

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ БЫТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Курицын О.А.

*п. Колобово Ивановской обл., МОУ «Колобовская средняя школа», 9 класс*

*Руководитель: Пронин А.А., учитель физики, к.п.н., доцент,  
МОУ «Колобовская средняя школа», п. Колобово Ивановской обл.*

Человек – это сложный с физической и биологической точки зрения объект. Человек способен познавать окружающий его мир с помощью различных органов чувств. Каждое из них – это результат многовекового процесса эволюции в формировании современного человека.

Человек обладает органами зрения, которые позволяют воспринимать ему мир таким, какой он есть во всей его красе и многоцветье. Цветовое зрение человека – это тоже результат эволюции и адаптации человека к окружающему его миру. Наше цветовое зрение сформировалось таким, благодаря специфике солнечного (дневного) света.

Современная физика объясняет цветное зрение человека, тем, что человеческий глаз воспринимает электромагнитные волны определенного диапазона длин волн именно как свет. По современным представлениям, видимый свет это электромагнитное излучение с длиной волны ориентировочно от 380 нм до 740 нм. В этот диапазон длин волн укладываются все семь основных цветов и множество оттенков, которые способен различать глаз человека.

На протяжении многих веков Солнце было основным источником света для человека, поэтому цветовое зрение человека практически не изменялось, не трансформировалось. Современный же человек большую часть своей жизни проводит при искусственном освещении (квартиры, офисы, производственные помещения, лаборатории, магазины, уличное освещение и т.п.). По оценкам ученых это составляет для взрослого человека от 13 до 17 часов в сутки. По нашим подсчетам даже современные учащиеся старших классов в течении учебного года проводят при искусственном освещении ежедневно около 12 часов. Цветовой же состав искусственных источников света не соответствует в полной мере спектру излучения Солнца. Поэтому естественно возникает вопрос: Насколько безопасен для человека искусственный свет, отличающийся по спектральному составу от естественного, не приведет ли его воздействие к трансформации (нежелательной мутации) цветового зрения человека. Следовательно, надо ясно пред-

ставлять: какие искусственные источники света более безопасны и предпочтительны в этом отношении? Все это говорит об актуальности темы нашего исследования.

Основной целью нашего исследования мы будем считать поиск ответа на вопрос:

Какие искусственные источники света в большей мере соответствуют по спектральному составу естественному солнечному свету?

Объектом исследования в этом случае будут выступать бытовые наиболее распространенные искусственные источники света.

Предметом исследования является спектральный состав излучения искусственных источников света.

Сформулированная таким образом проблема исследования, основная цель и выделенные объект и предмет исследования позволяют выдвинуть рабочую гипотезу:

Для исключения негативного влияния на цветное зрение человека в качестве искусственных источников света целесообразно применять только те, спектральный состав которых в большей мере соответствует солнечному свету.

Проблема, предмет и гипотеза исследования определили следующие задачи для достижения поставленной цели:

- выявить какие искусственные источники света находят наибольшее применение в современной жизни;
- разработать методику регистрации (наблюдения) и анализа спектров излучения искусственных (бытовых) источников света на основе доступных приборов и технологий;
- экспериментально получить спектры излучения выделенной группы искусственных источников света;
- провести их анализ в сравнение со спектром излучения Солнца.

В соответствии с характером поставленных задач были использованы следующие теоретические и экспериментальные методы исследования:

- углубленное изучение соответствующих разделов и тем школьного курса физики;
- изучение учебной, научной и научно-популярной литературы и источников из сети ИНТЕРНЕТ по теме исследования;

- изучение работы спектроскопа и методики работы с ним;
- экспериментальное наблюдение и регистрация спектров излучения;
- анализ полученной экспериментальной информации.

Изучение имеющейся в нашем распоряжении доступной информации по проблеме влияния источников излучения на организм человека показало, что этой проблеме уделяется со стороны ученых, физиков большое внимание. Но вместе с тем, следует отметить, что изучению именно влияния искусственных источников света на цветовое зрение человека посвящено достаточно мало исследований, несмотря на существующую проблему.

Как правило, данная проблема рассматривается в первую очередь с дизайнерской точки зрения, при создании систем цветового оформления с использованием различных искусственных источников света или с точки зрения идентификации цвета различных объектов при их искусственном освещении. Все это говорит о научной новизне рассматриваемой нами проблемы в сравнении с существующими аналогичными разработками.

Практической значимостью исследования являются объективно оцененные предложения по отбору искусственных источников света в наиболее малой степени, негативно влияющие на цветовое зрение человека.

### **Спектры, виды спектров. Спектр излучения Солнца**

Открытие явления дисперсии света в 1666 году И. Ньютоном впервые показало, что белый солнечный свет является сложным по составу и состоит из 7 цветов радуги. Это деление на 7 цветов является достаточно условным, и впервые было предложено также И. Ньютоном. В действительности нормальный человеческий глаз способен различать множество цветов и оттенков, которые по сути дела располагаются в переходных областях между семью цветами в дисперсионном спектре. Вместе с тем выделение основных семи цветов достаточно удобно и позволяет легко сравнивать по спектральному составу различные источники излучения (света). В нашей работе под спектром излучения мы будем понимать совокупность частот или длин волн, содержащихся в излучении источника света.

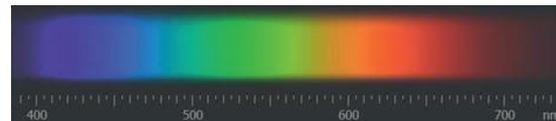
В физике выделяют два вида спектров. Это спектры излучения и спектры поглощения. Спектры излучения в свою очередь подразделяются на три вида: сплошные спектры, линейчатые спектры и полосатые.

Полосатые спектры излучения это спектры, которые дают сами отдельные атомы,

линейчатые спектры наблюдаются при излучении газов малой плотности. Сплошные спектры излучения характерны для твердых и жидких излучающих тел, имеющих температуру порядка нескольких тысяч градусов Цельсия. Сплошной спектр также дают светящиеся газы и пары, если они находятся под высоким давлением, то есть когда силы молекулярного взаимодействия между ними достаточно велики.

Протяженные, т.е. достаточно большие (макроскопические) источники излучения дают сплошной спектр. Такими источниками излучения являются и все широко применяемые искусственные источники света, то есть их спектр излучения тоже является сплошным.

Самым важным для нас живущих на Земле источником различных излучений является Солнце. Солнце дает излучение и в видимой области спектра, которое воспринимается человеческим глазом. Видимый свет для человека это излучение Солнца в диапазоне длин волн от 380 нм до 740 нм. В этом диапазоне длин волн располагаются все цвета воспринимаемые человеческим глазом. На рис. 1 показан спектр излучения Солнца.



*Рис. 1. Спектр излучения Солнца в области видимого света*

Наблюдаемый спектр излучения Солнца, как отмечают исследователи, в утренние и вечерние часы является более теплым с большим содержанием теплых тонов, а в дневное время спектр Солнца более холодный, т.е. больше смещен в область голубого цвета. Однако это оптические эффекты вызванные особенностями нашей атмосферы, в действительности же спектр Солнца сплошной в любом случае – без ярко выраженных пиков.

В табл. 1 показано деление на 7 цветов по длинам волн и частотам всех составляющих сплошного спектра солнечного света.

### **Приборы для исследования спектров излучения источников света**

Для изучения спектров излучения в области видимого света в настоящее время используют специальные оптические приборы. Основными из них являются спектроскоп и спектрограф. Принцип работы их одинаков, только с помощью спектроскопа можно наблюдать спектры излучения, а с помощью спектрографа регистрировать их на фотопластинку, т.е. получать спектрограмму.

Таблица 1

Длины волн спектра излучения Солнца в области видимого света

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов, эВ
Фиолетовый	380–440	680–790	2,82–3,26
Синий	440–485	620–680	2,56–2,82
Голубой	485–500	600–620	2,48–2,56
Зелёный	500–565	530–600	2,19–2,48
Жёлтый	565–590	510–530	2,10–2,19
Оранжевый	590–625	480–510	1,98–2,10
Красный	625–740	400–480	1,68–1,98

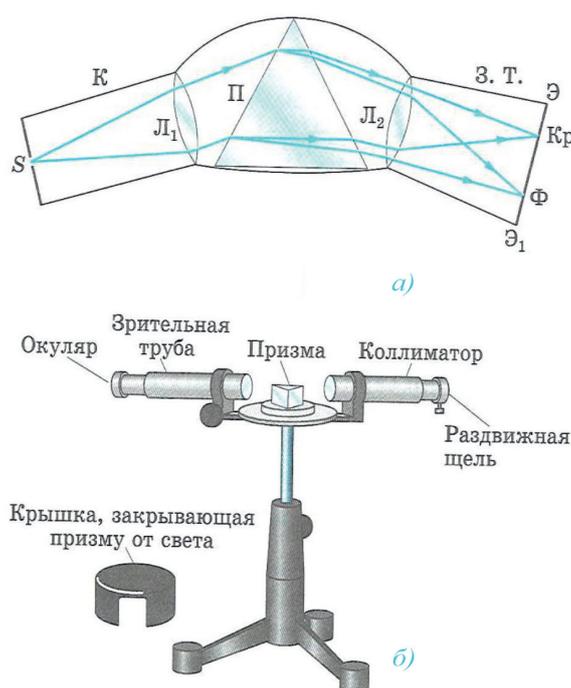


Рис. 2. Схема хода лучей а) и устройство школьного двухтрубного спектроскопа б)

Принцип работы и устройство обычного учебного спектроскопа показаны на рис. 2, а и б.

Мы в своих исследованиях будем использовать для наблюдений спектров имеющийся в нашем распоряжении школьный двухтрубный спектроскоп, а регистрировать получающиеся изображения будем с помощью цифрового фотоаппарата, с достаточно большим разрешением с дальнейшей их обработкой с помощью компьютера, без внесения каких-либо искажений в цветовую гамму (в спектр).

#### Искусственные бытовые источники света

В настоящее время в качестве искусственных источников света могут быть ис-

пользованы самые различные устройства. Основными из них являются:

- Лампы накаливания;
- Галогенные лампы;
- Люминесцентные прямые трубчатые лампы («лампы дневного света»);
- Компактные энергосберегающие люминесцентные лампы;
- Газоразрядные лампы высокого давления;
- Металлогалогеновые лампы;
- Натриевые лампы;
- Ртутные лампы;
- Светодиодные лампы и ряд др.

Проведённый нами методом случайной выборки анализ показал, что наиболее распространёнными искусственными источниками света на производстве, дома, в учебных заведениях и т.п. в настоящее

время являются (по мере их убывания): люминесцентные лампы, энергосберегающие газоразрядные лампы, лампы накаливания и светодиодные лампы. Причем если в последние годы производителями ламп активно внедрялись энергосберегающие лампы (имеющие ряд преимуществ, перед лампами накаливания), то в настоящее время также активно продвигаются светодиодные лампы.

Лампы накаливания – это тепловой источник света. Применяются такие лампы, как правило, в бытовом и декоративном освещении, а также там, где к освещению не предъявляют особых требований, а потребляемый ток (экономичность) и срок службы ламп не являются определяющими факторами.

Люминесцентная лампа – это газоразрядный источник света низкого давления. Его световой поток определяется свечением люминофора под воздействием ультрафиолетового излучения, которое возникает вследствие электрического разряда. По мнению специалистов, в соотношении «цена и качество» люминесцентные лампы длительное время считаются наиболее эффективными и востребованными именно в производственной сфере и сфере коммерческой недвижимости.

Изнутри стенка колбы покрыта смесью люминесцентных порошков, которая называется люминофор. Лампы с трехполосным люминофором более экономичны, поскольку световая отдача у них составляет до 104 Лм/Вт, но обладают худшей цветопередачей, а лампы с пятиполосным люминофором имеют отличную цветопередачу при меньшей световой отдаче (до 88 Лм/Вт).

Существует два способа поджига люминесцентных ламп – электромагнитным и электронным балластом. Тип балласта влияет на зажигание ламп, а также на мерцание в работе и срок службы поджигающих электродов. При поджиге люминесцентных ламп с электромагнитным балластом происходит до 30% потерь электроэнергии. Основным отличием люминесцентного светильника с электронным балластом от такого же светильника с электромагнитным балластом, помимо энергосбережения, веса и объема, является частота мерцания: лампы с электронным балластом работают с высокой частотой мерцания около 42 000 Гц в секунду, тогда как лампы с электромагнитным балластом работают с частотой 100 Гц в секунду, что при длительном использовании вызывает усталость глаз.

Широко используемые лампы такого типа подразделяются на прямые трубчатые люминесцентные лампы и компактные

энергосберегающие лампы. Лампы первого типа это газоразрядные лампы низкого давления, они состоят из стеклянного баллона, двух цоколей (с выводными контактами) на обоих концах баллона, двух подогревных катодов из вольфрамовой нити или стальной трубки. Баллон наполнен парами ртути и инертным газом (аргоном). Длина трубки напрямую связана со светоотдачей лампы. Применяются в жилых и общественных помещениях. Однако эти лампы обладают рядом принципиальных недостатков.

Недостатки люминесцентных ламп:

- снижается световой поток при повышенных температурах;

- содержат пары ртути (хотя и в очень малых количествах, 40-60 мг). Эта доза безвредна, однако постоянная подверженность пагубному воздействию может нанести вред здоровью;

- люминесцентные лампы не приспособлены к работе при температуре воздуха ниже 15-20°C.



Рис. 3. Внешний вид компактной люминесцентной лампы

Современные (рис. 3) компактные (энергосберегающие) люминесцентные лампы вырабатывают свет по тому же принципу, что и обычные люминесцентные, только на гораздо меньшей площади, и являются компактной альтернативой традиционным люминесцентным лампам-трубкам. Преимущества компактных ламп по сравнению с лампами накаливания:

- до 80% меньшее потребление тока при том же количестве света;

- у люминесцентных ламп: срок службы в 6-15 раз больше по сравнению с обычными лампами накаливания и составляет, соответственно, 6000-15 000 часов в зависимости от типа;

- меньшие потери на обслуживании за счет длительного времени службы, возможность в ограниченном выборе цвета свечения.

Светодиодные лампы (светодиоды) используют явление возникновения излучения в области видимого света на полупроводниках при воздействии на них электрического тока. Светодиодные лампы «белого» света на данный момент становятся все более востребованными на рынке, вытесняя люминесцентные и энергосберегающие лампы. Светодиодные лампы, дающие свет различных цветов в основном применяются в архитектурном, ландшафтном

и декоративном освещении или в технических устройствах, включая автомобили. Особую роль играют светодиодные лампы (светодиоды), дающие большой световой поток, как правило, эти светодиоды с мощностью от 1 Вт до 25 Вт. Данные источники света имеют достаточно большую светоотдачу, приближающуюся уже к значению светоотдачи газоразрядных ламп, большой срок службы, компактные размеры и достаточно большую яркость. Все эти свойства открывают новые возможности применения светодиодов, как для общего, так и для прожекторного освещения. Благодаря отсутствию тела накала светодиоды отличаются высоким КПД и большим сроком службы (80 000 – 100 000 часов).

Преимущества светодиодов:

- низкое энергопотребление – не более 10% от потребления при использовании ламп накаливания; – долгий срок службы – до 100 000 часов;
- высокий ресурс прочности – ударная и вибрационная устойчивость;
- чистота и разнообразие цветов, направленность излучения;
- регулируемая интенсивность;
- низкое рабочее напряжение;
- экологическая и противопожарная безопасность. Они не содержат в своем составе ртути и почти не нагреваются.

#### **Экспериментальное исследование спектров излучения искусственных источников света**

Для экспериментального исследования спектров излучения искусственных источников света было использовано доступное нам оборудование лаборатории физики и выбранные источники света: лампа накаливания, люминесцентная трубчатая лампа, энергосберегающая компактная люминесцентная лампа и светодиодная лампа.



*Рис. 4. Оборудование для наблюдения спектра излучения в области видимого света лампы накаливания*

На рис. 4 показан типовой комплект для наблюдения спектра излучения лампы накаливания.

Для исключения влияния «постороннего» света все эксперименты проводились в полностью затемненной комнате (в нашем случае комната размерами 4x4 м не имела окон, то есть являлась идеальным местом для подобных опытов).

Опыты проводились как в визуальном наблюдении спектров с помощью спектроскопа и с последующим их описанием, так и была сделана попытка зафиксировать результаты наблюдений с помощью фотоаппарата. Наблюдение и фотографирование спектров проводилось как при освещении комнаты рассеянным светом соответствующего источника света, так и в полностью затемнённом помещении непосредственно от источника света.

К сожалению, получаемые спектрограммы с помощью фотоаппарата не отличались большой наглядностью, поэтому в дальнейшем они подвергались компьютерной обработке без нарушения цветности (увеличение изображения, растягивание по горизонтали и т. п.).

Полученные нами спектрограммы для исследуемых источников света (без компьютерной обработки) представлены в табл. 2.

Для дальнейшего исследования спектров проводилась их компьютерная обработка до стандартного вида, причем выбирались спектрограммы из двух групп фотографий, которые более полно отражали особенности спектра соответствующего источника света. Данные спектрограммы представлены в табл. 3.

Используя полученные спектрограммы и в большей мере результаты непосредственного наблюдения спектров излучения, проводилось их сравнение со спектром излучения Солнца (см. рис. 1).

На основе этого был сделан ряд выводов о спектрах излучения искусственных источников света.

1. Спектр излучения лампы накаливания в меньшей мере отличается от спектра излучения Солнца. В наших опытах он больше соответствовал спектру вечернего света с преобладанием желтого и красного излучения.

2. В спектре излучения трубчатой люминесцентной лампы на фоне сплошного спектра, соответствующего солнечному спектру присутствуют ярко выраженные цветные полосы избыточного излучения газов на фиолетовой, синей, зеленой и желтой части спектра в соответствии с табл. 1. В силу этого подобные лампы вряд ли можно называть «лампами дневного» света.

Таблица 2

Фотографии (спектрограммы) спектров излучения искусственных источников света без компьютерной обработки

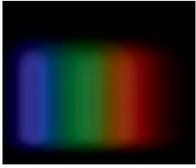
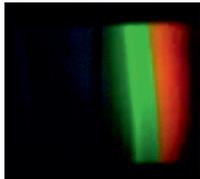
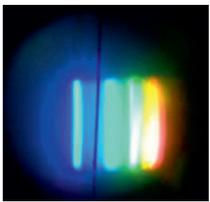
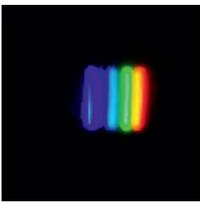
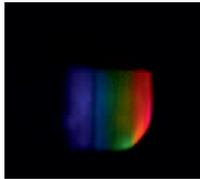
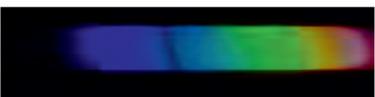
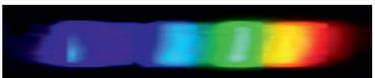
№ п/п	Источник света	Спектрограмма (при полном затемнении лаборатории)	Спектрограмма (при освещении лаборатории рассеянным светом)
1	Лампа накаливания		
2	Люминесцентная лампа (прямая трубчатая)		
3	Люминесцентная лампа (компактная энергосберегающая)		
4	Светодиодная лампа		

Таблица 3

Спектрограммы бытовых источников света

№ п/п	Источник света	Спектрограмма источника света
1	Лампа накаливания	
2	Люминесцентная лампа (прямая трубчатая)	
3	Люминесцентная лампа (компактная энергосберегающая)	
4	Светодиодная лампа	

3. Спектр излучения люминесцентных компактных энергосберегающих ламп наиболее сложен для наблюдения в силу их специфической конструкции. При непосредственном наблюдении (что хорошо видно на фотографиях спектрограмм) фиксируется излучение от нескольких

рядом расположенных излучателей. При выделении же излучения от одной части излучателя лампы получается спектр соответствующий спектру излучения трубчатой люминесцентной лампы, что также не позволяет называть ее «лампой дневного света».

4. В полученном спектре излучения конкретной светодиодной лампы присутствуют все составляющие дневного солнечного спектра, однако в нашем случае при неоднократных опытах постоянно наблюдалась размытость составляющих зеленого и желтого цветов, которые как раз наиболее хорошо и воспринимает человеческий глаз. Возможно, это связано с особенностью конструкции именно той лампы, с которой проводились опыты. Однако можно предположить, что спектр излучения действительно имеет определенную специфику, что позволяет пока и визуально отличать свет светодиодной лампы от любых других ламп.

### Заключение

Проведенное нами исследование спектров излучения отобранных искусственных источников света позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на все недостатки обычной лампы накаливания, она дает спектр излучения наиболее полно соответствующий естественному солнечному свету. К сожалению, люминесцентные лампы, несмотря на их бытовое название «лампы дневного света», в меньшей мере соответствуют по своему спектральному составу спектру солнечного света. Интересен и спектр излучения светодиодных ламп. Светодиодные лампы обладают рядом преимуществ перед другими источниками света и по утверждению разработчиков этих ламп, спектр их излучения можно максимально приблизить к спектру излучения Солнца. Это говорит о четкой перспективе светодиодов с учетом их явных преимуществ перед другими источниками света.

Производство светодиодов в последние годы опережают все самые оптимистичские прогнозы на 20–30%. Большинство экспертов сходятся во мнении, что через 7–10 лет светодиоды захватят все основные позиции на рынке света и хочется верить, что их спектр излучения действительно будет подобен спектру излучения Солнца, тогда за возможную трансформацию (мутацию) цветового зрения человека можно не беспокоиться. В наши же дни, очевидно еще рано полностью отказываться от обычных ламп накаливания, особенно дома и в детских учреждениях, включая и школы.

В связи с нашим исследованием естественно также напрашивается вопрос об использовании в детских учреждениях комбинированных систем освещения с использованием различных источников света, но это требует дальнейшей работы в исследовании выявленной проблемы.

### Список литературы

1. Перишкин А.В. Физика. 9 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений / А.В. Перишкин, Е.М. Гутник. М.: Дрофа 2010. 300 с.
2. Гудилин Д. Стандартные источники излучения и контроль света. / КомпьюАрт. № 12. 2005 г. (интернет версия <http://compuart.ru/article.aspx?id=15428&iid=729>)
3. Учебное оборудование для кабинетов физики общеобразовательных учреждений / Ю.И. Дик, Ю.С. Песоцкий, Г.Н. Никифоров и др.; под ред. Г.Г. Никифорова – 2-е изд., М.: Дрофа, 2007. 396 с.
4. Виды бытовых источников света. Сравнительный анализ. ([http://www.laserportal.ru/content\\_831](http://www.laserportal.ru/content_831)).
5. Влияние спектров излучения различных источников на организм человека. (<http://vardi.pro/stati/vlijanie-spektra-izlucheniya-razlichnyh-istochnikov-sveta-na-organizm-cheloveka.html>)
6. Спектроскоп двухтрубный. Руководство по эксплуатации. М.: Просвещение. 1986. 8 с.