

VI научная конференция школьников Иркутской области
«Человек и космос»

КОСМОС

Автор:

Насиров Аликбер
Абулфатович,
10А класс, МБОУ
г. Иркутска СОШ № 38

Научный руководитель:

Ким Антон Геннадьевич,
м.н.с. ФГБУН ИСЗФ СО РАН

Руководитель:

Фаддеева Алла Павловна,
учитель физики МБОУ
г. Иркутска СОШ № 38

г. Иркутск, 2016 г.

Содержание:

Введение	3
Глава 1. Исторический экскурс	4
1.1 От древнего Египта до наших дней	4
1.2 Современное представление космоса	8
Глава 2. Методы изучения космоса	9
2.1 Оптическая астрономия	9
2.2 Инфракрасная астрономия.....	9
2.3 Ультрафиолетовая астрономия.....	10
2.4 Радиоастрономия	11
2.5 Рентгеновская астрономия	11
2.6 Астрономия, не связанная с э/м излучением	12
Глава 3. Практическая часть	13
3.1 Эффект Доплера	13
3.2 Решение задачи	13
Заключение.....	14
Список использованных источников.....	15

Введение

С древних времен взоры людей были устремлены в небо. Начиная с первых шагов по земле, человек ощущал свою зависимость от неба, его жизнь и деятельность во многом зависели от него. Наши предки хорошо знали и разбирались в “повадках” неба. Для них небо было живым, наполненным, многообразно себя проявляющим.

Космос (греч. κόσμος, «порядок», «красивое») — строение, мир, вселенная, мироздание, материальный мир. Впервые слово *kosmos* в значении "мир, мироздание, вселенная", насколько нам известно, было употреблено знаменитым древнегреческим математиком и философом Пифагором (VI век до н. э.). Значение же "украшение, наряд" было известно у слова *kosmos* еще во времена Гомера, то есть, по крайней мере, за 200-300 лет до Пифагора.

Космос изучают несколько наук: Астрономия, Астрофизика, Космология. Астрофизика (от др.-греч. ἀστήρ — «звезда, светило» и φύσικά — «природа») — наука, объединяющая астрономию и физику, изучающая физические процессы в астрономических объектах, таких, как звёзды, галактики и т.д. Физические свойства материи в самых больших масштабах и возникновение Вселенной изучает Астрономия — наука о Вселенной, изучающая расположение, движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и образованных ими систем. С тех пор как на Земле существуют люди, их всегда интересовало то, что они видели на небе. Ещё в глубокой древности они заметили взаимосвязь движения небесных светил по небосводу и периодических изменений погоды. Астрономия тогда была основательно перемешана с астрологией. Окончательное выделение научной астрономии произошло в эпоху Возрождения и заняло долгое время. Космология (космос + логос) — раздел астрономии, изучающий свойства и эволюцию Вселенной в целом. Основу этой дисциплины составляют математика, физика и астрономия. Ранние формы космологии представляли собой религиозные мифы о сотворении (космогония) и уничтожении (эсхатология) существующего мира.

В своей работе я решил проследить, как менялось представление людей об окружающем мире от глубокой древности до наших дней, откуда вообще произошло слово «космос», как представляют космос ученые в настоящее время, как происходило изучение космоса в прошлые века, и какие существуют способы изучения космоса в наше время.

Глава 1. Исторический экскурс

1.1 От древнего Египта до наших дней

Древний Египет



Картина мира по представлению древних египтян: внизу – Земля, над ней – богиня неба, слева и справа – корабль бога Солнца

В египетской мифологии не существовало единых представлений о сотворении мира. Существовало несколько различных версий. Так, в одной ставили в центр мироздания солнечного бога Ра и считали его отцом всех прочих богов. Он и восемь его потомков образовывали так называемую эннеаду Гелиополиса. Эти первые поколения богов представляют в эннеаде основу творения всего окружающего мира.

Противоположная версия существовала в городе Гермополисе, где считали, что мир произошёл от восьмерых древних божеств. Эта восьмерка состояла из четырёх пар богов и богинь, символизирующих элементы творения (вода, пространство, тьма и воздух).

Пространство мира не было для египтян однородным и изотропным. Каждый крупный храм считался особым местом, «сгустком бытия». Особыми местами были и пирамиды со своей сложной и загадочной топологией. А влияние направления течения Нила с юга на север было крайне сильным. Настолько, что, когда египетские войска увидели Евфрат, текущий в обратную сторону, они назвали его перевернутой рекой.

Из астрономических текстов в оригинале до нашего времени ничего не дошло, кроме художественных росписей на саркофагах времен Среднего царства и надписи времен Нового царства.

Древний Греция



Представления древних греков

Древняя Греция, как и многие другие древние цивилизации, создала своё представление о Вселенной. Но уникальность древней Греции состояла в том, что она имела не одну модель: различные философские школы выдвинули крайне различные модели мира, и каждая была тем или иным образом «аргументирована».

Ранние философские школы выделяли те или иные вещества или фигуры как основополагающие. Через эти основы и строились ранние представления о Вселенной. Так, то земной диск плавает в воде, как это было у Фалеса из Милета, то просто цилиндр плавает в бесконечном пространстве, как это было у Анаксимандра и т.д.

Пифагорейцы предложили пироцентрическую модель Вселенной, в которой звёзды, Солнце, Луна и шесть планет обращаются вокруг Центрального Огня (Гестии).

Большинство древнегреческих учёных, однако, были сторонниками геоцентрической системы мира, также основанной пифагорейцами.

Космологическую систему, имевшую большое значение в Средневековье, создал Аристотель. Он полагал, что небесные тела переносятся в своём движении твёрдыми небесными сферами, к которым они прикреплены. По его мнению, всё, что движется, приводится в движение чем-нибудь внешним, которое, в свою очередь, также чем-то движется, и так далее, пока мы не дойдем до двигателя, который сам по себе неподвижен — до Первов двигателя. Землю он считал неподвижной.

Древний Китай



Представление о зарождении Мира в древнем Китае.

Одним из древнейших памятников, хранящий космографические взгляды древнего Китая — *Чжоу би суань цзин* («Канон расчета чжоуского гномона»). В ней описывается модель «куполообразного неба». Не исключено, что как эта модель, так и соперничавшая с ней модель «небесного покрытия» были заимствованы китайцами у греков.

Согласно древнекитайским верованиям, мир возник из первоначального хаоса, заключённого в огромном яйце. Внутри этого яйца возник великан Паньгу. Он спал на протяжении 18 000 лет, а когда проснулся, обнаружил рядом с собой долото и топор. С их помощью он расколол яйцо. Всё тяжёлое и грязное (инь) образовало землю, всё чистое и лёгкое (янь) — небо. Когда много тысяч лет спустя он умер, его последний вздох стал ветром и облаками, вскрик — громом, правый глаз — луной, а левый стал солнцем. Его тело превратилось в горы, руки и ноги — в четыре части света, кровь — в реки, кожа и волосы — в леса и травы, зубы и кости — в металлы и камни, жилы — в дороги.

Древняя Индия



Представление о космосе в ведийский период (XVI-VI века до н. э.) содержится в Махабхарате.

Так, модель Солнечной системы — геоцентрическая модель, ныне носящая название системы Тихо Браге: все планеты кроме Земли вращаются вокруг Солнца, а само Солнце вокруг Земли.

Известные на тот момент планеты — это Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн, то есть все, видимые невооруженным глазом. Самая дальняя орбита у Сатурна, она же объявляется той границей, до которой распространяется свет. Однако истинных масштабов Вселенной древние индузы себе не представляли: как и в древней Греции, звёзды считались чем-то близким, а их свет — это отражённый свет Солнца.

Месоамерика



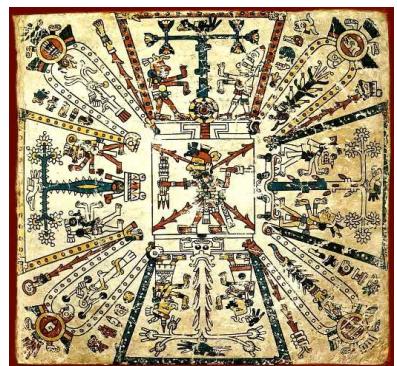
Месоамериканское мировое дерево являлось воплощением 4-х сторон света, а также воплощением символической Оси мира, соединяющей подземный и небесный миры с земным.

Месоамериканцы очень рано начали проводить точные астрономические наблюдения, обычно это связывают с сельскохозяйственными нуждами. Они точно могли вычислять солнечные и лунные затмения, а также координаты Венеры на небе. Также был создан точный календарь.

Однако значительное место в месоамериканских представлениях занимают не результаты наблюдений, а астрология и календарь. Так, идея цикличности, заложенная в календаре, перекладывается на все события этого мира, периоды этих повторений связаны со священными числами для месоамериканцев, такими как 400, 20, 52. Цикличность также присутствует и в космогонии: мир разрушается и воссоздается вновь. Всего таких циклов было четыре, последний — пятый.

Если считать, что дата начала хронологии установлена верно, то конец пятого цикла приходился на 2012 год.

Устройство мира также было схожим: мир имеет вертикальное и горизонтальное деление. В проекции это четырёхугольник, углы которого ориентированы на стороны света. Через центр мира проходит мировое древо, соединяющее 13 небесных миров, наземный мир и 9 подземных. Каждая часть света имела своего бога и цвет, которые различались у разных народов. Рождение миру давала борьба двух противоположных начал: добра и зла, света и тьмы и т.д.



Древнемексиканская схема мира в виде креста с четырьмя деревьями.

Инки



Представление мира у инков

Мир инков крайне сильно отличался от представлений о мире, распространённых в Европе и Азии. Они по-иному представляли себе окружающий мир, по-иному им виделись масштабы Вселенной.

В представлении инков существовало три мира: Ханан Пача, Кай Пача, Уку Пача.

Происхождение (начало) мира называлось — *Паккарик пача*.

Пространственно север у инков находился внизу, а юг — вверху.

В доколумбовом мире, где время показано конкретно, понятие «нуля» не соотносится с понятием «ничто», как наш «нуль», а соотносится чем-то конкретным и предметным. Уже сам по себе символ «нуль» у инков и майя является чем-то осязаемым: это шнур без узла для инков, раковина для майя и кукурузный початок для ацтеков. Иными словами — начало чего-либо.

Как показал новый анализ языка и жестов аймара американскими учёными, индейцы представляют время наоборот: в воображаемой пространственно-временной шкале будущее для них остаётся позади, а прошлое ещё только предстоит увидеть.

Исламский мир

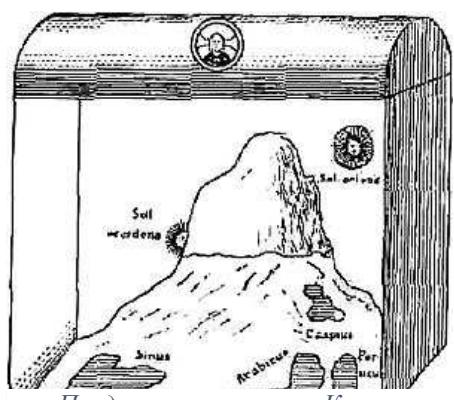


Представление о мире в исламе

места в пределах нашего мира: элемент земли — в самом центре мира, далее следуют естественные места элементов воды, воздуха, огня, эфира.

Были попытки выйти и за пределы геоцентрической системы: астрономы и философы стран ислама анализировали возможность вращения Земли вокруг оси, высказывали предположения о существовании множества миров. Однако эти идеи не получили развития.

Русь



Представление о мире Космы Индикоплова

Представление о мире в ранней христианской Руси было тесно связано с богословием. Необходимо было объяснить окружающий мир и не войти в противоречие со Святым Писанием. Ещё в VI в. появилась рукопись «Христианская топография» за авторством купца из Александрии Космы Индикоплова.

По мнению Космы Земля имела форму прямоугольника. Сверху этот прямоугольник

возвышается в гору, верхушка которой наклонена к северо-западу, и по склону этой земли-горы от севера до юга живут разные народы. При прохождении Солнце оказывается ближе к

южным землям, чем к северным. Вокруг же Земли расположен океан, и на его краю возвышается твердая, но прозрачная стена небесного свода, непосредственно смыкающаяся с заокеанской землей.

1.2 Современное представление космоса

Основным компонентом Вселенной является необъятное, незаполненное космическое пространство. Однако и в нем время от времени встречаются удивительнейшие группы невероятных объектов. В совокупности они создают строго структурированную, наполненную внутренней гармонией систему под названием Космос. Близкая нам Солнечная Система состоит из планет, их естественных спутников, астероидов и комет, кружящихся уже несколько миллиардов лет в чарующем танце вокруг центральной звезды — Солнца. Продвигаясь все дальше вглубь Вселенной, мы сталкиваемся с неизведанными объектами, обладающими загадочными свойствами. Пульсары и квазары излучают энергию, сравнимую с энергией миллионов звезд. Нейтронные звезды и черные дыры способны искажать саму пространственно-временную реальность. И где-то вне зоны досягаемости существует таинственная материя, известная как темная материя, из которой состоит 90% всей Вселенной.



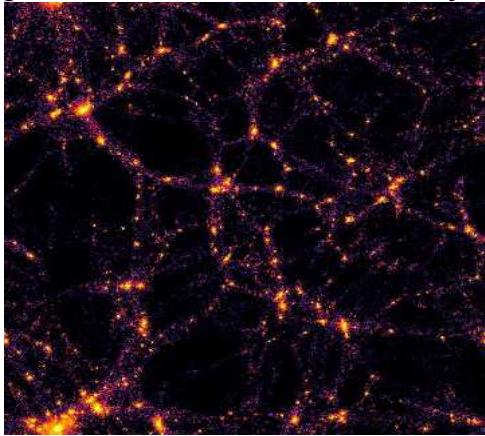
Огромные расстояния разделяют звёздные миры. Редкими маяками светят звёзды в необъятном мировом пространстве, которое называют царством холода и пустоты. Но так ли пусто в космосе? Оказывается, в космосе полно пыли. Правда, не обычной, а именно космической. Диаметр каждой пылинки — тысячная доля миллиметра, и встречаются они редко: на несколько километров одна пылинка. Но они занимают такие пространства, что в пылевом облаке может скрыться вся Солнечная система!

Встречаются и более крупные пылинки, появившиеся в результате распада метеоритов или комет. Такая пылинка имеет массу всего один грамм, но при большой скорости может пробить обшивку космического корабля.

Своим притяжением Земля захватывает эти пылинки, и они становятся как бы её свитой. Предполагают, что у Земли даже есть пылевой хвост, который тянется на миллионы километров.

В межзвёздном пространстве плавают и облака космических газов. Эти газы очень разрежены. В комнате так много молекул воздуха, что они всё время сталкиваются друг с другом. В газовом же облаке каждый атом может пролететь миллионы километров, так ничего и не встретив на своём пути.

Космическое пространство, где царит страшный холод (почти -270°C), пронизывают и различные излучения: световые лучи, рентгеновские, радиоволны, космические лучи и т.д.



Вселенная имеет ячеистую структуру.

Размер этих ячеек около 100-200 световых лет.

Нет, космическое пространство вовсе не пустое. Не найти места во Вселенной, где не было бы хоть одной газовой молекулы, хоть одной пылинки, куда не попадали бы лучи из космоса и где не действовали бы особые силы — магнитные поля и поля тяготения. А это значит, что все миры взаимодействуют друг с другом. Как бы далеко ни были звёзды, они притягивают друг друга и планеты, а планеты притягивают их. Звёздные лучи и магнитные поля на Земле — это тоже нити, протянувшиеся к нам от других миров через миллиарды километров. В космическом

пространстве всё связано и подчинено строгим законам.

Глава 2. Методы изучения космоса

2.1 Оптическая астрономия

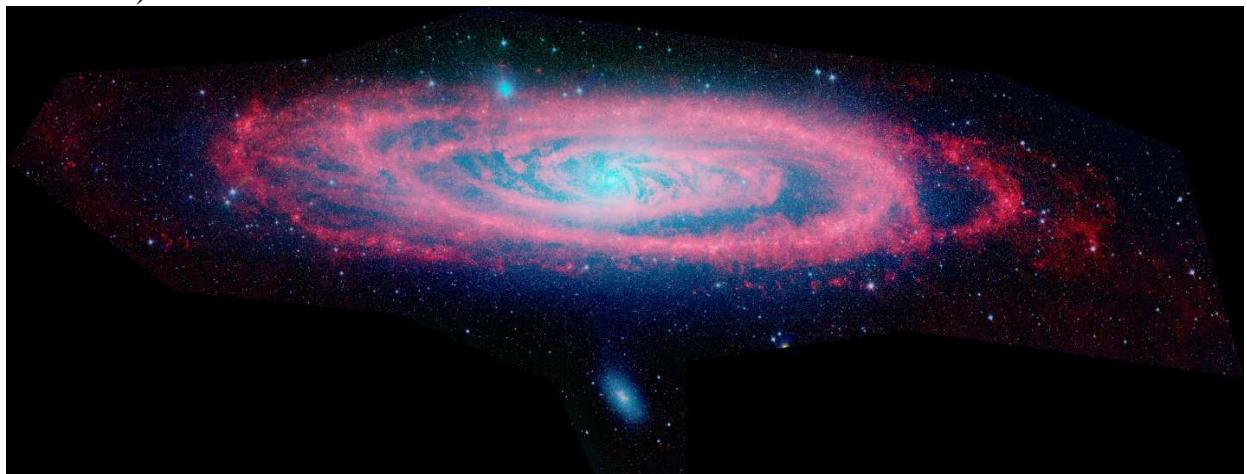
Оптическая астрономия (которую ещё называют астрономией видимого света) — древнейшая форма исследования космоса. Сначала наблюдения зарисовывали от руки. В конце XIX века и большей части XX века исследования осуществлялись по фотографиям. Сейчас изображения получают цифровыми детекторами, в частности детекторами на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС). Хотя видимый свет охватывает диапазон примерно от 4000 \AA до 7000 \AA (400—700 нанометров), оборудование, применяемое в этом диапазоне, позволяет исследовать ближний ультрафиолетовый и инфракрасный диапазон.



Космос глазами американского телескопа "Хаббл"

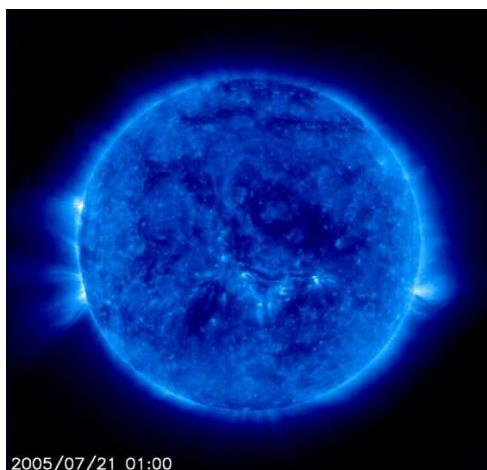
2.2 Инфракрасная астрономия

Инфракрасная астрономия касается регистрации и анализа инфракрасного излучения небесных тел. Хотя длина его волны близка к длине волны видимого света, инфракрасное излучение сильно поглощается атмосферой, кроме того, в этом диапазоне сильно излучает атмосфера Земли. Поэтому обсерватории для изучения инфракрасного излучения должны быть расположены на высоких и сухих местах или в космосе. Инфракрасный спектр полезен для изучения объектов, которые слишком холодны, чтобы излучать видимый свет (например, планеты и газопылевые диски вокруг звёзд). Инфракрасные лучи могут проходить через облака пыли, поглощающие видимый свет, что позволяет наблюдать молодые звезды в молекулярных облаках и ядер галактик. Некоторые молекулы мощно излучают в инфракрасном диапазоне, и это даёт возможность изучать химический состав астрономических объектов (например, находить воду в кометах).



Инфракрасная Андромеда.

2.3 Ультрафиолетовая астрономия



Снимок Солнца в ультрафиолетовом диапазоне (17,1нм)

Ультрафиолетовая астрономия имеет дело с длинами волн примерно от 100 до 3200 Å (10–320 нанометров). Свет на этих длинах волн поглощается атмосферой Земли, поэтому исследование этого диапазона выполняют из верхних слоев атмосферы или из космоса. Ультрафиолетовая астрономия лучше подходит для изучения горячих звёзд (классов О и В), поскольку основная часть излучения приходится именно на этот диапазон. Сюда относятся исследования голубых звезд в других галактиках и планетарных туманностей, остатков сверхновых, активных галактических ядер.

Однако ультрафиолетовое излучение легко поглощается межзвездной пылью, поэтому в результаты измерений следует вносить поправку на пыль.

2.4 Радиоастрономия



Радиотелескоп в Бадарах, Тункинская долина.

Радиоастрономия — это исследование излучения с длиной волны, большей, чем один миллиметр (примерно). Радиоастрономия отличается от большинства других видов астрономических наблюдений тем, что исследуемые радиоволны можно рассматривать именно как волны, а не как отдельные фотоны. Итак, можно измерить как амплитуду, так и фазу радиоволны, а для коротких волн это не так легко сделать.

Хотя некоторые радиоволны излучаются астрономическими объектами в виде теплового излучения, большинство радиоизлучения, наблюдаемого с Земли, является по происхождению синхротронным излучением, которое возникает, когда электроны движутся в магнитном поле. Кроме того, некоторые спектральные линии образуются межзвездным газом, в частности спектральная линия нейтрального водорода длиной 21 см.



В радиодиапазоне наблюдается широкое разнообразие космических объектов, в частности сверхновые звезды, межзвездный газ, пульсары и активные ядра галактик.

2.5 Рентгеновская астрономия

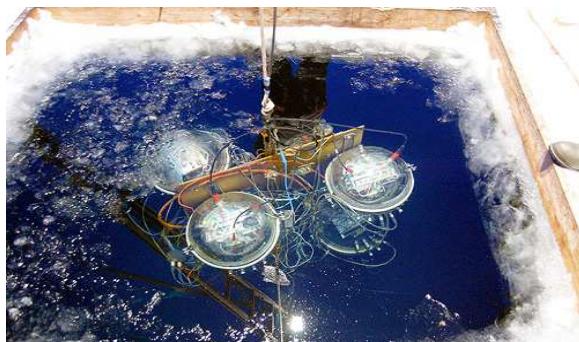


Крабовидная туманность представляет собой остатки взорвавшейся звезды. В центре газового облака — сверхплотная нейтронная звезда, вращающаяся со скоростью 30 оборотов в секунду. На фото — ее рентгеновское излучение.

Рентгеновская астрономия — раздел астрономии, исследующий космические объекты по их рентгеновскому излучению. Под рентгеновским излучением обычно понимают электромагнитные волны в диапазоне энергии от 0,1 до 100 кэВ (от 100 до 0,1 Å). Энергия рентгеновских фотонов гораздо больше, нежели оптических, поэтому в рентгеновском диапазоне излучает вещество, нагретое до чрезвычайно высоких температур.

Источниками рентгеновского излучения являются чёрные дыры, нейтронные звезды, квазары и другие экзотические объекты, представляющие большой интерес для астрофизики.

2.6 Астрономия, не связанная с э/м излучением



Глубоководный нейтринный телескоп «Дубна». Установлен в водах озера Байкал.

современные обсерватории могут регистрировать космические лучи, поскольку это частицы очень высокой энергии, дающие при входе в атмосферу Земли каскады вторичных частиц. Кроме того, некоторые будущие детекторы нейтрино будут также непосредственно чувствительны к частицам, рожденным, когда космические лучи попадают в атмосферу Земли.

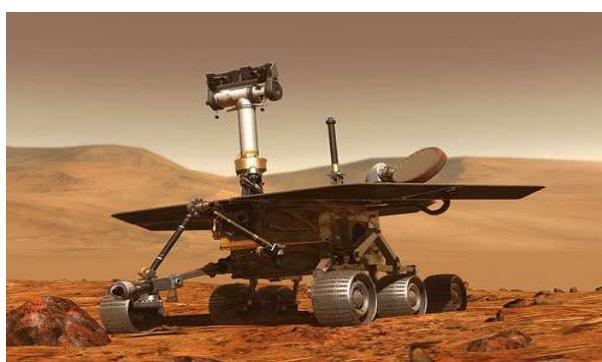
Новым направлением в разновидности методов астрономии может стать гравитационно-волновая астрономия, которая стремится использовать детекторы гравитационных волн для наблюдения компактных объектов. Несколько обсерваторий уже построено, например, лазерный интерферометр гравитационной обсерватории LIGO, но гравитационные волны очень трудно обнаружить, и они до сих пор остаются неуловимыми.

С Земли наблюдается не только электромагнитное излучение, но и другие типы излучения.

В нейтринной астрономии для выявления нейтрино используют специальные подземные объекты, такие как SAGE, GALLEX и Kamioka II / III. Эти нейтрино приходят главным образом от Солнца, но также от сверхновых звёзд. Кроме того,



Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория, или LIGO



Действующий в настоящее время марсоход Curiosity.

Планетарная астрономия занимается не только наземными наблюдениями небесных тел, но и их непосредственным изучением с помощью космических аппаратов, в том числе доставивших на Землю образцы вещества. Кроме того, многие аппараты собирают различную информацию на орбите или на поверхности небесных тел, а некоторые и проводят там различные эксперименты.

Глава 3. Практическая часть

3.1 Эффект Доплера

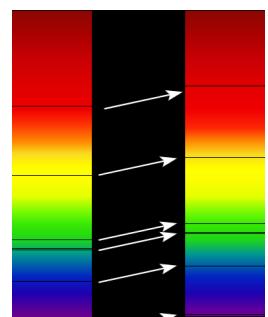
Эффект Доплера – изменение частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемое наблюдателем (приёмником), вследствие движения источника излучения и/или движения наблюдателя (приёмника). Эффект назван в честь австрийского физика Кристиана Доплера (Christian Doppler).



Кристиан Доплер
(1803—1853)

По смещению линий спектра определяют радиальную скорость движения звёзд, галактик и других небесных тел. В астрономии принято называть радиальную скорость небесных светил лучевой скоростью.

С помощью эффекта Доплера по спектру небесных тел определяется их лучевая скорость. Изменение длин волн световых колебаний приводит к тому, что все спектральные линии в спектре источника смещаются в сторону длинных волн, если лучевая скорость его направлена от наблюдателя (красное смещение), и в сторону коротких, если направление лучевой скорости — к наблюдателю (фиолетовое смещение). Если скорость источника мала по сравнению со скоростью света ($\sim 300\ 000$ км/с), то в нерелятивистском приближении лучевая скорость равна скорости света, умноженной на изменение длины волны любой спектральной линии и делённой на длину волны этой же линии в неподвижном источнике.



Красное смещение спектральных линий поглощения в спектре удаляющейся звезды сходного с Солнцем спектрального класса. Для сравнения на рис. слева показан спектр Солнца.

3.2 Решение задачи

Задача

Определить лучевую скорость звезды, в спектре которой линия, соответствующая длине волны $5,5 \cdot 10^{-7}$ м, смещена к красному концу спектра на $5,5 \cdot 10^{-11}$ м.

Дано:

$$\lambda_0 = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\Delta\lambda = 5,5 \cdot 10^{-11} \text{ м}$$

Решение:

Для расчёта лучевой скорости основанной на эффекте Доплера нам понадобится формула:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c, \quad (3.1)$$

где v_r – лучевая скорость; λ_0 – начальное положение линии в спектре;

$\Delta\lambda$ – смещение линии в спектре; c – скорость света ($3 \cdot 10^8$ м/с).

Подставляем в (3.1) значения физических величин и находим лучевую скорость:

$$v_r = \frac{5,5 \cdot 10^{-11} \text{ м}}{5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 30000 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 30 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Так как линия спектра звезды смещается в сторону спектра с большей длиной волны (или в сторону инфракрасного излучения), то можно сделать вывод, что звезда отдаляется от нас (эффект Доплера).

Ответ: Звезда отдаляется от нас с лучевой скоростью 30 км/с.

Заключение

Космос – это понятие пространства, предполагающее бесконечность его распространения во все стороны, в то время как наша Вселенная находится "внутри" Космоса, т.е. наша Вселенная – лишь ничтожно малая часть всего Космоса. Вселенная – это пространство, в котором находятся Галактики, Квазары, чёрные дыры, в Галактиках имеются скопления звёзд, вокруг которых врачаются планеты, на некоторых из них есть жизнь и даже разумные цивилизации, но они очень далеки друг от друга и контакты между ними невозможны.

Данных о "конечности" нашей Вселенной в науке никто не получил! В радиоастрономии и в астрофизике никакого "края" пока не обнаружено, пока что приборы регистрируют объекты на расстоянии в 15 млрд. световых лет (это астрофизики называют «Наблюдаемая часть Вселенной»), и на этом пространстве всё идут Галактики, Квазары, Чёрные дыры..., при каждом «новом шаге» и с лучшей аппаратурой это расстояние увеличивается и опять то же самое – и вновь никакого края Вселенной не обнаруживают! Видимо, Вселенная так огромна, что мы наблюдаем лишь её ничтожную часть. Возможно, что в Космосе есть ещё Вселенные, подобные нашей, что не противоречит научным соображениям, но и не имеет пока каких-либо подтверждений. Лучше пока об этом не задумываться, это (наличие "края" нашей Вселенной) пока что Гипотеза, не подтверждённая ни наблюдениями астрофизиков, ни теоретически, а скорее всего человечество за время своего довольно ограниченного существования этого "края" даже нашей Вселенной в Космосе так никогда и не обнаружит!

Космос – бесконечная реальность. Космос загадочен и прекрасен. Окунуться в его пространство, увидеть его красоту, открыть законы, которым он подчиняется – вот главная цель всего человечества. Если мы будем знать законы Космоса – мы будем знать будущее нашей планеты Земля и всей Солнечной системы.

11 февраля 2016 года группа американских учёных сообщила об обнаружении гравитационных волн с помощью лазерных интерферометров. Эти волны были предсказаны Альбертом Эйнштейном ещё в 1916 году. Я думаю, что в скором времени начнётся новая эра изучения Космоса с помощью гравитационных волн.

Список использованных источников

- 1) Web-ресурс: <http://www.federalspace.ru/1330/>
- 2) Web-ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Космическое_пространство
- 3) Web-ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Астрономия>
- 4) Web-ресурс: <http://v-kosmose.com/kosmos/>
- 5) Web-ресурс: <http://www.what-who.com/k/kosmicheskoe-prostranstvo.html>
- 6) К. Домбровский «Про Луну и про ракету», М., «Детгиз», 1966.
- 7) В.И.Цветков «Космос. Полная энциклопедия», М., «Эксмо», 2005.
- 8) Е.Ананьев «Энциклопедия. Космонавтика», М., «Аванта», 2004.
- 9) «Большая Энциклопедия. Вселенная». М., «РЭТ», 2003.
- 10) Жанлук Ранцини «Космос. Атлас Вселенной». М., «Эксмо», 2004.
- 11) Ян Николсон «Вселенная», М., «Росмэн», 2001.
- 12) С.И.Дубкова «Атлас звездного неба», М., «Росмэн», 2003.
- 13) https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Доплера
- 14) https://ru.wikipedia.org/wiki/Гравитационные_волны