

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики и физики»

Экспериментальная физика

**Исследование зависимости теплового излучения от цвета
излучаемых тел**

Тархова Ольга Николаевна,

9 кл., МАОУ «Лицей №1» г. Кунгур

Курилова Татьяна Александровна,

учитель физики высшей категории

Пермь 2017

Содержание

1. Введение.....	1
2. Тепловая и световая энергии.....	2
3. История развития представлений о природе света.....	3
3.1. Электромагнитная теория света.....	4
3.2. Квантовая теория света.....	5
4. Формула Планка.....	6
5. Спектр.....	7
6. Энергия кванта.....	9
7. Практическая часть.....	10
8. Заключение.....	12
9. Список литературы.....	13

1.Введение.

Тепловое излучение – одно из видов электромагнитного излучения, т.е. перенос энергии происходит путём испускания электромагнитных волн. Давно известно, что тёмные предметы излучают и поглощают энергию намного интенсивнее, чем светлые. А как излучают и поглощают энергию 7 основных цветов радуги? Я попробую ответить на поставленный мной вопрос.

2.Тепловая и световая энергии.

При поглощении излучения телом всегда происходит превращение энергии излучения во внутреннюю энергию тела. В тепловую энергию может превращаться энергия любых электромагнитных волн - от радиоволн до гамма-излучения.

Тепловое действие излучения легко обнаружить на опыте, сфокусировав солнечные лучи линзой на бумаге или деревянной поверхности, - вскоре на них появляется обугленное пятно. Концентрация энергии излучения в луче мощного лазера так велика, что в сфокусированном луче плавятся самые тугоплавкие металлы. Таким путём получают тончайшие отверстия даже в таких твёрдых материалах, как алмаз.

При тепловом излучении потери атомами энергии на излучение света компенсируются за счет энергии теплового движения атомов или (молекул) излучающего тела. Чем выше температура тела, тем быстрее движутся атомы. При столкновении быстрых атомов (молекул) друг с другом часть их кинетической энергии превращается в энергию возбуждения атомов, которые затем излучают свет.

Часть физики, рассматривающая световые явления, называется оптикой, а сами световые явления называют оптическими.

Падающий на предметы свет позволяет нам видеть их и ориентироваться в пространстве. Однако этим действие света не ограничивается. Вспомним, например, как сильно нагреваются тела, на которые попадает солнечный свет. Следовательно, свет обладает энергией и переносит её в пространстве.

3.История развития представлений о природе света.

Поскольку энергию могут переносить либо тела, либо волны, можно выдвинуть две гипотезы о природе света. Световое излучение должно состоять либо из потока мельчайших частиц, либо из волн, распространяющихся в какой-либо среде.

На основе первой гипотезы Ньютон создал корпускулярную теорию света. На основе второй гипотезы в 17 веке голландский учёный Х.Гюйгенс создал волновую теорию света.

Поскольку ни одна из этих теорий в отдельности не могла полностью объяснить все оптические явления, вопрос об истинной природе светового излучения оставался нерешённым.

В начале 19 века после исследований О.Френеля, Ж.Фуко и многих других учёных выяснилось преимущество волновой теории света перед корпускулярной. Однако у волновой теории был один крупный недостаток. В ней предполагалось, что световое излучение представляет собой поперечные механические волны. Следовательно, между Солнцем и Землёй должно быть вещество, так как свет свободно проходит от Солнца до Земли. Поэтому была создана гипотеза о мировом эфире, заполняющем всё пространство между телами и молекулами. Однако присутствие эфира никак не отражается на движении Земли в мировом пространстве. Значит, эфир ничем себя не проявляет, кроме того в нём распространяется свет. Такие противоречивые свойства эфира ставили под сомнение гипотезу о его существовании.

Это противоречие в волновой теории света было устранено Д.Максвеллом. Максвелл обратил внимание на то, что скорость распространения света в вакууме совпадает с вычисленной им скоростью распространения электромагнитных волн. На этом основании он выдвинул гипотезу об электромагнитной природе света, которая затем была подтверждена многими опытами.

Таким образом, к концу 19 века была создана электромагнитная теория света, которой пользуются и в настоящее время.

3.1. Электромагнитная теория света.

Согласно электромагнитной теории света всякое световое излучение является электромагнитным волнами. Однако далеко не все электромагнитные волны являются световыми, а только те, что вызывают у человека зрительное ощущение.

К световому излучению относятся только волны с частотой колебания от $4 \cdot 10^{14}$ до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц. В этом интервале каждой частоте соответствует свой цвет излучения.

По частоте излучения всегда можно найти длину его волны в вакууме.

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Расчёт показывает, что световое излучение в вакууме имеет длины волн от 400 (фиолетовый цвет) до 760 нанометров (красный цвет).

При переходе светлого излучения из одной среды в другую его цвет сохраняется, так сохраняется его частота, а длина волны изменяется вследствие изменения скорости распространения света. Когда на практике цвет излучения характеризуют длиной волны, то длины волн указывают для вакуума.

Максвелл теоретически показал, что световое излучение должно осуществлять давление на тела, что подтвердилось опытами П.Н.Лебедева.

3.2. Квантовая теория света.

Анализ состава излучения светящихся тел показал, что его распределение по частотам колебаний не согласуется с законами излучения, выведенными из волновой теории света.

Стремясь найти объяснение этому факту, немецкий физик М.Планк предположил, что свет излучается не в виде волн, а виде определённых и неделимых порций энергии, которые он назвал квантами. В настоящее время кванты света называют фотонами.

На основе анализа оптических явлений было установлено, что те из них, которые связаны с распространением света в какой-либо среде, можно объяснить с помощью волновой теории, а те, которые связаны с испусканием и распространением и поглощением света, объяснились только с помощью представления о квантовом составе светового излучения.

Всё это означало, что для объяснения оптических явлений необходима новая теория, объединяющая волновые и корпускулярные свойства света. Это новая теория получила название квантовой теории света и в своём первоначальном виде была создана трудами Планка, Эйнштейна, Бора и других учёных.

Согласно теории, пока фотон существует, он движется со скоростью (в вакууме) и ни при каких условиях не может замедлить своё движение или остановиться. При встрече с веществом он может быть поглощён частицей вещества. Тогда сам фотон исчезает, а его энергия целиком переходит к поглотившей его частице. Фотон не имеет массы покоя. Эта особенность фотонов отличает их от частиц вещества, например протонов или электронов.

Замечу, что, с точки зрения классической физики, неясно, почему в одних явлениях свет обнаруживает ярко выраженные волновые свойства, а в других - корпускулярные свойства и каким образом такие, казалось бы, противоречивые свойства могут объединяться в излучении.

По квантовой теории объединение корпускулярных и волновых свойств является природным качеством всей материи вообще, то есть каждая частица вещества обладает волновыми свойствами и каждая волна обладает корпускулярными свойствами.

В настоящее время квантовая теория объясняет не только оптические явления, но и множество других явлений из всех разделов физика. Эта теория раскрыла новые свойства вещества, предсказала много новых явлений, которые впоследствии были обнаружены опытным путём.

4.Формула Планка.

Связь между волновыми и корпускулярными свойствами света выражается формулой Планка:

$$\varepsilon = h\nu$$

где ε – энергия кванта, ν – частота колебаний электромагнитного излучения и h – постоянный коэффициент, одинаковый для всех волн и квантов, который называют постоянной Планка.

В СИ значение следующее:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

Итак, согласно квантовой теории световое излучение заданной частоты ν состоит из фотонов (квантов) с определённой энергией ε , выражаемой формулой $\varepsilon = h\nu$. Следовательно, энергия кванта прямо пропорциональна частоте колебаний электромагнитного излучения. Поскольку $c = \nu\lambda$, то из формулы $\varepsilon = h\nu$ получим:

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$$

По формуле видно, что энергия кванта обратно пропорциональна длине волны излучения в вакууме.

5.Спектр.

Если взять трёхгранную стеклянную призму и поместить её между источником света, имеющим вид щели, и экраном. Если сначала через щель направить красный свет, а затем синий, то будет видно, что синий свет, проходя через призму, отклоняется от первоначального направления сильнее, чем красный.

Итак, красный свет распространяется в стекле быстрее, чем синий. Значит, скорость распространения света в стекле тем меньше, чем больше его частота колебаний или чем меньше длина волны.

Зависимость скорости распространения волн в среде от их длины (частоты) называют дисперсией. На практике дисперсию вещества выражают в виде зависимости показателя преломления от частоты или длины волны для этого вещества.

С помощью стеклянной трёхгранной призмы в 1666 году Исаак Ньютон впервые установил, что белый свет имеет сплошной спектр. Спектр белого света замечателен тем, что в нём монохроматические лучи непрерывно следуют друг за другом. Поэтому такой спектр называют сплошным или непрерывным.

На экране за преломляющей призмой монохроматические цвета в спектре располагаются в следующем порядке: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Ни один из источников не дает монохроматического света, т. е. света строго определенной длины волны. В этом нас убеждают опыты по разложению света в спектр с помощью призмы. Та энергия, которую несет с собой свет от источника, определенным образом распределена по волнам всех длин, входящим в состав светового пучка. Можно также сказать, что энергия распределена по частотам.

Плотность потока электромагнитного излучения, или интенсивность, определяется энергией, приходящейся на все частоты. Эту величину называют спектральной плотностью интенсивности излучения.

Спектральную плотность потока излучения можно найти экспериментально. Для этого надо с помощью призмы получить спектр излучения, например, электрической дуги, и измерить плотность потока излучения, приходящегося на небольшие спектральные интервалы шириной.

Полагаться на глаз при оценке распределения энергии нельзя. Глаз обладает избирательной чувствительностью к свету: максимум его чувствительности лежит в желто-зеленой области спектра. Лучше всего воспользоваться свойством черного тела почти полностью поглощать свет всех длин волн. При этом энергия излучения (т. е. света) вызывает нагревание тела. Поэтому

достаточно измерить температуру тела и по ней судить о количестве поглощенной в единицу времени энергии.

6. Энергия кванта.

Ньютон условно разделил сплошной спектр белого света на семь участков различных цветов: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый, которые после призмы располагаются в порядке убывания длины волн.

Энергия кванта находится по следующей формуле:

$$\varepsilon = h \cdot \nu$$

Из 7 цветов наибольшая длина световой волны у красного цвета, наименьшая - у фиолетового, то:

$$\lambda_{\text{к}} > \lambda_{\text{о}} > \lambda_{\text{ж}} > \lambda_{\text{з}} > \lambda_{\text{г}} > \lambda_{\text{с}} > \lambda_{\text{ф}}$$

(индексы - первые буквы названий цветов: к - красный, о - оранжевый, ж - жёлтый, з - зелёный, г - голубой, с - синий, ф - фиолетовый).

Наибольшая частота светового излучения у фиолетового цвета, наименьшая - у красного, значит:

$$\nu_{\text{к}} < \nu_{\text{о}} < \nu_{\text{ж}} < \nu_{\text{з}} < \nu_{\text{г}} < \nu_{\text{с}} < \nu_{\text{ф}}$$

Но энергия кванта равна:

$$\varepsilon = h \cdot \nu$$

Значит, чем больше частота светового излучения, тем больше энергия кванта.

Следовательно,

$$\varepsilon_{\text{к}} < \varepsilon_{\text{о}} < \varepsilon_{\text{ж}} < \varepsilon_{\text{з}} < \varepsilon_{\text{г}} < \varepsilon_{\text{с}} < \varepsilon_{\text{ф}}$$

Наибольшую энергию излучает фиолетовый цвет, а самую маленькую – красный цвет.

7.Практическая часть.

Цель: определить как зависит тепловое излучение от цвета предмета.

Оборудование:

1. 7 цветных металлических шариков
2. Кастрюлька с водой
3. Мерный стакан
4. Термометр
5. Секундомер

Ход работы:

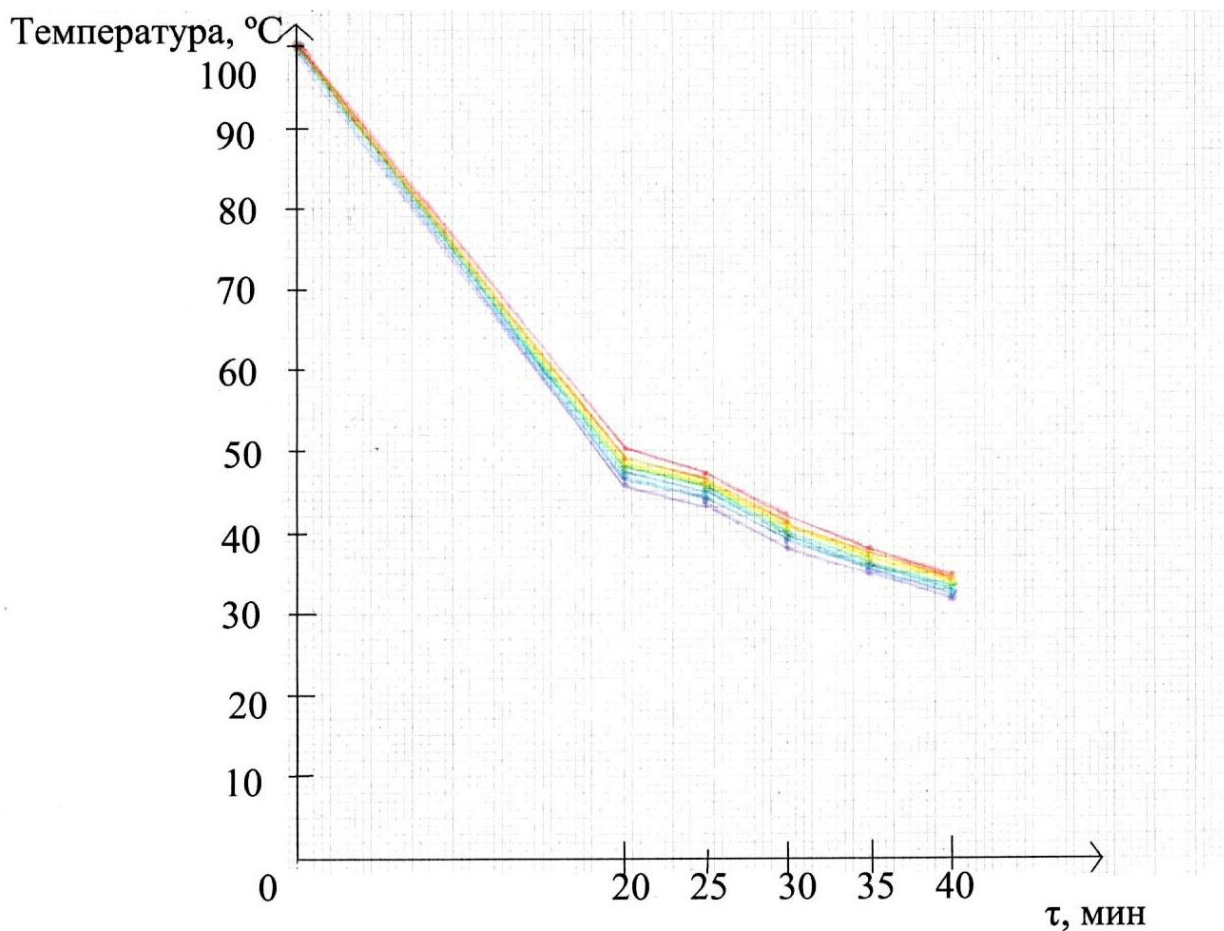
Я взяла 7 металлических шариков: красного, оранжевого, жёлтого, зелёного, голубого, синего и фиолетового цветов. Опустила их в кипящую воду. Значит, их температура достигла примерно 100. Затем поставила ёмкость с водой и шариком остывать. Так как я не могла измерить температуру шариков, я измеряла температуру воды через определённые промежутки времени.

Результат работы:

С помощью полученных данных я построила следующую таблицу:

Цвет шарика	Время, τ , мин					
	0	20	25	30	35	40
	Температура, $^{\circ}\text{C}$					
Красный	100	50	47	42	38	35
Оранжевый	100	49	46,5	41	37,5	34,5
Жёлтый	100	48,5	46	40,5	37	34
Зелёный	100	48	45,5	40	36,5	33,5
Голубой	100	47,5	45	39,5	36	33
Синий	100	47	44	39	35,5	32,5
Фиолетовый	100	46	43,5	38	35	32

С помощью таблиц я построила график:



- красный шарик
- оранжевый шарик
- жёлтый шарик
- зелёный шарик
- голубой шарик
- синий шарик
- фиолетовый шарик

По графику видно, что вода с фиолетовым шариком охладилась быстрее, чем остальные, значит и сам шарик охладился быстрее других. Получается, что красный шарик охлаждается медленнее всего.

Значит, при охлаждении тело фиолетового цвета интенсивнее выделяет энергию, а, следовательно, и поглощает, и потому охлаждается быстрее. С предметом красного цвета всё наоборот.

8.Заключение.

Итак, я с помощью формулы энергии кванта я установила, что тела фиолетового цвета обладают самой мощной энергией. Я провела опыт, который это подтвердил.

Итак, я сделала вывод, что тепловое излучение разное не только у белых и чёрных тел, но и у цветных.

9.Список литературы и веб-сайтов.

1. А.В. Пёрышкин, В.П. Чемакин «Факультативный курс физики».
2. Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов «Физика».
3. <http://www.studfiles.ru>
4. <http://studopedia.ru>
5. <https://ru.wikipedia.org>