

# СВЕТО

# 2019

Специальный выпуск №2

# ТЕХНИКА

Для детей и их родителей

## Какое оно, Световое поле?



Профессор Люкс

Светознайка



12+

Оптика дождевой капли

Первый оптик на Земле



Поляризация света





MILWAUKEE  
HCS 380



Международная  
светотехническая  
корпорация

ООО «ОПОРА-Е»

# НА ЧЕМ СВЕТ СТОИТ

[www.opora-e.com](http://www.opora-e.com)

---

# ОТ РЕДАКЦИИ

---

## ДРУЗЬЯ!

**В**ы держите в руках второй специальный выпуск «Светотехника. Для детей и их родителей», созданный при участии нашей молодежной редакции. Авторы статей – известные ученые и специалисты, которые знают о свете и светотехнике все или почти все, что уже не является тайной. Загадок, которые только предстоит раскрыть, еще очень много. Но уже точно известно, что луч света – это совокупность электромагнитных волн, каждый элемент которой – фотон. Каждый фотон несет элементарную энергию, при этом волна распространяется со скоростью 300 000 километров в секунду (в вакууме). Ничто и никто во Вселенной не сможет достичь такой же большой скорости.

**С**вет существует вокруг нас и позволяет нам видеть и понимать мир, в котором мы живем. И все же мы далеки от полного понимания сущности света.

**Ч**тобы познать природу, нам нужно окончательно понять, что же такое свет. Ведь он бывает разным: дневной дает нам солнце, а в темное время – искусственные источники света, которые разрабатывают светотехники. Все это требует больших знаний и умений. Многие вы сможете узнать, пролистав страницы наших специальных выпусков. А больше знаний даст только ваше стремление к познанию неизведанного, ваша любознательность, ваш труд и, конечно, учение.

**Д**ерзайте! Познавайте! И приятного вам чтения!

- Академия электротехнических наук РФ
- Всероссийский научно-исследовательский светотехнический институт (ВНИСИ)
- Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Шеф-редактор

**Ю.Б. Айзенберг**, д.т.н., проф., академик АЭН РФ

Главный редактор

**В.П. Будак**, д.т.н., проф.;

BudakVP@gmail.com

Зам. главного редактора и научный редактор англоязычной версии

**Р.И. Столяревская**, д.т.н.;

stoly@l-e-journal.com

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Г.В. Боос**, председатель редакционной коллегии, к.т.н., НИУ «МЭИ», Москва

**С.Г. Ашурков**, к.т.н., Москва

**Л. Бедокс** (Lou Bedocs), Thorn Lighting Limited, Великобритания

**Т. Берген** (Tony Bergen), Технический директор Photometric Solutions International, Австралия

**Л. Билунд** (Lars Bylund), Bergen's School of architecture, Норвегия

**П.Р. Бойс** (Peter R. Boyce), Lighting Research Center, США

**В. ван Боммель** (Wout van Bommel), Philips Lighting, Нидерланды

**А.А. Богданов**, к.т.н., ОАО «ИНТЕРРАО Светодиодные Системы», С.-Петербург

**Н.В. Быстрянцева**, к. арх., Университет ИТМО, С.-Петербург

**Л.П. Варфоломеев**, к.т.н., Москва

**Н. Василев** (Nicolay Vasilev), Sofia Technical University, Болгария

**Д. Вейтч** (Jennifer Veitch), National Research Council of Canada, Канада

**А.А. Григорьев**, д.т.н., НИУ «МЭИ», Москва

**С. Дарула** (Stanislav Darula), Academy Institute of Construction and Architecture, Словакия

**П. Дехофф** (Peter Dehoff), Zumtobel Lighting, Австрия

**У. Джулиан** (Warren G. Julian),

University of Sydney, Австралия

**О.Е. Железникова**, к.т.н., МГУ им.

Н.П. Огарёва, Саранск

**П.П. Зак**, д.б.н., проф., ИБХФ РАН, Москва

**А.А. Коробко** к.т.н., МСК «БЛ ГРУПП»

**Э. Миллс** (Evan Mills), Lawrence Berkeley Laboratory, США

**Л.Г. Новаковский**, к.т.н., ООО «Фарос-Алеф»

**И. Оно** (Yoshi Ohno), NIST Fellow, (Президент МКО в 2015–2019 гг.), США

**А.Т. Овчаров**, д.т.н., проф., ТГАСУ, Томск

**Л.Б. Прикупец**, к.т.н., ВНИСИ им.

С.И. Вавилова, Москва

**В.М. Пятигорский**, к.т.н., ВНИСИ

им. С.И. Вавилова, Москва

**Л.Р. Ронки** (Lucia R. Ronchi), Higher School of Specialization for Optics, University of Florence, Италия

**А.К. Соловьев**, д.т.н., проф., НИУ «МГСУ», Москва

**К.А. Томский**, д.т.н., проф., СПбГИ-КИТ, С.-Петербург

**Ф. Хенгстбергер** (Franz Hengstberger), National Metrology Institute, ЮАР

**А.Г. Шахпаруняц**, к.т.н., генеральный директор ВНИСИ им. С.И. Вавилова, Москва

**Н.И. Щепетков**, д. арх., проф., МАРХИ (ГА), Москва

## РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Генеральный директор

**Н.С. Шерри**; sherri@bl-g.ru

Старший научный редактор

**Е.И. Розовский**; lamptech@mail.ru

Научный редактор

**С.Г. Ашурков**; ashurkov@l-e-journal.com

**А.Ю. Басов**; basov@bl-g.ru

Выпускающий редактор

**П.А. Федорищев**; fedorishchev@gmail.com

Зав. редакцией

**М.И. Титаренко**; titarenko@l-e-journal.com

Стилист английской версии

**М.Д. Виноградова**

Секретарь редакции

**Е.А. Булгакова**; bulgakova@l-e-journal.com

Дизайнер-верстальщик

**А.М. Богданов**

Контент-менеджер

**Е.С. Серый**

## КОРРЕСПОНДЕНТЫ ЖУРНАЛА В ДРУГИХ СТРАНАХ

Аргентина

**Пабло Икстайна** (Pablo R. Ixtaina),

Национальный технологический университет Ла-Платы;

Франция

**Георг Циссис** (Georges Zissis),

университет Тулузы;

Индия

**Сасвати Мазумдар** (Saswati

Mazumdar), университет Джадавпур;

Словения

**Грега Бизяк** (Grega Biziak),

Люблянский университет;

Турция

– **Тугсе Казанасмаз** (Tugse

Kazanasmaz), Измирский

технологический институт;

– **Эрдал Шехирли** (Erdal Sehirlı),

университет Кастамону;

– **Ренгин Юнвер** (Rengin Unver),

Технический университет Йылдыз

(Стамбул)

## АДРЕС РЕДАКЦИИ

129626, Москва, проспект Мира, 106, ВНИСИ, оф. 327

Тел. +7 (495) 682-58-46; +7 (495) 682-19-04

Тел./факс: 7(495)682-58-46

E-mail: info@l-e-journal.com

Интернет: <https://l-e-journal.com/>

Электронная версия журнала: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Перепечатка статей и материалов из журнала «Светотехника» – только с разрешения редакции.

За содержание и редакцию информационных материалов ответственность несет источник информации.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей

Сдано в набор 01.04.19. Подписано в печать 07.05.19

Формат 60x88 1/8. Печ.л. 10,00. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Группа Компаний Море»

101898, Москва, Хохловский пер., д. 9

# СОДЕРЖАНИЕ В НОМЕРЕ

2 • 2019  
май

## От редакции

### От первого лица

Профессор, я вижу свет! . . . . . 4

Луч света: от предмета к глазу или наоборот? . . . 6

### Историческая миниатюра

Свет в античные времена . . . . . 14

Путеводный свет. . . . . 18

### Пытливые умы

Какими бывают лучи света . . . . . 24

### Из жизни замечательных светотехников

Первый оптик на земле . . . . . 28

### Занимательная светотехника

Чудеса, да и только! . . . . . 34

Камера-обскура . . . . . 40

Основы метрологии, кандела и световой эталон . 43

### Свет и природа

О свете и цвете . . . . . 47

Оптика дождевой капли. . . . . 51

### Приборы освещения

Управляй светом. . . . . 60

### Экономика освещения

Хватает ли энергии каждому жителю Земли? . . . 62

Что такое энергосбережение? . . . . . 64

## Проверь себя

Подумай и реши . . . . . 68

Вопрос-ответ. . . . . 70

### Страничка для младших братьев и сестер

Сказка о солнечных зайчиках или путешествие

в неизведанное. . . . . 72

Мои первые опыты . . . . . 75

### Это интересно

В гостях у профессора Люкса . . . . . 78

Российская программа Light-in-Night . . . . . 83

Как сделать китайский фонарик. . . . . 84

Краткий словарь терминов . . . . . 86

Информация о подписке . . . . . 88

### Информационные материалы

На чем свет стоит. . . . . 2 с обл.

Управление освещением – залог безопасности . . 3 с обл.

Профессия-свет. . . . . 5

Создаем осветительные приборы для теплиц. . . . 13

ООО «Светосервис Подмосковье». . . . . 23

Это делают светотехники! . . . . . 58

Новый комплекс литья алюминия! . . . . . 4 с обл.

## МОЛОДЕЖНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Н.С. Шерри – руководитель проекта  
А.Ю. Басов – главный редактор  
И.А. Сибрикова – выпускающий редактор  
Д.М. Никитина – дизайнер–верстальщик  
А.Г. Лукашова – художник  
Н.И. Смагин – редактор  
А.Г. Савицкая – редактор

Редакционная коллегия:  
А.В. Гримайло  
Н.В. Соседко  
Е.С. Ошуркова  
С.Ю. Минаева  
Н.О. Сопов

# ПРОФЕССОР, Я ВИЖУ СВЕТ!

**С**олнечный денёк. Обычный школьный класс. Светозайка сидит у окна. На его парту падает свет, да нет, не падает, прям бьёт! Солнце почти на горизонте. Его лучи отражаются в зеркале на противоположной стене и от серебристого корпуса телефона, лежащего рядом. Игра света увлекла Светозайку и невольно приковала его взгляд к окну. «Что тебя так заинтересовало?» – улыбнувшись, спросил профессор Люкс.

– Профессор, солнечные лучи через окна разбегаются по всему классу. Окна маленькие, а лучи везде. Почему?

– В этом и состоит мощь и загадочность света. Представь, что ты стоишь в тёмном закрытом помещении, и только в одной из стен есть маленькое отверстие. Ты увидишь, как лучи света расходятся во все стороны, или, как ты точно отметил, «разбегаются». Представь, что ты встретил на своем пути препятствие, что станешь делать?

– Искать, как его преодолеть.  
– Так и свет, он же умный, распространяется в определённом направлении и, встретив преграду, находит решение. Как думаешь, какое?



– Знаю, знаю! Он остановится, а на стене возникнет пятно – солнечный зайчик.

– А вот и нет! Свет сильнее, чем ты думаешь! Он может поменять своё направление и преодолеть препятствие. Свет – он разный, его игра – это большая наука. Иногда он даже превращается в Лазер. Знаешь, что это такое?

– Конечно, профессор, много раз видел лазеры в компьютерных играх и фильмах.

– Знаешь, дружок, есть в физике такое интересное явление – дифракция. Это – сложная тема, разговор о ней мы начнём на странице 6 в этом выпуске журнала. Там ты многое узнаешь: и как мы воспринимаем свет, и что такое световое поле.

А пока попробуй поэкспериментировать. Приготовь фонарик, книгу или небольшую плоскость. Зайди в темное помещение. Держа на вытянутой руке книгу плоским основанием к себе, направь другой рукой луч света от фонаря на плоскость. Только выдержи расстояние. Что произойдёт? Увидишь!

– И я сразу все пойму?

– Нет, конечно, просто острее почувствуешь интерес к познанию света. А следовательно, внимательнее будешь следить за нашими выпусками журнала, в которых будет размещаться много интересной для тебя, Светозайки, информации, в том числе и о солнечном зайчике.



# ПРОФЕССИЯ - СВЕТ!

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
Кафедра светотехники



# ЛУЧ СВЕТА: ОТ ПРЕДМЕТА К ГЛАЗУ ИЛИ НАОБОРОТ?



**Е**щё со времён античности люди стремились узнать, что такое свет, и понять, как мы видим. Это было важно для познания окружающего мира. На заре развития цивилизации люди воспринимали мир только с помощью ощущений. Окружающая среда была для них единым целым. Они не разделяли её на свет, звук и другие составляющие. Когда они сравнивали свои ощущения с реальностью, то сталкивались с вопросами, связанными со светом. Как мы видим? Как создаётся свет и что его создаёт? Представьте себя на месте древнего человека. Как бы вы объяснили эти явления?

Первые попытки объяснить их, о которых нам известно, были предприняты в древней Греции задолго до нашей эры. Автора первой гипотезы точно определить едва ли возможно. Большая часть письменных трудов древних греков дошла до нас в изменённом виде. Например, в формате пересказов, выполненных другими учёными. Иногда возникал эффект «испорченного телефона», то есть искажались факты или имена учёных. Однако, есть основания отдать первенство Эмпедоклу (ок. 490 до н.э. – ок. 430 до н.э.), философу, жившему в Древней Греции. Он выдвинул гипотезу, согласно которой человеческий глаз испускает лучи. Они состо-

ят из непрерывного потока мелких частиц и распространяются в пространстве. Если на их пути встречаются предметы, то лучи как бы «ощупывают» их. И благодаря этому мы их видим. А у вас когда-нибудь возникало ощущение, что ваши глаза «ощупывают» предметы?

Сейчас предположение Эмпедокла кажется парадоксальным. Но для древних греков оно было абсолютно логичным! Греки так понимали природу и организм человека, что способность глаз испускать лучи казалась совершенно естественной. В античную эпоху большинство рассматривало мир с позиций

## ГЛАЗА МОГУТ ИСПУСКАТЬ ЛУЧИ И ОЩУПЫВАТЬ ПРЕДМЕТЫ?



*В античную эпоху большинство рассматривало мир с позиции натурфилософии*

---

натурфилософии – целостной системы фундаментальных закономерностей природных явлений. Считали, что всё во Вселенной создано из 4 стихий: земли, воды, воздуха и огня. И верили, что человеческий глаз тоже состоит из 4 элементов, но испытывает особое воздействие стихии огня, благодаря чему может испускать лучи.

Древние греки выделяли 5 органов чувств: зрение, слух, обоняние, вкус и осязание. Все они были связаны с непосредственным взаимодействием с предметом, в том числе с касанием. Поэтому Эмпедокл предположил, что глаза касаются предметов, пускай и с помощью лучей. Его гипотезу порой называют первой теорией света и зрения.

## ТЕОРИЯ СВЕРХСПОСОБНОСТЕЙ ГЛАЗА КРАСИВА, НО НЕ ПОДТВЕРЖДЕНА ЭКСПЕРИМЕНТАМИ

Большинство древних греков поверило в гипотезу Эмпедокла. Ведь способность глаза испускать лучи сочеталась с древнегреческой мифологией. Многие мифические существа могли создавать энергетическое воздействие с помощью взгляда. У василиска он, согласно мифам, был настолько сильным, что мог убить того, кто осмелился на него посмотреть. Люди верили в мифы, для них они были своего рода религией. И им нравилось, что они настолько сильны, что могут испускать лучи с помощью взгляда.

Важно понимать, что мы можем только приближённо судить об идеях Эмпедокла и ряда его последователей. Его гипотеза получена методом рефлексии без экспериментальных исследований. Она стала результатом его наблюдений и их анализа. Он опирался на натурфилософию, здравый смысл и ин-

формацию из мифов. Но все эти данные не были проверены в ходе эксперимента. И корить Эмпедокла за это нельзя. В то время не только не существовало необходимого для опыта инструментария, но даже и не обозначилось такой потребности.

Казалось, что любую загадку мира можно разрешить с помощью бытовой логики и фантазии, вдохновлённой мифами. Античность можно назвать детством науки. Согласитесь, вы ведь тоже в раннем детстве старались объяснить любое незнакомое явление с помощью фантазии?

Наоборот, мы должны благодарить Эмпедокла и его последователей, восхищаться их научной прозорливостью. На основе натурфилософии, четырех стихий и мифологических лучей они создали столбовую дорожку для продолжения научных поисков в области света и зрения.

## ЛУЧИ ИЗ ГЛАЗ ОТРАЖАЮТСЯ ОТ ПРЕДМЕТОВ, И МЫ ИХ ВИДИМ?

В III веке до н.э. идеи Эмпедокла о зрении и свете переосмыслил и дополнил Евклид (ок. 325 до н.э. – ок. 265 до н.э.), выдающийся математик. Он объединил знания о свете и зрении в стройную систему – «теорию излучения». Согласно ей, лучи света выходят из глаза и движутся по прямой траектории. Когда на их пути встречается предмет, они преломляются, отражаются, достигают глаза и формируют изображение предмета.



*Лучи из глаз к картине и в обратном направлении*

ко источник играет активную роль, а влияние приёмника можно сделать бесконечно малым. Но с позиций современной квантовой теории ясно, что источник и приёмник нельзя разграничить – и надо исследовать именно поведение этой пары (подробнее о квантовой теории мы расскажем в следующих выпусках). В свете этого вызывает глубокое уважение эволюция древних греков в понимании теории излучения. Сначала они полагали, что глаз «ощупывает» лучами предмет, а тот играет только пассивную роль. Но с течением времени они стали считать, что и предмет тоже испускает лучи, и видение возникает при их соединении с лучами из глаза. Кажется, что это – лишь поэтический образ: лучи встречаются с лучами, и человек видит. Но удивительно, насколько он близок современным взглядам на природу света!

Сейчас мы знаем, что эта теория ошибочна. Но её роль в развитии оптики огромна! На её основе Евклид сформулировал фундаментальные законы геометрической оптики: закон распространения луча, закон отражения света и закон формирования изображения. А ещё он понял, что видимый размер предмета определяется его угловым размером. Всё это

Евклид зафиксировал в двух трактатах: «Оптика» и «Катоптрика».

Чтобы лучше понять теорию Евклида, надо понимать взаимоотношения глаза и предмета. На языке физики объект, излучающий свет, называется источником света, а тот, на который попадает излучение – приёмником. Согласно классической физике, толь-



*Лучи из глаз встречаются с лучами от предмета*



# НАЧИНАЮТСЯ ЭКСПЕРИМЕНТЫ!

**З**аслуги Евклида в развитии геометрической оптики неоспоримы, но он не проводил эксперименты, чтобы подтвердить теорию излучения. Это во II веке уже нашей эры сделал другой великий учёный античности – Птолемей (ок. 100 – ок. 170), математик, географ и астроном. Он первым ввёл в оптику экспериментальные методы. Начал учёный с переосмысления и развития идей Евклида. Его интересовали вопросы преломления света и формирования изображений предметов на экранной плоскости. Для их изучения

он сконструировал несколько приборов.

Первый из них напоминал рефрактометр – прибор для измерения показателя преломления света в среде. Закон преломления Птолемею сформулировать не удалось, так как тогда ещё не были известны тригонометрические расчёты. Однако это только мотивировало его на новые свершения. Учёный создал сферические зеркала – выпуклые и вогнутые – и начал изучать то, как от них отражается свет. На их примере в ходе опытов он смог впер-

вые сформулировать теорию отражения света. Сумел объяснить, как возникает искажённое изображение и чем оно отличается от изображения в обычном зеркале, а также научился строить изображение на экранной поверхности. Свои наблюдения учёный обобщил в научном труде «Оптика».



Ручной рефрактометр

*Со способностью зеркал отражать свет связана красивая легенда. Согласно ей, отражение света помогло жителям города Сиракузы отразить осаду со стороны кораблей римского флота. Корабли подошли к стенам города на расстояние 300 метров. Гарнизон города сначала старался потопить флот противника, запуская снаряды из катапульт. Но они просто не долетали до них.*

*Тогда руководивший обороной города Архимед (287 до н.э. – 212 до н.э.), древнегреческий математик, физик и инженер, решил использовать силу солнечного света и закон отражения. Он приказал жителям одновременно взять в руки отполированные до блеска щиты, медную посуду и зеркала. По команде они направили отражённые солнечные лучи на корабли. В итоге от ослепительно ярких лучей вспыхнул сначала один из них, а затем огонь перекинулся и на остальные.*

*Многие учёные стремились подтвердить или опровергнуть возможность зажечь деревянный предмет таким способом. И до сих пор нет единого мнения, возможно было это или нет.*

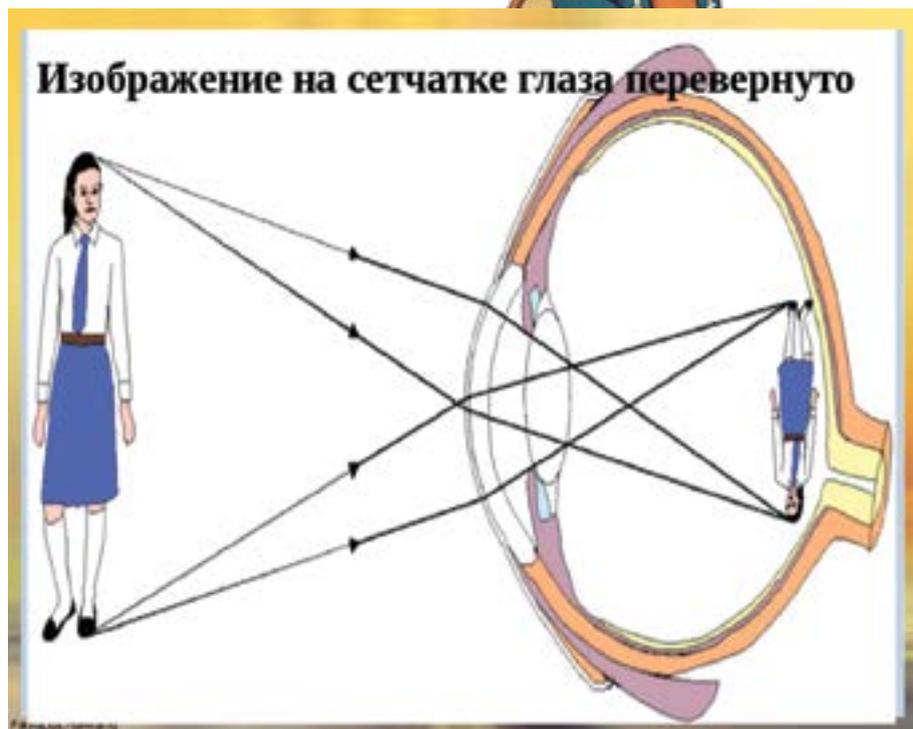
*А как вы думаете?*



## ГЛАЗ НЕ ИЗЛУЧАЕТ СВЕТ. ОН ВОСПРИНИМАЕТ ЕГО!

Опыты с отражением света от зеркал были зрелищными, но никак не могли приблизить учёных к пониманию того, что глаз не может излучать свет. Чтобы доказать это, был необходим прорыв в области анатомии.

Его автором стал Гален (ок. 129 – ок. 200) – древнеримский медик. Он составил подробный атлас анатомии человека и изучил строение глаза. Оказалось, что в нём есть целая система линз, которые отвечают за преломление света. Также Гален понял, что изображение фокусируется на сетчатке. Но большинство продолжало верить в то, что глаз испускает лучи. Тогда мифам верили куда охотнее, чем науке. Однако, нашёлся человек, который на основе выводов Галена сумел критически подойти к «теории излу-

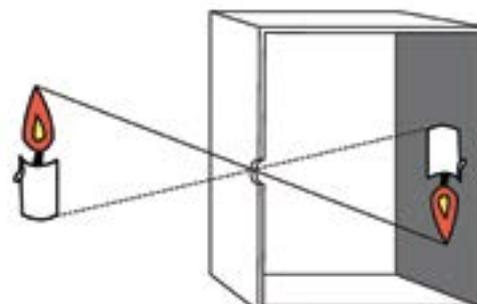


чения». Им стал Ибн аль-Хайтам (965–1039) – арабский учёный-универсал, спектр научных интересов которого позволяет назвать его «восточным Леонардо да Винчи». Он внимательно изучил труды Евклида и Птолемея. А затем сопоставил их идеи

со строением глаза, предложенным Галеном. Учёный взял у теории излучения её рациональное зерно – законы геометрической оптики. Но фантастические идеи о лучах из глаз отбросил, так как они противоречили строению глаза.

*Ибн аль-Хайтала называют «восточным Леонардо да Винчи» совсем не случайно. Известно, что настоящий Леонардо (1452–1519) изучал научные труды арабского учёного, связанные с раскрытием природы зрения. Он интересовался природой зрения, особенностями строения глаза и зрительного воображения. Леонардо выделял особую роль глаза для чувственного восприятия реальности и для процесса художественного творчества. Под влиянием работ Ибн аль-Хайтала сформировалось его мнение о том, что работа глаза является ответной реакцией на световые воздействия.*

К судьбоносному для развития оптики открытию Ибн аль-Хайтам пришёл благодаря экспериментам с камерой-обскурой, которая позволяет получить изображение предмета с помощью солнечных лучей. Это – конструкция в виде светонепроницаемого ящика с отверстием в одной из стенок и экраном на противоположной стенке. Её принцип действия таков: лучи отражаются от предмета, проходят через отверстие в ящике и создают перевёрнутое изображение предмета на экране. В качестве экрана можно использовать тонкую белую бумагу или матовое стек-



*Камера-обскура*

ло. Вам доводилось видеть, как свет проникает в тёмное помещение через отверстие? Какой эффект возникает при этом?

Учёный понял, как свет отражается от предметов, и обосновал принцип действия камеры-обскуры. В ходе опытов с ней он пришёл к важнейшему открытию. Учёный решил посмотреть, что получится, если вставить в отверстие трубку и начать перемещать её в разные стороны. Оказалось, что изображение перемещается на экране вслед за трубкой. Ибн аль-Хайтам сопоставил это со строением глаза и пришёл к парадоксальному выводу: глаз и камера-обскура устроены одинаково. В структуре обоих есть элементы, отвечающие за преломление света и формирование изображения.

Учёный понял, что лучи света исходят от объекта, а изображение при зрительном восприятии строится на сетчатке глаза. Получалось, что глаз действует как сложнейший прибор, собирающий отражённый от предметов свет и преобразующий его в изображение. Это был прорыв, котосрый разрешил вековой спор о том, как видит человек, и помог развитию оптики и анатомии.



*Лучи от предмета идут в глаза*

Учёный впервые разделил свет и зрение. Раньше они рассматривались только в связке.

Огромная заслуга учёного – системный подход к изучению природы света и зрения. Все гипотезы он подтверждал с помощью экспериментов. И это дало плоды!

Он ввёл понятие отражения света, математически и экспериментально обосновал законы его отражения и преломления. На основе всех этих данных создал теорию, объясняющую то, как складывается зрительный образ предмета. Её учёный изложил в научном труде «Книга оптики».

# ЕВРОПА ВКЛЮЧИЛАСЬ В ИЗУЧЕНИЕ СВЕТА

**В** XII веке «Книгу оптики» перевели в Европе на латынь, и она получила название «Сокровища оптики». Учёного назвали на латинский манер – Альгазеном, а его идеи оказа-

лись в центре внимания. Активнее других изучал их Эразм Витело (1220–1280), немецко-польский учёный. Он переработал и дополнил идеи Альгазена, на основе чего создал трактат «Опти-

ка». В нём он рассмотрел все эксперименты с камерой-обскурой и понял, что она может быть полезной не только для научных целей, но и для художников.

*Труды Альгазена и Витело повлияли на развитие европейской живописи. Тогда многие художники использовали камеру-обскуру для создания картин. Они буквально срисовывали с её экрана перевёрнутое изображение, только вновь переворачивали его.*

*Но Джотто ди Бондоне (1266–1337), выдающийся итальянский художник и архитектор, изучил трактат «Оптика» и понял, как можно создать перспективу без трудоёмких операций с камерой-обскурой. Он разработал новый подход к изображению пространства, который сразу стал популярным. Художники поняли, что могут рисовать по-новому куда быстрее, не занимаясь трудоёмкими операциями с камерой-обскурой. Как вы думаете, почему людям так понравилась объёмная живопись?*

Просвещённые умы средневековой Европы поняли, что принцип отражения света имеет огромный научно-технический потенциал и продолжили развивать его. Одним из них стал Иоганн Кеплер (1571–1630), немецкий математик и астроном. Он регулярно наблюдал за небесными светилами и хотел понять, как свет приходит к нам от звёзд и планет. Руководствуясь профессиональными интересами, он сделал важнейший вклад в развитие теории светового поля. Свои идеи учёный обобщил в трактате, который в знак признания заслуг Эразма

Витело назвал «Дополнения к Вителлию». В нём он изложил основы геометрической и физиологической оптики: описал преломление света, рефракцию, понятие оптического изображения и общую теорию линз и их систем. А ещё ввёл закон обратных квадратов, который гласит, что с удвоением расстояния от точечного источника света освещённость снижается в 4 раза.

Главная заслуга Кеплера состоит в том, что он сделал свет самостоятельным объектом исследования и выделил луч в качестве струк-

турной единицы для анализа света. На этом первый период развития теории светового поля был завершён. Началась история развития оптики как полноценной науки. О новых открытиях мы подробно расскажем в следующем номере.

В.П. Будак, главный редактор журнала «Светотехника/Light & Engineering», профессор кафедры светотехники «Национального исследовательского университета «МЭИ»

Н.И. Смагин, журналист-копирайтер МСК «БЛ ГРУПП»



# СОЗДАЕМ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ТЕПЛИЦ!



431900, Республика Мордовия,  
п. Кадошкино,  
ул. Заводская, 1



ketz@moris.ru  
galad.ru



(83448) 2-31-21,  
2-39-75, 2-32-40,  
2-34-53

На фото: GALAD ЖСП30-600-013,015 Reflex производства АО «КЭТЗ»

# СВЕТ В АНТИЧНЫЕ ВРЕМЕНА

Искусственное освещение имеет длительную историю развития. С самого начала своего развития человек пытался познать самые различные материалы и обнаружил такое количество источников света, что никто и не сможет их пересчитать по пальцам! Научное и техническое развитие предоставляло цивилизации всё более чистые и сильные источники искусственного света. А художественный вкус и господство стиля порождали разнообразнейшие формы светильников и опор освещения.

Вернемся на несколько тысяч лет назад. Как ты думаешь, каким было освещение в ночное время до изобретения масляных светильников? Раньше для освещения своих жилищ люди использовали просмолённую древесину, а первые светильники, известные учёным, обнаружены в пещерах La Mouthe и Lascaux. Возраст их поражает – от 40 000 до 10 000 лет до н.э. Конечно, они не отличались изяществом или сложным устройством и представляли собой только лишь небольшие выдолбленные в камне плоски. Мы знаем про факелы, которые человечество использо-



вало еще в доисторические времена и горячие головешки, служившие в качестве освещения жилища.

Когда люди изобрели лампы? Прообразом масляной лампы как раз и была каменная чаша, наполненная медвежьим жиром, в которую кто-то поместил мох и поджег его! В эпоху античности люди начали использовать смоляные факелы. В Древней Греции они изготовлялись из тонких сосновых лучин, связанных корой, а также из стеблей разных растений и других материалов. Также для освещения своих жилищ греки пользовались жаровнями – глиняными сосудами (или печками) для древесного горячего угля. Первые светильники появились в VII–VI веке до н.э. в эпоху архаики. Это были специальные футляры

(глиняные или из металла), которые заполнялись смолистыми веществами и вставлялись в глиняные сосуды. В этот сосуд стекала смола и периодически падали угли. Поэтому они сильно дымили и могли стать причиной пожара.



*Античная лампа*

Первые масляные светильники появились в VI в. до н.э. Их уже могли делать из глины, меди или бронзы. Это были сосуды овальной формы, имеющие несколько отверстий с прочно укрепленной крышкой.

В некоторых лампах было несколько отверстий, одно из которых служило для масла, другое – для фитилей из пучков шерсти или растительных волокон. Эти технологические достижения были аккредитованы греками: их светильники экспортировались по всему Средиземноморью между VI–IV в. до н.э. благодаря их высокому качеству изготовления.

В более позднее время формы таких ламп усложнились, появились растительные, зооморфные, антропоморфные мотивы. Например, сохранились древнегреческие лампы в виде фигур животных и мифологических существ. Масляные лампы из обожженной глины древние греки расписывали в чернофигурном и краснофигурном стиле лаком, который по своему составу напоминает глазурь. Для ламп использовали льняное, касторовое масло, животный и рыбий жир.

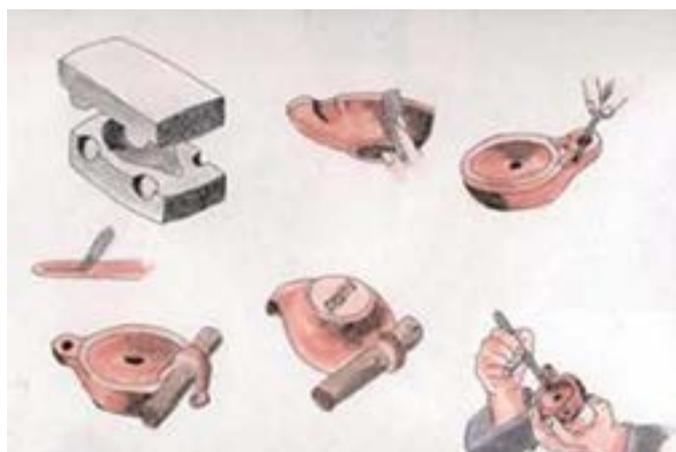
Тогда же и появились первые прообразы уличных фонарей: глиняные чаши, установленные на треножниках и наполненные горючим веществом (как правило, маслом).

В Древнем Риме жилища вначале также освещались лучинами и факелами из смолистых пород древесины. Первые масляные лампы, судя по археологическим находкам, появились в эпоху Римской республики, в III в. до н.э. Они были такими же, как у греков: сосуд с носиком и ручкой.

Древние римляне также изготавливали лампы из обожженной глины, которую иногда покрывали глазурью, а также из меди, бронзы, серебра. В эпоху Римской империи, в период с конца I в. до н.э. до IV в. н.э. масляные лампы стали богато декорировать: украшать поверхность рельефными композициями с изображением различных растений, животных, мифологических существ. Появляются также масляные лампы фигурной формы, например, в виде ладьи, фигурки птицы, зверя, человека или фантастического существа.

Первым потолочным античным светильником можно считать лампадарий. Этот древний вид масляной лампы, который иногда называют лампионом или лампадой, представлял собой овальную чашу, которую можно было прикрепить к потолку.

Помимо лампадариев существовали и лампы в канделябрах – вставленные в высокие изделия из дерева, бронзы или мрамора. Многие из них, отделанные резьбой и позолотой, были таким же украшением комнаты, как статуи или картины.



*Процесс производства светильников, от отливки до украшения*

*Это интересно. Более совершенные по своему устройству масляные лампы с фитилем появились в Древнем Египте значительно раньше, чем в Древней Греции. Изящные каменные масляные лампы в виде стилизованных цветков лотоса были найдены в гробнице фараона Тутанхамона. Они относятся к 14 в. до н.э.*

В эпоху императора Августа многие светильники стали отмечать клеймом производителя. Такие лампы делали маленькие семейные автономные мастерские. Со временем их место заняли крупные фабрики центральной Италии, которые штамповали светильники.

В северной Италии в большом количестве производились светильники под названием Firmalampen, отличавшиеся простой формой и клеймом производителя на дне. До V века на таких светильниках, распространяемых по всей территории Римской империи кроме Греции, часто встречалось клеймо Fortis. Многочисленные формы для производства таких светильников найдены в разных провинциях Римской Империи, куда их привозили из северной Италии.

В Древнем Риме также получили распространение фонари, которые брали с собой в путешествия и при выходе из дома в темное время суток. В эпоху императорского Рима вместо сильно дмящих факелов слуги по вечерам несли впереди своих господ фонари цилиндрической, четырехугольной или восьмигранной формы. Каркас такого фонаря делался из меди или бронзы, а стенки затягивались пергаментом, слюдой или промасленной тканью. Внутри ставилась масляная лампа. В крышке фонаря делались отверстия для выхода дыма.



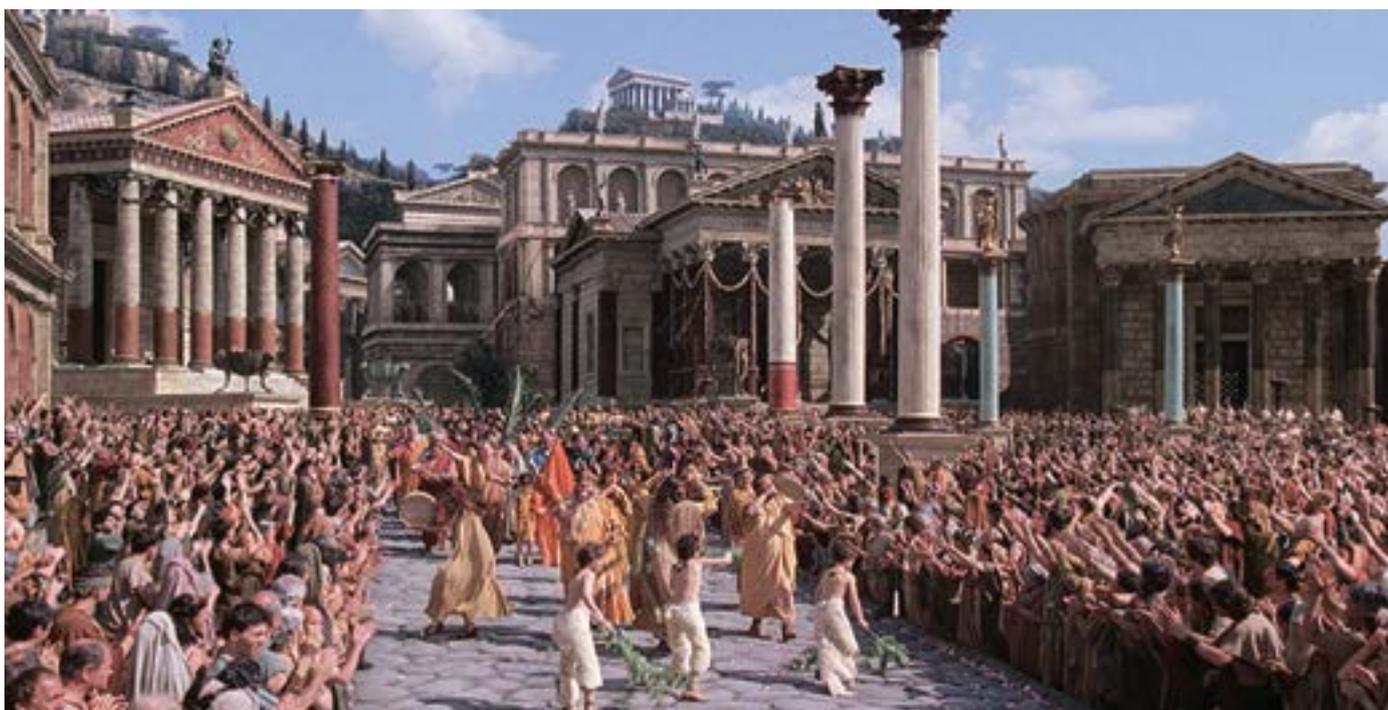
Канделябр и Лампадарий



Светильник Firmalampen

*Типы топлива варьировались от животного жира до пчелиного воска и различных растительных масел, включая оливковое масло, кунжутное масло и масло виноградных косточек. Считается, что оливковое масло было основным источником топлива, используемого в Средиземноморье. Фитили представляли собой любые волокнистые материалы, обычно льняные, папирусные или другие растительные волокна.*

Камень и глина были не единственными материалами, использованными для изготовления ламп. В то время, когда каменные и глиняные лампы продолжали производиться, стеклянные лампы появились в IV в. н. э.. Тем не менее, они нечасто появляются в археологических записях, вероятно, из-за легкости, с которой разбиваются стекла. Достижения в технологии металлообработки или металлургии позволили разработать металлические лампы, которые были популярны в эллинистический, римский и византийский периоды.



*Древний Рим*

Светильники нужны были и для освещения общественных зданий: храмов, терм, театров и амфитеатров. В маленьких ботtegaх-лавочках и мастерских в Помпеях также нашли светильники. Владельцы бизнеса, такие как хозяева таверн и бармены, использовали масляные лампы, чтобы освещать свои предприятия и улицы поблизости. Считается, что рыбаки использовали лампы на своих лодках, когда отправлялись на рыбалку в ночное время. А когда они выходили в море, на галерах, вероятно, висели масляные лампы на корме, чтобы указывать их местоположение друг другу.

В сфере развлечений лампы использовались для освещения мест проведения спортивных мероприятий после наступления темноты, например, во время гладиаторских шоу. В религиозном контексте масляные лампы выполняли простую утилитарную функцию освещения храмов и святынь, а также выполняли ряд ритуальных функций. Многие из религиозных практик в древнем Риме включали в себя некоторую форму ритуальной жертвы или подношения. Поскольку свет считался благословением, масляные лампы часто предназначались в храмах и святынях как жертвоприношения. Они также



Светильники и канделябры:  
1 - 4 - римские светильники;  
5 - 7 - терракотовые лампы;  
8 - бронзовый канделябр;  
9 - мраморный канделябр.

*Светильники в Древней Греции и Древнем Риме*

были обычным компонентом в погребальной практике, и лампы часто хоронили вместе с мертвыми, чтобы осветить путь в загробную жизнь и за ее пределы.

И.А. Сибрикова,  
менеджер по связям с общественностью  
МСК «БЛ ГРУПП»

# ПУТЕВОДНЫЙ СВЕТ

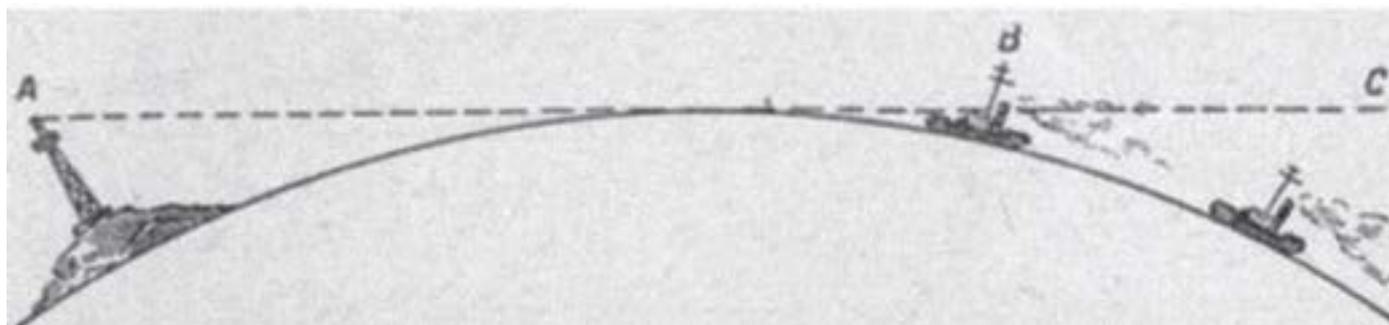
Знаешь ли ты, для чего нужны маяки? Тёмной ночью маяк указывает морякам, где они находятся и как далеко от берега. Корабли, перевозя грузы и людей, ходят по своим маршрутам и днём и ночью, а уличного освещения на таких морских дорогах нет, ведь светильники на воду не поставишь. В полной темноте пересекает судно водную гладь, сверяя путь по приборам. А на подходе к берегу штурман, направляющий корабль, особенно внимателен и напряжён – во мраке совсем не различить, где кончается вода и начинается берег. Не видно: где бухта, а где опасные рифы?



И вдруг во тьме прорезается луч света! Спасительный луч маяка! Обозначенный на карте, маяк возник наяву, и теперь моряки могут точно определить своё местоположение и уверенно повести корабль дальше.

## ПОЧЕМУ МАЯК – ЭТО БАШНЯ?

Как известно, из-за кривизны нашей планеты линия горизонта, которую видит человек, стоя на уровне земли, находится на расстоянии примерно в 5 километров. Свет же маяка должен быть виден издалека, за несколько десятков километров. Поэтому в маяках огонь поднят на высоту.



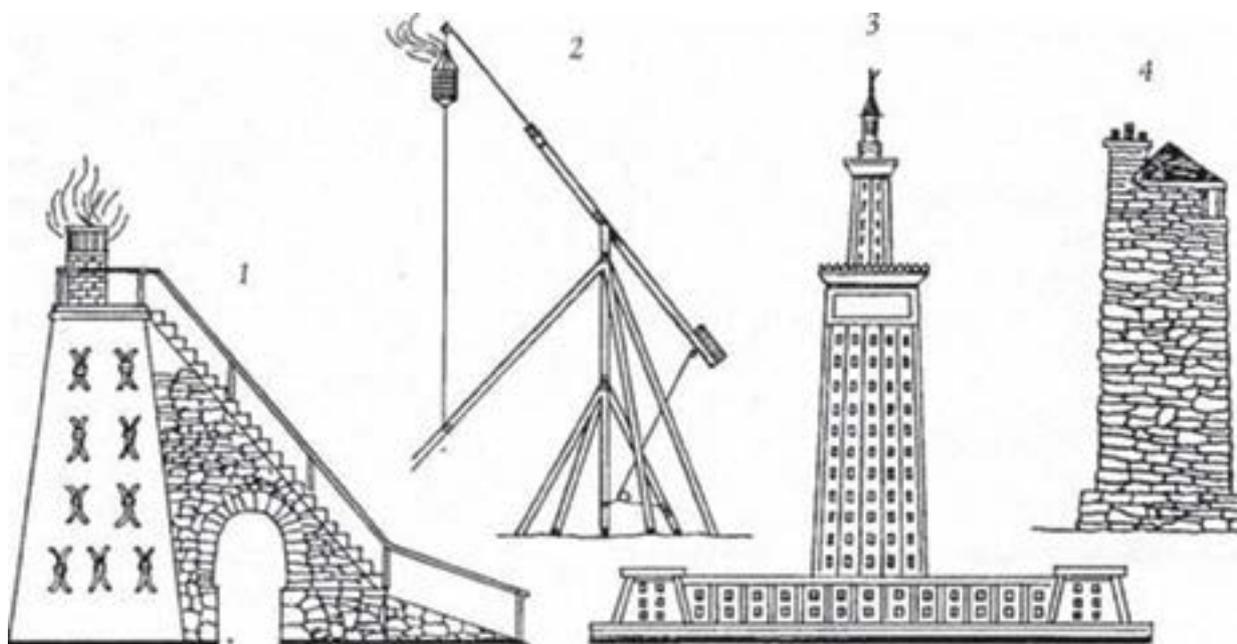
*Видимость маяка и кривизна Земли*



Маяк Иль-Верж во Франции

Чем выше маяк, тем с большего расстояния его свет будет заметен. Некоторые маяки достигают 60-70 метров в высоту! На рисунке выше – самый высокий маяк Европы, Иль-Верж, высотой 82,5 метра (как 30-этажный дом), построенный в 1902 году. Позади него – старый маяк, работавший с 1845 по 1902 год, высотой 31 метр.

Существовал в древности легендарный Александрийский маяк, называемый также Фаросским, так как построен он был на острове Фарос в устье реки Нил, в Египте, в 283 году до нашей эры. Высота башни составляла 160 метров! На её вершине зажигали огромный костёр, видный на многие километры вокруг. Фаросский маяк был одним из семи чудес света, но 500 лет спустя был разрушен и до наших дней не сохранился.



Древнейшие маяки мира: 1, 2. Старинные маяки с открытым огнем. 3. Фаросский (Александрийский) маяк. 4. Маяк Ла-Корунья

## ЧТО ВНУТРИ МАЯКА?

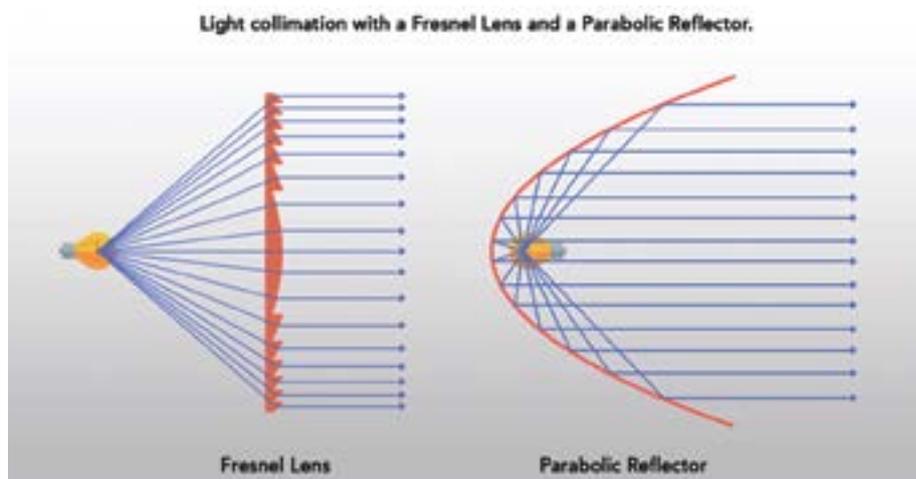
Огромный костёр древних египтян – слишком неудобное решение, ведь сколько дров нужно для его работы! Внутри современного маяка находится прожектор, то есть световой прибор с источником света – лампой.

Если лампа сама по себе, то свет от неё за многие километры не увидишь. Она излучает свет и вверх, и вниз, и во все стороны вокруг себя. Чтобы свет маяка был виден издали, нужно увеличить количество света, идущее в выбранном направлении: то есть собрать весь свет, излучаемый лампой и направить его туда, куда нужно. Для этого существует оптическая система – элементы конструкции светового прибора, которые перенаправляют свет так, чтобы выполнить определённую задачу.

Свет нужно не только направить в нужную сторону, но и сделать так, чтобы лучи в нём шли параллельно, то есть не пересекались. Если лучи не параллельны, а расходятся, то до конечной точки – глаза наблюдателя – дойдёт только малая их часть. И свет не будет виден.

Есть два варианта оптических систем, позволяющих получить параллельный пучок лучей: с помощью вогну-

того зеркала параболической формы и с помощью плоско-выпуклой линзы. Если поместить источник света в фокусе такого зеркала либо в фокусе такой линзы, то на выходе все лучи будут параллельны друг другу.



На рисунке слева - линза, а справа - вогнутое зеркало

Сначала в маяках применяли второй способ. В то время лампы были масляные – в них горел пропитанный маслом фитилёк. Масло нужно было регулярно подливать, фитили обновлять. Следить за этим должен был смотритель маяка. Каждая из таких ламп находилась в фокусе вогнутого зеркала, а зеркала были расположены по кругу. Использовать линзы было неудобно: чтобы собрать как можно больше света от ламп, линзы должны быть большого размера, а значит, они будут толстыми и тяжёлыми. Установленные вертикально, они будут деформироваться под собственным весом, и параллельность лучей нарушится. Кроме того, для линзы большой толщины есть и другая проблема: с одной стороны её нагревает огонь масляной лампы, а с другой – обдувает холодный сырой морской ветер. При такой разнице температур стекло может лопнуть.



Маяк с 15 зеркальными элементами



Огюстен Жан Френель (10 мая 1788–14 июля 1827)

В начале XIX века французский инженер Огюстен Жан Френель предложил комиссии по усовершенствованию маяков оригинальное решение: линзу, которая создаёт параллельный пучок света – но при этом меньше по размерам обычной плоско-выпуклой и во много раз легче! Френель рассуждал так: угол хода луча меняется при прохождении именно через

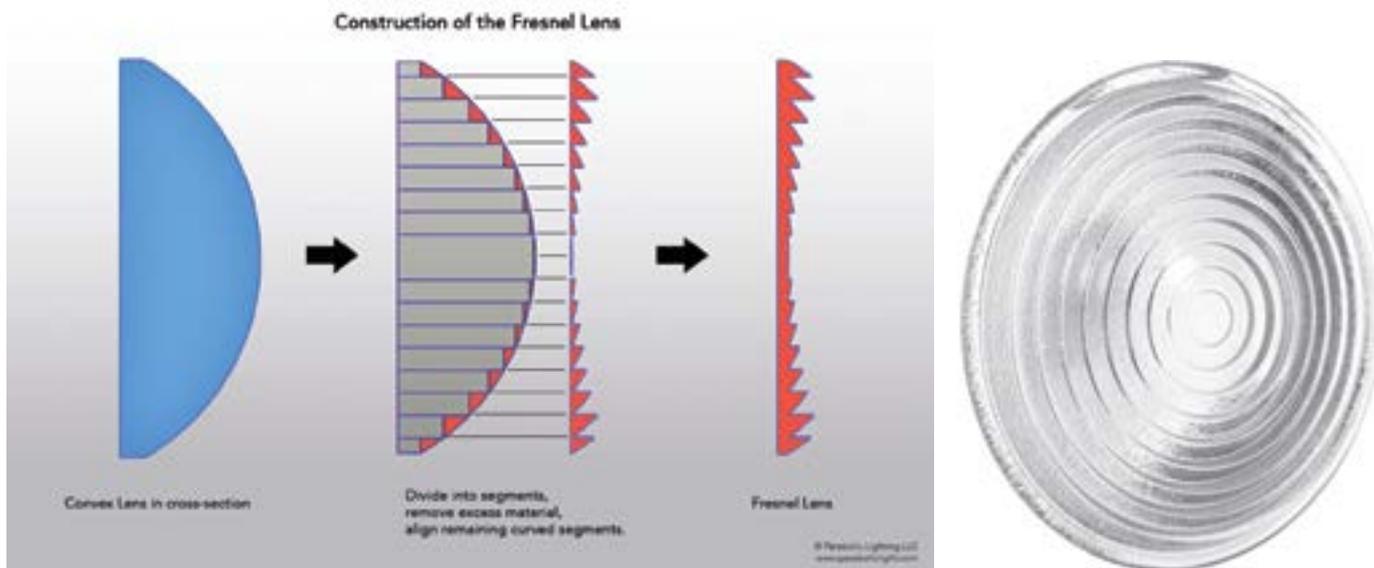


Схема получения Френелевской линзы из обычной плоско-выпуклой

границу сред стекло-воздух, то есть толщина линзы «полезную работу» не выполняет, работают только поверхности. Значит можно вырезать из линзы кольца, сохраняющие форму поверхности линзы, и составить их, а толщину – убрать. Такая линза, составленная из тонких колец, будет намного легче и компактнее обычной, а лучи будут проходить под теми же углами!

Френель не только изобрёл идею, но и разработал технологию изготовления таких линз. Они появились во всех французских маяках, а позже и во всей Европе.

Есть дисковые, а есть цилиндрические линзы Френеля. Если нужно сделать так, чтобы свет шёл параллельным пучком на 360 градусов вокруг источника, то удобнее использовать цилиндрическую линзу вместо четырёх или более дисковых, расставленных вокруг лампы.

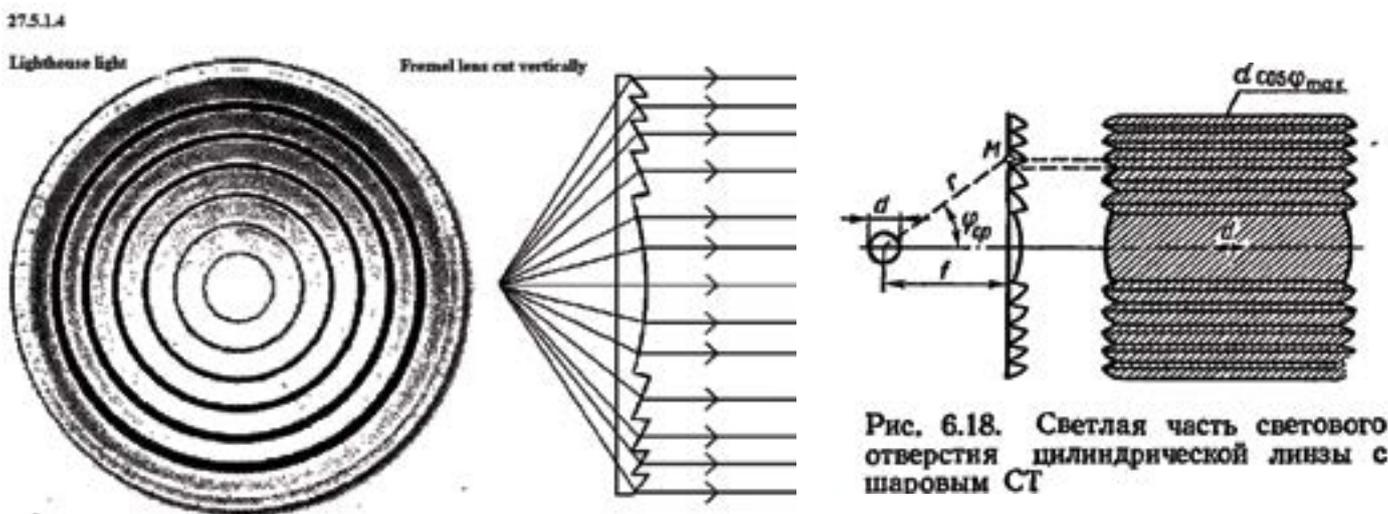


Рис. 6.18. Светлая часть светового отверстия цилиндрической линзы с шаровым СТ

Дисковая и цилиндрическая линзы Френеля. Трёмбач В.В. «Световые приборы» 1990 г.

В современных маяках используются мощные кварцево-галогенные лампы. Мощность лампы, установленной в Херсонесском маяке, – 1 киловатт, то есть 1000 Вт. В некоторых маяках вокруг включённой лампы вращает-

ся механизм со шторками, то закрывая источник света, то вновь давая свету ход – таким образом, свет получается ритмично пульсирующим. Другие маяки не имеют такого механизма, но лампа в них с определённой периодичностью

включается и выключается, передавая сигнал азбукой Морзе. Херсонесский маяк, к примеру, передаёт сигнал в виде двух букв: «СВ», что значит «Севастополь» – по названию порта, у входа в который он расположен.



*Первая в России линза Френеля с маяка на острове Сескар (цилиндрическая)*



*Херсонесский маяк*

Частота вспышек каждого маяка, передаваемый сигнал, так же как и цвет излучаемого света (он бывает не только

белым, но и красным, оранжевым, зелёным), высота и раскраска башни записаны в справочниках и морских

базах данных, таким образом корабли отличают один маяк от другого.

А всего в мире их более 18 тысяч: большие и маленькие, старые и новые, деревянные и каменные... В тёплых южных морях и на ледяном севере стоят маяки на границе воды и суши. Стоят и служат людям.

Е.С. Ошуркова,  
мл. научный сотрудник  
ВНИСИ им. С.И. Вавилова



# КАКИМИ БЫВАЮТ ЛУЧИ СВЕТА

На закате одного из дней 1808 года Этьенн Луи Малюс (Étienne Louis Malus, 1775–1812) рассматривал расположенный напротив Люксембургский дворец через окна своих апартаментов на улице д'Анфер (rue d'Enfer) в Париже. Решив взглянуть на отражение заходящего солнца в окнах дворца сквозь кусок исландского шпата, он с удивлением обнаружил два изображения, имевшие различную яркость. Вращая кристалл,



*Люксембургский дворец в Париже*



*Этьенн Луи Малюс*

Малюс увидел, что изображения поочередно то становились ярче, то затухали. С наступлением темноты он повторил эксперимент со свечным светом, отраженным от поверхности воды, а затем и стекла. Однако, в обоих случаях исход оказался одинаковым.

Из этого знаменитого наблюдения трудами французского ученого выросла качественная теория поляризации света, которую он представил в 1810 году, введя годом позже и само слово «поляризация».

Что же подразумевают, когда говорят о поляризации света? Дело в том, что световые лучи могут иметь в некотором смысле различную структуру, и в зависимости от ее характера будут по-разному происходить процессы, связанные с распространением света (такие как отражение, преломление, пропускание и др.). Это свойство света и называется поляризацией.

Следует, тем не менее, заметить, что Малюс сам до конца не понимал природы описываемого им явления, а история открытия началась задолго до него.

В 1669 году датчанин Эразм Бартолин (Rasmus Bartholin, 1625–1698) опубликовал работу на латинском языке под названием «Experimenta crystalli islandici disdiaclastici, quibus mira et insolita refractio detegitur» («Эксперименты с кристаллами исландского известкового шпата, которые обнаруживают удивительное и странное преломление»). В ней он описывает проведенные им опыты с исландским шпатом, которые продемонстрировали удивительный эффект: если луч света попадает на поверхность исландского шпата, он, преломляясь, раздваивается. При этом Бартолин заметил, что один из лучей (обыкновенный) подчинялся уже известному в то время закону преломления, а другой (необыкновенный) этому закону не подчинялся. Также датский ученый открыл, что в кристалле существует на-



Образец исландского шпата

правление, вдоль которого луч не раздваивается. Однако дать объяснение открытым явлениям Бартолин не смог.

Впоследствии данная работа привлекла внимание другого исследователя – Христиана Гюйгенса (Christiaan Huygens, 1629–1695). Рас-



Христиан Гюйгенс

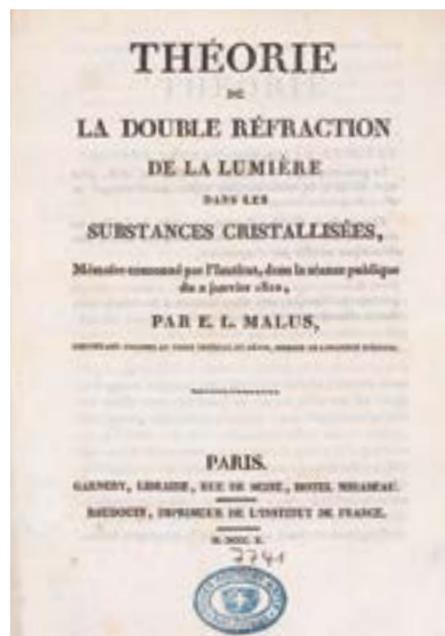
сматривая явление двойного лучепреломления, которое он нашел и в кварце, ученый определил, что показатель преломления необыкновенного луча меняется в зависимости от положения плоскости падающего луча, а также от угла его падения.

В силу того, что Гюйгенс был последовательным сторон-

ником волновой теории света, он объяснял «раздваивание» света наличием в шпате и кварце двух преломленных световых волн. Далее он сделал заключение, что им соответствуют две разные скорости распространения. Та, которая соответствует обыкновенной волне, одинакова по всем направлениям в кристалле и поэтому приводит к сферической форме огибающих волн. В свою очередь, скорость необыкновенной волны уже зависит от направления. Гюйгенс предполагает, что она имеет форму эллипса и на этом основании вычисляет поведение необыкновенного луча при различных условиях падения. Полученные результаты при этом удивительно точно согласовывались с опытом, что представлялось ученому триумфом его теории.

Но им самим было открыто другое явление, которое он объяснить не смог: прошедший через кристалл исландского шпата луч света приобретает некое особое свойство, благодаря которому он, попадая на второй кристалл, испытывает уже обычное лучепреломление, а не двойное. Раскрытие тайны этого феномена переносит нас обратно в Париж, где в 1808 году Академия наук объявила конкурс на лучшую математическую теорию двойного лучепреломления, подтверждаемую опытом.

Этьенн Луи Малюс принял участие в этом конкурсе и



Первая страница работы Э. Малюса

получил премию за свою работу «Théorie de la double réfraction de la lumière dans les substances cristallisées» («Теория двойного лучепреломления света в кристаллических веществах»). В ней французский ученый описывает свое открытие и найденный закон, который связывает яркость падающего и прошедшего лучей.

Для объяснения этого закона Малюс принимает корпускулярную теорию света Исаака Ньютона (Isaac Newton, 1642–1727) как гипотезу, позволяющую рассчитать явление. Он пытается найти объяснение в полярности световых частиц – корпускул. В естественном свете корпускулы ориентированы по всем направлениям, при прохождении же двойкопреломляющего кристалла они ориентируются определенным образом. Свет, в котором корпускулы имеют определенную ориентацию,

Малюс назвал поляризованным. Термин «поляризация» и его производные остаются в физике и по сей день.

С точки зрения современной науки, свет, конечно, не имеет полюсов. Применительно же к светотехнике более уместно говорить об определенных состояниях светового луча, которые определяются относительно некоторой системы отсчета – плоскости референции. Таких состояний в чистом виде можно выделить четыре:

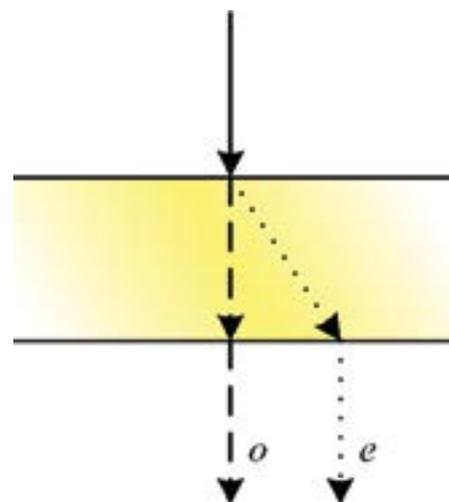
1. Деполяризованный (или естественный свет);
2. Поляризованный вертикально или горизонтально относительно плоскости референции;
3. Поляризованный под углом  $+45^\circ$  или  $-45^\circ$  относительно плоскости референции;
4. Поляризованный циркулярно (по кругу; от лат. *circus* – круг).

Подробное описание перечисленных выше состояний света выходит уже за рамки стандартного школьного курса физики и связано с вектором Стокса. Поэтому для неподготовленного читателя использованные выше понятия могут оказаться малознакомыми. Тем не менее, постараемся в общих чертах объяснить их смысл. Дело в том, что, распространяясь в некоторой среде и взаимодействуя с различными веществами, свет приоб-

ретает ту или иную поляризацию. Например, проходя сквозь стекло или отражаясь от него, свет становится частично линейно поляризованным (и в зависимости от плоскости референции может относиться ко 2 и 3 состоянию); отражение от металлов, в свою очередь, вносит циркулярную поляризацию. Также существуют материалы, которые по-разному воздействуют на свет с различным состоянием поляризации.

Зная свойства различных веществ, можно изготовить специальные светофильтры, которые будут пропускать свет только в определенном состоянии. Такие светофильтры называются поляризационными. С помощью них и выделяют световые лучи, находящиеся в определенном состоянии.

Особое место здесь занимает естественный свет. Он обладает тем свойством, что ослабляется одинаково при прохождении через любой поляризационный светофильтр (обычно используют фильтры, которые уменьшают яркость света в два раза), в то время как лучи в других состояниях могут быть полностью перекрыты определенным светофильтром. Естественным является, например, свет Солнца и большинства источников, используемых в быту (лампы накаливания, люминесцентные лампы, светодиоды). Однако, после отражения от зеркальной поверхности (полированный металл, вода, стекло)



*Преломление света в кристалле исландского шпата*

свет сразу становится поляризованным.

К веществам, которые по-разному воздействуют на свет с разным состоянием поляризации, относится, например, уже упоминавшийся исландский шпат. Даже если световой луч падает на кристалл под прямым углом, после преломления он разделяется на два. Первый луч *o* – обыкновенный – плоско поляризован и является продолжением падающего луча. Второй луч *e* – необыкновенный – отклоняется от прежнего направления. Он также является линейно поляризованным, но в плоскости, перпендикулярной относительно плоскости поляризации первого. Кроме исландского шпата и кварца поляризующими свойствами обладают также более доступные в повседневной жизни материалы: целлофан и сахар.

Принято считать, что человеческий глаз не способен различать поляризацию све-

та. Однако это не совсем верно: около 25–30% людей способны отличать поляризованный свет. Вот что можно прочесть в книге советского ученого-физиолога Сергея Ивановича Вавилова (1891–1951) «Глаз и солнце»: «При наблюдении поверхности, излучающей поляризованный свет, такие люди могут заметить в середине поля зрения полосу слабого желто-лимонного цвета, имеющую вид слегка изогнутого снопа колосьев. Если плоскость поляризации поворачивается, то одновременно поворачивается и полоска в глазу. При некоторых положениях Солнца свечение неба, возникающее вследствие рассеяния солнечных лучей в атмосфере, оказывается сильно поляризованным, и тогда человек, обладающий названной способностью, видит на фоне неба слабую желтую снопообразную полосу».

Описанный эффект, возникающий при наблюдении человеком поляризованного света, называют фигурой (или щеткой) Гайдингера. Идеальным объектом для наблюдения фигуры Гайдингера является ЖК-дисплей, так как его излучение линейно поляризовано. При этом можно посоветовать смотреть на белый экран, поворачивая голову относительно перпендикулярной экрану оси. Также, если смотреть на ЖК-экран через целлофан или скотч, можно увидеть разноцветные разводы, что является следствием по-



Фигура Гайдингера

ляризованности излучения дисплея.

Интересно, что Л. Н. Толстой, по всей видимости, был одним из тех людей, которые могут различать поляризацию. Совершенно не подозревая о природе этого явления, он написал в XXXII главе повести «Юность» такие строки: «... я невольно оставляю книгу и, вглядываясь в растворенную дверь балкона в кудрявые висячие ветви высоких берез, на которых уже заходит вечерняя тень, и в чистое небо, на котором, как смотришь пристально, вдруг показывается как будто пыльное, желтоватое пятнышко и снова исчезает, ...».

В отличие от человека, многие животные обладают способностью отчетливо различать поляризацию света, чем пользуются в повседневной жизни. Так, например, немецкий ученый Карл Фриш (1886–1982) обнаружил способность пчел ориентироваться в пространстве по картине поляризации небосвода. Позже ученые выяснили, что способность



воспринимать поляризацию и ориентироваться с ее помощью присуща всем насекомым, а также паукообразным и ракообразным.

Явление поляризации света используется во многих сферах человеческой деятельности: от исследований далеких космических тел, где оно помогает получать ценную информацию о химическом составе облачного покрова планет, составе и строении комет и т.д., до развлечений, как, например, использование поляризационных очков при показе стереофильмов в кинотеатрах. Мы можем даже провести анализ крови, не прибегая к ее забору. Достаточно «просветить» кожу, и по отраженному свету можно будет с помощью поляризации определить концентрацию некоторых веществ.

В.П. Будак, главный редактор  
журнала «Светотехника/  
Light & Engineering»,  
профессор кафедры  
светотехники  
«Национального  
исследовательского  
университета «МЭИ»

А.В. Гримайло, студент 1 курса  
магистратуры кафедры  
светотехники  
НИУ «МЭИ»



# ПЕРВЫЙ ОПТИК НА ЗЕМЛЕ

Ни одно историческое произведение не свободно от настроений и заблуждений писавшего его автора. Конечно, авторы стараются написать объективную историю, но в оценке и отборе «исторических фактов» неизбежно исходят из состояния науки в момент написания, которое, как показывает история развития науки, обязательно подвергается через некоторое время сомнениям. В этом смысле, мне кажется, есть целый ряд несправедливо забытых имен, которые сыграли ключевую роль в развитии физики. Среди таких имен я прежде всего выделил бы Альгазена, который является первым оптиком и физиком на земле в их современном понимании, но практически не известен в русскоязычной истории физики.

Ибн аль-Хайсама иногда называют аль-Басри, что означает из города Басра в Ираке, а иногда называют аль-Мисри, что означает, что он приехал из Египта. Он часто известен как Альгазен, что является латинизированной версией его имени «аль-Хасан».

В отличие от нашего незнания о жизни многих арабских математиков, у нас есть немало деталей о жизни аль-Хайсама. Стоит отметить, что автобиография, написанная самим аль-Хайсамом в 1027 году, сохранилась, но она практически ничего не говорит о событиях его личной жизни и концентрируется на его интеллектуальном развитии.

В то время на Востоке существовало огромное исламское государство – Арабский халифат, – первоначально созданное пророком Мухаммедом и впоследствии возглавляемое халифами («заместителями, наследниками»). Халифат в период своего наибольшего могущества простирался от Пиренейского полуострова в



Альгазен

Европе до реки Инд на Востоке. Таким образом, арабы стали наследниками эллинистической науки, так как включали в себя существен-

ную часть империи, основанной Александром Великим. К счастью, они не только унаследовали это знание, но и взрастили его, в то время как европейская культура застоялась в темные века.

Первоначальные научные усилия состояли в основном в переводе с греческого и других источников на арабский язык. Тем не менее, были и собственные достижения в области науки.

Планк получил закон распределения энергии в спектре абсолютно чёрного тела и обосновал этот закон, введя представление о квантах энергии и кванте действия.



Первоначальные научные усилия состояли, в основном, в переводе на арабский язык

Значение его гипотезы стало понятно значительно позже и дало рождение нового направления развития науки – квантовой физике.

Вероятно, первым из тех, кто внес существенный вклад, был философ Абу Юсуф Якуб Ибн Исхак (813–873), более известный в западном мире под латинизированным именем Аль-Кинди.

Аль-Кинди написал *De Aspectibus*, в котором описал исследования в области оптики. Он утверждал, что зрение должно происходить с помощью лучей, которые способствуют физической реакции на глаз. Это противоречило гипотезе Платона, которая считала, что зрение достигается изгнанием глазных лучей из глаза. Аль-Кинди атаковал эту концепцию, утверждая, что глазные лучи – это всего лишь математические абстракции, которые не способны действовать физически или физиологически. Аль-Кинди расширил концепцию визуального луча, отметив, что формирование теней предполагает, что свет распространяется по прямым линиям. Однако он не смог объяснить, как лучи могут создавать реакцию в глазу, чтобы послать информацию душе, позволяющую визуально восстановить физический мир. Концепция глазных лучей, таким образом, оставалась широко принятой.

Альгазен родился в 965 г. в городе Басре на юго-востоке Ирака. Хотя о его роди-

телях или его ранней жизни известно очень немного, можно сделать вывод, что он принадлежал к семье среднего класса, которая была достаточно обеспеченной, чтобы дать ему образование. Он получил должность в правительственном учреждении, где достаточно преуспел, и его семья заняла важное положение в городе.

Позиция в правительстве предоставила Альгазену средства к существованию, что позволило ему в свободные часы изучать астрономию, математику, физику и медицину. Его, естественно, привлекли Египет, где правитель Фатимид халиф аль-Хаким был покровителем науки и привлек несколько ученых к своему двору.

Он отправился в Египет через некоторое время после того, как принял решение оставить свою работу в качестве министра и посвятить себя науке, поскольку он заработал репутацию известного ученого, еще находясь в Басре.

Халиф Египта был очень жестоким правителем, убивавшим своих соперников, но одновременно был покровителем наук, приглашая к себе таких высококлассных ученых, как астроном ибн Юнус. Его поддержка науки, возможно, была частично связана с интересом к астрологии. Аль-Хаким был очень эксцентричным, например, он приказал разграбить город Аль-Фустат, где

приказал убить всех собак, так как их лай раздражал его. Он запретил употребление определенных овощей и моллюсков. Однако аль-Хаким держал астрономические инструменты в своем доме с видом на Каир и построил библиотеку, которая была второй по важности по сравнению с Домом Мудрости в Багдаде, основанным более 150 лет назад и бывшим главным центром наук на Востоке.

Альгазен считал, что аль-Хакиму нужен повод, чтобы пригласить его в Каир, поэтому он тщательно изучил Нил, который был и остается кровью Египта. Народ Египта зависит от воды для орошения, но боится ежегодного наводнения, которое наносит значительный ущерб. Альгазен пришел к выводу, что плотина будет удерживать воду в течение сухого сезона и предотвращать ежегодные наводнения. Затем он подготовил план строительства такой плотины на участке недалеко от Асуана и отправил его халифу аль-Хакиму. Естественно, аль-Хаким был впечатлен и пригласил аль-Хайсама. Ибн аль-Хайсаму должно было быть не меньше сорока, когда он прибыл в Каир.

По прибытии аль-Хайсам первым делом посетил Асуан, примерно в 400 милях от Каира. До этого он даже не побывал в Египте, составив все свои планы на плотину по картам и исследованиям географии и геологии Египта.

На месте он сделал подробные исследования рельефа местности, взял образцы почвы, отметил образование камней и измерил ширину и сток реки. Кстати, Нил выбрасывает около 17 000 кубических футов в секунду в сухой сезон и более 300 000 кубических футов в секунду после дождей. Ибн аль-Хайсам вскоре понял, что задача строительства плотины выходит за рамки инженерных возможностей того времени.

Это оставило ему только две возможности. Либо он мог безрассудно участвовать в проекте, отсрочив, таким образом, день расплаты, либо он мог доложить о своих исследованиях халифу и надеяться на лучшее, зная, что халиф был вспыльчив и склонен к жестокости. Будучи человеком высокой добросовестности, Альгазен выбрал последний путь.

К счастью, халиф подавил свой гнев и не принял строгого приказа. Но его последующее поведение совершенно ясно дало понять, что аль-Хайсам потерял свою милость, и что халиф сильно возмущен им. Чтобы избежать более жесткого обращения, аль-Хайсам притворяется безумным. Это было сделано настолько хорошо, что халифа убедили только заключить в тюрьму аль-Хайсама и конфисковать все его книги и научные инструменты.

Опять же, удача улыбнулась оптике, поскольку аль-Хаким



*Основными темами научных трудов Альгазена были: оптика, астрономия и математика*

умер в 1021 году, и Альгазен был освобожден. Поскольку неизвестно, когда он был заключен в тюрьму, мы не знаем, как долго он был лишен своих книг и инструментов, но определенно в течение длительного периода времени Альгазен мог мало что делать, кроме как размышлять. Во всяком случае, после освобождения он вскоре начал вести жизнь ученого, живя недалеко от старейшего арабского университета аль-Азхар в Каире – основан в 970 году.

Ибн аль-Хайсам, таким образом, погрузился в страсть своей научной жизни. В возрасте около пятидесяти лет он начал свои исследования в области геометрической и физиологической оптики, которые продолжались более двух десятилетий. Работы

Ибн аль-Хайсама слишком обширны, чтобы мы могли их даже кратко обозреть здесь. Кажется, он написал около 92 работ, из которых, что примечательно, более 55 дошли до наших дней.

Основными темами его научных трудов были оптика, в том числе теория света и теория зрения, астрономия и математика, в том числе геометрия и теория чисел. Кроме того, он был астрономом, математиком и комментатором Аристотеля и Галена.

«Китаб аль-Маназир», семитомная работа по оптике, считается многими самым важным вкладом аль-Хайсама. Она была переведена на латынь как «Opticae The-saurus» (Сокровище оптики) в 1270 году. Предыдущей крупной работой по оптике

был Альмагест Птолемея, и его следует рассматривать как следующий крупный вклад в этой области.

Одним из первых вкладов аль-Хайсама было отклонение глазных лучей Платона. Он утверждал, что видимые размеры объектов, видимых на расстоянии, легче объяснить лучами света, испускаемыми объектом, чем глазами лучами.

Ибн аль-Хайсам изучал явления отражения и преломления, экспериментально показывая, что падающий луч, отраженный (или преломленный) луч и нормаль к поверхности – все лежат в плоскости. Его метод часто используется сегодня, чтобы проиллюстрировать это. Он попытался дать количественную оценку закона преломления, но мог показать только то, что отношение угла, падающего луча к поверхности, перпендикулярной к лучу, составляет около 1,3 для углов менее двадцати градусов. Хотя мусульманские математики разработали концепцию синусов углов, пройдет около 600 лет, прежде чем будет сформулирован правильный закон преломления.

Исследования аль-Хайсама включали формирование изображений сферическими и параболическими зеркалами. Его новаторские усилия в этой области были приняты в качестве стандартной работы на протяжении нескольких веков. Он также сделал

камеру-обскуру и описал, как образуется перевернутое изображение свечи.

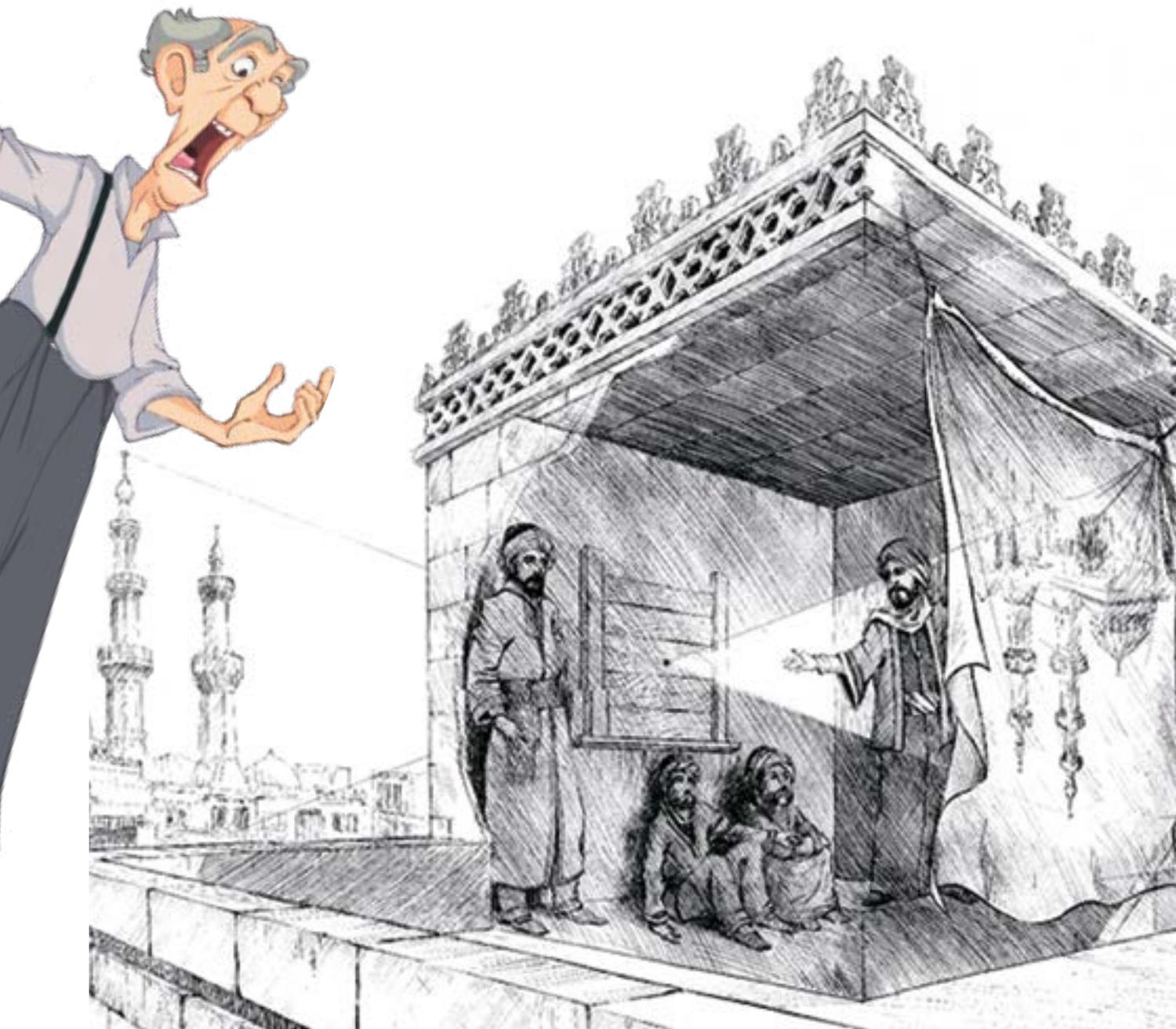
Возможно, его величайший вклад в оптику заключается в его усилиях в области физиологической оптики, которые основывались на исследованиях Галена. Гален рассматривал глаз как один из органов чувств нашего организма, дал описание его строения и выяснил функции зрительного нерва. В теории зрения Гален в основном придерживался идеи Платона, но, с одной стороны, придавал большое значение внешнему свету, идущему от Солнца, а с другой – уточнил, что «свет очей», вырабатываемый мозгом, идет по оптическому нерву к сетчатой оболочке, рассеивается в стекловидном теле глаза и вновь собирается на хрусталике, который, по Галену, есть орган восприятия.

Альгазен принял без изменения анатомическое описание глаза, данное Галеном, но отбросил как совершенно излишнюю вещь «Свет очей». Его описание глаза признано виртуозным и остается основой для описания работы глаза и сегодня. С помощью ряда хорошо поставленных опытов физико-физиологического характера он показывает несостоятельность представления о свете, исходящем из глаз и осяпывающем тело. Световые лучи у него идут не от глаза к предмету, а от предмета к глазу.



«Китаб аль-Маназир», семитомная работа по оптике

Но как же тогда одной точке предмета может соответствовать лишь одна воспринимающая точка? Альгазен преодолел эту трудность, приняв, что из всех лучей, проникающих в глаз, действительным является лишь луч, перпендикулярный всем глазным оболочкам, которые он считал концентрическими. Поэтому на переднюю поверхность хрусталика, который, по Альгазену, и есть орган чувства, действуют те лучи, которые, исходя из любой точки наблюдаемого предмета, проходят через геометрический центр глаза. Таким образом, Альгазен устанавливает точное соответствие между точками предмета и точками восприятия на внешней поверхности хрусталика и приходит к выводу: «Зрительный образ получается с помощью пирамиды, вершина которой находится в глазу, а основание – на видимом теле».



*Зрительный образ получается с помощью пирамиды, вершина которой находится в глазу, а основание – на видимом теле*

Почему же Альгазен не продолжил световые лучи за центр глаза до сетчатой оболочки, сделав ее местом образования изображения? Ему нетрудно было дойти до постановки этой проблемы: он знал нервное строение сетчатки, а оптику, обладающему его проницательностью, должно было казаться странным наличие свойства ощущения у столь прозрачной среды, как хрусталик.

Но поставив проблему, он тотчас же вынужден был отказаться от ее решения, испуганный ее следствиями. Действительно, если лучи пересекаются в центре глаза, то на сетчатке они образуют перевернутое изображение. Но видел ли кто-нибудь когда-нибудь мир перевернутым?

Альгазен знал по опыту, а не только на основе элемен-

тарных геометрических рассуждений, что на сетчатке изображения должны получаться перевернутыми. Действительно, несколькими страницами дальше после приведенного отрывка он описывает опыт с «камерой-обскурой», чтобы доказать, что лучи, исходящие от разных тел, могут пересекаться, не испытывая изменений.

Лишь позднее Леонардо да Винчи (1452–1519) оказался столь проницательным и храбрым, что из этого опыта отважился сделать вывод о сущности механизма зрения. И действительно, Леонардо описывает весьма подробно камеру-обскуру и, отметив перевертывание изображения, замечает: «то же происходит и внутри глаза». Всего шесть слов – и великое открытие!

В возрасте семидесяти четырех лет аль-Хайсам умер. В Средние века его называли величайшим авторитетом в области оптики. Фундаментальный трактат по оптике Альгазена, отличающийся новизной, оригинальностью и стройностью построения, был переведен на латинский язык и распространялся в рукописи до первого печатного издания, выпущенного в 1572 г., которое было разбито на отдельные книги.

В средние века этот трактат был скорее знаменит, чем известен. По сравнению с трактатом Альгазена был более распространен в средние века трактат по оптике Вителлия, о личности которого мы знаем очень мало. Неизвестно даже его точное имя: Вителлий, Вителлион, Вител. По-видимому, он был выходцем из Польши, долго жил в Италии, учился примерно с 1262 по 1268 г. в Падуе, а затем в Витербо. Между 1270 и 1278 гг. он написал трактат по оптике, в котором, беззастенчиво заимствуя у Евклида, Птоле-

мея и прежде всего у Альгазена, изложил, по существу, содержание и методы физики арабов.

Говорят, что его работы оказали глубокое влияние на Роджера Бэкона, Леонардо да Винчи, Иоганна Кеплера и сэра Исаака Ньютона. И это было сделано арабским ученым после того, как он был освобожден из тюрьмы в возрасте, превышающем пятьдесят лет. В 1604 Кеплер (Johannes Kepler, 1571–1630) опубликовал «Ad Vitellionem paralipomena», что означает дополнение к Вителлию, что, по сути, представляет собой дополнение к Альгазену. В этой работе определена геометрическая оптика лучей и пучков лучей, установлен механизм формирования изображения на сетчатке глаза хрусталиком как линзой, исследованы свойства преломления света для создания приборов видения. Лучи света – фундаментальная и существенная идея работ Кеплера. Он предполагал их основным элементом света, являющимися прямыми линиями в однородном пространстве, излучаемыми независимо от всех точек объекта, испытывающими преломление и отражение на границах раздела двух сред, что определяло для них законы геометрической оптики. Геометрическая оптика определяла закон обратных квадратов от расстояния и объясняла изображение в камере-обскуре.

Это позволяет мне сделать предположение, почему ра-



боты аль-Хайсама (Альгазена) неизвестны в России, но по нему существует значительная литература на Западе. Россия вступила в мир научных исследований в конце XIX века, когда в оптике победила волновая точка зрения, а лучевые представления казались первыми наивными попытками дать теорию света, а в Западной Европе они являлись составным элементом исследования света. Заметим, что на сегодняшний день в теории света признаются все три – лучевая, волновая и квантовая, каждая из которых имеет свою область применений. Но об этом мы расскажем в следующий раз.

В.П. Будаков, главный редактор журнала «Светотехника / Light & Engineering», профессор кафедры светотехники «Национального исследовательского университета «МЭИ»

# ЧУДЕСА, ДА И ТОЛЬКО!

Как-то, проходя зал античной скульптуры, я услышал не по-музейному громкий разговор. Впечатлениями делились мальчишки лет 12–13. Я подошел сделать замечание и услышал занятный разговор.

– Как думаешь? Он уже искупался или только собирается? – спрашивал один из ребят, показывая на скульптуру Геракла, победившего льва.

– Думаю, что уже искупался – отвечал другой.

Меня поразила тема дискуссии. Я присмотрелся и понял, в чем проблема. Скульптура была освещена явно неудачно: на ней практически не было теней. По странному стечению обстоятельств, свет падал на неё через окно почти под прямым углом, а возникающие тени гасились искусственным освещением в зале. В результате создавалось впечатление висевшего полотенца, на которое облокотился Геракл.

Было понятно, что мифов Древней Греции ребята не читали и про подвиги Геракла не слышали. Спрашиваю ребят. Спрашиваю ребят: "с чего вы взяли, что после купания?". "Ну как же, – отвечал самый бойкий, – стоит, спокойно загорает, полотенце, похоже, влажное сушится". Пришлось рассказать об одном из подвигов, но ребята не унимались: «А вы-то где льва увидели?»

Тогда я достал мобильник, включил фонарик и поднес его к морде льва сбоку. На скульптуре появились тени, и проявилась хищная львиная голова. Ребята раскрыли рты.

– «Прикольно» – сказал один, «классно» – сказал другой, «интересно» – сказал третий.

А теперь давайте попробуем с другой стороны. Тени изменили положение, изменилось и выражение львиной морды.

«Здорово! Надо же!» – услышал я возгласы ребят. Эксперимент им явно понравился.

– «Значит, впечатлением можно управлять» – заключил самый сообразительный.

– «Можно и нужно, чтобы показать, как это было задумано скульптором. Ведь скульптура эта из Греции и стояла она на улице. А освещение на улице в течение дня меняется из-за изменения положения солнца относительно скульптуры.» – объяснил я ребятам. Они дружно закивали головами и добавили хором: «Значит, и положение теней на ней будет меняться, и мы по-разному будем видеть ее в различное время суток».

– «А как же в музее?» – робко спросил самый застенчивый.

– «А что в музее? Мы все это только что проделали. Для этого нужно лишь правильно расставить осветители и включать их, например, по очереди через определенный интервал времени».

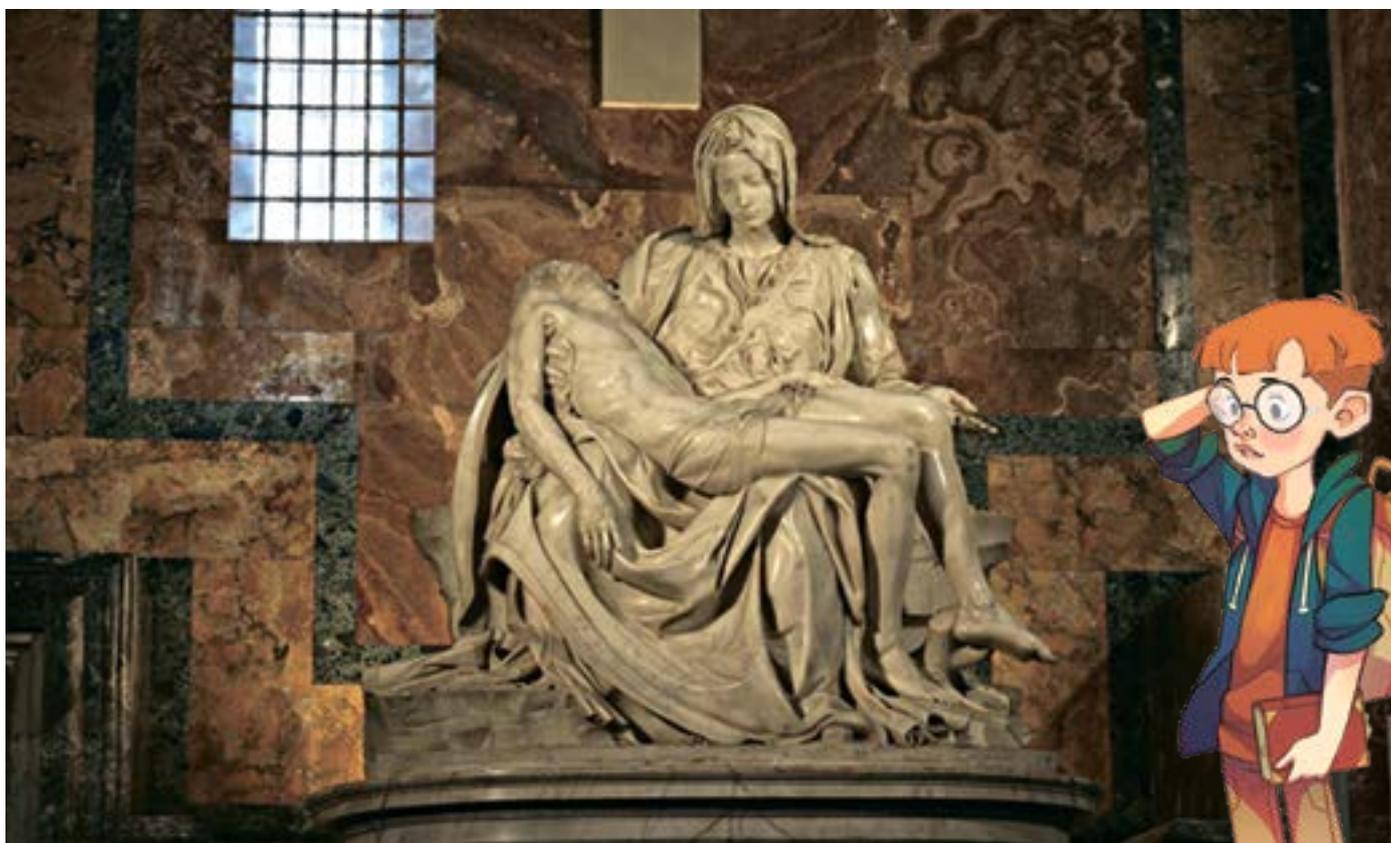
– «А можно это сделать как-то иначе?» – спросил самый любопытный.

– «Можно конечно и иначе, но об этом в следующий раз». Музей заканчивал работать, и мальчишки с озадаченными лицами потянулись к выходу.

---

Те, кто профессионально занимаются освещением, знают, что задача освещения музейных экспонатов – одно из главных условий восприятия произведений искусства и обеспечение сохранности экспонатов, особенно если речь идет о произведениях, насчитывающих не одну сотню лет. Освещение скульптуры в музее занимает особое место. Это связано с необходимостью формирования тени, что непросто в ограниченном музейном пространстве.

В чем же проблема? Дело в том, что подавляющее число скульптур, особенно античных, предполагались авторами для установки либо на открытом пространстве, как внешнее украшение храмов, парков и т.д., либо в очень больших помещениях в специально выделенных для их установки объемных пространствах. Посмотрите, например, как размещены «Пьета» Микеланджело в Соборе Святого Петра или статуя Зевса Праксителя в Олимпии. Очевидно, что теневые эффекты на них при естественном дневном освещении были «подвижны» из-за относительного перемещения источника света.



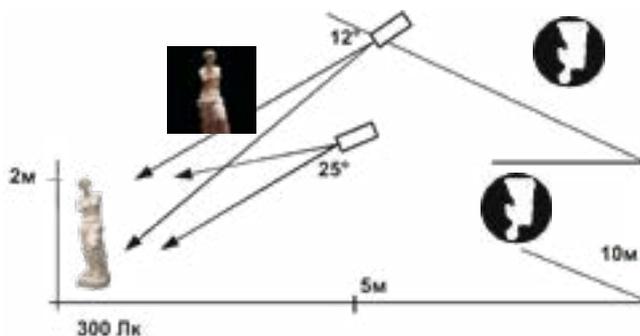
*Скульптурная композиция «Пьета» Микеланджело в Соборе Святого Петра*

Воспроизвести этот эффект в ограниченном музейном пространстве до последнего времени считалось невозможным из-за ограниченного объема демонстрации, да и посетители испытывали дискомфорт из-за большого числа осветителей. Тем не менее, эта задача имеет решение, которое отчасти было реализовано при освещении Ники Самофракийской и Венеры Милосской в Лувре.

В обоих случаях освещение осуществили проекционными приборами с нескольких позиций, как это показано через диафрагму, установленную в фокусе проецирующего объектива. Не буду углубляться в технические детали, отмечу лишь то, что подобное решение достаточно дорогое, и, к сожалению, не всегда приемлемо из-за большого количества навесных осветителей, которые нарушают интерьер демонстрационного зала.



*Возможная схема размещения осветителей при освещении скульптуры, обеспечивающая изменение положения тени*



*Такое размещение обеспечивает изменение положения тени*

Другая проблема освещения вызвана тем обстоятельством, что, как правило, античная скульптура Египта, Греции и Рима была окрашенной.



*Примеры выполнения античной скульптуры в разных странах в сравнении с современным ее видом*

Естественно, под воздействием эрозии скульптура, пролежавшая в земле не одну сотню лет, потеряла первоначальный вид.

Понятно, что красить сохранившееся образцы невозможно, так как мы привыкли воспринимать их такими, какие они есть сегодня. Можно, конечно, воспроизвести копию, ее покрасить и демонстрировать два экспоната рядом. Но это тоже дорого, да и площади пришлось бы значительно увеличить... Есть ли техническое решение этой проблемы? Есть! Например, библиотека цветных голограмм первоначально окрашенной скульптуры.



*Голографическое изображение окрашенной скульптуры*

Современными средствами эта задача решается достаточно просто. При этом демонстрационное место одно и не превышает 4 м<sup>2</sup> для всех скульптурных экспонатов музея.

Демонстрация малых форм: посуды, оружия, скульптуры и т. д. осуществляется, как правило, в закрытых стеклянных витринах с размещением объектов на вертикальной плоскости задней стенки, либо в витринах на горизонтальных прозрачных полках.



*Варианты освещения витрин. а, е) через прозрачную верхнюю панель, б) внешними осветительными приборами через боковые стены витрин, в) встроенными в витрину разнонаправленными осветителями, г, д, ж) встроенными в верхнюю панель осветителями*

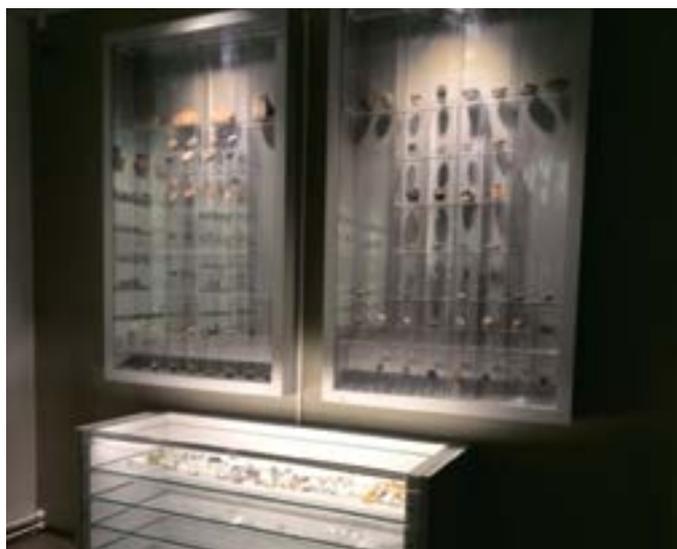
Освещение демонстрируемых в них объектов может осуществляться по-разному: через верхнюю прозрачную панель специальными осветителями зала или внешними осветительными приборами через боковые прозрачные стенки витрин. Могут быть также использованы специальные осветители, встроенные в перекрытие стенда.

Иногда используют сложную комбинированную подсветку, которая состоит из освещения встроенными осветителями, сверху дискретными световыми пучками от светогенератора через волоконно-оптические жгуты и снизу от светодиодных модулей.

Видно, что любой из перечисленных методов приводит к значительной неравномерности распределения освещенности на демонстрационной площадке. Это и наличие теней от освещаемых объектов на соседние или расположенные на нижних полках, и наличие бликов от внешних осветителей.



а)



б)



в)

*Основные проявления традиционных методов освещения малых форм. а) неравномерность распределения освещенности, б) наличие теней, дискомфорт, в) блики на демонстрируемых объектах*

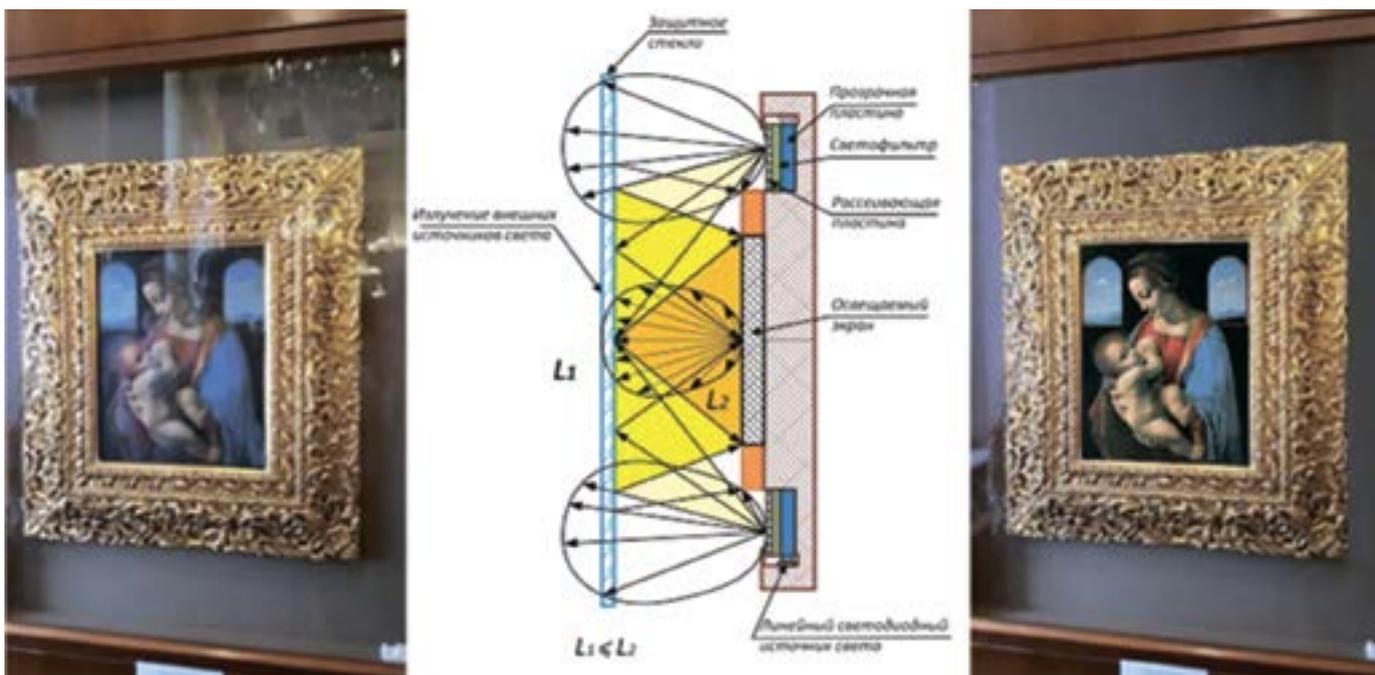


Схема освещения встречным световым пучком

Что же делать?

И здесь есть выход. Можно использовать встроенные осветители, например, плоские светодиодные панели с диффузным (рассеянным) встречным световым пучком.

Это обеспечит эффект за счет формирования на защитном стекле яркости, превышающей совокупную яркость от внешних источников света. Принцип работы построенного таким образом осветителя аналогичен, с той лишь разницей, что он содержит светофильтр с определенным способом установки.

Это позволит устранить перечисленные недостатки и представить демонстрируемые объекты совсем в ином виде.

Мы коснулись очень ограниченного круга проблем, связанных с музейным (экспозиционным) освещением. В действительности их много, и значимость таковых была озвучена на первой международной конференции «Свет в музее», которая прошла 17–20 апреля 2018 года в Санкт-Петербурге. Конференция была организована по инициативе Государственного Эрмитажа, Научно-технического совета (НТС) «Светотехника» и ВНИСИ им. С.И. Вавилова. Светотехники из разных стран, хранители музейных ценностей, светодизайнеры и даже производители светотехнического оборудования делились наболевшим, спорили, дискутировали, искали решения. Прозвучало свыше 30 научных и практических докладов, которые вместе с обсуждениями в формате круглого стола и в кулуарах форума дали богатую пищу для решения назревших проблем освещения музейных экспонатов и их защиты от неблагоприятного воздействия света.

Возможно, кто-то из вас, посвятив себя музейному освещению, найдет более интересные, недорогие и эффективные решения. Ведь освещение в музеях – это наше будущее!

Л.Г. Новаковский,  
генеральный директор ООО «ФАРОС-АЛЕФ»

# КАМЕРА-ОБСКУРА

**В** современном мире телефон многофункционален: вы можете совершать звонки друзьям и родственникам, смотреть видео в интернете, переписываться, делать фотографии и многое другое... Задавались вы когда-нибудь вопросом: «А как вообще происходит перенос изображения из нашего окружающего мира в смартфон?».

Прежде, чем ответить на этот вопрос, начну с того, что учиться всегда интересней, когда человек делает это на практике. Вы не только знакомитесь с тем, что есть в тексте и на фотографиях, но и сами начинаете задаваться научными вопросами для реализации нужных задач. Это дает толчок в понимании того, интересно ли человеку заниматься наукой, хочешь ли ты стать частью этого, ну или просто понять, как работает та или

иная вещь, которая побуждает к себе интерес. Вот от возникновения интереса я с энтузиазмом принялся делать камеру-обскуру. Прежде чем перейти к практике, хорошо бы было задать вопрос: «А когда вообще начали задумываться о нашем устройстве?». Принцип действия камеры-обскуры был известен ученым в середине IV в. до н.э. Смысл этого устройства заключался в переносе изображения посредством дырки (щели) в темной

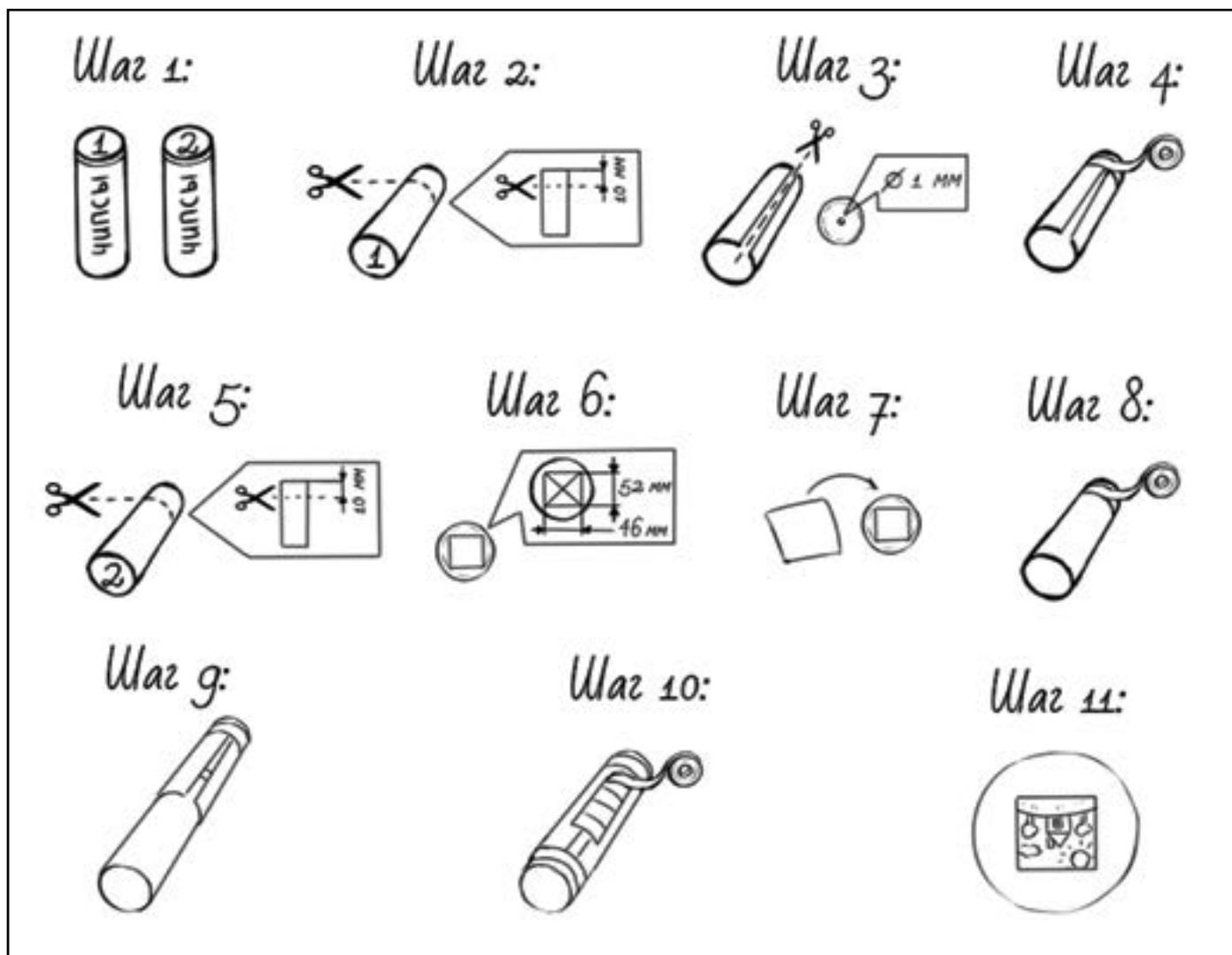


Рис. 1

комнате на стенку, которая находилась параллельно нашей дырке (щели), в результате чего наблюдатель видел перевернутое изображение. Камера-обскура в переводе с латинского – «темная комната».

Необходимое для создания:

- 1) Черная изоленга – 2 шт, ножницы, игла и пассатижи.
- 2) Коробка для чипсов – 2 шт.
- 3) Наждачная бумага, калька или бумага для выпечки.
- 4) Гуашь – черная, кисточка и фен (необязателен).

Далее следуй по Рис. 1, в котором представлена пошаговая инструкция сборки, где я показал, как на своем опыте возможно собрать и изучить основы физики с интересом.

**Шаг 1 и 2.** Начнем с покупок двух одинаковых твердых упаковок для чипсов. В одной из упаковок следует отрезать металлическое основание и снять пластиковую крышку сверху.

**Шаг 3.** В результате мы получим цилиндр и основание. В этом шаге необходимо пройти ножницами вдоль цилиндра, как показано на картинке, и сделать отверстие в основании с помощью иглы и пассатижей. Также в этом шаге нужно зачистить область внутри цилиндра, сняв верхний глянец наждачной бумагой, и при помощи гуаши и кисти нанести чернение. С основанием сделать такую же операцию, следует зачистить область с дыркой и затем зачернить внутреннюю часть. В конце всего эксперимента нужно проверить, чтобы внутри не было просветов (если будут, то заклеить изоленгой).

**Шаг 4.** Нужно соединить основание и цилиндрическую область, но только у основания.

**Шаг 5 и 6.** У второй упаковки нужно отрезать основание и, зачистив внутреннюю область, нанести гуашь. Тут, как и в шаге 3, можно воспользоваться феном, чтобы краска высохла быстрее. Потом необходимо сделать отверстие в пластиковой крышке, чтобы изображение было лучше видно.

**Шаг 7.** От кальки или бумаги для выпечки отрезаем квадрат 80x80 мм и, прислонив его к крышке из шага 6, закрываем вторую упаковку из шага 5.

**Шаг 8.** Нужно примотать эти составляющие из шага 7 друг к другу изоленгой, достаточно 2 кругов.

**Шаг 9.** Вставим упаковку 2 чуть дальше середины упаковки 1.

**Шаг 10.** Сверху по разрезу и форме замотаем изоленгой, с внутренней стороны, чтобы 2-ая упаковка не касалась ее и ходила плавно, можно также провести один раз изоленгой.

**Шаг 11.** Все получилось, осталось выглянуть в окно в солнечную погоду и наблюдать перевернутую картину, или посмотреть на лампу в плафоне и увидеть ее перевернутое изображение.

После получения результата я понял, что для лучшего восприятия стоит перевернуть картинку на выходе. Для этого существует множество способов, я предложу с помощью зеркала.

**Шаг 1.** Покупать ничего не надо, все можно вырезать из ненужных коробок для обуви.

**Шаг 2.** Необходимы две стенки по 65x160 мм. Также нужно основание 65x80 мм.

**Шаг 3 и 4.** Вырезаем две стенки одинаковых размеров 80x160 мм. В одной из них нужно вырезать отверстие диаметра 70 мм, для этого просто подставь выходное отверстие нашей камеры-обскуры и просто обведи его. Зачерним внутренние части и совместим так, чтобы не было просветов внутри.

**Шаг 5.** Необходимо маленькое зеркало, оно должно быть поменьше нашего отверстия для упаковки чипсов, примерно 50 мм, но можно и больше, главное, чтобы мы могли видеть наше изображение

**Шаг 6 и 7.** Нужно сделать горку из пластилина и, приклеив к нему зеркало, располо-

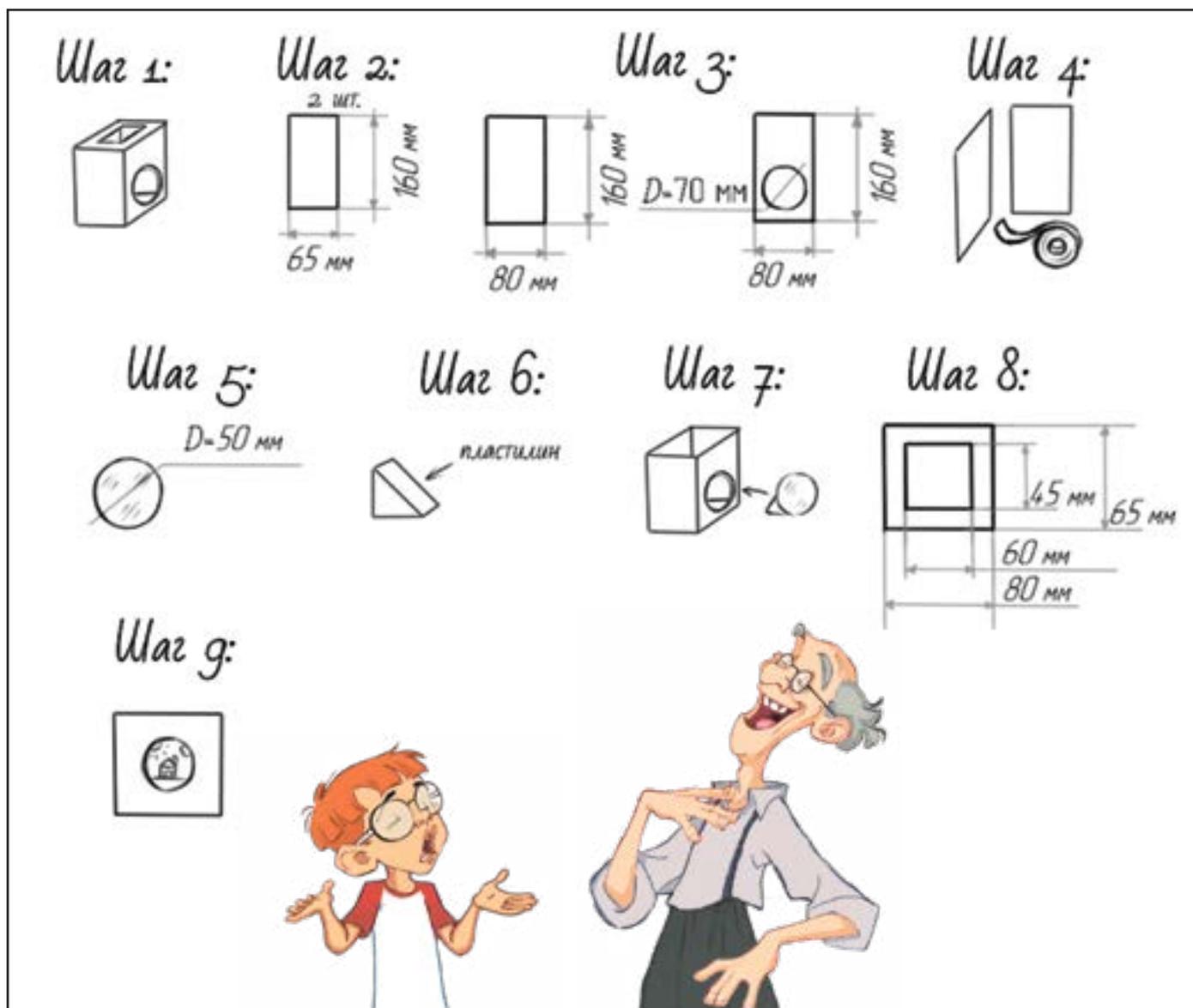


Рис. 2

жить его на дне, чтобы было видно картину из коробки для чипсов.

**Шаг 8.** Сделаем крышку для удобного наблюдения по тем размерам, которые указаны на рис. 2, зачерним внутри и приклеим к коробке изолентой.

**Шаг 9.** Соединим всю конструкцию и получим нормальное изображение.

Поздравляю, сегодня мы смогли собрать рабочий инструмент формирования изображения на экране. Но как же выбирать размер отверстия, почему картинка увеличивается и размывается при отдалении от щели, как переворачивается изображение, как перевернуть изображение с помощью лупы, мож-

но ли сохранить то изображение, которое мы получаем? Если стало интересно узнать ответы на эти вопросы, можно это сделать в следующем номере. В новой статье будут раскрыты все таинства создания данного проекта, а также будет предложена схема, с помощью которой можно реализовать работающий фотоаппарат.

Удачи!

Н.О. Сопов,  
студент НИУ «МЭИ»

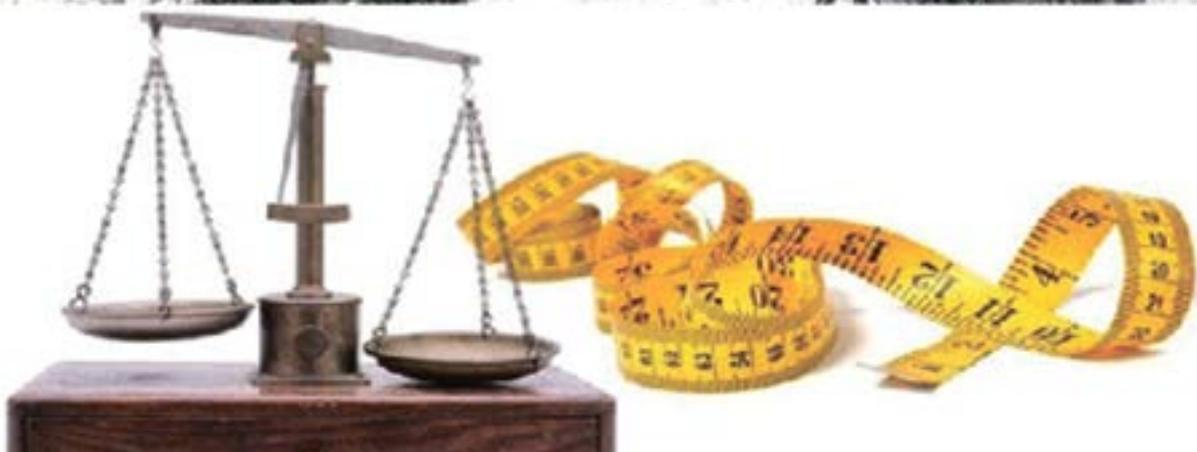
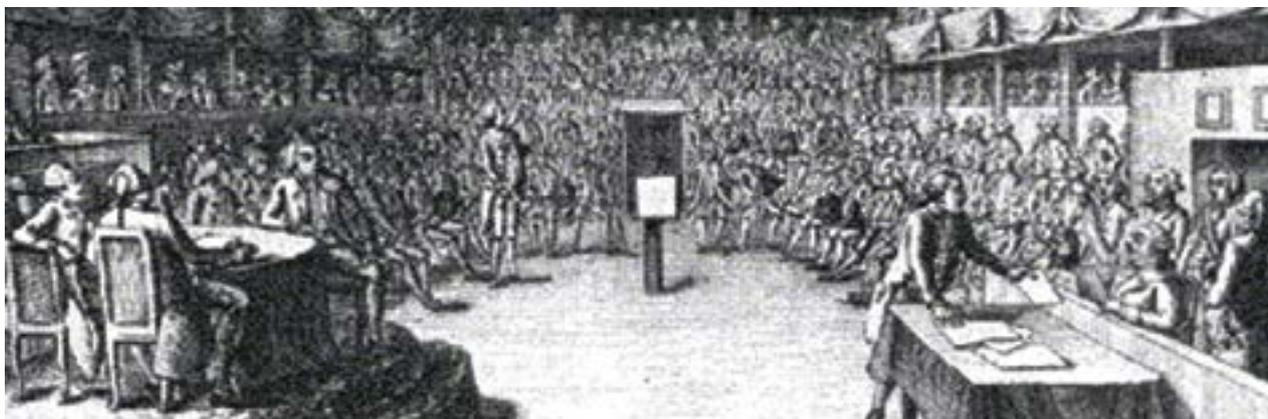
В.П. Будак, главный редактор журнала «Светотехника / Light & Engineering», профессор кафедры светотехники «Национального исследовательского университета «МЭИ»

# ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ, КАНДЕЛА И СВЕТОВОЙ ЭТАЛОН

**М**етрология – наука об измерениях, а слово метрология происходит от греческих слов *metron* (мера) и *logos* (понятие). Что мы измеряем?

Расстояния, размеры изделий, площадь различных объектов, время, электричество, количество веществ, вес, энергию излучения и многое другое из того, что является неотъемлемой частью нашей жизни. Особое место измерения занимают в научных исследованиях. «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять», – писал великий русский учёный Д.И. Менделеев. Современная техника измерений сложилась в результате длительного процесса развития средств измерений и учения об измерениях. Процесс этот неразрывно связан и развивается на основе достижений науки и техники. Сначала возникали национальные меры, трудно сопоставимые между собой. Меры эти определялись специальными условными единицами, в разных странах по-разному. На Руси, к примеру, – локоть, фут (ступня), вершок (половина указательного пальца).

В конце XVIII века во Франции была разработана метрическая система мер, основанная на «естественных» эталонах – метре и килограмме. Важной особенностью такой системы был десятичный способ образования величин: в одном километре – 1000 метров, в одном метре – 100 сантиметров и так далее. Русская система мер (сажень, фунт и ведро) была отменена в 1918 году. А в 1960 году на XI Генеральной конференции по мерам и весам была утверждена «Международная система единиц», основанная на метрической системе мер.



В конце XVIII века во Франции была разработана **метрическая система мер**, основанная на «естественных» эталонах – метре и килограмме. Важной особенностью такой системы был десятичный способ образования величин: в одном километре – 1000 метров, в одном метре – 100 сантиметров и так далее. Русская система мер (сажень, фунт и ведро) была отменена в 1918 году. А в 1960 году на XI Генеральной конференции по мерам и весам была утверждена «Международная система единиц», основанная на метрической системе мер.

Развитие метрической системы происходит непрерывно и параллельно с прогрессом и достижениями в соответствующих областях естественных знаний и технического прогресса.

Таким образом, метрология – это наука о технических измерениях различных физических величин с помощью специальных технических методов и средств. Единство и точность – важнейшие требования к техническим измерениям.

Что же такое **единство измерений**, и зачем к нему стремиться? Представьте, что вам необходимо изготовить взаимозаменяемое изделие, например деталь, по одному чертежу на разных предприятиях. В чём выразить результат? Конечно, в узаконенных единицах и вероятных погрешностях измерений. И только при единстве можно сопоставлять результаты измерений в разных местах, в различное время с помощью разнообразных приборов.

Не менее важна **точность измерений**. По сути – это качество измерений, которое отражает близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Чем меньше разность между измеренным и истинным (эталонным) значениями, тем выше точность.

Измерения, методы и средства обеспечения их единства и способы достижения требуемой точности – есть суть **метрологии**. Основные задачи метрологии – это развитие общей теории измерений, установление единиц физических величин, разработка методов и средств измерений, разработка способов определения точности измерений и единообразия средств измерений, разработка методов передачи размеров единиц.

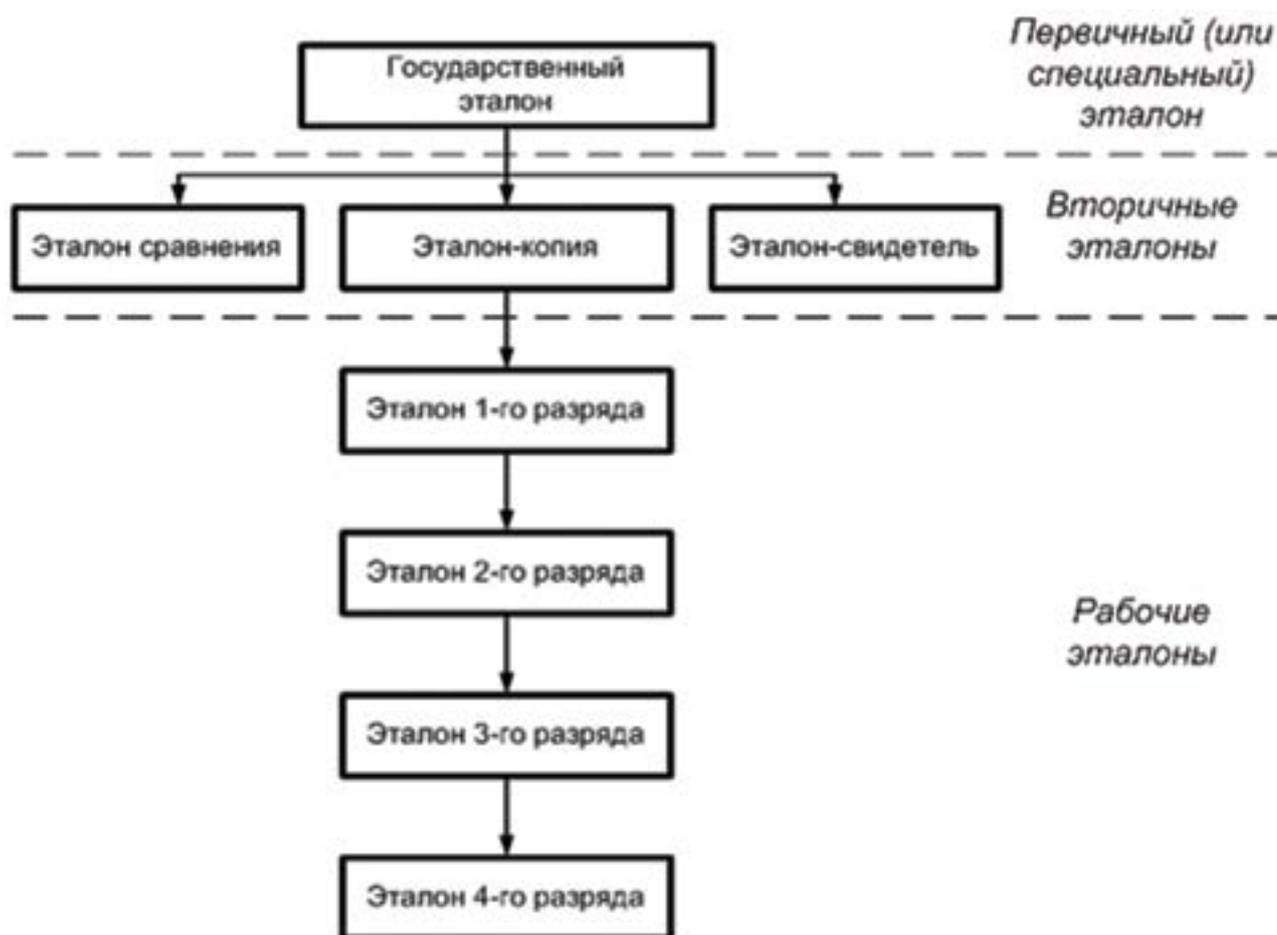
На последней странице ты найдешь много важных понятий, относящихся к метрологии. Если **погрешность измерения** – это отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины; то **неопределенность измерения** – параметр, который относится к результату измерения и характеризует разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине. Постепенно термин неопределённость начал вытеснять термин погрешность. Это началось с момента его введения в теорию и практику мировой метрологии.

**Калибровка** – совокупность операций, выполняемых в целях установления действительных значений метрологических характеристик средств измерений. С 1993 года во всём мире в сертификатах калибровки начали указывать не характеристики погрешности, а характеристики неопределённости. Мы, в России, пользуемся характеристиками неопределённости для участия в международных сличениях (сравнениях с зарубежными аналогами), например, в международных ключевых сличениях по силе света, световому потоку. Это очень важно для производителей ламп и потребителей, так как от этого зависит качество освещения.

Для обеспечения единства измерений необходимо точно воспроизводить, хранить и передавать применяемым средствам измерений установленные единицы физических величин.

Для этих целей используются эталоны. Эталоны классифицируются по разрядам и имеют строгую подчинённость. Самый «надёжный» и «точный» эталон, который утверждается в качестве исходного для страны, называется государственным.

Кроме национальных эталонов, существуют международные эталоны, которые хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ).



Классификация эталонов по подчиненности

## КАНДЕЛА И СВЕТОВОЙ ЭТАЛОН

Одна из основных единиц метрической системы – единица силы света кандела. Сила света источника видимого излучения определяется световым потоком, воспринимаемым глазом человека, с учётом различной его чувствительности к различным участкам спектра. В различное время единица силы света определялась по-разному. В Германии с 1869 г. использовалась парафиновая свеча диаметром 20 мм и высотой пламени 50 мм. В 1893 г. Международным конгрессом электриков за единицу силы света

была принята амил-ацетатная лампа с высотой пламени 40 мм при его ширине 8 мм. Поскольку на французском языке свеча – chandelle, то наименование «кандела» стало применяться к единице силы света. До 1979 года в определении канделы фигурировал источник, который воспроизводил эту силу света, а также его физические особенности.

Для передачи размера единицы силы света в лабораторных измерениях сравниваемые источники света закрепляют в держателях,

которые можно перемещать по направляющей. Такая направляющая, прямая и достаточно жёсткая, называется фотометрической скамьёй. Визуальная фотометрическая головка устанавливается неподвижно. Если одна лампа закреплена на расстоянии  $x_1$  от экрана, а другая отодвинута на расстояние  $x_2$ , при этом яркость полей сравнения одинакова, то отношение сил света  $I_1$  и  $I_2$  двух ламп определяется равенством  $I_1 / x_1^2 = I_2 / x_2^2$ .

Это равенство выражает т.н. закон обратных квадратов расстояний И. Кеплера (1604), который является основным законом фотометрии. Согласно этому закону, если яркость двух полей сравнения одинакова, то силы света двух ламп обратно пропорциональны квадратам расстояний от соответствующих ламп до экрана фотометра. В справедливости этого соотношения легко убедиться, рассмотрев световую пирамиду с лампой в вершине. Свет, проходящий через сечение  $A$  пирамиды на единичном расстоянии от лампы, будет распределён по площади  $4A$  на удвоенном расстоянии, по площади  $9A$  – на утроенном расстоянии и т.д. Единственное условие применимости этого закона требует, чтобы размеры источника были малы по сравнению с расстоянием.

В некоторых специальных измерениях применяются другие средства изменения яркости поля сравнения, например, вращающийся диск. Если он вращается достаточно быстро, так что не заметно никакого мерцания, то свет ослабляется пропорционально доле полного круга, приходящейся на секторные вырезы. Каков бы ни был выбранный способ регулировки яркости, важно, чтобы изменялась только яркость, но не цвет поля. Относительно световых источников разного цвета установлено, что если цвета различаются более или менее заметно, то результаты сравнения приобретают субъективный характер и даже у одного и того же наблюдателя могут меняться. При этом точность визуальной фотометрии сильно снижается.

В 1979 году МБМВ на 16 Генеральной конференции по мерам и весам было принято определение кандела, которое является действующим: Кандела – сила света в заданном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение частотой

540·10<sup>12</sup> Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Новое определение канделы никак не связано с конструктивными особенностями излучателя, на котором воспроизводится эта единица силы света.

Сегодня ключевыми словами для состава первичного комплекса световых эталонов являются: высокотемпературная модель чёрного тела (ВМЧТ), криогенный радиометр, трап-детектор, фотометрическая головка, спектрометр с ПЗС-матрицей, имидж фотометр, гониофотометр ближнего поля и т.д. Все световые измерения в России прослеживаются к этому комплексу воспроизведения единиц световых величин. Сотрудники лаборатории фотометрии и радиометрии некоге-



рентного оптического излучения ВНИИОФИ ведут интереснейшие научные работы в области разработки методов и средств воспроизведения и передачи размеров единиц фотометрических, радиометрических и спектрометрических величин.

Р.И. Столяревская, зам. гл. редактора  
и научный редактор  
англоязычной версии, д.т.н.

# О СВЕТЕ И ЦВЕТЕ

Свет – это одно из явлений, интуитивно понятных каждому, однако четко ответить на вопрос «что такое свет» смогут далеко не все. Давайте разберемся вместе, что же мы называем светом.

С развитием науки понимание света кардинально изменилось. Было много споров о природе этого явления. Одни научные теории противоречили другим, и было сложно понять, какая же из них правдива. До XIX века было принято считать, что свет – это упругая волна, то есть процесс распространения колебания частиц в пространстве за счёт сил упругости. При этом важно понимать, что каждая отдельная частица физически не перемещается, а совершает колебания вокруг своего центра равновесия. Волны делятся на продольные и поперечные. Свет относили к поперечным волнам, то есть таким, в которых направление колебания частиц перпендикулярно распространению самой волны (Рис. 1). Примеры таких волн – это пружина, колебания струны или натянутой верёвки.

Поперечные волны примечательны тем, что могут распространяться только в твёрдых телах, то есть в примерах выше колебания распространяет сама пружина, струна или верёвка. Если речь идёт о свете, то необходима какая-то среда, распространяющая волну. Так, в XVIII веке Рене Декарт выдвинул теорию эфира, который заполняет собой всё пространство и принимает участие в распространении волн. Эту теорию поддерживали и развивали на протяжении десятков лет многие ученые, в том числе Ломоносов, Эйлер и Лоренц. Для световых волн выделяли особый светоносный эфир.

Максвелл в своих работах (XIX век) доказал существование электромагнитных (ЭМ) волн. Он также использовал понятие эфира, но сам эфир был лишь дополнением для лаконичности и облегчения восприятия теории с точки зрения математики. На практике теорию Максвелла подтвердил Г. Герц. В результате его экспериментов можно было сделать вывод, что и свет является ЭМ волной.

Значительно позднее, в начале XX века, в работах Эйнштейна было предложено полностью отказаться от теории эфира. Для описания процесса распространения света понятие эфира оказалось ненужным, так как свет – это не упругая волна, как считали ранее, а электромагнитная (ЭМ). Параллельно с развитием и отказом от теории эфира возникали споры о природе света. В результате одних экспериментов свет проявлял себя как частица. Этой точке зрения противопоставляли результаты других исследований, которые можно объяснить только тогда, когда свет является волной. Явление разного поведения света имеет название корпускулярно-волнового дуализма (корпускула – частица). Он являлся камнем преткновения

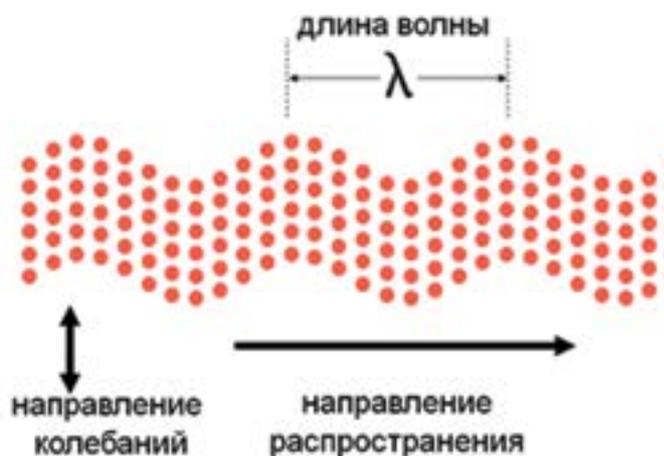


Рис.1. Поперечная волна

не одного поколения физиков. Значительно позже Макс Планк нашёл объяснение двойной природы излучения – он ввёл понятие кванта энергии, то есть порции энергии, которая является и частицей, и волной одновременно. Применительно к свету квант называют фотоном. Если взять отдельный фотон, то он ведёт себя как частица. Анализируя множество фотонов, можно прийти к другому понятию – ансамблю фотонов,

которые будут представлять собой волну и, соответственно, проявлять волновые свойства.

Вернёмся к понятию, введённому Максвеллом. Электромагнитное (ЭМ) излучение – это особый вид энергии, который постоянно окружает нас в различных формах, таких как радиоволны, микроволны, рентгеновские лучи и прочие. Свет, который мы видим, также относится к электромагнитному излучению. Почему же разное ЭМ излучение имеет различные свойства? Это зависит от длины волны излучения или частоты. Длина волны обратно пропорциональна энергии, то есть чем длина волны больше, тем энергия будет

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

где  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка,  
 $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света,  
 $\nu$  – частота,  $\lambda$  – длина волны

меньше:

Если мы знаем длину волны, то можем однозначно сказать, какими свойствами будет обладать излучение. А зная его свойства, мы можем понять и предсказать, будет ли оно белым, цветным или вообще невидимым для нашего глаза.

Так что же такое свет? Свет – это электромагнитное (ЭМ) излучение в диапазоне от 380 до 780 нанометров (нм). Границы диапазона обусловлены наличием реакции глаза человека на излучение, поэтому такое излучение называют видимым. Конечно, глаз каждого человека уникален, поэтому у двух разных людей может быть разная чувствительность глаза и даже границы видимого диапазона. Они могут варьироваться в пределах от 380–400 нм и до 760–780 нм. Однако здесь и далее будет говориться о среднестатистическом глазе или стандартном наблюдателе. На Рис. 2 представлена зависимость реакции глаза от длины волны.

Обратите внимание, что с увеличением длины волны цвета меняются от фиолетового к красному.

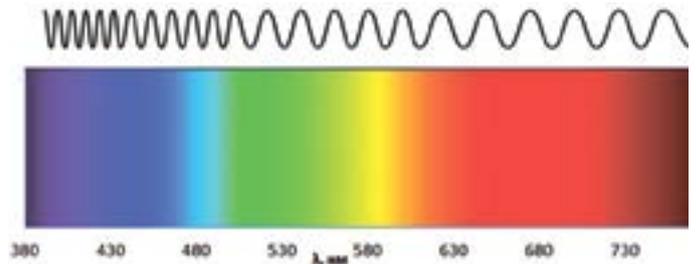


Рис. 2. Видимый диапазон излучения

Важно отметить, что человеческий глаз реагирует на излучение разных длин волн по-разному. Излучение с длинами волн менее 380 нм и более 780 нм глаз просто не фиксирует: оно для нас будет невидимым. Другими словами, чувствительность в этом диапазоне равна нулю. В видимой области чувствительность глаза для разных длин волн разная с максимумом на длине волны 555 нм, что соответствует зелёному цвету излучения. То есть глаз человека наиболее чувствителен к зеленому цвету. Спектральная чувствительность глаза, которая обозначается в светотехнике как  $V(\lambda)$ , представлена на Рис.3:

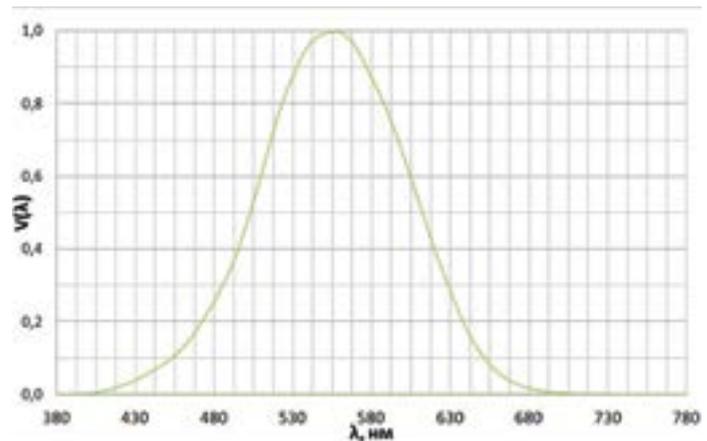


Рис. 3. Относительная спектральная световая эффективность

Эта кривая получена экспериментальным путём. Её смысл состоит в том, что при одинаковой мощности излучения красный или фиолетовый цвета ощущаются как менее яркие, чем зелёный. Таким образом, чем ближе длина волны к краю видимого диапазона, тем сильнее уменьшается чувствительность глаза. Мы этого не замечаем, но если сравнить свет от двух цветных фонариков одинаковой мощности, то один из них будет казаться более ярким.

# ЧТО ТАКОЕ БЕЛЫЙ СВЕТ

В отношении света применима так называемая аддитивная модель смешения цветов. Принцип этой модели состоит в том, что белый цвет получается в результате сложения всех основных цветов видимого диапазона. Первым такое представление цветов исследовал Ньютон, который предположил, что белый свет можно разложить на семь составляющих, аналогичных цветам радуги:



Рис. 4. Цветовой круг Ньютона

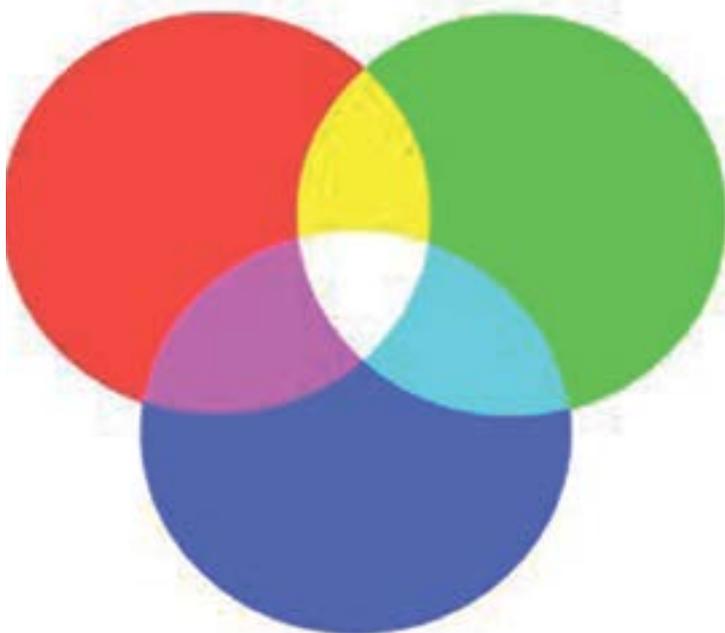


Рис. 5. Аддитивная модель цвета RGB  
эффективность

Также он заметил, что смешение красного и фиолетового цветов дают пурпурные цвета. Их особенность заключается в том, что их нельзя получить при разложении спектра. Помимо Ньютона, исследованиями природы света и цвета занимались многие другие учёные. Например, известный философ и поэт И.В. Гёте считал самым важным достижением именно своё «Учение о цвете», а не многие другие труды.

На сегодняшний день наибольшее распространение имеет более простая аддитивная модель смешения цветов, которая состоит из красного (Red), зелёного (Green) и синего (Blue) цветов – модель RGB. Иллюстрацию этой модели можно увидеть на Рис. 5.

Вы можете самостоятельно создать макет этой модели, если направите в темноте лучи трёх цветных фонариков на стену. Общее световое пятно будет белым.

В противовес аддитивной модели можно представить также субтактивную модель, в которой результат смешения всех цветов – это чёрный цвет, а не белый. Она применяется в принтерах для печати, а также у художников – ведь смешав все краски палитры, вы не получите белый цвет.

Существует множество цветовых моделей, цель каждой из которых – это математическое описание реакции глаза на цветное излучение. В данном случае мы рассмотрим модель XYZ как одну из самых распространённых.

Смысл модели заключается в том, что все возможные цвета описываются путём комбинации трёх основных. В ней используются три компоненты, потому что сетчатка человеческого глаза содержит три типа рецепторов (колбочек), отвечающих за распознавание синего, красного и зелёного цветов. В этой модели есть три составляющих, называемых кривыми сложения или удельными координатами цвета:  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  (Рис. 6).

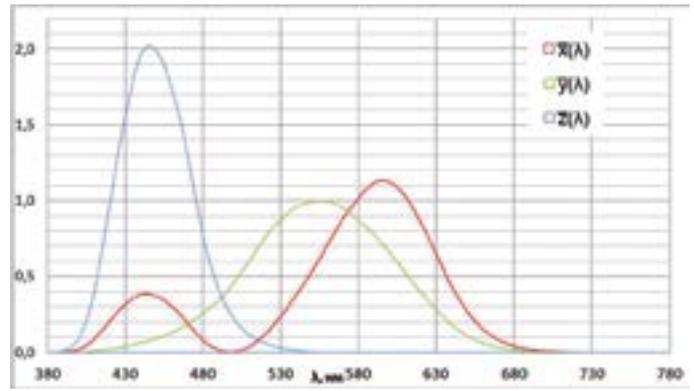


Рис.6. Кривые сложения  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$

Эти кривые в действительности не соответствуют реакции каждого типа колбочек на свет, но по ряду причин для анализа цветности излучения было решено использовать именно их. Примечательно, что  $\bar{y}(\lambda)$  соответствует кривой спектральной чувствительности глаза  $V(\lambda)$ . Если из трёх составляющих можно получить суммарный спектр, то можно представить эту задачу другим образом: разложить итоговый спектр на компоненты. При работе с моделью XYZ это делается в несколько этапов. После определённых математических действий со спектром излучения вы можете получить так называемые координаты цветности. Каждая координата показывает относительный «вес» цвета:  $x$  – красного,  $y$  – зелёного, а  $z$  – синего. При этом при расчётах выполняется равенство  $x+y+z=1$ . Тогда, если мы знаем только значения  $x$  и  $y$ , то уже можем однозначно определить цвет. Для наглядности в системе XYZ для этого используют диаграмму цветности  $xu$ , представленную на Рис. 7:

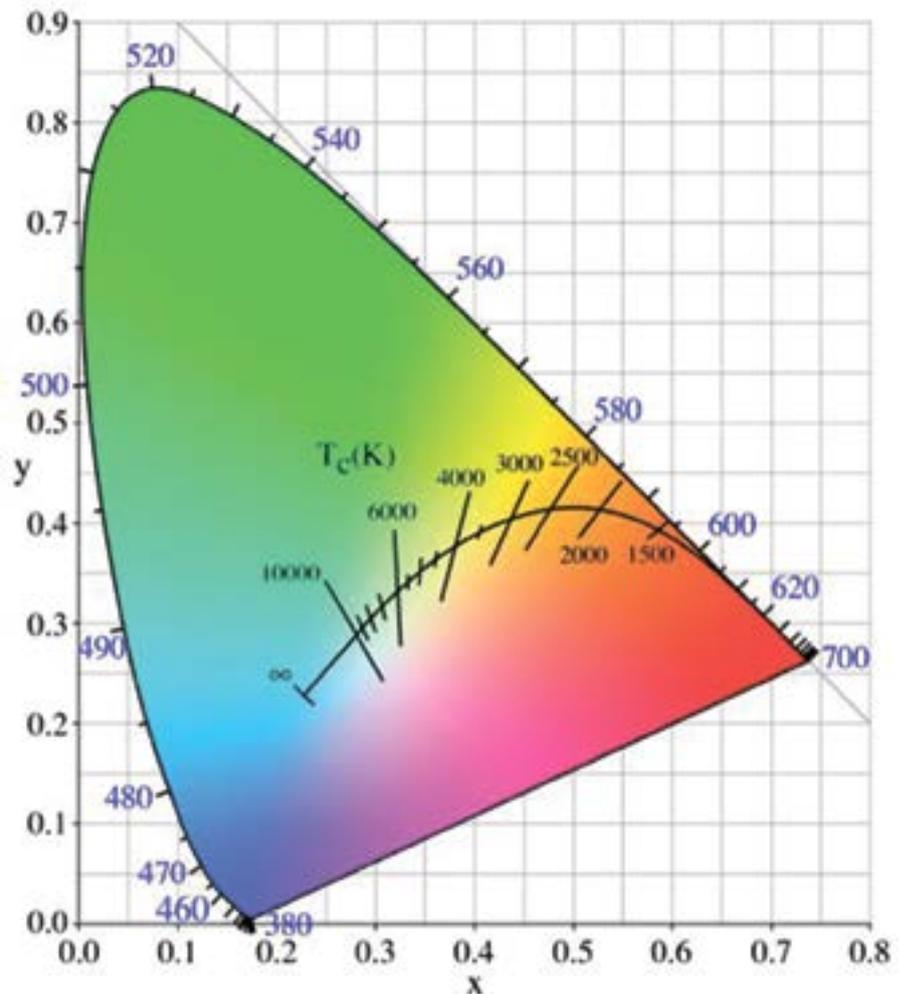


Рис. 7. Диаграмма цветности  $xu$

Спектр излучения – это достаточно сложное понятие для понимания. Диаграмма цветности позволяет облегчить анализ спектра и наглядно определить цвет излучения. Для этого нужно всего лишь отметить точку на диаграмме с координатами

цветности  $x$  и  $y$ . Если вы поставите на диаграмме цветности точку с координатами  $x=0,2$  и  $y=0,6$ , вы увидите, что цвет будет зелёным. Попробуйте сами: какому цвету соответствуют координаты цветности  $x=0,2$  и  $y=0,1$ ?

На кривой отмечены все длины волн видимого диапазона, в то время как на нижней границе (прямая линия) нет дополнительных отметок между 380 нм и 700 нм. Этот отрезок называется линией пурпурных цветов и показывает все возможные комбинации красного и фиолетового цветов.



Если приглядеться внимательно, то в центре цветовой диаграммы можно увидеть белое пятно. Это и есть область белых цветов. Каждый из нас обращал внимание на то, что искусственный свет дома может быть разным в зависимости от источника. Свет от Солнца, люстры в квартире, свечи или в подземном переходе – это абсолютно разный свет. В быту часто используются выражения «тёплый» или «холодный» свет. Координаты цветности каждого из них лежат в области белых цветов на цветовой диаграмме, но только их точное значение показывает то, насколько много синего или красного в спектре излучения источника белого света. Именно по положению точки на диаграмме можно заклю-

чить, какой именно белый свет мы получим от источника. В светотехнике для более точного качественного описания цветности белого излучения используется понятие цветовой температуры. Оно позволяет не использовать общие слова «тёплый» или «холодный», а характеризовать его более точным и объективным значением температуры в Кельвинах. А подробнее об этом и других понятиях, используемых для качественного описания света, мы поговорим в следующий раз.

А.Г. Савицкая,  
специалист по продуктовому маркетингу  
МСК «БЛ ГРУПП»

## ОПТИКА ДОЖДЕВОЙ КАПЛИ

Роль Солнца в жизни человека трудно переоценить: оно является источником тепла и света. Также эта яркая звезда вызывает у людей положительные эмоции. Вспомни, как ты выходишь на улицу в солнечную погоду, и на твоём лице сразу появляется улыбка. Солнечное излучение не только помогает людям в дневное время видеть окружающий мир, но и является источником различных природных явлений. Прежде чем предстать перед глазами человека в виде красочных явлений, естественный свет взаимодейству-

ет с различными частицами в атмосфере: проходит сквозь них, отражается, поглощается. Наука, которая рассматривает прохождение излучения в различных средах, называется оптикой. Каким образом формируется радуга? Почему небо голубое? На эти и некоторые другие вопросы мы и попытаемся найти ответ, рассмотрев оптику одной маленькой частицы – дождевой капли. Оказывается, эта маленькая героиня нашей статьи является причиной таких красот, что мне уже не терпится рассказать тебе о её способностях.



Представь, сколько капель падает на землю во время дождя. И каждая из них участвует в формировании чудесных природных картин, о которых ты скоро узнаешь. Так что не стоит недооценивать возможности капли. Хоть она и является маленькой, но не зря некоторые люди посвящали годы своей жизни её изучению. Даже науку о каплях придумали – сталагмологию. Предлагать тебе уделить несколько лет изучению капель я не стану, но прочитай эту статью по совету. Давай начнём с простого.



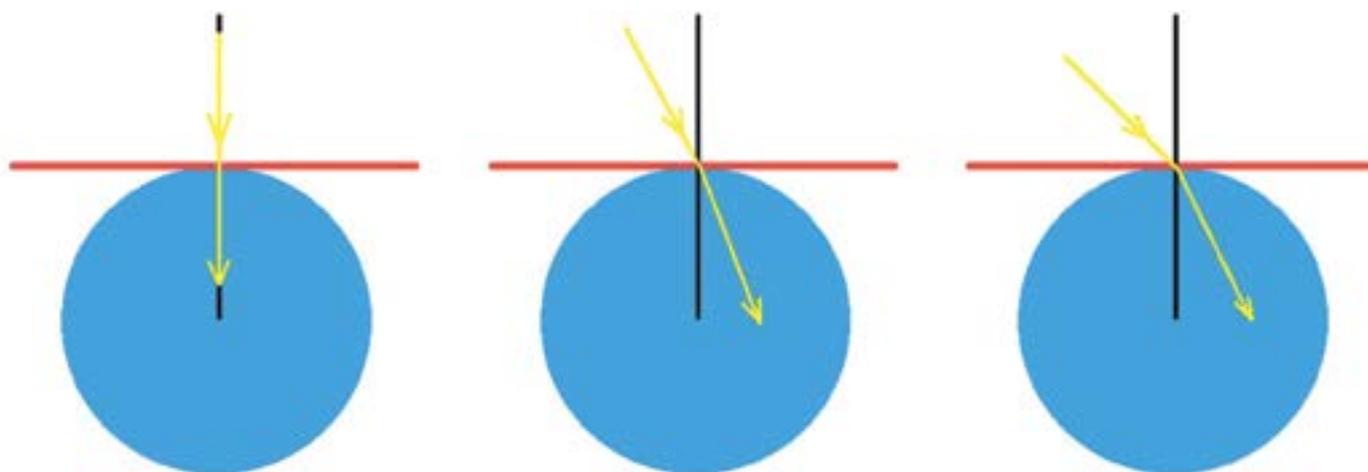
Представим, что на дождевую каплю, находящуюся в воздухе, падает солнечное излучение. Будем считать, что капля имеет форму шара. Что произойдёт с излучением? Некоторая его часть отразится от поверхности капли. Но в каком направлении? В этом случае работает довольно простой закон: угол падения равен углу отражения. С этим принципом ты не раз сталкивался, когда кидал мяч в землю. Для капли дождя этот закон работает примерно так же, но стоит рассказать, каким образом отсчитываются углы падения и отражения. В этом нам поможет рисунок и наше воображение. Нарисуем круг – это наша героиня капля. Изобразим линией со стрелочкой падающее на каплю излучение. Обозначим точкой А пересечение стрелки с поверхностью капли. Для нахождения углов падения и отражения вос-

пользуемся следующим способом: представь, что у тебя есть лист бумаги, который не смачивается. Тебе нужно дотронуться листом бумаги до точки А таким образом, чтобы больше никакая точка на поверхности капли не соприкасалась с листом. Смелее, включай воображение! На рисунке обозначим лист бумаги красной линией. К сожалению, на картинке представлять объёмные эффекты трудно, поэтому я верю в твоё воображение! Теперь проведём линию из точки А через центр капли – эта линия называется перпендикуляром. Относительно этой линии и нужно отсчитывать углы падения и отражения, которые равны. Представь, что падающее излучение – твой мяч, а лист бумаги является в нашем случае землёй, на которую падает мяч. Тогда направление отскока мяча и будет указывать на направление отражения излучения,

то есть углы падения и отражения равны!

Если бы водяные капли только отражали свет, то мы бы никогда ничего не увидели в реке или море без подводных фонарей. Но мы ведь видим обитателей водных пространств, когда ныряем в воду без искусственных источников света. Я думаю, что у тебя нет никаких сомнений в том, что свет не только отражается от поверхности капель воды и дождя, но и проникает внутрь. При этом излучение, попадающее в каплю, изменяет направление распространения, то есть преломляется. Для наблюдения этого эффекта можно провести следующий опыт: возьми монету, скотч, стакан с водой и чашку. Приклей монету ко дну чашки скотчем таким образом, чтобы она располагалась примерно в центре дна. Посмотри на чашку сверху – монетка

доступна твоему взгляду. Теперь наклоняйся до тех пор, пока монетка не выйдет из твоего поля зрения. Не переживай, сейчас мы её вернём. Только не шевели головой и глазами, ты справишься и так! Возьми стакан и перелей воду в чашку. Монетка опять смотрит на тебя! Таким образом работает закон преломления.



*Опыты с чашкой*

Этот закон описывается математическим выражением, но можно просто изобразить, как он работает. Если излучение падает перпендикулярно капле (ты уже знаешь, что такое перпендикуляр), то оно не преломляется. Чем больше угол падения, тем сильнее преломляется излучение в дождевой капле. Также стоит сказать, что в общем случае преломление зависит от оптических свойств среды, из которой идёт излучение, а также от оптических свойств среды, в которую переходит излучение.

Теперь мы знаем, что излучение, падающее на дождевую каплю, не только отражается от неё, но и проходит внутрь, преломляясь. Но

какая доля излучения отражается, а какая доля проходит внутрь? Это зависит от угла падения излучения на каплю. Чем меньше угол падения излучения, тем больше света проходит внутрь капли и тем меньше света отражается от неё. И наоборот: чем больше угол падения, тем больше света отражается от капли и меньше проходит внутрь.

Давай рассмотрим один интересный вариант прохождения излучения в капле. Представь, что излучение идёт не из атмосферы в каплю, а наоборот – из капли в атмосферу. Если угол падения очень большой, то всё излучение отражается обратно внутрь капли и не выходит из него! Этот эффект называется

полным внутренним отражением. С этим эффектом сталкивается водолаз, который, находясь под водой, смотрит на поверхность, но при некотором угле наблюдения видит лишь отражение дна.

Отражение и преломление излучения в дождевых каплях являются причиной различных природных явлений, которые может наблюдать человек. Какие-то из них знакомы тебе с детства, о других ты услышишь впервые. Но все они достойны того, чтобы познакомиться с ними подробнее.

Почему небо голубое? Этот вопрос волнует практически всех детей с малых лет. Взрослым не всегда удаётся объяснить причину. Давай разберёмся с этим вопросом! Конечно же, цвет неба можно объяснить, зная законы преломления и отражения излучения. Вот какая могущественная наука светотехника! Кстати и ответ на вопрос «почему тра-

ва зелёная?» можно найти, немного углубившись в светотехнику, но сейчас не об этом. Цвет неба пытались объяснить многие учёные, а в окончательном виде теория была изложена только в 19 веке. Причиной голубого цвета неба является рассеяние – изменение характеристик излучения при взаимодействии с частицами в атмосфере. Одной из этих частиц и является капля. Солнечное излучение рассеивается таким образом, что в большинстве своём в небе остаются лучи голубого цвета. А теперь давай ответим на другой вопрос, который не так часто возникает у людей. Почему Солнце жёлтое? Оказывается, если смотреть на Солнце в космосе, то оно будет белым. Когда мы смотрим на Солнце, находясь на земле, мы видим в основном жёлтые лучи, а остальное излучение от Солнца рассеивают частицы в атмосфере. Прошу тебя, не проверяй невооружённым глазом цвет Солнца – это может быть опасно для твоих глаз.

### *Знаете ли вы?*

*Если бы в атмосфере не было бы никаких частиц, (в том числе и дождевых капель), то небо было бы чёрным*

Теперь я хочу рассказать тебе о природных явлениях, которые не так часто встречаются в повседневной жизни, но, безусловно, заслуживают внимания. И причиной их возникновения опять являются капли воды!

Глория – радужные кольца, которые возникают вокруг тени самолёта на облаках. Такое явление образуется благодаря необычному отражению солнечного излучения от капелек воды в облаках.

Аналогичное явление можно наблюдать в горах – ты можешь увидеть радужное



*Глория – радужные кольца, которые возникают вокруг тени самолета на облаках*

---

---

обрамление вокруг своей тени в облаках, если за тобой будет Солнце или другой источник света. Такое явление впервые было зафиксировано на горе Брокен в Германии и получило название «Брокенский призрак».



*Аналогичное явление глории можно наблюдать в горах*

Особый вид глории – нимб. Его можно наблюдать летом. Приди на луг, покрытый росой, рано утром, когда Солнце только встало. Ты сможешь увидеть нимб над тенью твоей головы. Я не сомневаюсь в том, что ты прекрасно знаешь, ка-

ким образом образовался этот нимб.

Ещё одно красивое явление образуется при отражении и преломлении излучения от частиц, которые очень близки по своей природе к дождевой капле, – от ледяных кристаллов, находя-

щихся в небе. Такое явление называется гало. Гало можно наблюдать не только на Солнце, но и на лампах. Существуют также редкие виды гало, которые возникают при взаимодействии излучения с ледяными кристаллами необычной формы.

Более привычным, но от этого не менее красочным природным явлением, возникающим при взаимодействии солнечного излучения с дождевыми каплями, является радуга. Радугу пытались описать многие учёные. Ещё в XVI веке француз Рене Декарт довольно простыми словами смог описать процесс её возникновения, что мы и попытаемся сделать. Для начала нужно напомнить о том, что угол преломления света от капли зависит от угла падения света на каплю. Но, что более важно для формирования радуги, излучение разного цвета, падающее под одним и тем же углом на каплю, преломляется различным образом. Как же формируется радуга? Оказывается, что при прохождении солнечного излучения через каплю большая часть лучей при двух преломлениях на границе и одном отражении от внутренней границы капли может быть видна под углом 41–42°. Именно под таким углом можно наблюдать основную самую яркую радугу в небе. Так-



*Явление Гало*

же при двух преломлениях на границе капли и двух отражениях от внутренней границы капли довольно большая часть лучей может быть видна под углом 51–52 градусов. Под таким углом наблюдается вторая менее яркая радуга.

### *Знаете ли вы?*

*Если бы Солнце было больше или расстояние от Солнца до Земли было меньше, то цвета радуги невозможно было различить.*

Радугу можно получить и в домашних условиях. Возьми стеклянный стакан с водой и направь на него излучение фонарика, который, например, есть практически в каждом мобильном телефоне. Изменяй положение фонаря в пространстве и вскоре ты увидишь желаемое изображение. А если ты возьмёшь колбу в форме шара, которая будет являться моделью большой дождевой капли, то, возможно, тебе удастся в ходе более тщательного эксперимента не только получить основную и вторичную радугу, но и заметить, что формируются они при углах 41–42 градусов и 51–52 градусов.



*Радуга*

Теперь ты знаешь, как излучение отражается и преломляется при падении на каплю воды. В статье предполагалось, что капля имеет форму шара. Но так ли это? Давай посмотрим на результаты простого, но интересного опыта, который ты можешь провести сам, если у тебя есть на телефоне видеокамера с функцией замедленной съёмки. Набери воду в пипетку и подними её над стаканом с водой. Ну же, нажми на пипетку! Но не забудь включить запись видео. Результат поражает. Посмотри, как несколько раз изменяется форма капли. А теперь попытайся представить, каким образом преломляется и отражается излучение от капли такой формы с учётом того, что скорость света в несколько раз превышает скорость изменения формы капли. Неудивительно, что советский писатель Константин Георгиевич Паустовский сравнил каплю с блестящим жемчугом.



В этой статье я рассказал тебе об основных процессах и законах оптики на примере дождевой капли. Естественно, для глубокого понимания всех природных явлений и особенностей прохождения излучения в различных средах необходимо более тщательно изучать светотехнику и оптику, а также проводить опыты. Я верю в то, что смог заинтересовать тебя, и если ты читаешь этот журнал, то у тебя есть все предпосылки и возможности стать грамотным специалистом светотехником. С каждым последу-

ющим номером ты будешь прогрессировать и узнавать много нового, полезного и интересного. Я надеюсь, что теперь при виде капли дождя ты не будешь задумываться о плохой погоде, а сразу вспомнишь о чудесных свойствах героини этой статьи и о явлениях, которые она позволяет наблюдать.

А.Ю. Басов  
 Специалист департамента  
 развития производства  
 МСК «БЛ ГРУПП»,  
 аспирант кафедры  
 «Светотехника» НИУ «МЭИ»



Международная  
светотехническая  
корпорация



БООС ЛАЙТИНГ ГРУПП



# ЭТО ДЕЛАЮТ СВЕТОТЕХНИКИ!



Россия, г. Москва,  
проспект Мира, д. 106



01-011



+7 (495) 785-20-95

На фото: Коммунальный мост, г. Красноярск.

# УПРАВЛЯЙ СВЕТОМ

Когда ты смотришь на светильник на улице, видишь только яркое пятно. Хочешь узнать, как он светит?



От светильника идут лучи света, причём с разной интенсивностью в зависимости от направления распространения. Это позволяет добиться равномерного освещения в пространстве.

Вспомни, ты идёшь вечером по улице. Только что было светло. И вдруг – темно. Приходится идти осторожно, смотреть под ноги. Скорее всего, на этой улице есть неправильный светильник. А как понять, какой правильный? Надо определить, с какой интенсивностью (какой длины) идут лучи от светильника в разных направлениях. Для этого проводят испытания на специальном приборе – гониофотометре. Светильник помещают в центр системы и включают.

Теперь его начинает фотографировать камера. Её закрепляют на «механической руке» – как у робота. «Рука» начинает двигаться, и камера облетает светильник вокруг. И делает фотографии со всех сторон. Прямо как самолёт-разведчик, который фотографирует город противника.

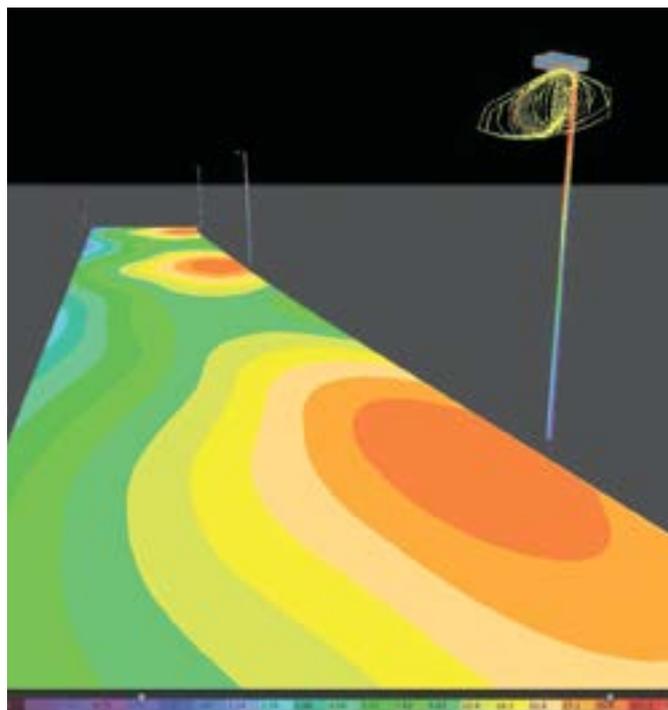
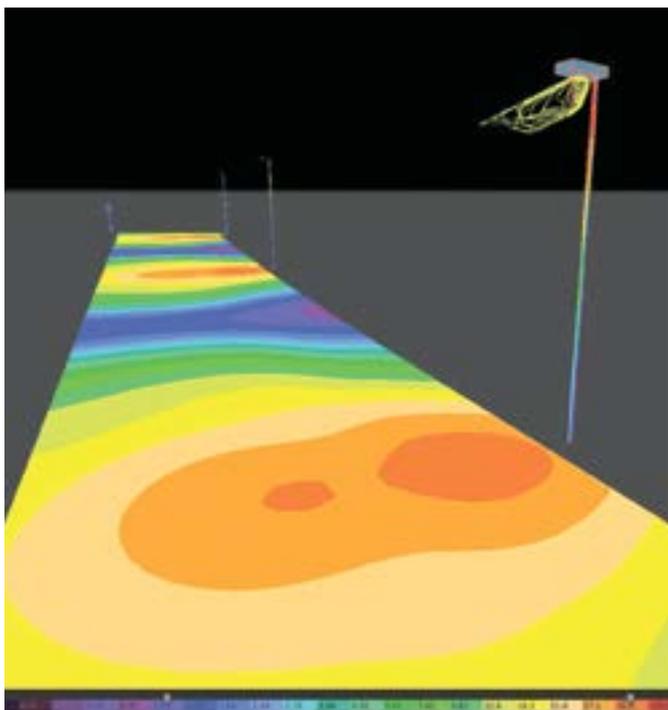
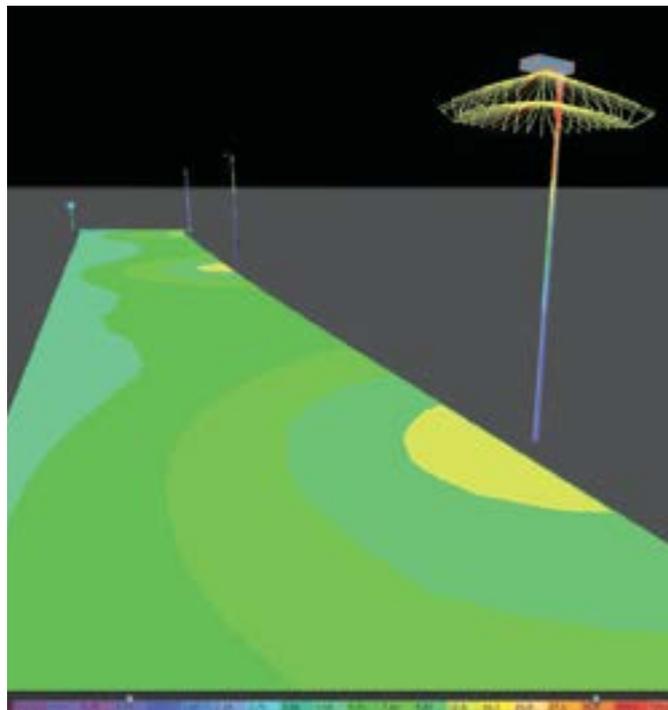
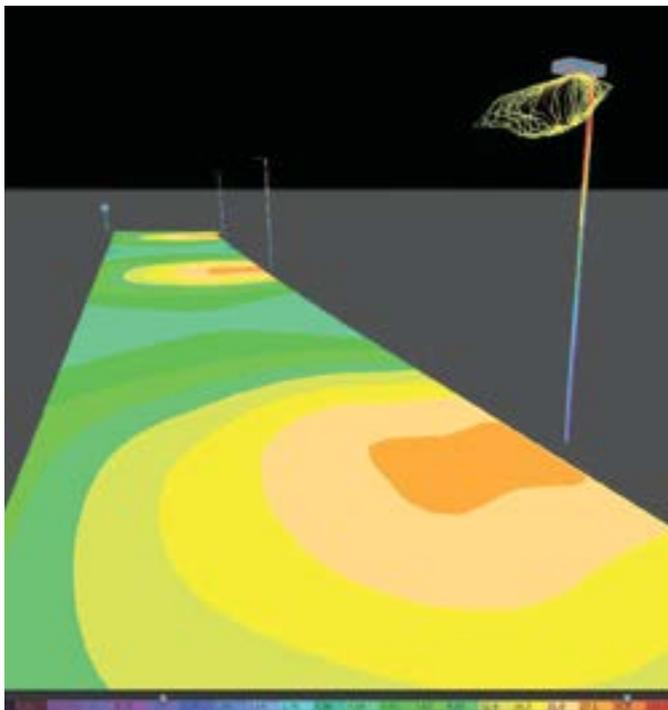
Все фотографии попадают в компьютерную программу. В ней видно длину лучей, кото-

рые идут от светильника в разных направлениях. В программе можно собрать все лучи в 3D-модель, которая напоминает облако разных цветов. Ты видишь эти 3D-модели на картинках. Они помогают тебе понять, как распределяется свет в пространстве.

Самое интересное, что в программе ты можешь поставить светильник на улицу и посмотреть, как он будет светить. Можешь осветить всю пешеходную дорожку, чтобы люди в темноте не падали и не попадали в лужи. А можешь сделать так, чтобы свет не бил в глаза водителям на дороге и не мешал им управлять машиной. Как видишь, управление светом даже интереснее, чем компьютерные игры.

Итак, ты решил, куда ты хочешь направить свет от светильника. Как это сделать? Надо выбрать одну из линз, которые устанавливают на светильник. Каждая линза создаёт своё распределение света в пространстве. Как видишь, абсолютно одинаковые светильники светят по-разному, если на них разные линзы. Просто выбери нужную линзу, и светильник будет тебя слушаться.

# ПОПРОБУЙ УПРАВЛЯТЬ СВЕТОМ



*Цвет соответствует специальной шкале, которую ты можешь увидеть внизу!*

Скажи, тебе это нравится?

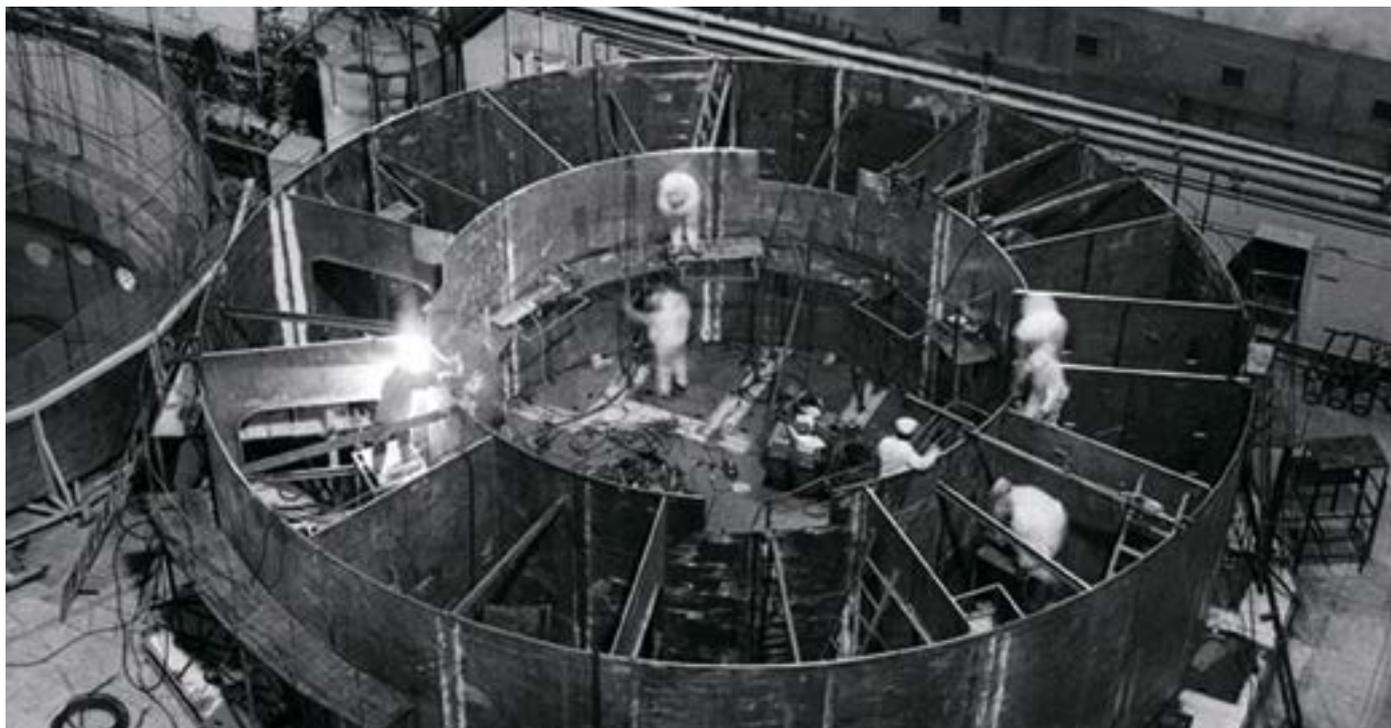
# ХВАТАЕТ ЛИ ЭНЕРГИИ КАЖДОМУ ЖИТЕЛЮ ЗЕМЛИ?



С каждым годом человечество потребляет все больше и больше энергии. Разница между человеком каменного века и современным человеком огромна, особенно в использовании энергии. Пещерный человек потреблял всего 1% от количества энергии, которую потребляет современный человек. Представляете? А энергии не стало больше: она стала только доступнее, но увеличить мы её не сможем.

Энергия была и есть всегда, она не возникает из ничего и не может исчезнуть в никуда. Она просто переходит из одной формы в другую. Никто еще не смог доказать это теоретически, но факт остается фактом, и мы должны это признать и придерживаться этого до тех пор, пока кто-нибудь не докажет обратное.

Использование энергии в первобытном обществе было совершенно иным, нежели потребление в XXI веке. Нам легче сравнить себя с людьми 1960-х годов, когда использовались такие же источники энергии, и общество было почти таким же. Так вот, еще 50 лет назад человечество потребляло только половину той энергии, которую потребляет сегодня.



*Обнинская АЭС, первая в мире атомная электростанция*

# А ЧТО ЖЕ ТАКОЕ ЭНЕРГИЯ?

Принято считать, что энергия – это абстрактное понятие, введенное физиками для того, чтобы описывать едиными терминами различные явления, связанные с теплотой и работой.

Энергия проявляется в различных формах:

- Все, что движется, благодаря этому движению обладает кинетической энергией. Кинетическая энергия – энергия движения.
- Между двумя телами, находящимися на некотором расстоянии друг от друга, действует сила притяжения (например, между Землёй и Луной), поэтому эти тела обладают потенциальной энергией. Потенциальная энергия



*Солнечная энергия в значительной мере позволяет управлять климатом и погодой*

– энергия взаимодействия. Она зависит от положения тел относительно друг друга, поэтому можно сказать, что потенциальная энергия – энергия положения.

- Общее название этих двух форм энергии – механическая энергия. Но не забывайте, что есть и другие формы энергии. Откуда возникает электрическая энергия? Она «приходит» к нам через высоковольтные провода. Когда мы сжигаем дерево в камине или печи, энергия, запасенная в дровах, освобождается и переходит в тепловую. Взгляните на небо! Пример находится прямо перед нашими глазами: Солнце. Оно излучает огромное количество световой энергии. Ядерная энергия превращается в электрическую на атомных электростанциях. Можно говорить о мышечной энергии, приливной (энергия морских приливов), энергии волн, ветровой энергии, биоэнергии.

Если энергия существует, надо уметь её измерять. В быту электроэнергия измеряется в киловатт-часах (кВт·ч). 1 кВт·ч – это примерно то количество энергии, которое необходимо, чтобы разогнать 10-ти тонный грузовик с места до скорости 100 км/ч. Столько же энергии бесполезно расходует за сутки оставленная включенной в пустой комнате 40-ваттная лампочка. А вот в физике энергия измеряется в джоулях (Дж).

*Знаете ли вы, что существует два важных энергетических закона?*

*Первый закон: количество энергии остается неизменным, то есть энергия не может исчезнуть бесследно или возникнуть ниоткуда. С древних времен и до наших дней люди, не верящие в закон сохранения энергии, пытаются построить устройство, которое совершало бы полезную работу, не расходуя энергии, т.е. не получая её ниоткуда. Это так называемый вечный двигатель. Не пытайтесь повторить их попытки! Это так же невозможно, как построить в действительности сооружение, изображенное на рисунке.*

*Второй закон: каждый раз, когда энергия переходит из одной формы в другую, только часть энергии расходуется с пользой, остальная часть теряется бесполезно и переходит в виде тепла в окружающую среду. То есть невозможно создать машину, которая полностью превращала бы данное количество тепловой энергии в полезную работу, все равно часть этой энергии не будет использована.*

## ЧТО ТАКОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ?

Энергосбережение – это приемы и методы эффективного и разумного использования топливно-энергетических ресурсов планеты. Т. е. задача энергосбережения – сохранять ресурсы, как имеющие прямое отношение к производству энергии, так и косвенно касающиеся данного вопроса. Экономно расходуя энергию, мы не только сохраняем запасы угля и нефти для будущих поколений, но и бережем саму возможность жизни на земном шаре.



*Невозобновляемые источники*

# КАКИЕ БЫВАЮТ НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ?

**Уголь.** Он был первым используемым невозобновляемым энергоисточником, который стал использовать человек. Уголь образовался из остатков отмерших растений за несколько сотен миллионов лет под действием давления, температуры и микроорганизмов. Доступные для добычи запасы угля будут исчерпаны в текущем столетии.

**Нефть.** Это природное ископаемое, энергоноситель, легковоспламеняющаяся жидкость, которая находится в горных породах на глубине от нескольких метров до нескольких километров.

**Природный газ.** Природный газ является самой чистой формой невозобновляемой энергии: в нем очень низкое содержание ядовитых веществ, и он может сгорать очень быстро, поэтому он прост в использовании. Четверть всей энергии в мире вырабатывается из природного газа. По добыче газа Россия устойчиво занимает первое место в мире.

**Торф.** Ценнейший природный материал. Это самое молодое ископаемое, образующееся на болотах при разложении отмерших частей деревьев, кустарников, трав и мхов. По сути, это молодой уголь.

**Атомная энергия.** Сегодня во всем мире атомные электростанции (АЭС) дают примерно 17 % производимой на Земле электроэнергии. А доля атомной энергетики в мировом производстве всех видов энергии чуть больше 6 %. В России на десяти АЭС производится примерно 16 % электроэнергии.

## ПРИНЦИПЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

- 1) Эффективно использовать энергию.
- 2) Выбирать источники энергии оптимального качества (не выше необходимого).
- 3) Организовать общество и нашу жизнь устойчивым образом.

*Знаете ли вы, что...*

- *электрические лампы и приборы получают большую нагрузку в момент включения? Для продления срока службы приборов вам следует не выключать их, если вы знаете, что вскоре вам будет необходимо снова их использовать.*
- *телевизоры и другие приборы, имеющие функцию «stand-by», потребляют электричество, даже если они выключены с помощью дистанционного управления? Для полного отключения по ночам используйте кнопку выключения, чтобы сберечь энергию и снизить вероятность возникновения пожара.*
- *светлые стены отражают 70–80 % света, в то время как темные отражают только 10–15%?*

ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ АНКЕТЫ И ПРОВЕРЬТЕ, УМЕЕТЕ ЛИ ВЫ БЕРЕЧЬ ЭНЕРГИЮ

В нашем доме	Да	Нет
Мы записываем наше энергопотребление.		
Мы выключаем свет в комнате, когда уходим из нее.		
Стиральная машина всегда полностью заполнена, когда мы используем ее.		
Холодильник стоит в прохладной комнате.		
Мы не ставим мебель перед обогревателями.		
Мы начали использовать энергосберегающие лампочки.		
Мы используем местное освещение (настольную лампу, бра, торшер).		
Мы проветриваем быстро и эффективно, всего несколько минут за раз.		
Мы заклеиваем окна на зиму.		
Мы зашториваем окна на ночь.		
Мы кладем крышку на кастрюлю, когда варим.		
Мы часто размораживаем холодильник.		
Мы используем раковину для мытья посуды.		
Мы моемся под душем, а не принимаем ванну.		
Мы ходим пешком или ездим на велосипеде в школу и на работу.		
Мы снижаем температуру в помещении, когда выходим.		
Мы снижаем температуру в помещении ночью.		
Мы повторно используем стекло, бумагу и металл.		
Мы не покупаем товары, которые могут использоваться только один раз.		
Мы не покупаем товары в больших обертках.		
Мы чиним вещи, вместо того, чтобы заменить их.		



Сложите все ответы **ДА**. Если у вас получилось:

**От 1 до 5 ответов ДА:**

Вам еще многому надо научиться, так что начните прямо сейчас.

**От 6 до 10 ответов ДА:**

У вас много хороших привычек, которые могут служить основой для дальнейшей работы над собой.

**От 11 до 15 ответов ДА:**

Вы являетесь хорошим примером всем остальным.

**От 16 до 20 ответов ДА:**

Кто-то из вашей семьи должен стать министром по охране природы.



Напишите список, на что вы потратили энергию за последние 24 часа и заполните первую таблицу. В правом столбике объясните, как вы можете сократить потребление энергии на следующий день. Во второй таблице отметьте, какие свои действия вы сможете изменить, а какие – нет.

Мое использование энергии	Как я могу сократить мое использование энергии

Действие	Да	Нет	Иногда	Я могу это изменить
Выключаю воду, когда намыливаюсь в душе.				
Плотно закрываю водопроводный кран, чтобы из него не капала вода.				
Не выключаю воду, когда чищу зубы.				
Всегда пишу на обеих сторонах бумажного листа.				
Выключаю свет, когда выхожу из комнаты.				
Выключаю обогреватели, когда необходимости в них нет.				
Выключаю плиту после приготовления еды.				

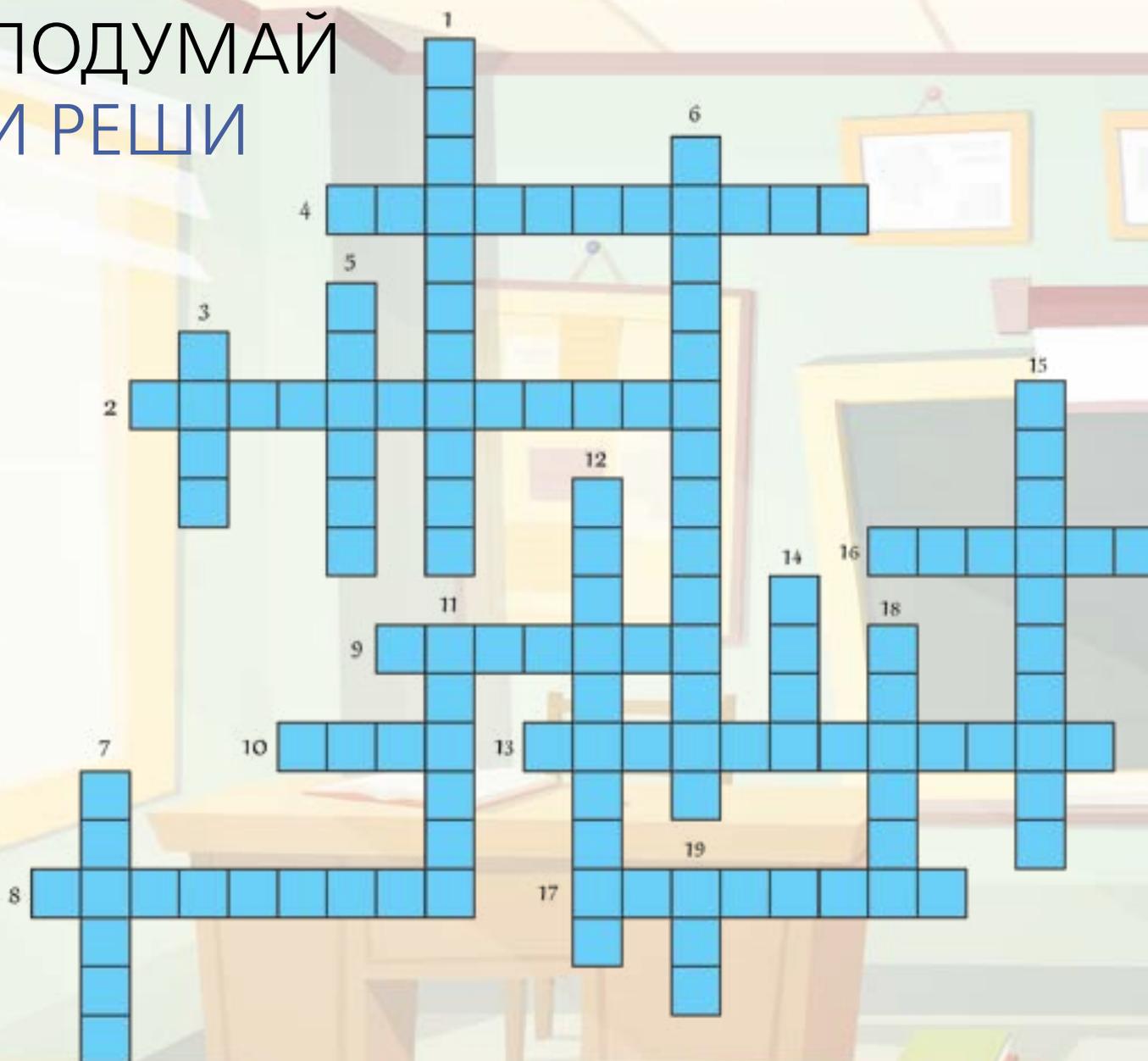


Экономить энергию можно начать прямо сейчас! Можно приучить себя к маленьким действиям, которые в совокупности будут весомыми для Земли: выключать свет, когда выходишь из комнаты, пойти в ближайший магазин пешком или на велосипеде, поставить энергосберегающие лампочки и не тратить воду зря. Новые возобновляемые источники энергии не сразу заменят невозобновляемые энергоисточники, используемые сейчас. Поэтому важно использовать ровно столько энергии, сколько необходимо, и не больше того.

И. А. Сибрикова,  
менеджер по связям с общественностью  
МСК «БЛ ГРУПП»

*Используемые материалы: ШПИРЭ – школьная программа использования ресурсов и энергии. Учебное пособие для средней школы.– СПб. 2004*

# ПОДУМАЙ И РЕШИ



*По горизонтали:*

- 2. Именно так называется наше научное издание!
- 4. Это свойство в рубрике «Пытливые умы» открыл французский инженер, физик и математик Этьен Луи Малюс
- 8. Любознательный мальчик, герой сказки о солнечном зайчике
- 9. При помощи этой вещи ты можешь ориентироваться в темноте!
- 10. «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан» – что позволяет запомнить эта фраза?
- 13. Прибор, измеряющий показатель преломления света в среде
- 16. Программа, которая помогает тебе быть дизайнером интерьера и проектировщиком освещения в рубрике «Это интересно»
- 17. В каких единицах измеряется электроэнергия в быту?

## По вертикали:

1. Изменение направления луча, возникающее на границе двух сред, через которые этот луч проходит, или в одной среде

3. Ежегодно по утрам

Он в окошко входит к нам.

Если он уже вошёл,

Значит, день пришёл...

5. Оптическое явление в облаках, представляет собой цветные кольца света на облаке вокруг тени наблюдателя

6. Простейший вид устройства, позволяющего получать оптическое изображение объектов. Об этом ты уже узнал из рубрики «Занимательная светотехника»

7. Единица измерения работы, энергии и количества теплоты

11. Раздел физики, рассматривающий явления, связанные с распространением электромагнитных волн видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов спектра

12. Она основана на использовании нефти, угля, природного газа, воды и ядерного топлива.

14. Он указывает морякам, как далеко они находятся от берега

15. Поляризатор, предназначенный для определения состояния поляризации света или для регистрации её изменений

18. Разработанный план комнаты и освещения в ней

19. Он состоит из точки и прямой. Ну, догадайтесь, кто же он такой? Бывает, в дождик он пробьется из-за туч. Теперь-то догадались? Это...



По горизонтали: 2. светотехника; 4. поляризация; 8. почемучка; 9. фонарик; 10. цвет; 13. рефрактометр; 16. диапазон; 17. киловатт.

По вертикали: 1. преломление; 3. свет; 5. торпид; 6. камера-обскура; 7. Джозуэ; 11. оптика; 12. энергетика; 14. маяк; 15. анализатор; 18. проект; 19. луч.

Ответы на кроссворд:

## ВОПРОС–ОТВЕТ

**В**иджу, ты готов закрепить пройденный материал! Под каждый раздел мы подобрали несколько вопросов, на которые тебе нужно будет найти ответы!

1. Древнеримский медик Гален первым составил атлас анатомии человека и изучил строение глаза. К какому открытию он пришёл?

- а. В наших глазах есть целая система линз, которые отвечают за преломление света;*
- б. Мы имеем возможность испускать лучи;*
- в. Хрусталики в наших глазах отвечают за отражение света.*



2. Как ты думаешь, кто является основателем теории поляризации света?

- а. Исаак Ньютон;*
- б. Ибн аль-Хайсам;*
- в. Этьен Луи Малюс.*

3. Какая максимальная высота может быть у маяка?

- а. Более 100 метров;*
- б. Более 50 метров;*
- в. Более 80 метров.*

4. Что находится внутри современного маяка?

- а. Прожектор;*
- б. Фитиль;*
- в. Лампочка Ильича.*

5. При смешении каких цветов общее световое пятно будет белым?

- а. Красный, желтый, синий;
- б. Красный, зеленый, синий;
- в. Зеленый, желтый, голубой.



6. Что будет делать излучение, попадая на каплю воды?

- а. Только отражается,
- б. Только поглощается.
- в. Отражается, а также проходит внутрь капли, преломляясь и, частично, поглощаясь.

7. При помощи какой программы мы можем создавать дизайн и проводить расчеты освещения?

- а. DIALux;
- б. Adobe Photoshop;
- в. AutoCAD.

8. Знаешь ли ты единицу измерения энергии в физике?

- а. Ампер;
- б. Электронвольт;
- в. Джоуль.

9. Какой из этих источников принадлежит к возобновляемым?

- а. Нефть;
- б. Газ;
- в. Атомная энергия;
- г. Энергия волн.

10. Как ты думаешь, какой процент света могут отражать темные стены?

- а. 70-80%;
- б. 10-15%;
- в. 50-60%.



1) а, 2) в, 3) в, 4) а, 5) б, 6) б, 7) а, 8) в, 9) г, 10) б

Ответы на кроссворд:

# СКАЗКА О СОЛНЕЧНЫХ ЗАЙЧИКАХ ИЛИ ПУТЕШЕСТВИЕ В НЕИЗВЕДАННОЕ

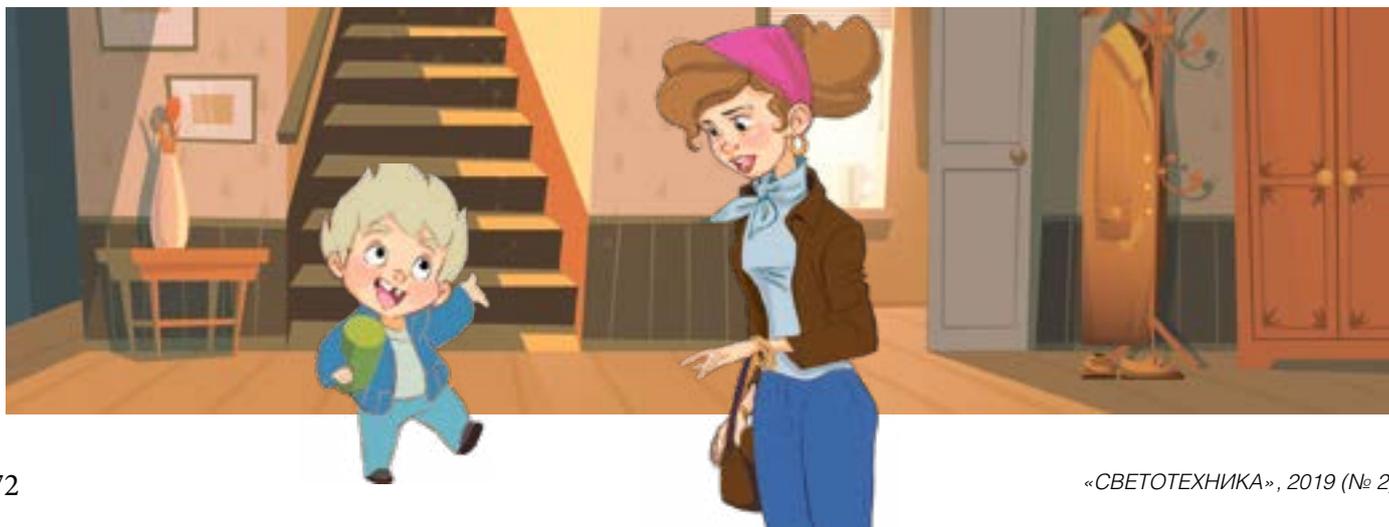
**Ж**ил-был удивительно любопытный мальчик: весёлый, жизнерадостный и очень подвижный. Он всегда находил для себя занятие по душе и очень любил задавать вопросы. Родные называли его Почемучкой.



Однажды в ясный и очень солнечный день Почемучка строил Лего город и вдруг отвлекся, увидев, что от всех блестящих поверхностей, особенно от зеркал, находящихся в комнате, во все стороны отражается свет, который превращается в световые пятнышки – попрыгунчики. Они прыгают по стенам, бегают по потолку и даже танцуют на полу. Веселая игра в догонялки увлекла так, что мальчик не сразу услышал телефонный звонок.

Мобильный телефон нетерпеливо издавал звуки, требуя ответа. Взяв на бегу его в руки, Почемучка снова отвлекся, так как увидел, что на стене появилось еще одно нетерпеливое световое пятно. Повернул телефон в одну сторону – световое пятнышко потянулось направо, повернул телефон в другую – пятнышко света побежало налево. За этим занятием и застала его взволнованная мама, которой он так и не ответил по телефону.

- Мама, мама, смотри, как интересно! Я нашел новых забавных друзей, с которыми так весело играть!
- Это же солнечные зайчики, – рассмеялась мама в ответ.
- А откуда они берутся?
- Солнечный свет отражается от предметов и дарит нам это чудо.
- Почему, как это получается?



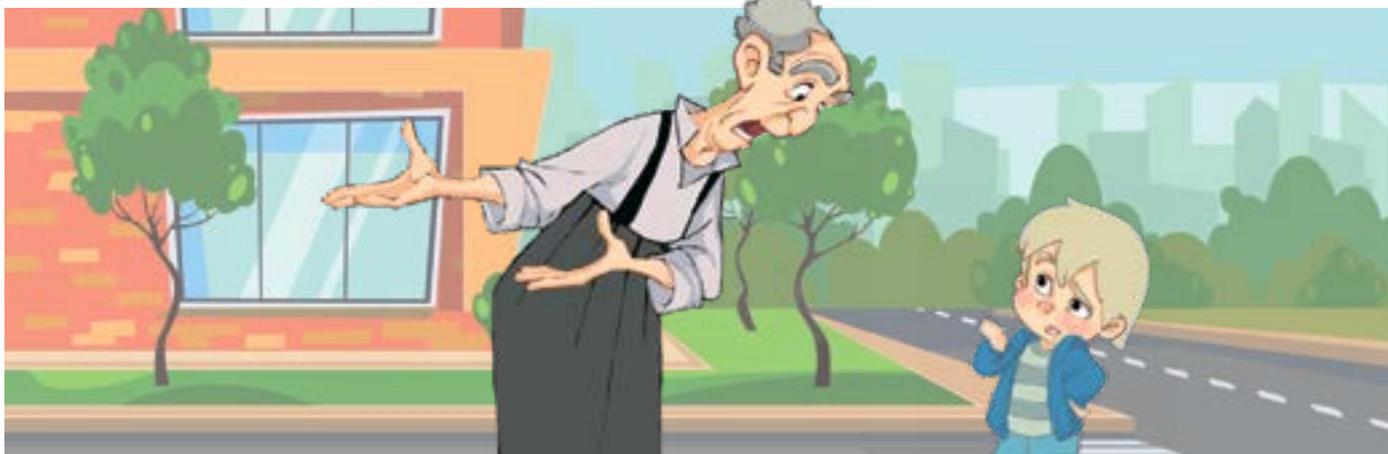
– А об этом, дружок, нам расскажет Светознайка – мальчик, который многое знает о Свете, и профессор Люкс – большой ученый, который Свет изучает...

Мама всегда выполняла свои обещания, и они вместе отправились искать ответ.

– Ты знаешь, на каком расстоянии от Земли находится Солнце? – спросил профессор Люкс в ответ на вопрос Почемучки.

– Не знаю, недалеко, наверное!

– Почти 150 миллионов километров. Это очень-очень далеко, но солнце светит так сильно, что когда его лучи приходят к нам, они все равно очень мощные. Лучи движутся параллельно, как бы рядом друг с другом.



– Видишь, как ровно лежат в наборе карандаши, – вмешался Светознайка, – как пучок. Так двигаются и лучи, которые создают солнечных зайчиков. Если лучи попадают на гладкую поверхность, то они образуют световое пятно, которое мы называем солнечным зайчиком. Поверхность должна хорошо отражать свет, идеальный пример – зеркало.



– У меня как раз зеркало в комнате!

– Поэтому у тебя очень яркие солнечные зайчики. Когда солнечные лучи отражаются, как бы отталкиваются от зеркала, то попадают на другую поверхность. На ней и возникает пятно света.

– А почему их называют солнечными зайчиками?

– Они шустрые, шаловливые и зависят от настроения солнца.

– А еще ими можно управлять, и они становятся дрессированными, – отметил Профессор.

– Знаю, знаю, так было с моим телефоном. Поворачиваю его направо – зайчик бежит в одну сторону, налево – и он в другую.

– Конечно! Если ты двигаешь зеркало или другую поверхность, например, телефон, то зайчик тоже двигается. Так происходит по закону отражения. О нём ты узнаешь, когда будешь изучать в школе физику.

– Почему? Я хочу сейчас!

– Лови, – крикнул Светознайка, и бросил мяч об пол. Мяч отскочил в сторону. – Теперь твоя очередь.

Почемучка и Светознайка заигрались, бросая мяч то об пол, то об стену. Профессор остановил их вопросом: куда летит мяч?

– В разные стороны, – хором ответили они.

– И под разными углами, – добавил Светознайка.

– Так же и с лучами, – сказал профессор Люкс. Как луч отразится, туда зайчик и полетит. Угол падения равен углу отражения, так звучит Закон отражения, с которым ты познакомишься, когда подрастешь.

Например, футболисты хорошо знакомы с этим Законом, поэтому умеют управлять движением мяча. А ты можешь научиться управлению солнечными зайчиками.

– Ура, я вечером потренируюсь с фонариком!

– Нет, усмехнулся профессор. Тебе придется дождаться солнечного дня. Фонарик слишком слаб, и его лучи не могут двигаться так же параллельно, как солнечные.

– Почему? Неужели солнце, до которого 150 миллионов километров, сильнее, чем фонарик в моей руке?

– Конечно! Для Солнца расстояние не имеет значения. И это – одна из тайн света. У света много тайн и загадок. Поблагодарив новых друзей и взяв маму за руку, Почемучка всю дорогу домой молчал. Он думал о волшебстве света: отражение, угол падения, 150 миллионов километров до солнца, законы, тайны...

Мама молчала тоже, с улыбкой поглядывая на сына. Она точно знала, что завтрашний день вновь начнется со слова: почему. И новый день принесет еще много новых открытий. А солнечные зайчики – лишь начало путешествия в неизведанное.



# МОИ ПЕРВЫЕ ОПЫТЫ

Друзья! Кто из вас не любит экспериментов? Чтобы лучше понять различные физические явления, мы постараемся объяснить их наглядным и увлекательным способом.

Все опыты этого раздела можно повторить самостоятельно в домашних условиях. Но при этом обязательно примите все меры предосторожности либо попросите кого-нибудь из взрослых присутствовать при проведении опытов. Учтите, что некоторые опыты требуют наличия спецодежды и других средств защиты!



## СОТИРОВАКА



Как ты думаешь, удастся ли тебе разделить перемешанные перец и соль? Если освоишь этот эксперимент, то точно справишься с этой трудной задачей! Тебе понадобятся: бумажное полотенце, 1 чайная ложка (5 мл) соли, 1 чайная ложка (5 мл) молотого перца, ложка, воздушный шарик, шерстяной свитер и... помощник!

- Расстели на столе бумажное полотенце и насыпь на него соль и перец.
- Тщательно перемешай ложкой соль и перец. Предложи помощнику отделить соль от перца.
- Когда твой помощник откажется их разделить, предложи ему теперь посидеть и посмотреть.
- Надувь шарик, завяжи и потри им о шерстяной свитер.
- Поднеси шарик поближе к смеси соли и перца. Что ты увидишь? Перец прилипнет к шарiku, а соль останется на столе.

*Это все действие статического электричества. Когда ты трёшь шарик шерстяной тканью, он приобретает отрицательный заряд. Если поднести шарик к смеси перца с солью, перец начнет притягиваться к нему. Это происходит потому, что электроны в перечных пылинках стремятся переместиться как можно дальше от шарика. Перец, прилипает к шарiku. Соль не притягивается к шарiku, так как в этом веществе электроны перемещаются плохо. Когда ты подносишь к соли заряженный шарик, её электроны всё равно остаются на своих местах. Соль со стороны шарика не приобретает заряда – остаётся незаряженной или нейтральной. Поэтому соль не прилипает к отрицательно заряженному шарiku.*

## ПРЫГАЮЩИЕ ЗЕРНА

Для этого нам также понадобится кое-что из запасов твоей мамы: зерна воздушной кукурузы, кусок шерсти или меха, воздушный шарик.

- Помещаем несколько зерен в воздушный шарик.
- Надуваем шарик.
- Натираем шарик куском шерсти или меха или о свои волосы
- Возьмем шарик за то место, где он завязан.
- Посмотри на зерна внутри шарика. Они неподвижны или движутся? Прикоснись к шарiku пальцами второй руки. Как будут вести себя зерна?

Зерна перескакивают. Если ничего не происходит, перезаряди шарик, потерев его в два раза дольше.

*Полнишь про статическое электричество? Это тоже оно! При натирании воздушного шарика шерстью невидимые отрицательные заряды перемещаются с шерсти на шарик. В результате зарядовое равновесие шарика нарушается. Поступающие извне заряды придадут шарiku общий отрицательный заряд. Переместившись, крошечные заряды останутся на месте.*

## ГИБКАЯ ВОДА

Из этого опыта ты узнаешь, как статическое электричество действует на обыкновенную воду. Тебе понадобятся: водопроводный кран и раковина, воздушный шарик, шерстяной свитер.

- Откроем водопроводный кран таким образом, чтобы струя воды была очень тонкой.
- Надуваем небольшой воздушный шарик.
- Трем шарик о шерстяной свитер, затем поднесем его к струйке воды. Что ты видишь?

*Струя воды отклонится в сторону шарика. Электроны с шерстяного свитера при трении переходят на шарик и придают ему отрицательный заряд. Этот заряд отталкивает от себя электроны, находящиеся в воде, и они перемещаются в ту часть струи, которая дальше всего от шарика. Ближе к шарiku в струе воды возникает положительный заряд, и отрицательно заряженный шарик тянет ее к себе. Статическое электричество, скапливающееся на шарике, относительно мало, и ему не под силу переместить большое количество воды. Если струйка воды коснется шарика, он потеряет свой заряд. Лишние электроны перейдут в воду; как шарик, так и вода станут электрически нейтральными, поэтому струйка снова потечет ровно.*

# В ГОСТЯХ У ПРОФЕССОРА ЛЮКСА



Здравствуйте, дорогие мои друзья! Я бы очень хотел пригласить вас к себе в гости, но, к сожалению, мы с вами жители разных миров. Однако, на то я и профессор Люкс, чтобы находить ответы даже на самые сложные вопросы! Хотя мы с вами такие разные, тем не менее, кое-что общее у нас есть. Догадываетесь, что это? Светотехника! Поэтому сегодня с помощью ведущего в мире программного обеспечения для планирования, расчета и визуализации внутреннего и наружного освещения DIALux evo, которое дела-

ет профессиональный дизайн освещения простым и доступным для всех, мы создадим мою комнату! Вы не просто побываете у меня в гостях, но и окажетесь на месте профессиональных светопроектировщиков и светодизайнеров. Ну что, готовы?

Для того, чтобы начать работу, необходимо скачать и установить программу DIALux evo, а, как это сделать, я вам сейчас расскажу! А если на этом пути у вас возникнут трудности, то вы всегда можете обратиться за помощью к уже опытным в компьютерном деле взрослым.

1. В адресную строку любого браузера введите следующую ссылку: <https://www.dial.de/en/dialux-desktop/download/>, и нажмите «Enter».

2. На открывшейся странице найдите оранжевую кнопку «Download DIALux evo 8.1» и нажмите, после чего разрешите этому приложению вносить изменения на вашем устройстве.

3. На рисунке 1 приведен пример, который поможет установить программу на ваш компьютер.



Рис. 1. Установка DIALux evo

4. На вашем «Рабочем столе» появился серый ярлык «Dx»? (Рис. 2) Поздравляю! Вы справились с этой непростой задачей!

5. Давайте теперь откроем установленную программу. Делается это с помощью двойного щелчка левой кнопкой мыши по ярлычку «Dx». Первым делом после загрузки появится окно «Дайте Ваш отзыв» – нажмем «Прервать».



Рис. 2. Ярлык DIALux evo после установки программы

# СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА

Я знаю, вам уже не терпится решить мою загадку, чтобы посмотреть комнату, в которой живет ваш любимый профессор!

1. После описанных мной ранее действий появится 3D окно (Рис. 3) – нас интересует только «Создать проект», в котором мы выбираем позицию «Объемная планировка».

2. Появился помощник создания комнаты, в котором мы укажем ее параметры:

- Длина 6.000 м;
- Ширина 4.000 м;
- Высота 3.000 м;
- Толщина стенки 0.200 м.

Не царские хоромы, конечно, но ведь я и не царь, а скромный ученый, который любит свет, тепло и уют!

3. Нажмите «ОК». Теперь все готово для создания моей комнаты! Самостоятельно изучите интерфейс программы – меню, вкладки, кнопки, а главное – графическое окно, в котором появился прямоугольник с двойным контуром, подписанный как «Помещение 1». При наведении курсора на различные иконки интерфейса высвечиваются их названия, отражающие функции, за которые отвечает та или иная вкладка или кнопка.

Найдите в правом верхнем углу эти иконки, изображен-

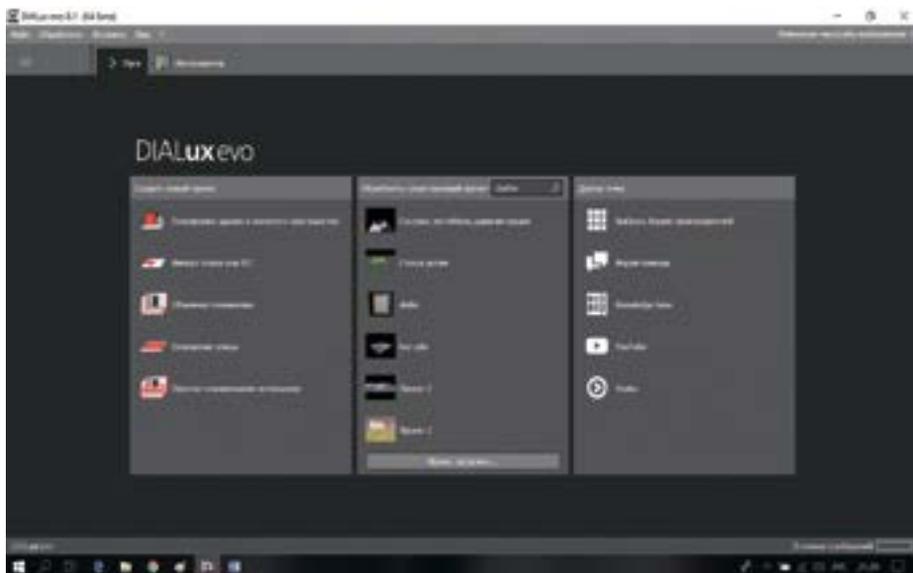


Рис. 3. Начало работы в DIALux evo

ные на Рис. 4. Они позволяют работать в двумерном и трехмерном пространстве. Сейчас вы видите изображение в 2D в качестве чертежа. Кликните «3D-визуализация» и посмотрите, какую красоту мы с вами сделали! Не видно? Тогда слева от этой иконки найдите «Помещение 1» и кликните на нее (Рис. 5). А теперь увидели? Давайте переименуем помещение, чтобы любому посмотревшему на чертеж стало ясно, что это именно моя комната.



Рис. 5 и 6. Инструменты переключения вида и режимы работы с объектом

4. Для начала вернемся к «Виду горизонтальной проекции». В левой части экрана находится колонка с вкладками, каждая из кото-

рых отвечает за свою часть конструирования объекта. Нам же нужны «Сектора». Нажмем на внутренний прямоугольник «Помещение 1», и слева от графического окна появится информация о нем, в том числе «Имя» выделенной области. Заменим стандартное имя на «Комната Доктора Люкса».

Ура! Теперь все будут знать, что я тут живу! Только я ее не узнаю – серая, пустая коробка... Давайте преобразим комнату и начнем с мебели!

5. В той же области, где располагалась вкладка «Сектора», выбираем «Мебель и объекты». В открывшемся окне находим кнопку «Выбрать» и нажатием на нее открываем новое окно «Объекты», в котором щелкаем по вкладке «Каталог». Появится черный квадрат с надписью «DIALux evo», открываем предложенный каталог двойным щелчком мыши и изучаем его содержимое. Для того, чтобы перенести.

понравившиеся объекты из каталога в свой проект, щелчком по выбранному предмету выделяем его, после чего нажимаем «Перенять» в правом нижнем углу окна каталога.

Среди мебели для квартиры найдите:

- «диван LC3 Hide»;
- «кресло LC2 Hide»;
- «низкий стол LACCIO2 черный»;
- Комод «94x51 Nomos».

Среди мебели для офиса:

- «телефон t».

6. Закройте окно каталога и нажмите «Выбрать» в области «Активный объект», в появившемся окне «Объекты» переходим во вкладку «Объекты» и видим, что в появившемся списке хранится теперь все, что мы с вами «переняли».

7. Чтобы объект появился на плане помещения, нужно на него щелкнуть и, не отпуская кнопку мыши, перетащить на план комнаты, в то место, где мы хотим его расположить.

А с помощью специальных инструментов (Рис. 6) можно откорректировать расположение предмета: инструмент «Переместить» отвечает за перемещение объекта – удерживая зеленую, красную или синюю стрелку, появляющиеся на выделенном объекте, можно его двигать по вертикали и горизонтали: вверх-вниз, вперед-назад

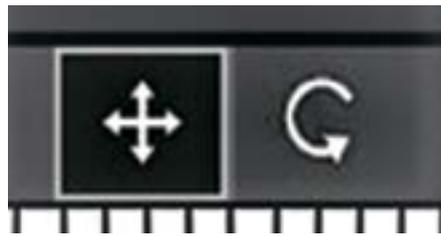


Рис. 6. Изменение положения объектов в пространстве с объектом

или вправо-влево. Инструмент «Вращать» отвечает за вращение объекта относительно одной из трех осей – для этого, удерживая одну из них, необходимо подвигать мышкой. Эти инструменты появляются в правом верхнем углу графического окна после того, как вы выделите объект, позицию которого решили изменить.

8. Давайте установим:

- Низкий столик в центре комнаты так, чтобы его наибольшие стороны были параллельны соответственно наибольшим стенам помещения;
- Перед ним диван;
- Два кресла по обе стороны дивана на небольшом расстоянии от него;
- Комод в правом нижнем углу так, чтобы задняя стенка находилась у торцевой стены;
- Телефон в центре низкого столика.

Не забывайте переключаться между двумерным и трехмерным пространствами для удобства работы.

Готово! Комната стала гораздо уютнее, согласны? Но чего-то не хватает... Окон и двери!

9. Используя иконки левой колонки вкладок, выберем «Проемы здания». Процесс установки проемов здания мало чем отличается от только что сделанной нами установки мебели. Щелчком по кнопке «Выбрать» откроется список уже имеющихся в базе объектов. Найдите среди них «Прямоугольное окно с косяком» 1.500 м × 1.350 м и «Дверь (стандарт)» 1.213 м × 2.000 м. Установите дверь в центре торцевой стены, находящейся напротив тумбочки, и два окна на небольшом расстоянии друг от друга в центре стены, находящейся перед диваном.

А теперь перейдем к самой разноцветной части нашей загадки!

10. Переходим во вкладку материалов и нажимаем «Создать цветовой материал» и создаем с помощью палитры яркий желтый цвет. Под палитрой вы найдете раздел «Расширенные свойства», где нужно будет выбрать тип материала «Лакированный» и коэффициент отражения – 50%, отражение – 0%. Нажимаем «Материал красить» и щелчком левой кнопкой мыши по стенам мы перекрасим их из блеклого серого в мой любимый желтый цвет! Точно так же создаем белый цвет: тип материала «Лакированный», коэффициент отражения – 70%, отражение – 0%, и перекрашиваем потолок.

11. Нажимаем «Выбрать» в разделе «Активный материал» и в открывшемся окне щелкаем «Каталог», а в этой вкладке двойным щелчком мыши выбираем «Каталог материалов – DIALux evo». Из предложенного списка текстур выбираем «ковер цвета мяты»: лакированный, коэффициент отражения – 27%, отражение – 0%, и щелкаем в правом нижнем углу окна по кнопке «Перенять», после чего закрываем каталог. Ковер появился в разделе «Активный материал», но его размер 0.100 м × 0.100 м, этого недостаточно, поэтому в разделе «Цвет» меняем его размер на 0.500 м × 0.500 м. Присваиваем полу этот материал, этому мы уже научились.

Комната стала светлой и уютной! Нравится? Мне тоже! Но если наступит ночь, нужно будет включить свет, а светильника нет. Надо срочно это исправить! Для начала проверьте свое подключение к интернету, он нам понадобится для выбора лампы. Напоминаю, ребята, вам о том, что взрослые с удовольствием окажут вам помощь, если самостоятельно вы не сможете справиться с этой задачей.

## ВЫБОР СВЕТИЛЬНИКА

1. В верхней части окна среди вкладок выбираем «Изготовитель». В нижней части этой вкладки есть область



Рис. 7. Каталог светильников (онлайн)

каталогов, среди которых надо найти «Artemide».

По итогу вы увидите следующую картину: Рис. 7.

Выбираем "discover our light", надо щёлкнуть по этому каталогу и дождаться, когда он загрузится в центральной части окна программы.

2. Выбираем «Architectural indoor», среди списка находим «Incipit», далее выбираем «Incipit» светильник, среди предложенных находим M3072W20.

3. Нажмем M3072W20 (Рис. 8). Откроется страница этого светильника, и рядом с изображением вы обнаружите список характеристик прибора- а снизу от изображения, список файлов для скачивания.

4. Найдем «IES IES Europe», в развернутом списке кликнем левой кнопкой мыши по «M3072W20.IES» для скачивания файла на компьютер. Если файл не скачивается, щелкните правой кнопкой мыши и в поя-

вившемся списке выберите «Сохранить объект как...», после чего сохраните объект на своем устройстве.

5. После загрузки файла откройте папку с ним и уменьшите размеры окна программы DIALux evo, после чего перейдите во вкладку «Свет», которая располагается в верхней части панели инструментов.

6. Выделите щелчком мыши окно со скачанным ies-файлом, нажмите на него и, удерживая левую кнопку мыши, перетащите курсор в графическую область DIALux evo, после чего окно программы можно вновь развернуть на весь экран. На этом этапе лучше всего работать в режиме двумерного пространства.

7. При загрузке источника света в программу может появиться окно ассистента IES Import. Выберите «Далее», затем «Завершить».

8. Но одного светового прибора мало, чтобы наполнить

светом целую комнату, поэтому в левой области инструментов выбираем «Автоматическое распределение для зон», после чего появятся 6 таких же светильников, образующих ровную сетку. Выделите установленный вами самым первым прибор и, щелкнув по нему правой кнопкой мыши и выбрав в раскрывшемся списке «Стереть», удалите его. Переходите в 3D вид и посмотрите, что у вас получилось!

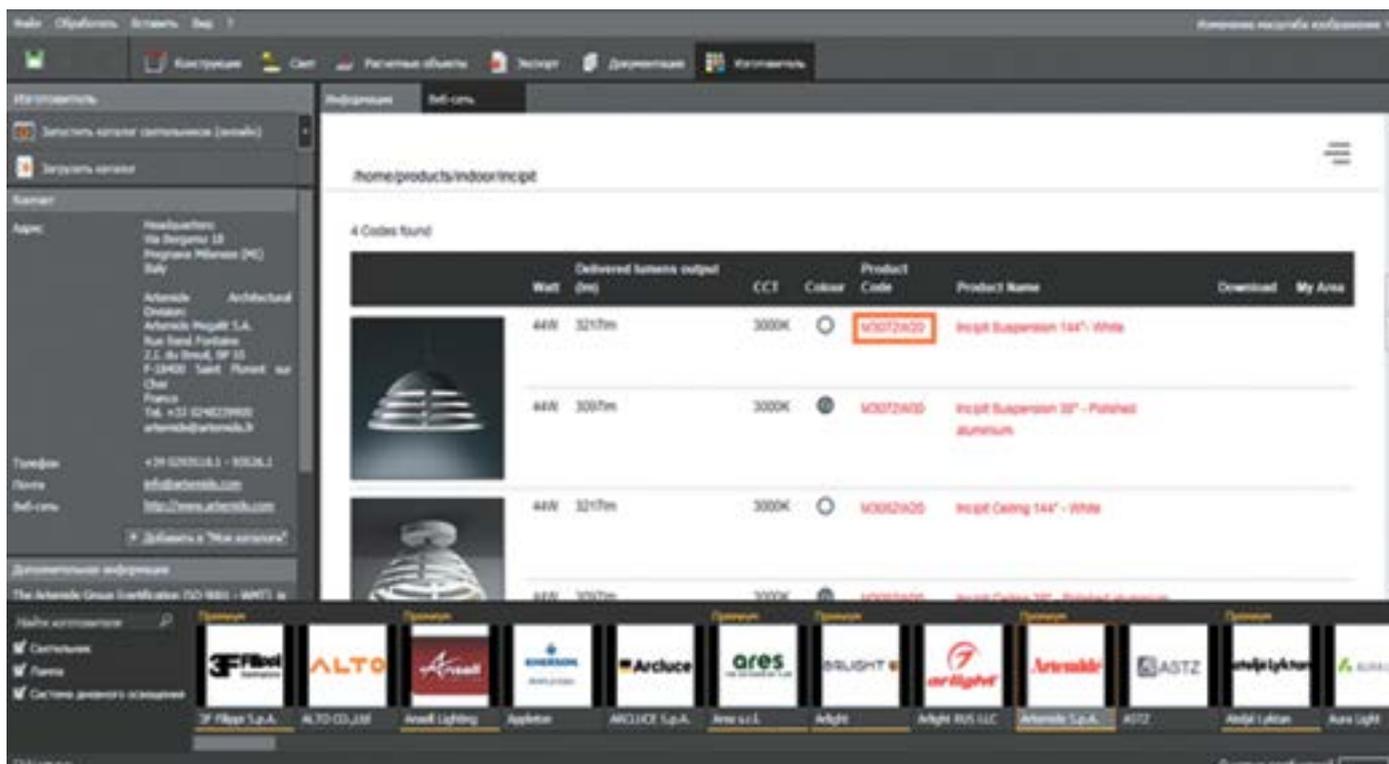


Рис. 8. Выбор светильника

9. Найдите в верхней строке инструментов значок калькулятора с красным треугольником внутри, подписанный «Весь расчет», и нажмите на него.

Запустился расчет проекта. После его завершения на высоте 0.8 м от пола появится желтая плоскость с изолиниями, о них я вам расскажу в следующем выпуске! А сейчас нужно эту плоскость отключить, чтобы она не мешала насладиться видом созданной вами моей комнаты, профессора Люкса!

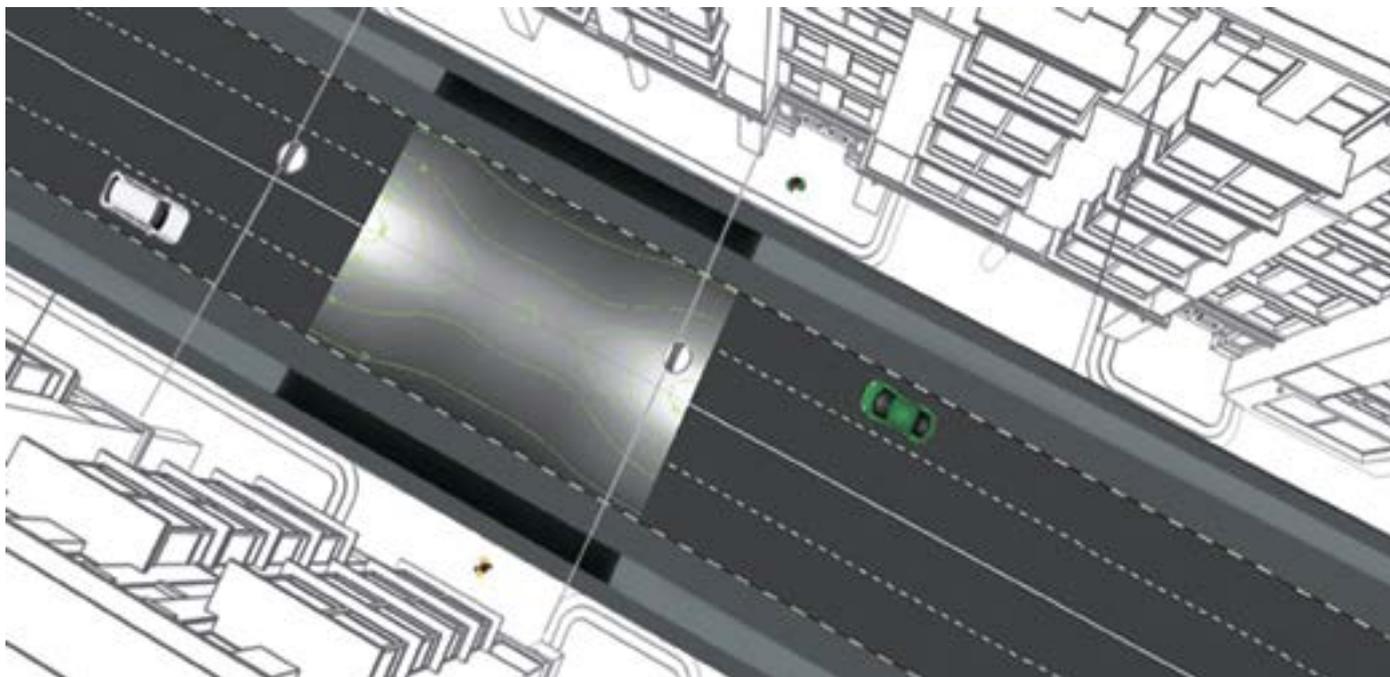
10. Для этого в правом верхнем углу окна программы находим изображение параллелограмма и нажимаем на него. Готово, плоскость исчезла!

Вы сегодня многому научились и теперь можете самостоятельно создавать простые сцены освещения! Вы огромные молодцы, и я очень вами горжусь! Жду вас к себе в гости в следующем выпуске. Будет интересно!

Н.В. Соседко, студент  
4 курса бакалавриата  
кафедры «Светотехника»  
НИУ «МЭИ»

С.Ю. Минаева, студент  
2 курса магистратуры  
кафедры «Светотехника»  
НИУ «МЭИ»

# РОССИЙСКАЯ ПРОГРАММА LIGHT-IN-NIGHT ДЛЯ РАСЧЕТА НАРУЖНОГО И УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



Программа позволяет:

- выбрать тип, мощность и даже светораспределение необходимого светильника;
- оценить эффективность выбранной схемы освещения прямых дорог (односторонняя, двусторонняя, шахматная, центральная и др.);
- подобрать наиболее рациональное расположение светильников: способ установки (на опоре, на мачте, на торшере), схему размещения (в линию, по окружности или индивидуально), высоту установки, шаг опор, наклон кронштейна или ориентацию прожекторов и др.;
- автоматически определить оптимальный шаг между опорами, при котором обеспечиваются заданные уровни средней яркости или освещенности дорожного покрытия и равномерность освещения;
- правильно классифицировать освещаемый объект (участок улицы, площади, перекресток, пешеходная зона и т.п.) и определить для него нормативные показатели в соответствии с положениями действующих федеральных норм.

База осветительных приборов программы открыта для светильников разных производителей, но только тех, которые прошли независимые испытания.

Проектируй и создавай правильный свет. Это сложно, но интересно! Попробуй вместе с учителем! Вся информация ты найдешь на сайте <http://www.li-n.ru/>

И помни! Качество освещения – это качество нашей жизни! Это комфорт и безопасность для тебя и твоих близких!

# КАК СДЕЛАТЬ КИТАЙСКИЙ ФОНАРИК

Китайские бумажные фонарики пришли в нашу культуру не так давно, но довольно быстро завоевали нашу любовь – они могут быть разных форм, размеров, цветов, практически на любой вкус. Традиционный китайский фонарик на Новый год – в форме

*Для справки: первый летающий фонарь придумал около двух тысяч лет назад хитрый китайский полководец Чжуге Лян, который использовал его для подачи различных сигналов возглавляемым им войскам.*

*Со временем бумажные фонари в Китае стали считать символом надежды. Китайцы верят, что прикрепленные к фонарику записки с пожеланиями обязательно сбываются. Поэтому в Китае ежегодно проводятся фестивали небесных фонарей, которые сопровождаются многотысячными запусками самых различных летающих фонариков.*

шара, красного и золотого цветов.

Китайские бумажные фонарики сделать совсем не сложно – попробовав один раз, вы сможете украсить свой дом и уди-

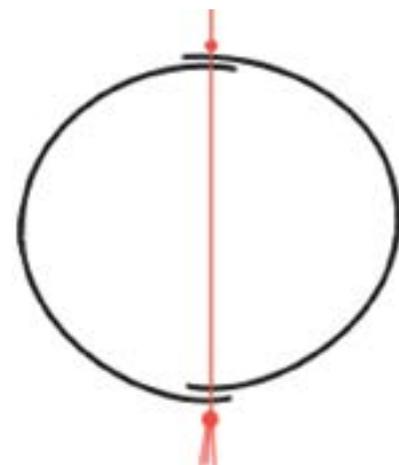
вить друзей, порадовав их этим подарком. К процессу создания можно и нужно привлекать родителей – это интересно и познавательно для всей семьи!



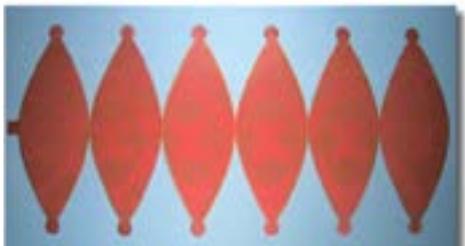
## Нам будут нужны:

1. Плотная бумага с узором или просто цветная бумага.
2. Принтер, если вы задумали распечатать шаблон.
3. Клей.
4. Иголлка и нитки.
5. Карандаш, лекало.

Если вы не имеете возможности распечатать шаблон для китайского фонарика, начертите его (нам будет нужен прямоугольный лист с отношением сторон 1:2). На следующих страницах мы разместили шаблон для фонарика, воспользуйтесь им!



## Итак, с чего начать?



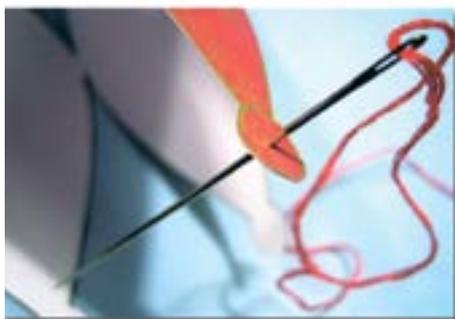
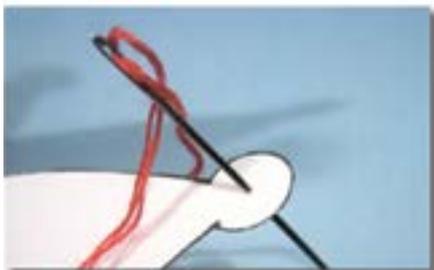
### Шаг 1. Делаем основу

Сначала разбиваем лист на шесть сегментов, затем делим на две равные части. Далее наносим на заготовку еще три линии. Линии эти будут параллельны длинной стороне листа. Одна линия наносится по центру, две оставшиеся на расстоянии 2 сантиметра от края листа. В точке пересечения центральных линий сегментов с боковыми вертикальными линиями рисуем кружки диаметром два сантиметра, точка пересечения линий – центр кружка.

Далее соединяем попарно при помощи лекала точку пересечения центральной линии и границы сегмента с центральной точкой соответствующего кружочка. К крайнему сегменту пририсовываем небольшой язычок. Вырезаем шаблон по контуру, сегменты на середине не дорезаем, чтобы они получились единым целым. Склеиваем заготовку в кольцо.

### Шаг 2. Формирование дна фонарика

Здесь нам понадобится 40 см. толстой нити (подходящей по цвету к нашему фонарику). Складываем нить с одной стороны несколько раз, завязываем узелок. Затем обрезаем концы нити с одной стороны для того, чтобы образовалась кисточка.



### Шаг 3. Финальный узел

При помощи иголки снаружи продеваем нить по центру кружка. После этого последовательно пропускаем нить через все кружки один за другим, затягиваем и завязываем узел. Его можно сформировать при помощи карандаша: обвязываем нить вокруг карандаша, перемещаем карандаш туда, где должен быть узел. Вынимаем карандаш и завязываем еще один узел.

*Все, ваш фонарик готов!*

---

# КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Амилацетатная лампа** – лампа с фитилем и бесцветной горючей жидкостью с фруктовым запахом – амилацетатом.

**Гониофотометр** – прибор для проведения фотометрических измерений объектов при различных углах.

**Действительное значение** – значение физической величины, найденное экспериментальным путём и настолько близкое к истинному значению, что для определённой цели может быть использовано вместо него.

**Единица физической величины** – физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице. Примерами единицы физической величины являются метр, грамм, секунда.

**Излучение** – перенос энергии элементарными частицами или электромагнитными волнами.

**Истинное значение** – значение физической величины, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношении соответствующее свойство объекта.

**Калибровка** – совокупность операций, выполняемых в целях установления действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

**Камера-обскура** – оптическое устройство, состоящее из ящика с отверстием с одной стороны и экраном на противоположной стороне, на котором создаётся перевёрнутое изображение.

**Квант энергии** – неделимая порция энергии.

**Кинетическая энергия** – энергия движущегося тела, которая зависит только от скорости и массы.

**Корпускула** – мельчайшая частица вещества.

**Корпускулярно-волновой дуализм** – принцип, согласно которому объект проявляет как корпускулярные свойства (то есть свойства частиц), так и волновые свойства.

**Механическая энергия** – сумма кинетической и потенциальной энергии.

**Монохроматическое излучение** – электромагнитное излучение одной, определённой и строго постоянной частоты.

---

**О**птика – раздел физики, изучающий процессы излучения, распространения и взаимодействия с веществом электромагнитного излучения видимого, ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов спектра.

**О**птическая система – совокупность оптических элементов (преломляющих, отражающих и т. п.), созданная для преобразования оптического излучения.

**О**тражение света – физический процесс взаимодействия волн/частиц с поверхностью, при котором волна/частица возвращается в среду, из которой она вышла.

**П**лоскость референции – некоторая система отсчёта, которой удобно пользоваться при описании различных состояний светового луча.

**П**оляризация света – свойство, влияющее на процессы распространения, которым принято характеризовать структуру света.

**П**отенциальная энергия – энергия взаимодействия тел.

**П**реломление света – изменение направления распространения оптического излучения при его прохождении через границу раздела двух сред.

**С**пектр – зависимость распределения энергии электромагнитного излучения от длины волны (частоты).

**С**редства измерения – применяемые при измерениях технические средства, имеющие нормированные метрологические свойства.

**Ф**изическая величина – физическое свойство материального объекта, измеряемое в количественном отношении. Примерами физической величины являются длина, масса, время.

**Ф**отон – элементарная частица электромагнитного излучения.

**Ц**ветовая температура – температура так называемого абсолютно чёрного тела, при которой оно испускает излучение такой же цветности, что и рассматриваемое.

**Э**лектромагнитная (ЭМ) волна – распространяющееся в пространстве возмущение электрических и магнитных полей.

**Э**нергосбережение – приёмы и методы эффективного и разумного использования топливно-энергетических ресурсов планеты.

**Подробнее светотехнические термины можно посмотреть в «Справочной книге по светотехнике» и на сайте [www.galad.ru](http://www.galad.ru)**



Международная  
светотехническая  
корпорация



БООС ЛАЙТИНГ ГРУПП



# НОВЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЯ!

ООО Лихославльский завод «Светотехника»



171210, Тверская область,  
г. Лихославль, Первомайская  
улица, 51



[galad.ru](http://galad.ru)



(48261) 3-59-04

BL



Международная  
светотехническая  
корпорация



ГОСКОМПАНИИ «БЕЛЭНЕРЖИ»



Экономия



Безопасность



Энергосбережение

**Управление освещением – залог безопасности!**



17000, г. Минск,  
г. Фрунзенский район, дом 6



[www.bl.by](http://www.bl.by)



800 780 75 00