

Спектроскоп своими руками

(Или из чего сделаны звезды)

Выполнил: ученик 3 класса (9 лет)

Ефимов Николай Михайлович;

Руководитель: Загидуллина

Эльза Халиулловна

учитель математики начальной
школы, высшей квалификационной
категории

8-9503-208-064, 295-92-52

Содержание

| | |
|---|----|
| 1. Введение..... | 3 |
| 2. Спектроскоп: устройство и принципы работы..... | 6 |
| 3. Практическая часть: | |
| а) собираем спектроскоп | 11 |
| б) производим спектральные наблюдения | 11 |
| 4. Практическая значимость | 16 |
| 5. Заключение | 18 |
| 6. Список литературы..... | 19 |
| 7. Приложение..... | 20 |

Введение

В продолжении почти двух тысяч лет ученые считали, что все цвета образуются смешением света с тьмой.

В синем цвете, например, много тьмы, и она немного разбавлена светом, в желтом, наоборот, много света и мало тьмы.

По этой теории выходило, что основные цвета – белый и черный; остальные – их сочетания. Все в это верили. Но никому не удавалось это проверить – разложить какой-нибудь цвет на черный и белый, на тьму и свет.

Первым человеком, кто проверил это - и вместе с тем опроверг - эту теорию, был великий математик и физик Исаак Ньютон.

В 1666 году ему было 24 года и он занялся изучением солнечного света. Ньютон закрывал окно в комнате плотным ставнем, так что делалось совсем темно. Однако в ставне Ньютон просверлил маленькое отверстие, через которое проникал очень узкий пучок света и отпечатывался на белой стене маленьким круглым пятнышком – зайчиком.

Недалеко от окна Ньютон поставил стеклянную призму ребром вниз. Она пришлась как раз на пути солнечного луча. Прежде чем луч достигал стены, ему нужно было пройти через призму.

Для чего же поставил Ньютон призму?

Мы уже знаем, что призма преломляет лучи света, заставляет их изменить свой первоначальный путь.

Но, оказывается, у призмы есть еще и другие свойства: разные по цвету лучи она преломляет по-разному. Если световой пучок однороден по цвету, то он таким же и выйдет из другой стороны призмы, только изменит свое направление. Но если в призму войдет пучок, состоящий из семи лучей разных цветов – фиолетового, красного, зеленого – то, выйдя из призмы, лучи пойдут уже не вместе, а каждый своей дорогой: фиолетовый свернет круто в сторону, красный отклонится от своего прежнего направления

меньше всех, а зеленый пройдет между ними. Стекло рассортирует все эти лучи, которые прежде были смешаны вместе.

Для этого и закрыл Ньютон ставен своей комнаты, оставив в нем только маленькую дырочку: он решил процедить через призму белый солнечный свет, тот самый свет, который все считали основным и неразложимым ни на какие другие цвета.

И вот что он увидел.

Из призмы вышел целый сноп разноцветных лучей, и, вместо круглого белого солнечного зайчика, на стене оказалась радужная полоска – спектр (от лат. spectrum- «видимое», «представление»).

Так Ньютон сделал большое открытие: доказал, что принятое всеми объяснение цветов не верно. Белый цвет, который считался основным, на самом деле оказался смесью целых семи цветов.

Наш глаз не улавливает составных элементов белого цвета, воспринимает их слитно, подобно тому, как немзыкальное ухо не различает в звучании оркестра отдельных инструментов, ему кажется, что играет всего-навсего один мощный и очень звучный инструмент.

Солнце – это как бы огромной силы световой оркестр. Человеческий глаз не слишком тонко разбирается в его игре. Солнечный цвет кажется глазу одноцветным, ослепительно белым. Стеклянная призма уличает глаз в ошибке.

Эти вопросом позже занялся Роберт Бунзен: он изобрел горелку, которая давала очень жаркое пламя. В ее огонь Бунзен погружал кусочки разных химических веществ. Вспыхивали и давали пламя даже металлы. Самым интересным было то, что пламя каждого вещества имело свой особый цвет: натрий всегда давал желтое пламя, калий – фиолетовое, литий - красное, медь – зеленое. Казалось, что открыт новый быстрый способ анализа: стоит только внести в огонь вещество и по цвету пламени определить, что это было за вещество. Но оказалось, что пламя одного цвета могут давать разные вещества.

На помощь Бунзену пришел физик Кирхгоф, который предложил использовать призму. Может быть, призма покажет, что пламя различных веществ дает отличающиеся друг от друга спектры.

Кирхгоф смастерил особый прибор – спектроскоп и принес его в лабораторию Бунзена. Луч горелки поймали на призму спектроскопа. В пламя стали вносить кусочки разных веществ. Оказалось, что пламя каждого из этих веществ имеет свой особый, отличающийся от остальных спектр из нескольких отдельных полосок различных цветов.

Спектроскоп сразу уловил различие между пламенем лития и стронция. Оказалось, что почти каждое вещество – своеобразный световой оркестр. Некоторые состоят из двух, трех, а иные даже из семи и больше инструментов. По спектру можно точно отличить одно вещество от другого.

Так, благодаря маленьком кусочку стекла, отлитому в форме призмы, был создан спектральный анализ. Он оказался необычайно точным и чувствительным способом исследования.

Конечно, многие задачи, требующие применения очень сложного, мощного и дорогого спектрального оборудования, любитель решать не может. Вместе с тем некоторые спектральные наблюдения можно выполнять, пользуясь весьма скромными, подчас самодельными инструментами.

Цель работы: изучить устройство спектроскопа, смастерить собственный спектроскоп и проделать с ним практические эксперименты.

Задачи:

1. Ознакомится с устройством и принципами работы спектроскопа
2. Из подручных материалов смастерить спектроскоп.
3. Выполнить с помощью спектроскопа спектральные наблюдения.
4. Внедрить самодельный спектроскоп в качестве наглядного пособия в школе для кружка «Математическая шкатулка», оформит рационализаторское предложение.

Основная часть

Спектроскоп (спектрометр, спектрограф) (от спектр и др.-греч. $\Sigma\kappa\omicron\lambda\epsilon\omega$ - смотрю) - оптический прибор для визуального наблюдения спектра излучения. Используется для быстрого качественного спектрального анализа веществ в химии, металлургии т. д.

Под термином спектроскоп еще понимают - настольный прибор, позволяющий вручную просматривать различные участки спектра.

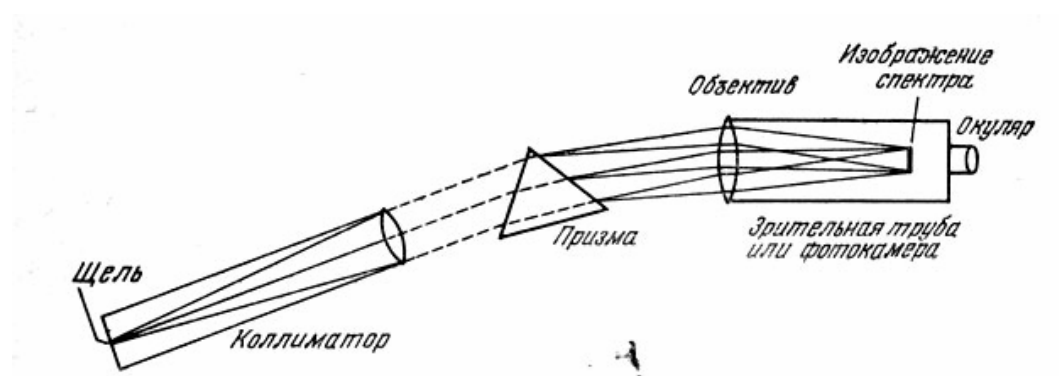


Рис. 1. Схема устройства спектроскопа.

Прибор для получения спектра - спектроскоп состоит из *коллиматора, призмы и зрительной трубы* (рис. 1). В передней части коллиматора, обращенной к источнику света, установлена узкая щель. От нее внутрь трубки коллиматора идет расходящийся пучок лучей. Щель располагают в главном фокусе объектива коллиматора, так что из коллиматора выходит параллельный пучок лучей.

Что произойдет, если мы направим этот пучок лучей в объектив третьей составной части спектроскопа - зрительной трубы?

Ее объектив соберет лучи в своем главном фокусе и здесь образуется изображение щели; мы можем его рассматривать в окуляр и увидим четкое изображение входной щели спектроскопа.

Между объективами коллиматора и зрительной трубы помещают трехгранную стеклянную призму таким образом, чтобы ее преломляющее ребро было параллельно щели. Призма преломляет падающий на нее из объектива коллиматора параллельный поток лучей, отклоняя его к своему основанию. При этом лучи различного цвета отклоняются по-разному, в зависимости от длины волны. Таким образом, призма разлагает свет на совокупность одноцветных (монохроматических) пучков лучей. Вместо одного изображения щели в фокальной плоскости зрительной трубы спектроскопа образуется множество разноцветных изображений щели, примыкающих друг к другу и распределенных в соответствии с изменением длин волн, т. е. радужная полоска спектра.

Если мы расширим щель, то соседние монохроматические изображения наложатся друг на друга и спектр «замоеется».

При визуальных наблюдениях в спектроскоп мы видим радужную полоску спектра. Если же вместо окуляра поместить в фокальной плоскости зрительной трубы кассету, то зрительная труба превратится в фотографическую камеру, а спектроскоп в спектрограф - прибор, широко используемый астрофизиками. Правда, при его помощи получают черно-белое изображение спектра, но это несколько не мешает получению богатейшей информации о небесных светилах.

Спектр излучения, испускаемого накалившимся твердым телом или нагретой до свечения жидкостью, - сплошной. Если посмотреть через спектроскоп на нить электрической лампочки, то можно увидеть яркую радужную полоску, которая называется непрерывным спектром.

Спектральный анализ - мощнейшее орудие изучения космических объектов.

Спектральные исследования дают возможность получать гораздо более богатую информацию о небесных светилах. Дело в том, что нагретый, доведенный до свечения разреженный газ излучает не непрерывный спектр, а линейчатый, состоящий из определенного набора

узких, почти монохроматических спектральных линий. Яркие линии называются эмиссионными. Так, например, если ввести в пламя горелки обычную поваренную соль, то оно окрасится в интенсивный желтый цвет. В спектроскоп мы увидим две яркие желтые эмиссионные спектральные линии, обозначаемые D_1 и D_2 , испускаемые нагретыми парами натрия, который входит в состав поваренной соли. Особенно богат линиями спектр железа, превращенного при высокой температуре в газообразное состояние.

Составлены подробные атласы и каталоги спектральных линий химических элементов, и это помогает производить спектральный анализ вещества, узнавать, какие химические элементы в нем присутствуют.

Звезды, в том числе и Солнце,- огромные скопления газообразного, нагретого до высокой температуры вещества. В их внешних частях плотность и давление газа малы, но они быстро возрастают по мере углубления в недра. Быстро растет и температура. Достаточно сказать, что если во внешних слоях Солнца температура близка к шести тысячам градусов, то вблизи его центра она доходит до нескольких миллионов градусов. Во внешних слоях Солнца находится такой слой, от которого к нам идет наблюдаемое нами излучение. Этот слой называется фотосферой.

Фотосфера испускает тепловое излучение, имеющее непрерывный спектр; оно возникает за счет хаотических тепловых движений заряженных частиц - электронов и ионов.

Над фотосферой расположены более разреженные и более холодные слои, в которых поглощается идущее от фотосферы излучение. Здесь образуется описанный выше спектр поглощения. Таким образом, изучая химический состав звезд по их спектрам, мы исследуем состав звездных атмосфер, но не звездных недр.

Точно так же, изучая дополнительные спектральные линии, возникающие в спектре той или иной планеты, по сравнению со спектром Солнца, мы изучаем химический состав ее атмосферы.

Кроме того, не надо забывать, что и земная атмосфера частично поглощает те или иные спектральные линии и полосы, которые называются теллурическими. Особенно сильно поглощение, производимое молекулами кислорода и водяными парами.

При помощи самого простого спектроскопа интересно и полезно познакомиться с видом солнечного спектра. Направив в щель спектроскопа рассеянный солнечный свет, мы увидим в окуляр радужную полосу спектра, пересеченную множеством темных линий поглощения (рис. 2). Некоторые из них обозначены буквами латинского алфавита. Их длины волн, выраженные в ангстремах, приведены в таблице 1.

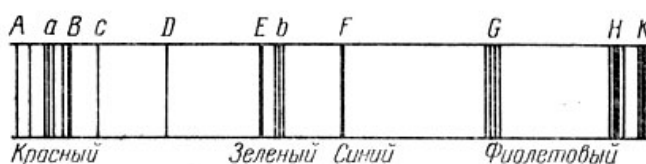


Рис. 2. Основные линии в спектре Солнца

| Обозначение | Длина волны λ | Цвет линии | Химический элемент |
|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------------|
| A | 7621 Å | красный | кислород |
| B | 6870 | » | » |
| C (H_{α}) | 6563 | » | водород |
| D | 5893 | желтый | натрий |
| E | 5270 | зеленый | железо |
| b | 5178 | » | магний |
| F (H_{β}) | 4861 | голубой | водород |
| G (H_{γ}) | 4340 | фиолетовый | водород и группа других элементов |
| H | 3968 | ультрафиолетовый | ионизованный кальций |
| K | 3934 | » | » |

Таблица 1. Наиболее заметные линии поглощения в спектре Солнца

Линии Фраунгофера.

В непрерывном солнечном спектре, который исследовал Ньютон, физик У. Волластон в 1802 году впервые заметил одиночные черные линии. В 1814 г. их заново обнаружил и описал немецкий физик Й. Фраунгофер, а П. Кирхгоф в 1859 г. объяснил причину их появления.

Атомы нагретого до высокой температуры вещества испускают излучения, длины волн которых характерны для каждого атома. А те же атомы, но холодного вещества эти излучения поглощают. И в спектре проходящего сквозь вещество излучения появляются черные линии.

Недра Солнца представляют собой горячую плазму с температурой порядка $5 \cdot 10^6 \text{K}$. Ионы элементов, из которых она состоит, - водород, кислород, натрий, железо, кальций и др. – излучают в широком диапазоне длин волн; мы их спектры воспринимаем как белый свет. Но на пути этого излучения лежит солнечная корона – окружающий светило плазменный слой из тех же элементов. Температура его внутренней области около $5 \cdot 10^3 \text{K}$, а периферия постепенно остывает почти до 3К. В «холодной» короне излучение ионов поглощается, в спектре Солнца возникают черные линии Фраунгофера.

Спектры излучения веществ, находящихся в газообразном атомарном состоянии, включают в себя только отдельные частоты, которым соответствуют цветные линии, разделенные темными промежутками. Такие спектры называют *линейчатыми*.

Линейчатые спектры излучения оказались своего рода портретами атомов. По ним, как по отпечаткам пальцев, можно узнать, что за атомы образуют данное вещество. Линейчатые спектры стали применяться в спектральном анализе – методе определения химического состава вещества по его спектру.

Практическая часть.

Устройство спектрометра. Основные части

Для сборки спектрометра мы воспользовались основной схемой:

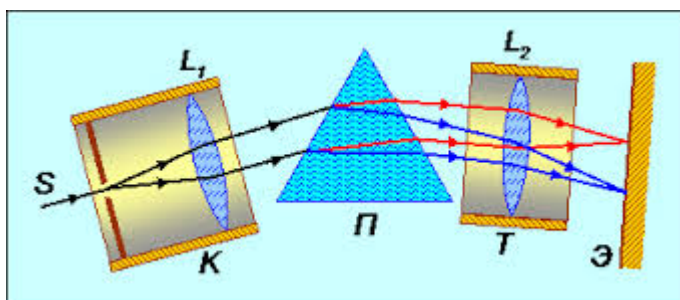


Схема 1 Схема спектрометра, где L1 и L2 – линзы, Э - экран, К- коллиматор, Т – зрительная труба, S – щель, П – призма Амичи.

Мы взяли высокую картонную коробку, подойдет тубус из-под какого-нибудь плаката или труба для слива из полипропилена. Вверху коробки сделали прямоугольное отверстие, размерами примерно 3x1 см. К краям отверстия мы приклеили двусторонний скотч, на который аккуратно подклеили два старых лезвия от безопасной бритвы, так, чтобы между краями лезвий осталась ровная узкая щель. Ширина получившейся щели должна быть около 0.5 мм или даже еще меньше. В дне коробки мы вырезали круг, в который вставили корковую винную пробку с укрепленной в ней призмой Амичи.

Предварительно пробку разрезали вдоль посередине острым ножом. На месте среза у обеих половинок вырезали треугольные продольные кусочки, так что при сложении обеих половинок пробки в центре получился канал квадратного сечения. В этот канал и вкладывается призма Амичи. Если канал получился немного великоват призму можно аккуратно подклеить к стенкам клеем Момент.

Призма Амичи склеена из трех обычных треугольных призм – две призмы ребром вверх подклеены к призме, расположенной ребром вниз (Рис.3):

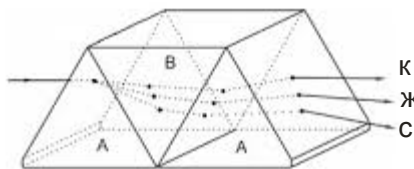


Рис. 3. Призма Амичи

Достоинства таких призм заключаются в том, что желтый луч света (**ж**) при прохождении через такую призму почти не преломляется относительно своего первоначального направления, красные лучи (**к**) отклоняются вверх, а синий (**с**) - вниз.

Призма Амичи названа так по имени ученого, предложившего такую конструкцию. Еще призму Амичи часто называют призмой прямого зрения. Это очень удобно для сборки оптических схем, потому что отпадает необходимость подбирать для конструируемого прибора изогнутую трубу.

Нашу призму Амичи мы добыли, разобрав старый сломанный рефрактометр с папиной работы.

После того как конструкция собрана мы сразу же начали рассматривать щель через призму Амичи, направляя наш прибор на всякие источники света. То есть, если говорить о научному, занялись спектральными наблюдениями.

Эксперимент 1

В первую очередь мы направили наш спектрометр на лампу накаливания.

Я увидел красивый радужный прямоугольничек – совсем такой же, как радуга, только ярче. Так выглядит непрерывный спектр нагретого тела.

Эксперимент 2

Если навести спектрометр на энергосберегающие лампочки на люстре вместо радужной полосы можно увидеть несколько ярких линий красного, желтого, сине-зеленого и голубого цветов. Это спектр паров ртути.

Все экономичные лампы содержат этот опасный металл. Ходят слухи, что в некоторых лампах ртути нет, и нам даже показывали в магазине люминесцентную лампу якобы без ртути. Но наведя на нее спектроскоп мы обнаружили хорошо знакомый нам набор цветных полосок.

Эксперимент 3

Интересно взглянуть через наш спектрометр на неоновую лампочку, светящуюся оранжевым светом. Картинка, которую я увидел представляла собой сложный частокол красных и оранжевых полосок. Их было так много, что не стоило даже и мечтать сосчитать их все. Никаких других полос в спектре неоновой лампы нет. Это спектр излучения инертного газа неона.

Все спектры, которые мы наблюдали в первых трех экспериментах – это, так называемые, *спектры излучения атомов*, о которых достаточно написано в теоретической части к данной работе.

Несколько следующих экспериментов мы посвятили *спектрами поглощения*.

Эксперимент 4

Для наблюдения спектров поглощения мы в обычной стеклянной банке приготовили раствор медного купороса (CuSO_4) в воде. Затем мы поместили за банкой включенную лампу накаливания и стали смотреть на нее через раствор. В спектре света, прошедшего через голубой раствор медного купороса исчезли желтые и красные области спектра лампы накаливания. В

таких случаях говорят, что раствор поглощает красно-желтую часть спектра. Именно поэтому раствор медного купороса имеет синий цвет.

Эксперимент 5

Похожая картина наблюдалась и с раствором марганцовки в воде. При прохождении через этот раствор непрерывный спектр лампы накаливания «терял» линии в желтой и зеленой части спектра, эта часть спектра поглощалась раствором, поэтому раствор марганцовки имеет фиолетовый цвет.

Эксперимент 6

В солнечную и безоблачную погоду можно попробовать наблюдать спектр Солнца. Мы навели наш прибор на солнце и обнаружили, что вопреки ожиданиям спектр солнца имеет много черных полосочек. Это *линии Фраунгофера*.

Известно, что черная полоса в желтой части спектра – так называемая D-линия на самом деле состоит из двух близких линий, которые можно увидеть, если прибор очень точный. Но, к несчастью, в наш спектрометр не удалось разглядеть пару линий вместо одной. Это говорит о том, что разрешающая способность нашего прибора не так уж и велика.

Эксперимент 7

В спектре неба с помощью нашего спектрометра мы также видели такие же полоски, как и в солнечном. Молекулы кислорода и азота, подобно голубому раствору медного купороса поглощают отдельные лучи, хотя и совсем не те, что медный купорос.

Через свой спектрометр я смотрел еще на множество всяких светящихся вещей – на желтые лампы в уличных фонарях, на светящиеся цветные лампы на вывесках, на лампу накаливания через цветные пленки и красный виноградный сок в стакане, на вспыхивающий желтыми язычками горящий газ на кухонной плите, на монитор компьютера и цветные светодиоды, через зеленый листок цветка и т.д. Все это можно описать, но лучше Вы сделайте такой же спектроскоп и попробуйте провести эксперименты сами, потому что любое описание всегда окажется бледнее яркой радуги спектра!

Практическая значимость

Спектроскоп в наше время нужен и физику, и химику, и врачу, и инженеру.

Врачи не сжигают в пламени горелки кусочки исследуемого вещества, - вместо этого, они его смешивают с водой в плоской ванночке. Если через такой раствор пропустить солнечный спектр, то в некоторых его местах появятся темные полосы. По виду и по расположению этих полосок можно судить, какое вещество взято.

Кровь здорового человека дает две темные полосы в желтой части солнечного спектра. Если же в кровь попал угарный газ, то эти полосы сдвинутся в сторону фиолетовой част; кроме того, одна из них немного сузится.

Инженеру-металлургу спектроскоп помогает определять прочность металлов.

Анализируя спектр, который дает люба лампа, с помощью спектроскопа можно обнаружить использовалась ли пары ртути при производстве лампы— то есть, узнать опасна лампа или нет даже не разбирая её.

Но больше всего нужен спектроскоп астрономам.

Лет 200 назад один французский философ утверждал, что человечество может достичь любых успехов, только одной вещи оно не узнает никогда: навеки останется неизвестным, из чего состоят солнце и звезды. В те времена казалось, что тут лежит предел знаний: нельзя же от звезды отщипнуть кусочек и отправить на анализ в лабораторию.

Но маленькая стеклянная призма опровергла все рассуждения философа. То, что казалось невозможным, осуществилось: по цветным полоскам, на которые распадаются лучи звезд, прошедшие через призму, мы узнали, из каких веществ состоят звезды.

Так стекло породило новую науку - небесную химию. Это удивительно, но некоторые вещества мы сначала нашли на солнце, которое отстоит от нас на расстоянии 150 миллионов километров, а потом уже у себя, на Земле.

Так в 1868 году по линиям в спектре солнечных протуберанцев Локайер обнаружил на солнце новый элемент и назвал его гелием (в переводе с греческого «солнце»), и только через 27 лет химики открыли это вещество на Земле.

Заключение

Спектроскоп является основным инструментом спектроскопии, где он применяется для исследования химического состава и физических параметров объекта. Спектроскопы применяются в астрономии для изучения света звезд и в химии для обнаружения следов различных химических элементов в образцах, которые слишком малы, чтобы присутствие элементов можно было установить другими методами.

Вместе с тем некоторые спектральные наблюдения можно с успехом выполнять, пользуясь весьма скромными, подчас самодельными инструментами.

Список литературы

1. Свешников М.П. «Тайны стекла». М.: Государственное издательство Детской литературы Министерства Просвещения РСФСР.- 1946. – с.119-124.
2. «Оптика и спектроскопия. Некоторые термины и понятия» Наука и жизнь, 2014, №10, стр.15-16.
3. Энциклопедия для детей. Физика. Гл. ред.М.Д. Аксёнова. - М.: Аванта+, 2002. - Т.16, Ч.1., стр. 246.
4. Энциклопедия для детей. Физика. Гл. ред.М.Д. Аксёнова. - М.: Аванта+, 2002. - Т.16, Ч.2., стр. 67-69.
5. Стрельникова Л.Н. «Из чего все сделано? Рассказы о веществе». – М.: Яуза-пресс, 2011. – с.28-31.

УДОСТОВЕРЕНИЕ

НА РАЦИОНАЛИЗАТОРСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

№ 1

от 18.11.2014
(дата подачи)

В соответствии с п. 7 раздела 4 "Положения о рационализаторских предложениях в Республике Татарстан", утвержденного приказом Министерства образования и науки Республики Татарстан от _____ 2014 г. автору (ам)

Эфилову Николаю Михайловичу
(фамилия, имя, отчество)

ученику 3 класса

на принятое МАОУ "Гимназия №29" Советского р-на
(наименование общеобразовательного учреждения)

г. Казани

_____ К использованию
рационализаторское предложение под наименованием _____

"Самодельный спектроскоп"
(наименование предложения)

Директор общеобразовательного учреждения



"15" декабря 2014 г.
Даван
(подпись)

Акт

внедрения рационализаторского предложения от 18 ноября. 2014г № 1 _____

«Самодельный спектроскоп»

Рационализаторское предложение от 11 декабря 2014г. № 1 реализовано в натуре, испытано на практике в течение с ноября 2014г. по декабрь 2014г., по адресу: г. Казань, ул. Красная Позиция, д.8а (см. фото в приложениях). Реализованы все поставленные цели, и наглядное пособие принято к использованию (эксплуатации) в МАОУ «Прогимназия № 29» в качестве наглядного учебного пособия по предмету математика начальной школы обучения на кружке «Математическая шкатулка» с 11 декабря 2014г.



Руководитель учреждения

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'О.П. Лонцакова'.

Лонцакова О.П.

