

Астрономия за пределами видимого

Беатрис Гарсия, Рикардо Морено

Международный Астрономический Союз, Национальный Технологический Университет (Мендоса, Аргентина), Школа Ретамар (Мадрид, Испания)

Аннотация

Небесные объекты излучают во многих длинах волн электромагнитного спектра, но человеческий глаз различает только очень малую часть: видимую область.

Существуют способы продемонстрировать существование этих форм электромагнитного излучения, которые мы не видим с помощью простых экспериментов. В этой презентации вы познакомитесь с наблюдениями за пределами того, что можно наблюдать с помощью телескопа, который можно использовать в начальной или средней школе.

Цели

Это занятие направлено на то, чтобы показать некоторые явления, выходящие за рамки того, что можно наблюдать с помощью любительских телескопов, такие как существование:

- Небесные тела, излучающие электромагнитную энергию, которую наш глаз не может обнаружить. Астрономы интересуются этими другими длинами волн, потому что только видимое излучение не дает полной картины Вселенной.
- Видимые излучения в областях радиоволн, инфракрасного, ультрафиолетового, микроволнового и рентгеновского излучений.

Электромагнитный спектр

Электромагнитные волны охватывают широкий диапазон частот или длин волн и могут быть классифицированы по их основному источнику производства. Классификация не имеет четких границ. Совокупность всех длин волн называется электромагнитным спектром.

Рисунок 1 показывает различные области спектра. Он указывает размер между гребнями волн (длина волны λ) и некоторыми объектами этих размеров: атомами, мухами, горами ... чтобы получить представление о размерах волн. На этом же рисунке мы можем оценить, как мы "видим" Солнце и Сатурн, если наблюдаем их на длинах волн, которые наши глаза не могут обнаружить. Эти фотографии были сделаны с помощью специальных детекторов, чувствительных к этим длинам волн.

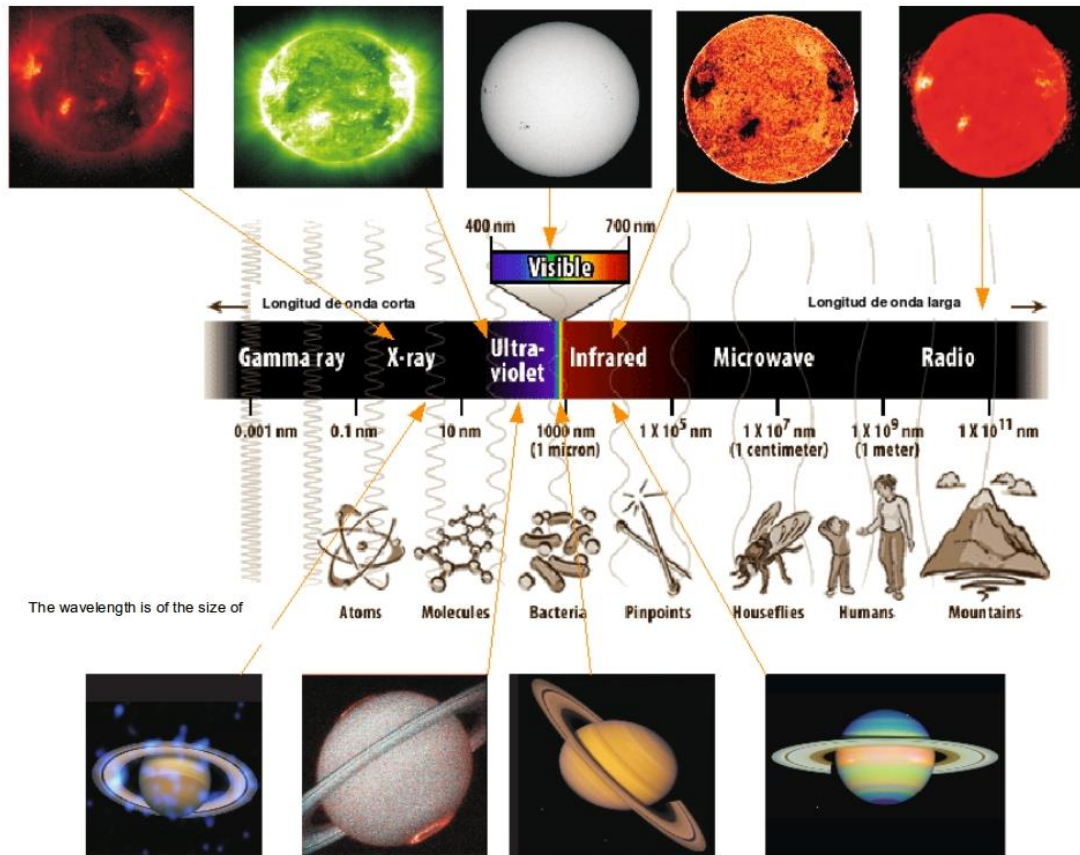


Рис. 1: Электромагнитный спектр, с объектами размером с этими волнами. Солнце (вверху) и Сатурн (внизу) наблюдаемые на разных длинах волн (цвета являются имитацией).



Рис. 2: Центр нашей Галактики Млечный Путь изображенный на разных длинах волн.

Во вселенной есть материал, температура которого намного ниже, чем у звезд, например, облака межзвездного материала. Эти облака не испускают видимого излучения, но могут быть обнаружены на больших длинах волн, таких как

инфракрасные, микроволновые и радиоволны. Наблюдение вселенной во всех областях электромагнитного спектра, которое астрономы называют “многоканальным наблюдением”, дает нам гораздо более четкое представление о ее структуре, температуре и энергии и делает более реалистичными модели, связанные с её эволюцией.

На рисунке 2 показан центр нашей галактики Млечный путь, изображенный космическими телескопами Спитцер (инфракрасный), Хаббл (видимый) и Чандра (рентгеновский). В каждом из них мы наблюдали объекты и детали, которые не видны в других длинах волн.

Занятие 1: Строим спектрометр

Белый свет от лампы с нитью накала состоит из всех цветов, в то время как свет от ламп с газом (люминесцентные лампы, энергосберегающие лампы или уличные фонари) состоит только из определенных цветов. Если мы разделим цвета света, то получим его спектр, который в случае газов состоит из набора цветных линий. Каждый тип газа имеет свой собственный спектр, который является "штрихкодом" соединений в газе. Если мы посмотрим с помощью спектроскопа на свет далекой галактики, линии, характерные для водорода и других газов, смещаются в сторону красного (известного как “красное смещение”), причем чем больше смещение, тем дальше галактика.

Крепкими ножницами отрежьте кусочки от CD или DVD (рисунок 3а), на которых нет этикетки. Если вы используете DVD, отделите верхний слой от нижнего в разрезанном куске пластика (вам могут понадобиться ножницы или отвертка), и вы подготовите дифракционную решетку. Если вы используете компакт-диск, существует только один слой пластика, и вы должны осторожно отсоединить металлический слой. Ремесленный нож или лезвие бритвы будут полезны.

Сделайте фотокопию шаблона на рисунке 4. Если вы сделаете это в формате А3, это будет более точно. Вырежьте шаблон, включая белую часть, изогнутый участок, и сделайте тонкую щель в клапане со шкалой. Вам не нужно вырезать шкалу. Соберите коробку, положив черный цвет вовнутрь, и приклейте клапаны. В отверстие, оставленное изогнутой секцией, вставьте кусочек CD или DVD.

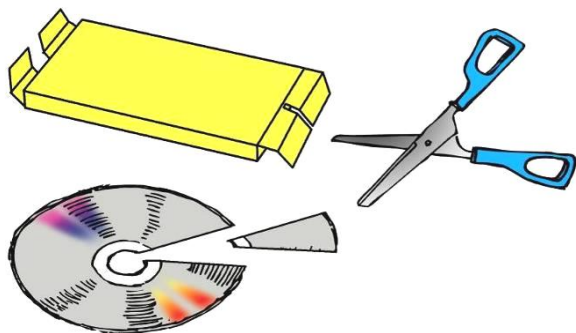


Рис. 3а: Материал который вам понадобится: DVD, ножницы и бумажная коробка.



Рис. 3б: Удаление металлического слоя компакт-диска с помощью скотча.



Рис. 4: Смотрим на люминесцентную лампу.

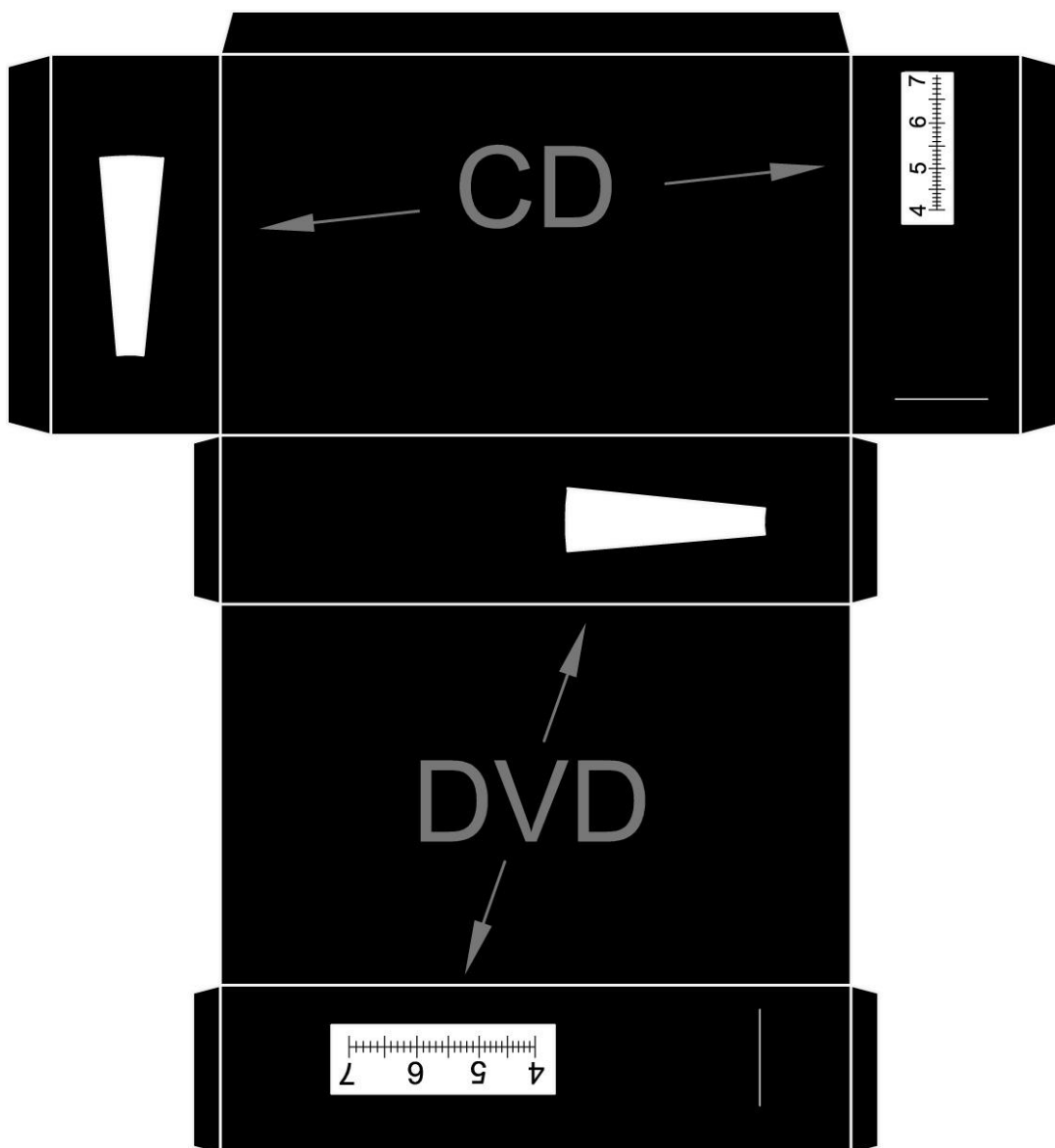


Рис. 5. Шаблон для спектрометра.

Посмотрите через кусок DVD и направьте щель коробки (не шкалу) на низкоэнергетическую лампу или люминесцентную лампу (рисунок 11). Вы должны увидеть линии излучения от газов в лампах на шкале. Если вы не видите, двигайте щель вперед и назад, пока не появятся линии. Шкала помечена сотнями нанометров, т.е. отметка 5 показывает 500 нм (500×10^{-9} м). Чем уже щель, тем точнее можно измерить длину волны линий.

Вы также можете сделать коробку из картона, но если вы это сделаете, вам нужно будет вырезать пространство для шкалы и наклеить на него бумажную копию, чтобы вы могли видеть через шкалу.

Вы можете наблюдать уличные фонари; и оранжевые (натрий) и белые (пары ртути) подойдут. Традиционные лампы накаливания производят непрерывный спектр.

Младшие ученики могут разложить свет и сделать радугу. Используйте водяной шланг с диффузором и поместите солнце позади (рисунок 6).



Рис. 6: Младшие ученики могут разложить свет в радугу.

Инфракрасное излучение

Инфракрасная область электромагнитного спектра была открыта Уильямом Гершелем (первооткрывателем планеты Уран) в 1800 году с помощью призмы и термометра. Он получил спектр, пропустив белый солнечный свет через призму, и поместил несколько термометров, один в синей области, другой в красной (оба цвета обнаруживаемые глазом) и третий термометр поместил за красным, сразу за вторым. С помощью четвертого термометра измерил температуру окружающей среды и обнаружил, что температура, которую зарегистрировал термометр в области "ниже" красного (отсюда и название "инфра" красный), была больше, чем температура окружающей среды.

Гершель проводил и другие эксперименты с "тепловыми лучами" (как он их называл), которые существовали за пределами красной области спектра, показывая, что они отражаются, преломляются, поглощаются и передаются точно так же, как видимый свет. Эти "тепловые лучи" были позже названы инфракрасными лучами или

инфракрасным излучением. За этими открытиями последовали другие, которые привели к ряду технологических применений.

Тела, обнаруженные при низкой температуре, излучают не в видимой области спектра, а на более длинных волнах, так что выделяемая энергия ниже. Например, наше тело и животные излучают инфракрасное излучение, которое мы не можем обнаружить невооруженным глазом, но которое воспринимается как тепло, испускаемое телом. Все объекты, находящиеся при определенной температуре, излучают инфракрасные волны (рисунки 6 и 7). Приборы ночного видения позволяют обнаружить такое излучение, которое глаз не может обнаружить.

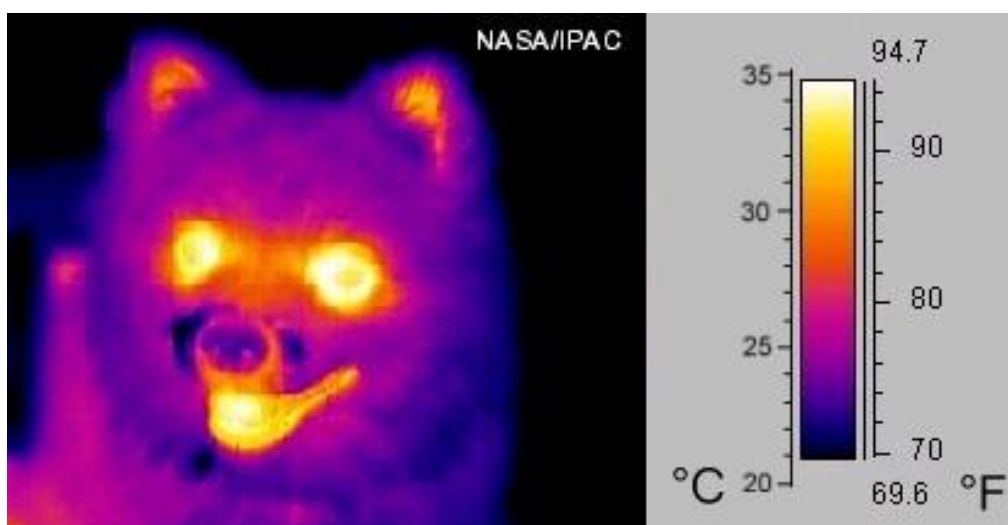


Рис. 7: Инфракрасная фотография. Мы различаем от более горячих до более прохладных областей.

Занятие 2: Эксперимент Гершеля в ИК диапазоне

Цель состоит в том, чтобы повторить эксперимент 1800 года, с помощью которого знаменитый астроном сэра Уильям Гершель открыл форму излучения, отличную от видимого света. Нам понадобится стеклянная призма, четыре термометра, черные перманентные маркеры, ножницы, скотч, картонная коробка и белый лист. Мы кладем скотч на колбочки термометров и красим черным маркером, чтобы лучше поглощать тепло.

Эксперимент следует проводить на открытом воздухе, в **ОЧЕНЬ** солнечном месте. Если ветрено, можно внутри помещения, при условии, что у вас есть окно, куда солнечный свет прямо входит. Положите белый лист на дно картонной коробки. Призму осторожно помещают на верхний край коробки, так что она находится боком к Солнцу. Внутри коробки должно быть все или почти все в тени (рисунки 8-9с). Осторожно вращайте призму до тех пор, пока на листе в нижней части коробки не появится максимально широкий спектр.

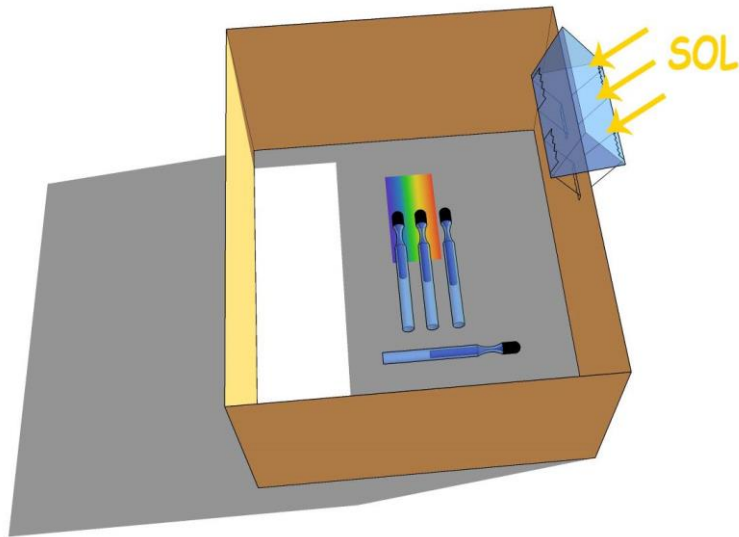


Рис. 8: Устройство Гершеля. Три термометра в спектре отмечают более высокую температуру, чем у окружающей среды.

Закрепив призму лентой в этом положении, расположите три термометра в спектре света так, чтобы каждая колба была в одном цвете: одна в синей области, другая в желтой и третья немного дальше видимой красной области. Это должно помочь увидеть градуированную шкалу, не двигая термометр, когда мы начнем действовать (рисунки 15-16с).



Рис.9а: Размещаем три термометра с черной частью и спектром в теньюую часть.

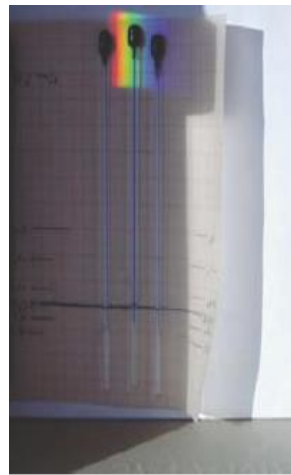


Рис.9б: Термометры в синем, желтом и красном сразу после.

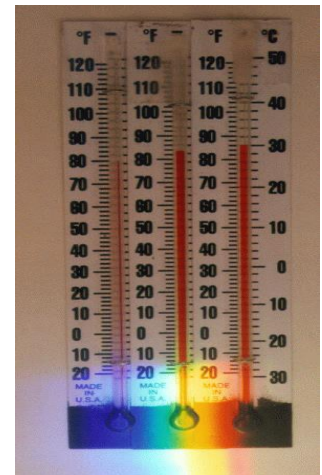


Рис.9с: Пример измерений за 3 минуты. (www.spitzer.caltech.edu)

Температура достигает своих конечных значений за пять минут. Мы каждую минуту записываем температуру в таблицу (см. Таблица 1) для каждой из трех областей спектра и окружающей среды. Мы не должны сдвигать термометры с их позиций в спектре или блокировать их свет.

Термометр в желтом (рисунок 16с) должен показывать температуру несколько выше, чем в синем, а тот, который находится рядом с красным, должен показывать

температуру еще немного выше, поэтому логично, что в термометр рядом с красным постукает какое-то излучение от Солнца, невидимое для наших глаз.

	Термометр № 1 в синем	Термометр № 2 в желтом	Термометр № 3 за красным	Термометр № 4 в тени
Спустя 1 минуту				
Спустя 2 минуты				
Спустя 3 минуты				
Спустя 4 минуты				
Спустя 5 минут				

Таблица 1: Таблица с данными.

Занятие 3: Обнаружение ИК с помощью современного технологичного инструмента

Если мы хотим обнаружить ИК с помощью современных технологичных инструментов, вероятно, первое, что приходит на ум, - это ночные наблюдения, подготовленные чтобы увидеть инфракрасное излучение, испускаемое нашими телами. Но это мера, доступная не каждому. Рассмотрим более экономичное и простое в приобретении устройство.

Пульты дистанционного управления, которые мы используем для включения телевизора, стереосистемы или микроволновой печи, используют инфракрасное излучение (не используйте те, которые также имеют красную лампочку). Есть ли простой способ увидеть это невидимое излучение, чтобы оно внезапно стало обнаружимым?

Для этого мы должны искать детектор, чувствительный к ИК. Есть основной технологичный продукт, который обусловлен развитием изучения света в астрономии, называемый ПЗС (как и инициалы его названия: Прибор с Зарядовой Связью). Это устройство может захватывать и собирать фотоны в течение определенного периода времени, так что мы можем обнаружить объекты, которые излучают или отражают свет. ПЗС более чувствительны в красной области, и в некоторых случаях их диапазон эффективности охватывает ближний ИК. Любая современная камера или видеокамера имеет ПЗС-матрицу для получения изображения. Это позволяет делать снимки в условиях очень низкого уровня освещенности. Самым простым устройством повседневного использования, которое имеет современную камеру и, следовательно, ПЗС-детектор, является мобильный телефон.



Рис. 10а: Активированный пульт, видимый глазами.



Рис. 10b Активированный пульт через мобильный телефон.

Смотря глазами прямо на пульт, мы не замечаем никакой разницы между включением и выключением, как показано на рисунке 10а. Но если мы сделаем снимок тем же мобильным телефоном и включим пульт (рисунку 10б) ... Сюрприз! Устройство, которое использует управление для передачи сигнала, который включает телевизор или другое электронное оборудование, - это инфракрасный свет, который наш глаз не видит, но камера телефона видит. Цвет этого света фиктивен.

Занятие 4. Обнаружение инфракрасного света от лампы

Большинство небесных тел излучают много длин волн. Если между ними и нами есть пыль или газ, некоторые длины волн могут быть заблокированы, но не все остальные. Например, пыль в центре нашей галактики мешает нам видеть интенсивный видимый свет, производимый там концентрацией миллионов звезд. Однако пыль прозрачна для инфракрасного света, который проходит через нее и достигает нас. То же самое относится и к другим темным пылевым облакам в нашей галактике (рисунки 11а и 11б).



Рис. 11а: Облако пыли в видимой области.

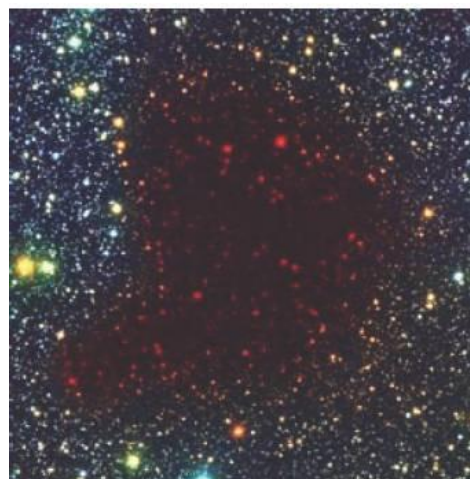


Рис. 11b: Наложение инфракрасного зрения.

В излучении от лампы накаливания большая часть энергии излучается в видимой области, но также излучается и в инфракрасной. Инфракрасное излучение может проходить сквозь предметы, которые непрозрачны в видимом.

Возьмем фонарик и кусок войлока (рисунок 12a и 12b). Этот материал не особенно хорошо ткется и блокирует видимый свет. Войдем в темную комнату и включим фонарик. Затем накроем его войлоком и докажем что не видим его света. Если видно, положите еще один слой войлока (можно двойной) или даже третий. Не кладите больше, чем необходимо, потому что инфракрасное излучение также может быть заблокировано, если слишком много материала. В этой комнате темной настолько насколько это возможно, если мы наблюдаем с помощью камеры на нашем мобильном телефоне, которая захватывает инфракрасное излучение, мы видим, что он различает лампочку (рисунок 12a и 12b).



Рис. 12a and 12b: Войлок полностью блокирует видимый свет, но не инфракрасный.

Занятие 5: Созвездие с ИК излучением

В магазинах электроники или онлайн вы можете приобрести инфракрасные светодиоды, аналогичные тем, которые используются пультами от телевизора, музыкальных устройств и т. д.. Они дешевые (около 20 рублей). Они работают со штабелем 3 или 9В батареей или с источником питания постоянного тока. Они параллельно соединены с сопротивлением между 100 и 500Ω.



Рис. 13a и 13b: Кассиопея сделанная из инфракрасных светодиодов. Они соединены параллельно.

Вы можете сделать небольшую цепь с несколькими светодиодами, образующими хорошо известное созвездие, например Кассиопею (рисунки 13a и 13b), Орион, Южный

Крест или Большую медведицу (в зависимости от созвездий, которые вы видите из полушария, в котором живете). Наблюдая с помощью камеры телефона, вы можете увидеть ее в инфракрасном диапазоне.

Занятие 6. Созвездие с пультами ДУ

Более простой демонстрацией, чем предыдущая, является формирование “созвездия” с помощью нескольких инфракрасных пультов ДУ. Если пульты запечатлены в темноте с помощью цифровой камеры, вы сможете увидеть созвездие (рисунки 14a и 14b).

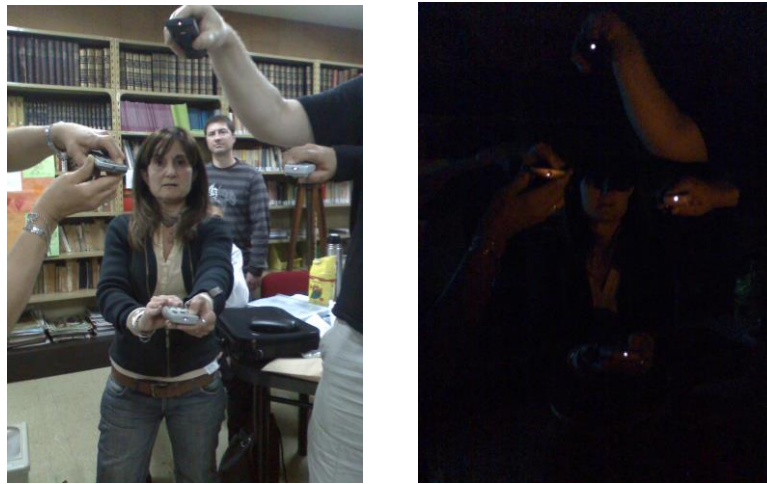


Рис. 14a and 14b: Создание созвездия Южного креста из пультов ДУ.

Электромагнитная энергия в области радио

Электромагнитное излучение с длинами волны от метров до километров называют радиоволновым. Они используются на коммерческих станциях, но также достигают нас из космоса. Эти излучения демонстрируют морфологию, которой нет у других длин волн (рисунки 15a, 15b и 15c).



Рис. 15a: Эта галактика испускает джеты, обнаруживаемые только в радио (искусственно окрашенные в красный цвет), Рис. 15b: Фотография галактики NGC 4261 в видимом диапазоне, Рис. 15c: Та же галактика с наложенным радиоизображением. Несколько джетов материи, искусственно окрашенных в красный цвет.

Во Вселенной есть много сильных радиоисточников, таких как центр нашей галактики, быстро вращающиеся нейтронные звезды или даже некоторые планеты, такие как Юпитер.

Занятие 7: Производство радиоволн

Когда вы замыкаете и размыкаете электрическую цепь, возникают радиоволны, похожие на коммерческое вещание. Вы можете захватить их в радио в диапазоне АМ, и преобразовать их в звук, который является другим типом волн. Мощность этих радиоизлучений уменьшается, когда рецептор удаляется. Радиоволны могут проходить через препятствия и даже стены.

Для проведения эксперимента возьмем два куска провода примерно по 20 см каждый. Мы сняли пластик с двух концов одного из кусков. С другого кабеля также снимите пластик с одного конца и оставьте около 10 см с пластиком; снимите пластик с остального. В конце, где есть много оголенного провода, сделайте из него шар. Подключите другой конец к клемме батарейки на 9В. Мы используем карандаш с острием на каждом конце. Мы будем использовать графит, чтобы сделать источник радиоизлучения. На одном конце соедините острие с первым куском провода, закрепив его скотчем. Другой конец соединен со второй клеммой батарейки (рисунок 16).

Включите радио и включите его в диапазоне АМ (не FM). Мы ударяем свободным концом карандаша по клубку провода. Мы перемещаем линию радио, пока вы не услышите по радио, что мы постукиваем по шару. Мы можем попытаться отодвинуть радио, чтобы поставить преграды из картона, дерева и т.д. Мы также можем перенести радио в другую комнату и проверить, услышите ли вы или нет. Учтите, что электромагнитная энергия сначала преобразуется в электрическую, а затем в звук.

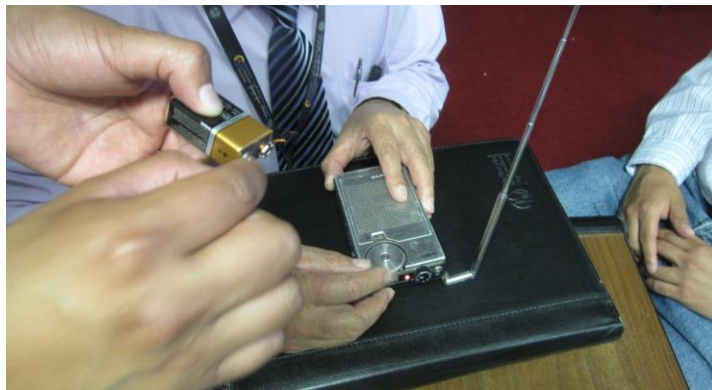


Рис. 16: Производство радиоволн.

Ультрафиолетовый Свет

Ультрафиолетовые фотоны обладают большей энергией, чем обычный видимый свет. Это позволяет этому излучению в больших дозах разрушать химические связи

органических молекул, так что оно смертельно опасно для жизни. На самом деле оно используется для стерилизации хирургического оборудования.

Солнце испускает это излучение, но, к счастью, наша атмосфера (особенно озон) фильтрует большую его часть, и некоторая часть его полезна для жизни. Это излучение делает нашу кожу загорелой (хотя избыток может вызвать рак кожи), поглощается растениями для фотосинтеза и так далее. Но если озоновый слой уменьшит свою толщину, Земля получит слишком большую дозу, и количество раковых заболеваний увеличится.

Занятие 8: Черный свет (УФ)

Существуют лампы, называемые черным светом, которые излучают в основном в УФ и часто используются для поддержки роста растений в теплицах или в местах с небольшим количеством солнечного света. Стекло этих ламп часто почти черное, и излучает только немного темно-синего видимого света. Некоторые синтетические ткани белых рубашек (особенно рубашки, стираемые с помощью "отбеливающих средств") флуоресцируют этим светом и отражают его в ярко-фиолетовом. Вот почему этот тип освещения используется на некоторых дискотеках, где белые ткани начинают отсвечивать.

Это свойство также используется для изготовления бумаги многих банкнот: исследуйте небольшие полоски флуоресцентного материала, которые видны при освещении УФ светом (рисунок 17). Таким образом доказывается, что это не простая ксерокопия банкноты. Этот свет встроен в устройства обнаружения подделок (рисунок 18). Многие официальные карточки имеют метки или знаки, которые видны только под УФ светом.



Рис. 17: Банкнота в 50 €, освещенная УФ светом, показывает маленькие флуоресцентные полоски, отмеченные здесь стрелками, Рис. 18: Детектор подделок, использующий ультрафиолетовый свет.

Рентген

Более энергичным, чем УФ, является рентгеновское излучение. Он используется в медицине в рентгенограммах и других формах диагностической рентгенологии (рисунок 19а).



Рис. 19а: Рентгеновские лучи, используемые в медицине. Рис. 19b: Галактика М81 с ядром сфотографирована в рентгене, что позволяет предположить наличие очень массивной черной дыры.

В космосе рентгеновские лучи характерны для очень энергичных событий и объектов: черных дыр, квазаров, сверхновых и т.д. Миссия космического телескопа "Чандра" заключается в обнаружении и мониторинге этих объектов (рисунок 19b).

Гамма Лучи

В конце спектра, с длинами волн даже более короткими, чем рентгеновские лучи, находится гамма излучение. Это наиболее энергичное излучение, и оно производится, когда материя (электрон) находит антиматерию (позитрон). В космосе существуют различные источники (рисунок 20а), и нет ничего необычного в том, чтобы обнаружить случайные сильные извержения, которые испускают мощный взрыв гамма-лучей в течение нескольких минут или часов.

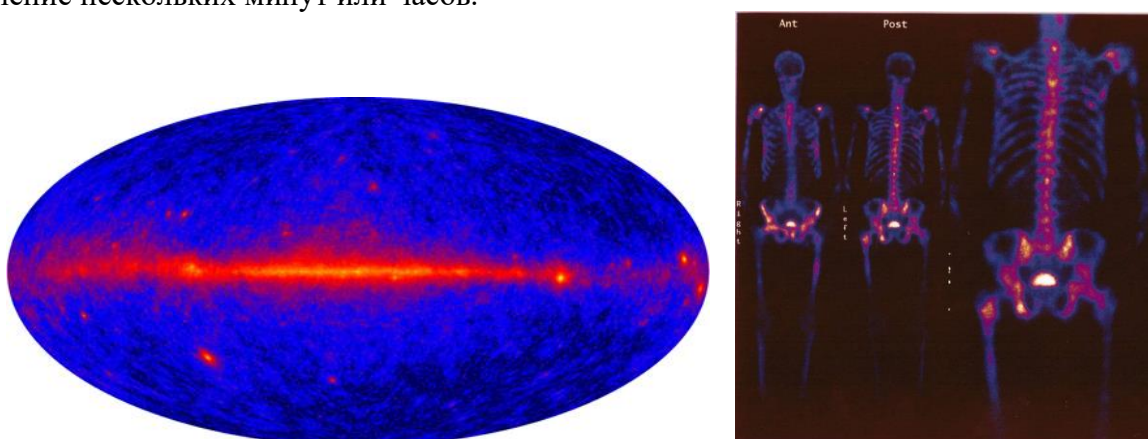


Рис. 20а: Карта Вселенной, видимая с помощью "Космического Гамма Телескопа Ферми". Центральная линия - это наша галактика. Рис. 20b: Сканирование костей гамма-излучением человеческого тела.

Поскольку они такие короткие, проблема состоит в том, чтобы обнаружить их и определить их точное местоположение, чтобы знать, какой объект производит излучение. Такие объекты, как Активные Ядра Галактик, пульсары и сверхновые,

были идентифицированы как источники гамма-излучения.

На Земле это излучение испускается большинством радиоактивных элементов. Как и рентгеновские лучи, они используются как в медицинской визуализации (рисунок 20b), так и в терапии для лечения таких заболеваний, как рак.

Список Литературы

- Mignone, C., Barnes, R., More than meets the eye: how space telescopes see beyond the rainbow, Science in the School, Euro Forum, 2014
- Moreno, R, *Experimentos para todas las edades*, Ed. Rialp. Madrid 2008.

Интернет источники

- Телескоп Спитцер, Образование, Калифорнийский технологический институт. <http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/index.shtml>
- http://www.scienceinschool.org/2014/issue29/EM_Astronomy
- <https://www.khanacademy.org/science/cosmology-and-astronomy/universe-scale-topic/light-fundamental-forces/v/introduction-to-light>
- Рентгеновская Обсерватория Чандра <http://chandra.harvard.edu/about/>
- Космический Гамма-Телескоп Ферми <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>