660 км от центра Земли,
10 августа - долгопериодическая переменная звезда V Гончих Псов близ максимума блеска (6m),

10 августа - Луна ($\Phi = 0,58-$) проходит южнее Урана,
11 августа - Луна в фазе последней четверти,
12 августа - Луна ($\Phi = 0,42-$) проходит южнее Плеяд,
12 августа - максимум действия метеорного потока Персеиды (ZHR= 120),
12 августа - долгопериодическая переменная звезда V Волопаса близ максимума блеска (6m),
13 августа - Луна ($\Phi = 0,33-$) близ Гиад и Альдебарана,
13 августа - Венера достигает максимальной западной (утренней) элонгации 46 градусов,
14 августа - Луна ($\Phi = 0,21-$) в восходящем узле своей орбиты,
15 августа - покрытие Луной ($\Phi = 0,19-$) звезды 1 Близнецов (4,2m) при видимости на Европейской части страны,
15 августа - Луна ($\Phi = 0,15-$) близ Венеры,
15 августа - Уран в стоянии с переходом к попятному движению,
15 августа - Луна ($\Phi = 0,13-$) проходит точку максимального склонения к северу от небесного экватора,
17 августа - Меркурий проходит верхнее соединение с Солнцем,
17 августа - Луна ($\Phi = 0,02-$) проходит севернее звездного скопления Ясли (M44),

17 августа - максимум действия метеорного потока каппа-Цигниды из созвездия Лебедя (ZHR= 3),

19 августа - новолуние,

19 августа - Луна ($\Phi = 0,0$) близ Меркурия,

19 августа - Луна ($\Phi = 0,01+$) проходит севернее Регула,

20 августа - Меркурий проходит в 1,3 гр. севернее Регула,

21 августа - Луна ($\Phi = 0,08+$) в перигее своей орбиты на расстоянии 363511 км от центра Земли,

22 августа - Луна ($\Phi = 0,2+$) проходит севернее Спики,

23 августа - покрытие Луной ($\Phi = 0,28+$) звезды каппа Девы (4,2m) при видимости на Европейской части страны,

25 августа - Луна в фазе первой четверти,

25 августа - покрытие Луной ($\Phi = 0,5+$) звезды бета Скорпиона (2,6m) при видимости на Европейской части страны,

26 августа - Луна ($\Phi = 0,56+$) проходит севернее Антареса,

27 августа - Луна ($\Phi = 0,68+$) в нисходящем узле своей орбиты,

28 августа - Луна ($\Phi = 0,79+$) проходит точку максимального склонения к югу от небесного экватора,

29 августа - Луна ($\Phi = 0,85+$) близ Юпитера и Сатурна,

30 августа - долгопериодическая переменная звезда R Дракона близ максимума блеска (6,5m).

Обзорное путешествие по небу августа в журнале «Небосвод» на <http://astronet.ru/>.

Солнце движется по созвездию Рака до 10 августа, а затем переходит в созвездие Льва и остается в нем до конца месяца. Склонение дневного светила, по сравнению с первыми двумя летними месяцами уменьшается с каждым днем все быстрее. Как следствие, также быстро уменьшается продолжительность дня: с 15 часов 59 минут в начале месяца до 13 часов 52 минут к концу описываемого периода (более двух часов). Эти данные справедливы **для широты Москвы**, где полуденная высота Солнца за месяц уменьшится с 52 до 42 градусов. Для наблюдений Солнца август - один из самых благоприятных месяцев в северном полушарии Земли. Наблюдения пятен и других образований на поверхности дневного светила можно проводить в телескоп или бинокль и даже невооруженным глазом (если пятна достаточно крупные). **Но нужно помнить, что визуальное изучение Солнца в телескоп или другие оптические приборы нужно проводить обязательно (!) с применением солнечного фильтра** (рекомендации по наблюдению Солнца имеются в журнале «Небосвод» <http://astronet.ru/db/msg/1222232>).

Луна начнет движение по августовскому небу при фазе около 0,9+ в созвездии Стрельца около максимального склонения к югу от небесного экватора. В это время Луна будет наблюдаться весьма низко над горизонтом всю ночь. 2 августа

почти полная Луна будет видна около Юпитера и Сатурна, перейдя в этот день в созвездие Козерога. Здесь ночное светило примет фазу полнолуния 3 августа, а 4 августа перейдет в созвездие Водолея. 6 августа Луна пройдет южнее Нептуна, а на следующий день вступит в созвездие Рыб. Продолжая уменьшать фазу, 7 августа Луна посетит созвездие Кита, оставаясь здесь до 9 августа. В этот день лунный овал снова перейдет в созвездие Рыб, пройдя 9 августа при фазе около 0,7- южнее Марса. 10 августа Луна еще раз посетит созвездие Кита, перейдя в этот же день в созвездие Овна и пройдя южнее Урана при фазе около 0,6-. Здесь лунный полудиск пробудет до 11 августа, когда примет фазу последней четверти и перейдет в созвездие Тельца. В этом созвездии 12 августа большой серп будет наблюдаться на утреннем небе южнее Плеяд, достигнув на следующий день Гиад и Альдебарана. Затем тающий серп устремится к созвездию Близнецов, в которое войдет 15 августа. В этот день Луна пройдет севернее Меркурия при фазе 0,15+, а 17 августа перейдет в созвездие Рака, где в тот же день пройдет севернее звездного скопления Ясли (M44). 18 августа тонкий лунный серп вступит в созвездие Льва, где 19 августа примет фазу новолуния, а затем пройдет севернее Регула. Увеличивая фазу, Луна перейдет в созвездие Девы 20 августа, совершив по нему трехдневное путешествие, пройдя севернее Спики 22 августа. 23 августа Луна вступит в созвездие Весов, где пробудет до 25 августа, когда примет фазу первой четверти, а затем посетит созвездие Скорпиона. 26 августа лунный овал перейдет в созвездие Змееносца и пройдет севернее Антареса. На следующий день Луна войдет в созвездие Стрельца, где 29 августа при фазе около 0,85+ сблизится с Юпитером и Сатурном. В этот же день яркая Луна перейдет в созвездие Козерога и закончит здесь свой путь по летнему небу около фазы полнолуния, наблюдаясь почти всю ночь.

Большие планеты Солнечной системы.
Меркурий перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Близнецов, 4 августа переходя в созвездие Рака, а 13 августа - в созвездие Льва. Угловое расстояние от Солнца уменьшается от 18 градусов до 2 градусов ко времени верхнего соединения с Солнцем 17 августа. Видимый диаметр Меркурия за месяц уменьшается от 6,5 до 5 угловых секунд при блеске, который увеличивается от -1m до -2m ко времени соединения с Солнцем, а затем уменьшается до -0,7m к концу месяца. Фаза планеты к соединению с Солнцем увеличивается от 0,6 до 1, а затем уменьшается до 0,9. Это означает, что при наблюдении в телескоп Меркурий будет иметь вид небольшого овала/ переходящего в диск.

Венера движется в одном направлении с Солнцем по созвездию Тельца, 5 августа переходя в созвездие Ориона, а 13 августа - в созвездие Близнецов. Планета наблюдается на утреннем небе, увеличивая угловое расстояние от центрального светила от 45 до 46 градусов к 13 августа, когда достигнет максимальной западной (утренней) элонгации. Венеру можно наблюдать невооруженным глазом на дневном небе (в первой половине дня). 15 августа

около планеты будет находиться Луна, что облегчит поиск Венеры в дневное время. Видимый диаметр Венеры за месяц уменьшится от 28" до 20", а фаза увеличится от 0,42 до 0,6 при блеске, около -4,4m. В телескоп планета видна в виде достаточно большого (по сравнению с другими планетами) белого серпа без деталей.

Марс перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Рыб. Планета видна на ночном и утреннем небе в виде яркой звезды, достаточно высоко над южным горизонтом. В телескоп наблюдается небольшой диск, на поверхности которого можно различить основные детали и полярную шапку. Блеск планеты увеличивается от -1,0m до -1,8m, а видимый диаметр возрастает от 14,5 до 19 угловых секунд. Марс 13 октября 2020 года пройдет противостояние с Солнцем при видимом диаметре более 22 секунды дуги.

Юпитер перемещается попятно по созвездию Стрельца. Газовый гигант наблюдается всю ночь невысоко над южным горизонтом. Угловой диаметр самой большой планеты Солнечной системы уменьшается от 47,5" до 44,3" до при блеске около -2,5m. Диск планеты различим даже в бинокль, а в небольшой телескоп на поверхности Юпитера видны полосы и другие детали. Четыре больших спутника видны уже в бинокль, а в телескоп в условиях хорошей видимости можно наблюдать тени от спутников на диске планеты, а также различные конфигурации спутников.

Сатурн перемещается попятно по созвездию Стрельца. Наблюдается окольцованная планета всю ночь невысоко над южным горизонтом. Блеск планеты уменьшается от 0,1m до +0,3m при максимальном видимом диаметре 18,5". В небольшой телескоп можно наблюдать кольцо и спутник Титан, а также другие наиболее яркие спутники. Видимые размеры кольца планеты составляют в среднем 40x15" при наклоне к наблюдателю 22 градуса.

Уран (6m, 3,5") перемещается в одном направлении с Солнцем по созвездию Овна южнее звезды альфа этого созвездия, 15 августа меняя движение на попятное. Планета видна на утреннем небе. Разглядеть диск Урана поможет телескоп от 80 мм в диаметре с увеличением более 80 крат и прозрачное небо. Невооруженным глазом планету можно наблюдать в эпоху близкую к противостоянию в периоды новолуний на темном чистом небе. Блеск спутников Урана слабее 13m.

Нептун (8m, 2,4") движется попятно по созвездию Водолея близ звезды фи Aqr (4,2m). Планета наблюдается на утреннем небе. Для поисков самой далекой планеты Солнечной системы понадобится бинокль и звездные карты в [Астрономическом календаре на 2020 год](#), а диск различим в телескоп от 100 мм в диаметре с увеличением более 100 крат (при прозрачном небе). Фотографическим путем Нептун можно запечатлеть самым простым

фотоаппаратом с выдержкой снимка около 10 секунд. Спутники Нептуна имеют блеск слабее 13m.

Из комет месяца, видимых с территории нашей страны, расчетный блеск около 10m и ярче будут иметь, по крайней мере, четыре кометы: NEOWISE (C/2020 F3), PANSTARRS (C/2017 T2), Lemmon (C/2019 U6) и Энке. NEOWISE (C/2020 F3) при снижающемся блеске от 4m до 8m перемещается по созвездиям Волос Вероники, Волопаса и Девы. PANSTARRS (C/2017 T2) при максимальном расчетном блеске около 10m движется также по созвездиям Волос Вероники, Волопаса и Девы. Энке перемещается по созвездиям Ворона, Гидры, Центавра и Волка при максимальном расчетном блеске около 10m. Lemmon (C/2019 U6) при максимальном расчетном блеске 9m движется по созвездиям Волос Вероники и Волопаса. Сведения о других кометах месяца - <http://aerith.net/comet/weekly/current.html>, а результаты наблюдений - на <http://195.209.248.207/>.

Среди астероидов месяца самым ярким будет Церера (7,7m), которая движется по созвездию Водолея. Карты путей астероидов (комет) даны в приложении. Сведения о покрытиях звезд астероидами на <http://asteroidoccultation.com/IndexAll.htm>.

Из относительно ярких долгопериодических переменных звезд (наблюдаемых с территории России и СНГ) максимума блеска в этом месяце по данным AAVSO достигнут: R Овна 8,2m - 1 августа, R Волопаса 7,2m - 5 августа, R Геркулеса 8,8m - 5 августа, S Северной Короны 7,3m - 6 августа, RR Весов 8,6m - 6 августа, V Гончих Псов 6,8m - 10 августа, V Волопаса 7,0m - 12 августа, RZ Скорпиона 8,8m - 12 августа, R Кита 8,1m - 13 августа, R Жирафа 8,3m - 13 августа, S Водолея 8,3m - 13 августа, X Близнецов 8,2m - 16 августа, S Жирафа 8,1m - 19 августа, S Близнецов 9,0m - 22 августа, U Персея 8,1m - 25 августа, R Дракона 7,6m - 30 августа, X Северной Короны 9,1m - 31 августа. Больше сведений на <http://www.aavso.org/>.

Среди основных метеорных потоков 12 августа максимума действия достигнут Персеиды (ZHR=120). 17 августа максимальной интенсивности достигнут каппа-Цигниды из созвездия Лебедя (ZHR=3). Луна в период максимума Персеид будет близка к фазе последней четверти, поэтому условия наблюдений метеоров этого потока будут достаточно благоприятны. Для каппа-Цигнид условия наблюдений более благоприятны из-за близкого новолуния. Подробнее на <http://www.imo.net>.

Другие сведения о явлениях года имеются в АК_2020 - <http://www.astronet.ru/db/msg/1364099>

Ясного неба и успешных наблюдений!

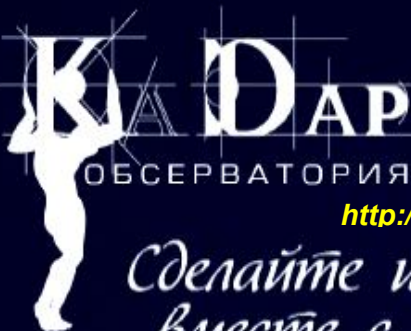
Оперативные сведения о небесных телах и явлениях всегда можно найти на <http://www.astronomy.ru/forum/index.php> Эфемериды планет, комет и астероидов, а также карты их видимых путей по небесной сфере имеются в [Календаре наблюдателя № 08 за 2020 год](#) <http://www.astronet.ru/db/news/>

Александр Козловский, журнал «Небосвод»

Астротоп 100 России

Народный рейтинг астрокосмических сайтов

<http://astrotop.ru>



КА ДАР
ОБСЕРВАТОРИЯ

<http://www.ka-dar.ru/observ>

Сделайте шаг к науке
вместе с нами!

Астрономический календарь на 2020 год

<http://www.astronet.ru/db/msg/1364099>

АСТРОФЕСТ

<http://astrofest.ru>

Два стрельца



<http://shvedun.ru>



<http://www.astro.websib.ru>

[astro.websib.ru](http://www.astro.websib.ru)



<http://астрономия.рф/>

Астрономия .РФ

Общероссийский астрономический портал

ТЕЛЕСКОПЫ - НАША ПРОФЕССИЯ

Звездочет

<http://astronom.ru>

(495) 729-09-25, 505-50-04

Офис продаж: Москва, Тихвинский переулок д.7, стр.1 ([карта](#))

О НАС КОНТАКТЫ КАК КУПИТЬ И ОПЛАТИТЬ ДОСТАВКА ГАРАНТИЯ

Комета NEOWISE и туманности



Небосвод 08 - 2020