**Содержание.**

**ВВЕДЕНИЕ..............................................................................................................3**

**ВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ....................................................4**

**Многократный счет метеоров.........................................................................4**

**Наблюдения радиантов...................................................................................7**

**Наблюдения телескопических метеоров (телеметеоров).......................8**

**ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ......................................9**

**СПЕКТРОГРАФИРОВАНИЕ МЕТЕОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИН ВОЛН СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИИ...................................................................................10**

**Введение.**

Наблюдения метеоров представляют широкое поле деятельности для любителей астрономии. Ими был собран большой наблюдательный материал о метеорах, на основе которого выполнены ценные научные работы, внесен значительный вклад в развитие науки о метеорах. А некоторые виды наблюдений метеоров попросту и сейчас невозможно провести без участия любителей. Это, прежде всего, наблюдение болидов и поиски вероятно выпавших после них метеоритов.

Визуальные наблюдения численности поточных и спорадических метеоров позволяют изучить структуру метеорных потоков и оценить приток метеорного вещества на Землю. Широкому кругу любителей астрономии доступны и некоторые простые виды фотографических наблюдений метеоров. При визуальных наблюдениях метеоров предполагается что наблюдатель в достаточной мере знаком с созвездиями и умеет ориентироваться на звездном небе, используя для этого звездные атласы, например, А. А. Михайлова. Для визуальных наблюдений метеоров требуется также знание блеска звезд. Удобны для этой цели копии звездных карт, на которых около каждой звезды указаны ее звездная величина и цвет. Для телескопических на­блюдений метеоров необходимы карты, содержащие звезды до 8-10-й звездной величины, например большой атлас А. А. Михайлова или атлас Бечваржа.

Самые слабые звезды, видимые невооруженным глазом в безлунную ночь около зенита, имеют 6-ю звездную вели­чину.

Визуальные и простые фотографические наблюдения метеоров, проведенные любителями астрономии со скром­ным оборудованием, имеют научное значение, если они проведены но заранее продуманной программе и методике с целью решения конкретной задачи. К таким наблюдениям относятся многократный счет метеоров, базисное фотографирование и спектрографирование метеоров. Осо­бую ценность имеют систематические однородные наблюдения, проведенные коллективно в течение продолжительных периодов времени.

Большое значение для успешных наблюдений имеет место их проведения и оборудование наблюдательной площадки. Современные города являются источником сильного рассеянного освещения. Поэтому большинство астрономических наблюдений, в том числе метеорных, невозможно проводить в черте города. Наблюдательный пункт должен быть выбран желательно подальше от горо­да, вдали от источников сильного освещения. Если производятся базисные наблюдения, то второй корреспондирую­щий пункт выбирается на расстоянии 30-40 км от основного. Основной пункт должен быть оборудован рамками для счета метеоров, топчанами, спальными мешками и матрацами для наблюдателей и, по возможности, биноку­лярными трубками со штативами для наблюдений слабых метеоров и метеорных следов, установками для фотогра­фических наблюдений. Необходимо иметь звездные карты и радиоприемник для проверки часов по сигналам точ­ного времени. Одежда наблюдателей должна быть доста­точно теплой, по сезону, и удобной для наблюдений.

**ВИЗУАЛЬ****НЫЕ** **НАБЛЮДЕ****НИЯ МЕТЕОРОВ**

По визуальным наблюдениям метеоров ярче +5-й звездной величины или ярче +8—9-й звездной величины с помощью небольших оптических приборов (бинокли и др.) можно решать ряд интересных задач.

К первой группе задач относятся определение функ­ции светимости метеоров и распределение метеорных тел по массам, изучение суточной и сезонной вариации чис­ленности метеоров, пространственной плотность метеор­ных тел, притока метеорного вещества на Землю и т. д. Эта группа вопросов решается с помощью так называемого многократного (или квалифицированного) счета метеоров.

Вторую группу задач составляют поиск и подтверж­дение теоретических кометных радиантов, определение положения и смещения радиантов слабых потоков, выявление новых радиантов и определение степени активно­сти исчезающих потоков. Эти задачи требуют нанесения путей метеоров на карты звездного неба в гномонической (центральной) проекции для определения координат ра­диантов графическим путем.

*Многократный счет метеоров* проводится группой из четырех - семи человек, один из которых выполняет обязанности секретаря. Группа наблюдает за околозенитной областью неба диаметром около 60 и регистрирует все метеоры появляющиеся в этой области. Счет метеоров через круглые рамки, установленные над головой каждого наблюдателя на такой высоте, чтобы диаметр поля зрения составлял 60° а центры кругов проецирова­лись в зенит. В качестве круглых рамок можно использовать гимнастические обручи. Наблюдатели располагаются параллельно друг другу головой под своим кругом так, чтобы каждый наблюдал одну и ту же область неба, ог­раниченную обручем.

Порядок проведения многократного счета метеоров приблизительно такой. При появлении метеора в ограниченной рамкой области неба наблюдатель сообщает секретарю голосом или нажатием кнопки специального электрического сигнала, что он заметил метеор. Секретарь зарегистрировав момент пролета метеора по часам с точностью до 1 мин, отмечает в журнале, какими наблюдателями замечен метеор (например, по вспышке лампочки под соответствующим номером наблюдателя на табло), и сообщает наблюдателям номер метеора. Каждый, кто заметил этот метеор («вслепую», не отрывая глаз от неба), на полоске бумаги, сложенней гармошкой, рядом с номером, сообщенным секретарем, записывает следующие данные:

1. Максимальную звездную величину метеора (с точностью до 0,5 звездной величины), которая оценивается путем сравнения с находящимися близко звездами. Средний блеск метеора m определяется по данным большинства наблюдателей.
2. Направление полета метеора, определяемое по правилу «циферблата». За 0 часов (или 12) принимается направление к северу, 3 - к востоку, 6 - к югу, 9 - к западу и т.п. Если метеор пролетит через зенит, то его направление определяется сразу же. В других случаях направление полета метеора определяется путем мысленного параллельного снесения его к зениту.
3. Положение метеора относительно рамки: если видимый путь метеора полностью поместился в контролируемой части неба, то он отмечается метками (++); если начало пути метеора находится вне, а конец внутри круга, то (-+); если начало пути метеора находится внутри круга, а конец вне круга, то (+-); если метеор пересек весь круг и его начало и конец пути вне круга то (--);
4. Принадлежность метеора к потоку отмечается буквой (например, Г-геминид). Метеор спорадического фона отмечается буквой «с». Принадлежность метеора к потоку определяется по направлению полета метеора. При действии известного по­тока необходимо знать положение его радианта на небе в данный момент и характерные особенности метеоров этого потока. Метеоры, принадлежащие одному и тому же потоку, имеют близкие физические свойства, что проявляется в их цвете и очерченности. Для определения принадлежности метеора к потоку необходимо иметь достаточный опыт определения радиантов из наблюдений разных потоков. Принадлежность метеора к потоку может быть сообщена наблюдателями секретарю поочередно после пролета каждого метеора, если позволяет промежуток времени до полета следующего метеора. Если численность метеоров очень большая, что случается при пике активности некоторых потоков, то регистрации подлежат только блеск и принадлежность метеора. При необходимости уменьшается площадь наблюдаемой области неба, например до диаметра 30.
5. Зенитное расстояние z середины метеора, наблюдается если наблюдается не околозенитная область неба. При возможности, кроме перечисленных данных, желательно регистрировать следующие параметры метеора:
6. Угловую скорость w по числовой шкале: 1 - мгновенный, очень быстрый; 2 - быстрый; 3 - средний; 4 - медленный; 5 - очень медленный, стационарный.
7. Цвет метеора: к - красный, о - оранжевый, ж - желтый, з - зеленый, г - голубой, с — синий, б — белый, ф — фиолетовый.
8. Угловую длину в гра­дусах, которая оценивается путем сравнения с угловыми расстоянием между известными звездами. Например, угловое расстояние между звездами α и β Большой Медведицы равно 5,5° и т. д.
9. Продолжительность полета метеора t в секундах и их долях. Для оценки этой величины наблюдателю необходимо предварительно тренироваться в отсчете малых промежутков времени,
10. Особенности метеора (вспышки, распад на части след) указываются в примечании.

При многократном счете метеоров очень важно точно регистрировать, моменты начала и конца каждого интервала наблюдений и перерывов для отдыха. Обычно наблюдения проводятся непрерывно в течение 50 или 60 мин после чего делается перерыв на 10-15 мин.

Если позволяют условия наблюдения (отсутствуют облачности лунного освещения), то общее время наблюдения в течение одной ночи должно составлять не менее 2 - 3 часов. Очевидно, наблюдения метеоритного потока будут наиболее эффективными в часы, близкие к времени кульминации его радианта.

Предварительная обработка результата наблюдений, если их объем невелик, должна быть проведена сразу же после наблюдений или же на следующий день. Данные всех наблюдений аккуратно заносятся в журнал многократного счета метеоров, в которых непременно указываются следующие общие данные:

1. Дата наблюдений; год, месяц, число.
2. Моменты начала и конца наблюдений (с указанием перерывов и по какому времени - всемирному, московскому или местному декретному).
3. Поправка часов по сигналам точного времени («+» если часы отстают, и «-», если часы спешат).
4. Место наблюдений (точное название, географические координаты: широта ϕ и долгота λ, высота над уровнем моря).
5. Фамилии, имена, отчества наблюдателей, их адрес и обозначения.
6. Данные о рамках: диаметр, высота, поле зрения.
7. Предельная звездная величина видимых в зените звезд (отмечается для каждого часового интервала наблюдений).
8. Условия наблюдения (наличие постороннего освещения, дымки и облачности на небе) и их изменения.
9. Состояние наблюдателей (бодрое, усталое и т. п.)

Результаты наблюдений должны быть внесены в таблицу.

Обработка полученного наблюдательного материала может быть проведена самостоятельно или под руководством специалиста.

Первичной задачей обработки многократного счета метеоров является определение полного числа метеоров каждой звездной величины (например, 2-й - от +1,5 до+2,5; 3-й - от 2,5" до 3,5" и т. д.), появившихся за определенный интервал времени на патрулируемом участке неба.

Один наблюдатель не в состоянии заметить все метеоры, пролетающие в поле его зрения. Способность наблюдателя замечать метеоры понижается по мере перехода к более слабым метеорам и от центра к периферии обозреваемой области неба.

Для определения полного числа Nm метеоров каждой звездной величины m появившихся за определенный интервал времени на ограниченном участке неба, необходимо учесть коэффициент замечаемости метеоров.

Коэффициент замечаемости метеоров, выражающий отношение числа зарегистрированных метеоров ко всем появившимся в данной области, больше для группы на­блюдателей, чем для индивидуального наблюдателя. Многолетний опыт наблюдателей Московского отделения ВАГО показывает, что без существенного ущерба для ре­зультатов обработки наблюдений можно принять коэф­фициент внимания у всех наблюдателей одинаковым, но различным для разных звездных величин.

Наблюдения метеорных потоков, проведенные различ­ными группами наблюдателей одновременно в разных пунктах нашей страны, удаленных друг от друга на больших расстояния по долготе, позволяют детально изучать струк­туру метеорных роев.

Большой вклад в решение этой задачи могут внести любители астрономии.

*Наблюдения радиантов.*

Визуальные наблюдения метеоров проводятся как для поисков новых или теоретически предсказанных кометных радиантов, так и для определения положения смещения радиантов малых метеорных потоков, часовые числа которых незначительны и составляют всего два - три метеора в час. Они проводятся также для изучения активности исчезающих потоков. Эти задачи могут быть решены нанесением путей метеоров на звездные карты. Определение радиантов требует предварительной тренировки на богатых яркими метеорами потоках, таких, как Персеиды, Геминиды, Квадрантиды, Лириды.

Для определения радиантов по визуальным наблюдениям необходимы копии карт звездного неба, часы, карандаши, фонарик для освещения (его яркость должна быть сильно ослаблена цветным светофильтр), журнал для записи данных наблюдений метеоров и линейка.

В зависимости от положения наблюдаемой области неба (околозенитная или иная) наблюдатель принимает удобное положение (лежа или полусидя на топчане или в шезлонге, кресле с наклонной спинкой). Задача сводится к тому, чтобы по возможности точнее нанести видимые пути метеоров на карту.

Приступая к наблюдению избранной области неба, не­обходимо отметить время начала наблюдения в журнале. В ожидании полета метеора наблюдатель обозревает область неба блуждающим взглядом. После пролета метеора необходимо как можно точнее запомнишь его путь среди звезд. Для этого рекомендуется пользоваться линейкой, которую нужно держать на вытянутой руке располагая ее вдоль линии полета метеора. После этого видимый путь наносится карандашом на карту в виде стрелки, показывающей направление полета, и около нее ставится номер метеора. В журнале наблюдений записываются следующие данные: номер и момент пролета метеора с точностью до минуты, звездная величина метеора с точностью до 0,5, угловая длина в градусах, цвет.

Путь метеора среди звезд является отрезком большого круга небесной сферы. Большим кругом небесной сферы называют круг, образованный пересечением любой плоскости, проходящей через наблюдателя, с небесной сферой. Полюсом большого круга называется точка, которая отстоит от любой точки этого круга на 90°. Например, гори­зонтальная плоскость пересекает небесную сферу по боль­шому кругу, полюсом которого является точка зенита.

Радиант считается реальным, если он определен по наблюдениям не менее трех метеоров, наблюдавшихся в течение одной ночи. Следует иметь в виду, что для мете­оров, принадлежащих данному потоку, отношение угловой длины метеора к угловому расстояния начала видимого пути метеора от радианта γ приблизительно постоянна (/γ=const) и, как правило, меньше единицы. Точность определения положения радианта сильно зависит от тренированности и опыта наблюдателя.

Радиант индивидуального метеора можно определить по наблюдениям из двух пунктов, удаленных друг or друга на достаточное расстояние. Из-за параллактического сме­щения путь метеора среди звезд, видимый из разных пунктов, будет различным и у него будут различающиеся по­люсы больших кругов. Радиант находится по этим полюсам. Если блеск метеора определяется не путем сравнения с блеском ближайших звезд, то необходимо учесть поправ­ку за поглощение атмосферы, которая зависит от прозрач­ности атмосферы и зенитного расстояния Z метеора. Эта поправка равна Δm=-0,2(sec Z—1). Опытные наблюдате­ли оценивают блеск метеора с погрешностью до 0,2-0,3. Продолжительные наблюдения в течение четырех - ше­сти часов одной ночи более целесообразны, чем один - два часа в течение нескольких ночей. Во время наблюдений необходимы регулярные перерывы для отдыха на 10 -15 мин. Определение суточного смещения положения радианта метеорного потока, происходящего вследствие движения Земли по своей орбите, проводится по наблюдениям потока течение нескольких ночей. Подобные наблюдения позволяют, кроме того, детально исследовать и структу­ру потока. По результатам определения радиантов составляется каталог, который должен содержать дату, координаты радианта, часовые числа метеоров, их изменение (если наблюдения проводятся в течение нескольких ночей) суточное смещение радианта, продолжительность действия потока.

*Наблюдения телескопических метеоров (телеметеоров).*

К визуальным относятся и наблюдения более слабых (m≥6) метеоров, проводимые с помощью оптических средств - телескопов типа кометоискателей, биноклей с более чем шестикратным увеличением, бинокуляров «Ассембли», трубок АТ-1 и т. п., имеющих достаточно большое поле зрения и большую светосилу. Метеоры, наблюдаемые визуально с помощью оптических средств, часто называют телеметеорами. Наблюдения слабых метеоров с помощью бинокля или телескопа проводятся как для определения радианта потока и его суточного смещения, так и для квалифицированного наблюдения слабых метеоров с наблюдаемым масштабом звездного неба. Большой звездный атлас А. А. Михайлова и «Атлас неба» А. Бечваржа зарекомендовал себя как самые удобные при подобных наблюде­ниях. Основными задачами наблюдений телеметеоров могут быть следующие:

а) определение численности и функции светимости метеорных потоков и спорадического фона;

б) определение суточных и сезонных вариаций числен­ности телеметеоров для различных участков небесной сферы;

в) определение радиантов; отметим что телескопические наблюдения позволяют определить положение метеоров и радиантов метеорных потоков на небе точнее, чем обычные визуальные наблюдения. Качественное выполнение перечисленных задач требует групповых наблюдений.

**ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ.**

Фотографические наблюдения являются одним из важных методов изучения метеоров. Они дают наибольший объем информации о каждом метеоре: положение, скорость и звездную величину в любой точке видимой траектории. Фотографирование метеоров может быть проведено практически любым фотоаппаратом. Малыми камерами обычно фотографируются яркие метеоры - болиды, имею­щие значительные линейные размеры. Желательно, чтобы объективы для съемок метеоров имели достаточно широкое поле зрения - не ме­нее 30 - 40°. Длиннофокусные камеры позволяют получать многоинформативные фотография метеоров, по кото­рым можно судить о физических особенностях метеорных процессах их взаимодействия с земной атмосферой. При достаточно темном небе продолжительность экспозиции может составлять 30-60 мин. Фотографировать лучше область неба с центром, имеющим зенитное расстояние 30-40° , Тогда обозреваемая площадь в метеорной зоне, а следовательно, и количество регистрируемых метеоров, будет в несколько раз больше чем при фотографировании околозенитной области Фотографирование области неба около горизонта малоэффективно, так как набираемые там метеоры очень далеки и поэтому очень слабы. При фотографировании поточных метеоров необходимо нацеливать фотоаппарат на область неба, находящуюся на расстоянии 20—30° от радианта, так как околорадиантные метеоры очень короткие и их фотографические изображения могут затеряться среди суточных следов звезд, а метеоры, слишком далекие от радианта, хотя и имеют длинный видимый путь, очень быстры и следовательно, их фотографические изображения будут очень слабыми. При фотографировании метеоров существенным является не только число сфотографированных метеоров, но и качество их изображения, а также масштаб. Для решения многих задач метеорной астрономии - таких, как получение точной информации об атмосфер­ной траектории, высотах, скорости, торможении, радианте, массе и орбите метеорного тела наиболее ценными являются базисные фотографические наблюдения, когда фотографирование метеоров проводится одновременно из двух пунктов, удаленных друг от друга. Расстояние между пунктами не должно быть слишком мало, так как в этом случае точность определения параллакса метеора снижается, а следовательно, и параметры метеора (расстояние, высоты, скорости, радиант) определяются с большей погрешностью. Но оно не должно быть и слишком велико, так как метеор, находящийся в поле зрения камеры одного наблюдателя, может сказаться частично или полностью вне поля зрения другого. Оптимальным является расстояние между пунктами в 30—40 км. Это расстояние и его азимут должны быть точно измерен методами геодезии. На обоих пунктах камеры должны быть ориентированы так, чтобы они фотографирован одну и ту же область на высоте 80—100 км. Необходима одновременность начала и конца экспозиций на обоих пунктах, что обеспечивается заранее составленным рас­писанием наблюдений. Для определения скорости метеора, в одном из пунктов перед объективом камеры устанавливается специальный затвор - обтюратор. Обтюратор представляет собой диск с вырезами или лопасти, вращаемые электродвигателем (лучше синхронным) с определенной скоростью и периодически (несколько десятков раз в секунду) закрывающие объектив. Очень важно обеспечить постоянство скорости враще­ния обтюратора. Необходимо в течение экспозиции кон­тролировать скорость вращения обтюратора, например, с помощью счетчика оборотов, присоединяемого к узлу обтюратора через редуктор. В течение экспозиции показания счетчика снимаются и записываются в журнале наблюдений либо регистрируются на хронографе.

Для обработки метеорных снимков, полученных с двух пунктов, необходимо знать долготу и широту обоих пунктов.

**СПЕКТРОГРАФИРОВАНИЕ МЕТЕОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИН ВОЛН СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИИ**

Получение спектрографии метеорных спектров также является одной из интереснейших областей деятельности любителей астрономии. Каждый метеорный спектр имеет большую научную ценность, так как обрабатывая его можно получить информацию о химическом составе вторг­нувшегося в земную атмосферу космического тела и о природе свечения его вещества.

Для получения спектра метеора необходима объектив­ная призма или дифракционная решетка, устанавливаемая перед объективом широкоугольной камеры, имеющей большое относительное отверстие. Желательно, чтобы фокусное расстояние объектива было не менее 15 см, а поле зрения 30x30°. Для увеличения шанса фотографирования спектра метеора можно использовать и агрегат из 4-5 камер, покрывающих соответственно большую пло­щадь неба.

Объективная призма должна полностью перекрывать весь объектив камеры и иметь преломляющий угол около 30-45. При меньших преломляющих углах дисперсия будет очень мала, а при значительно больших из-за чре­змерной потери света вследствие поглощения и отражения яркость будет сильно ослаблена и уменьшается вероятность получения спектра метеора.

Установка призмы перед объективом производится так, чтобы для оптической оси камеры соблюдалось условие угла наименьшего отклонения. Фокусировка спектрографа должна быть произведена довольно тщательно путем фотографирования спектров ярких звезд. Камеру ориентируют так, чтобы преломляющее ребро призмы было параллельно направлению суточ­ного движения звезд.

Качество спектра будет хорошим, если направление полета метеора параллельно преломляющему ребру приз­мы и направление дисперсии перпендикулярно к линии полета метеора. Поэтому для получения спектра поточных метеоров камера ориентируется таким образом, чтобы направление дисперсии спектра стало перпендикулярно к линии, соединяющей центр поля зрения и радиант.

Получив снимок метеорного спектра, можно приступить к определению длин волн спектральных линий. Для этого пользуются теми же методами, что и при отождествлении линий обычных спектрограмм.

**Литература.**

1. Бабаджанов П. Б. Метеоры и их наблюдение. - М.: «Наука» 1987
2. Симоненко А. Н. Обработка фотографий метеоров. - М: Изд-во АН СССР, 1963
3. Федынский В. В. Метеоры. - М.: Гостехиздат, 1956
4. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. - 6-е изд. - М.: Наука, 1984