

СВЕТ В НАШЕЙ ЖИЗНИ

Минимум терминов и понятий от журнала «Светотехника» к всероссийскому уроку, посвященному Году Света, по поручению Минэнерго России при поддержке ПРООН/ГЭФ под редакцией Антона Шаракшанэ

Авторы:

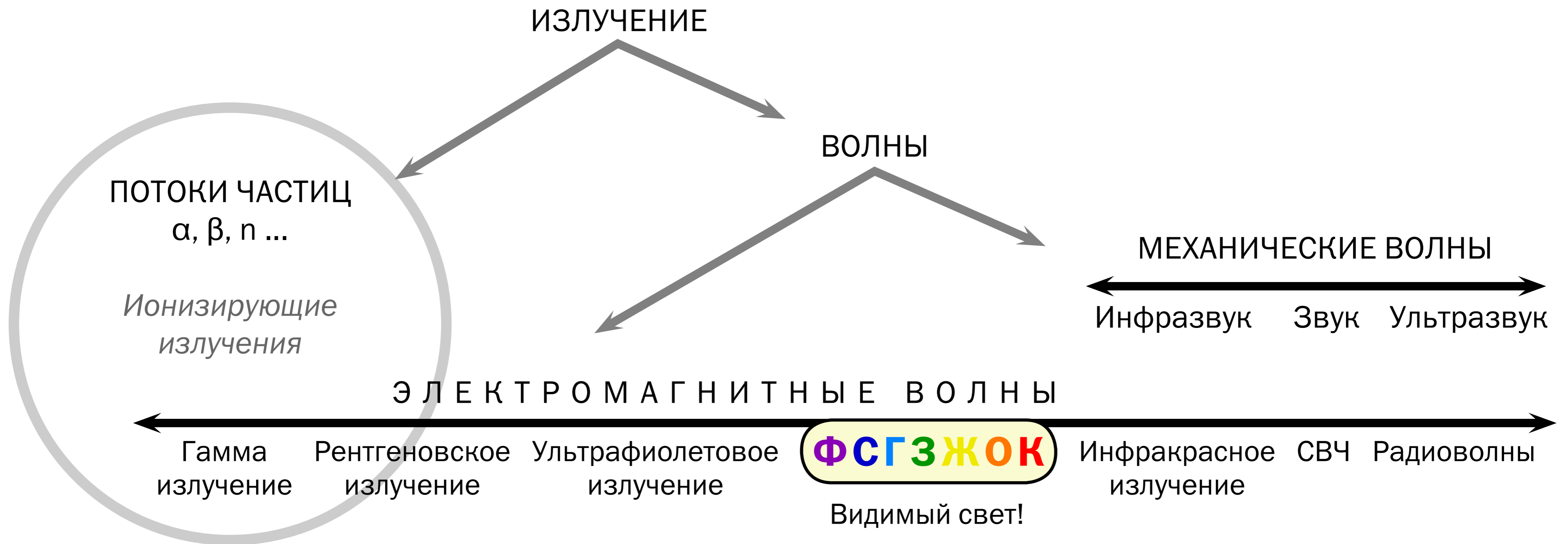
Антон Шаракшанэ, к.ф.-м.н., научный редактор журнала «Светотехника»;
Александр Юнович, профессор физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова;
Татьяна Рожкова, заведующий испытательной лабораторией НИИИС имени А.Н. Лодыгина;
Константин Даниленко, д.м.н., зам. директора по научной и лечебной работе
ФГБНУ «НИИ физиологии и фундаментальной медицины»;
Александр Фомин, к.т.н., инженер-светотехник;
Александр Гольдин, консультант по светотехнике Израильской Дорожной Компании;
Ольга Бокова, архитектор, член Союза Дизайнеров России;
Михаил Сартаков, колорист.

В обсуждении участвовали:

Юлиан Айзенберг, д.т.н, главный редактор журнала «Светотехника»;
Дмитрий Мельников, начальник отдела государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности Министерства энергетики Российской Федерации;
Анатолий Шевченко, менеджер проекта ПРООН «Преобразование рынка для продвижения энергоэффективного освещения»;
Андрей Аносов, д.ф.-м.н., профессор ПМГМУ им. И.М. Сеченова;
Вадим Григоров, биофизик;
Юлия Скорик, аспирант кафедры Светотехники НИУ МЭИ.

СВЕТ — ЭТО ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВОЛНА

Большую часть информации о мире мы получаем, воспринимая свет. Свет — это электромагнитная волна, распространяющаяся со скоростью около 300 000 км/с.

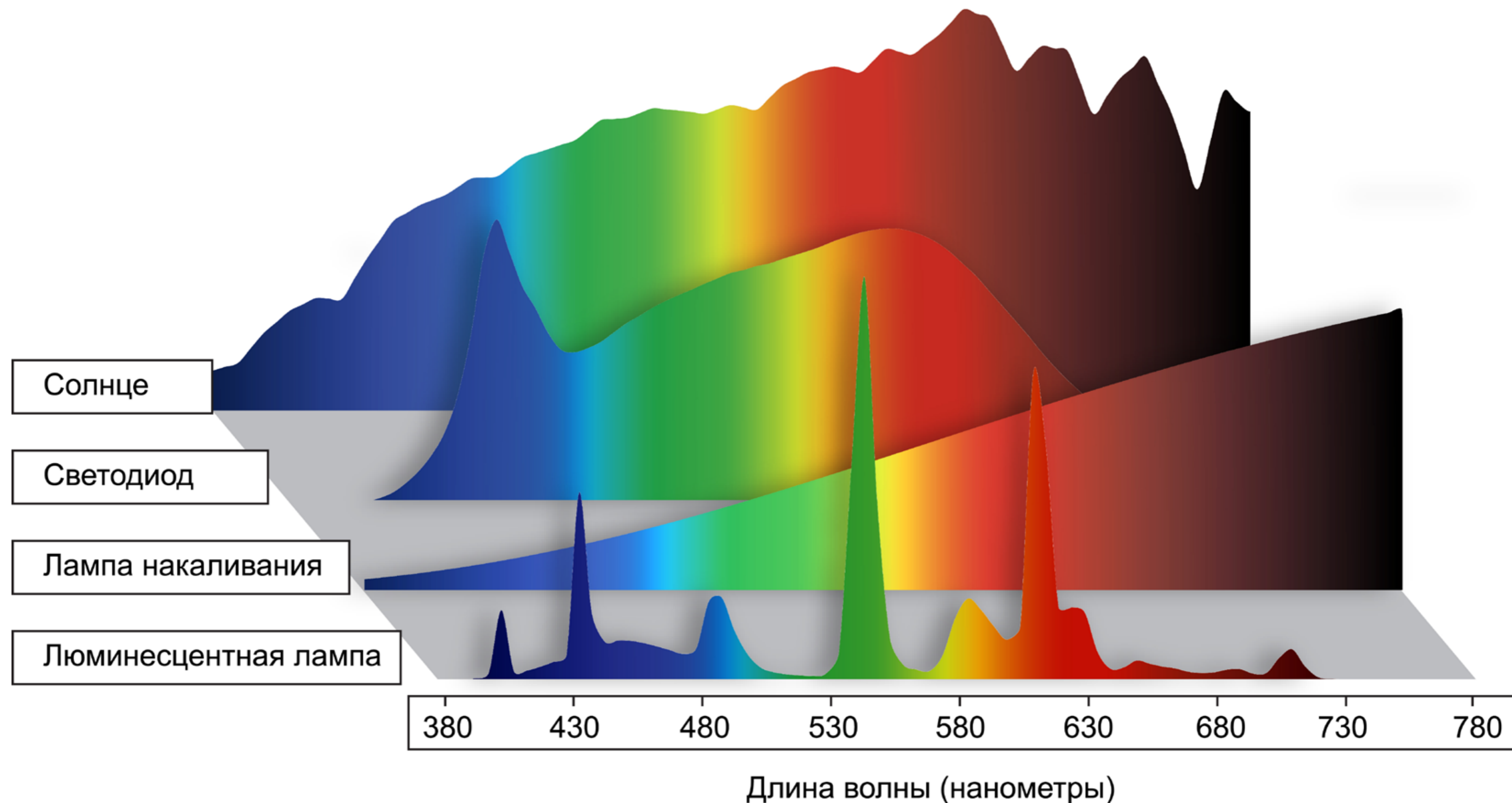


На шкале электромагнитных волн видимый свет находится между инфракрасным излучением (волны длиннее 780 нанометров) и ультрафиолетовым (короче 380 нанометров). В этом диапазоне проникает через атмосферу основная энергия солнечного излучения. И к волнам в этом диапазоне чувствителен человеческий глаз!

СПЕКТР

Спектральные составляющие естественного белого света воспринимаются зрением как цвета радуги. Расположение цветов от красного до фиолетового определяется правилом «Каждый Охотник Желает Знать...».

График, показывающий из каких цветных составляющих и в какой пропорции составлен белый свет, называется спектром.



Свет люминесцентной лампы состоит из трёх–пяти цветных компонент. Первые светодиоды имели в спектре только синий и жёлтый, но теперь к этим цветам чаще добавляется зелёный, оранжевый и красный.

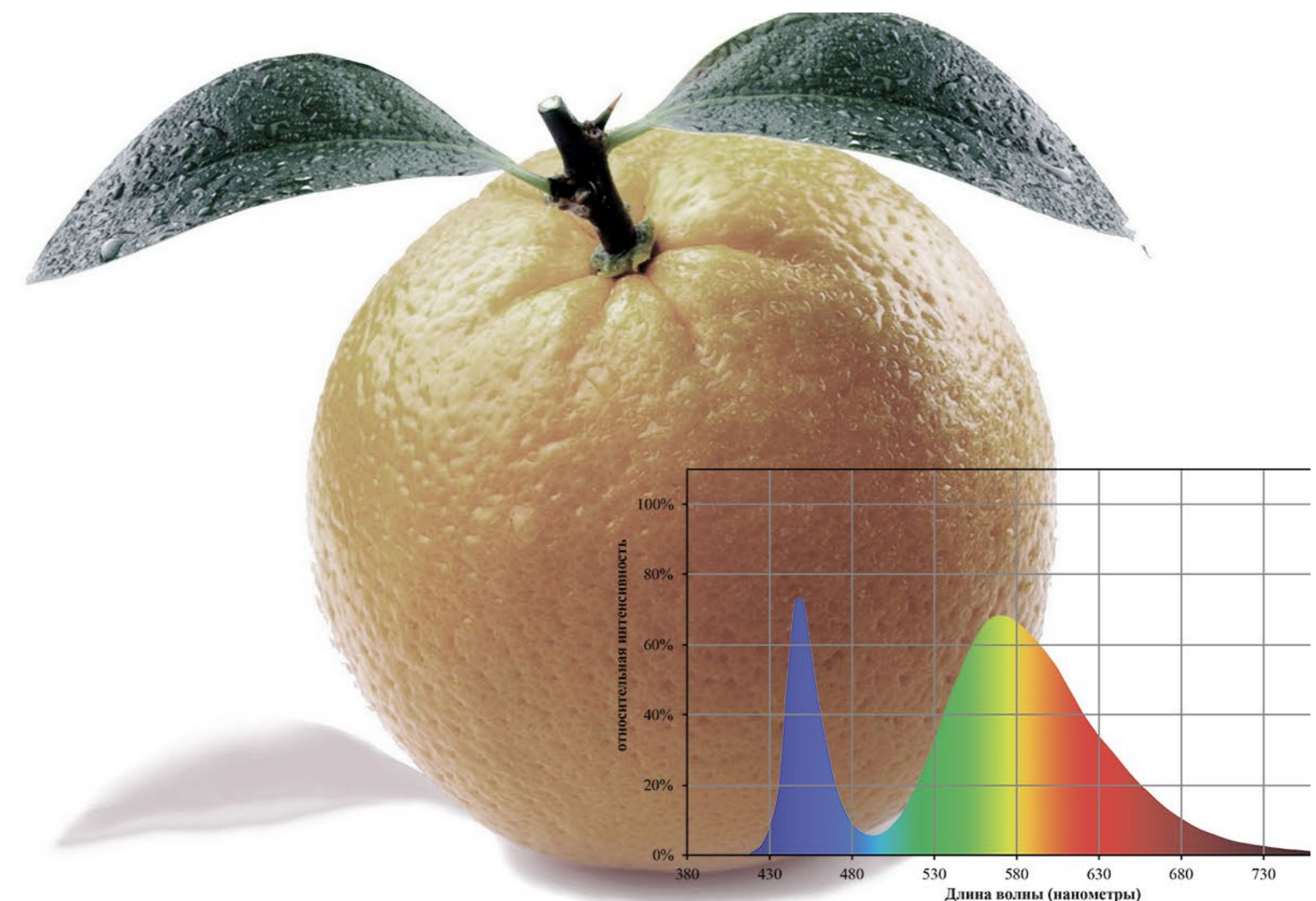
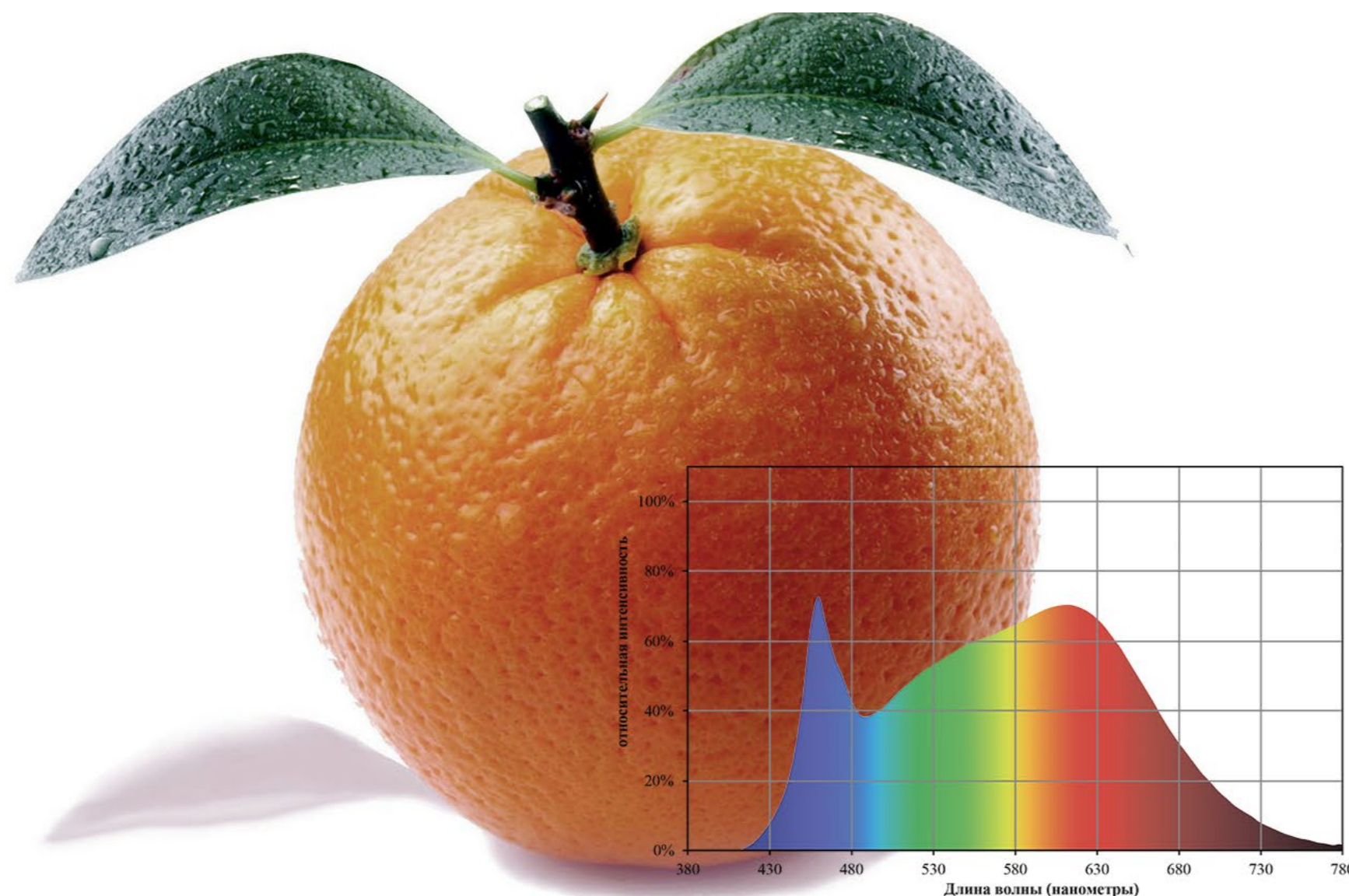
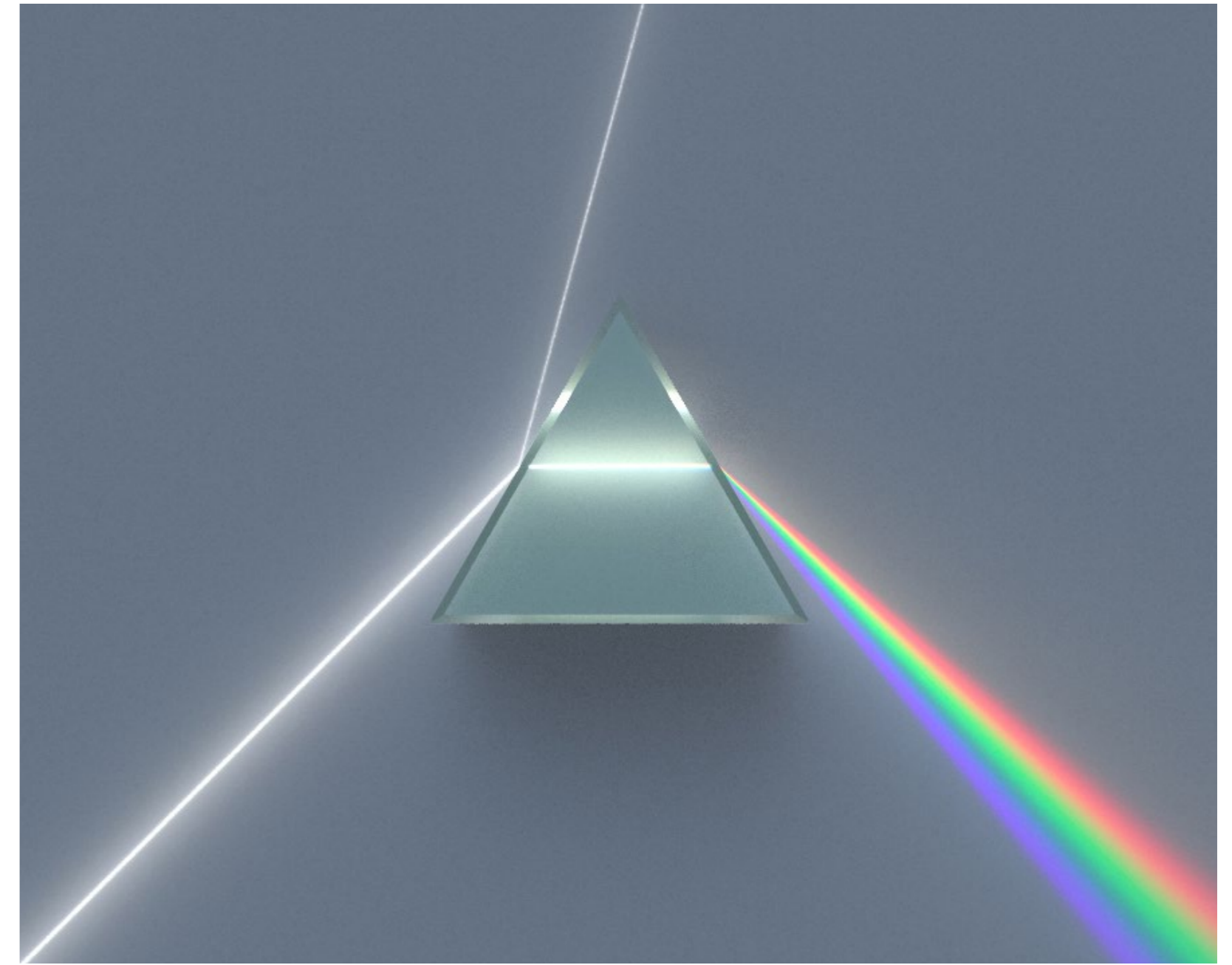
С развитием технологий спектральный состав искусственного света становится более полноценным и похожим на естественный, содержащий все цвета радуги.

КАЧЕСТВО БЕЛОГО СВЕТА

Разложив луч дневного света призмой на составляющие, Исаак Ньютон увидел цвета радуги — один за другим. При освещении белым светом, состоящим из всех цветов радуги, различимы множество оттенков, а цвет привычных объектов выглядят узнаваемо. Еда кажется аппетитной, а цвет лица — здоровым. Такой свет мы сегодня называем светом высокого качества или светом с высокой цветопередачей.

Искусственный белый свет обычно состоит из меньшего числа цветов — из трёх (красный, зеленый и синий) или даже из двух (синий и желтый). Чем меньше цветов составляют белый свет, тем его состав беднее, тем ниже цветопередача.

При освещении светом с низкой цветопередачей близкие оттенки неразличимы, а привычные цвета неузнаваемы: еда — неаппетитна, цвет кожи — нездоровый.



Левый апельсин освещен светодиодным светом с цветопередачей 90 единиц, правый — 60 единиц.

ЗНАЧЕНИЯ ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ

Цветопередача современных люминесцентных ламп и белых светодиодов — от 70 единиц.

Для освещения помещений выбирают источники света с цветопередачей от 80 единиц. Уже появляются светодиодные светильники с цветопередачей более 90 единиц.

Источники света с повышенной цветопередачей стоят дороже, а света дают немного меньше, но их используют там, где важно качество искусственной световой среды.

Максимальное значение цветопередачи — 100 единиц, такова цветопередача естественного дневного света.

В недалеком будущем искусственный свет по качеству в видимой области спектра догонит солнечный!



ЦВЕТОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Чем больше в белом свете синей составляющей, и чем меньше оранжевой и красной, тем «холоднее» свет и выше цветовая температура.

На лампах цветовую температуру обозначают цифрами:

- 2700—3500 К — тёплый свет, близкий к свету лампы накаливания;
- 4000—5000 К — нейтральный, близкий к рассеянному дневному свету;
- 5500—6500 К — холодный, как свет неба с облаками или как белое свечение монитора;



Одним нравится тёплый свет, другие чувствуют себя комфортно при холодном. Предпочтения могут меняться с возрастом.

Предпочтения различны и в разные часы дня: при холодном свете человек просыпается, лучше работает, активен и сосредоточен. Тёплый свет правильно использовать вечером, чтобы повысить качество сна ночью.

ЯРКОСТЬ СВЕТИЛЬНИКА

Яркость источника часто путают с количеством света. В действительности большой и неяркий плафон может давать больше света, чем ослепительно яркий точечный светильник.

Чем больше света на единицу светящей поверхности, тем она ярче, тем труднее на нее смотреть не жмурясь, тем больший зрительный дискомфорт вызывает светильник.

Яркость светильников для общественных помещений с постоянным пребыванием людей ограничивается законодательно. Но и дома лампы, а тем более яркие светодиоды, не рекомендуется использовать без защищающего зрение рассеивателя: плафона или абажура.

Большой равномерно и неярко светящий светильник предпочтительней маленькой и яркой лампочки. Компактные светильники выглядят технологично и современно, но история сделает круг и крупные формы светорассеивателей потолочных, настольных и напольных светильников вновь войдут в моду.



ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Количество света измеряется в люменах. Световая отдача измеряется в люменах на Ватт (лм/Вт). Чем больше света дает светильник при меньшей потребляемой мощности, тем выше его световая отдача.

Световая отдача ламп накаливания — 10—15 лм/Вт, а у светильника с такой лампой — может быть ещё вдвое меньше. Эффективность типичных светильников с прямыми люминесцентными лампами, как в большинстве школ и офисов — примерно 60 лм/Вт, современных светильников со светодиодами — 100 лм/Вт.

В ближайшие годы эффективность светодиодных источников света будет расти. Рекордная световая отдача белых светодиодов уже сегодня превышает 300 лм/Вт.

Высокая эффективность позволяет увеличивать освещённость, улучшая этим качество жизни людей при сохранении приемлемого уровня энергопотребления.

Способы экономии электроэнергии:

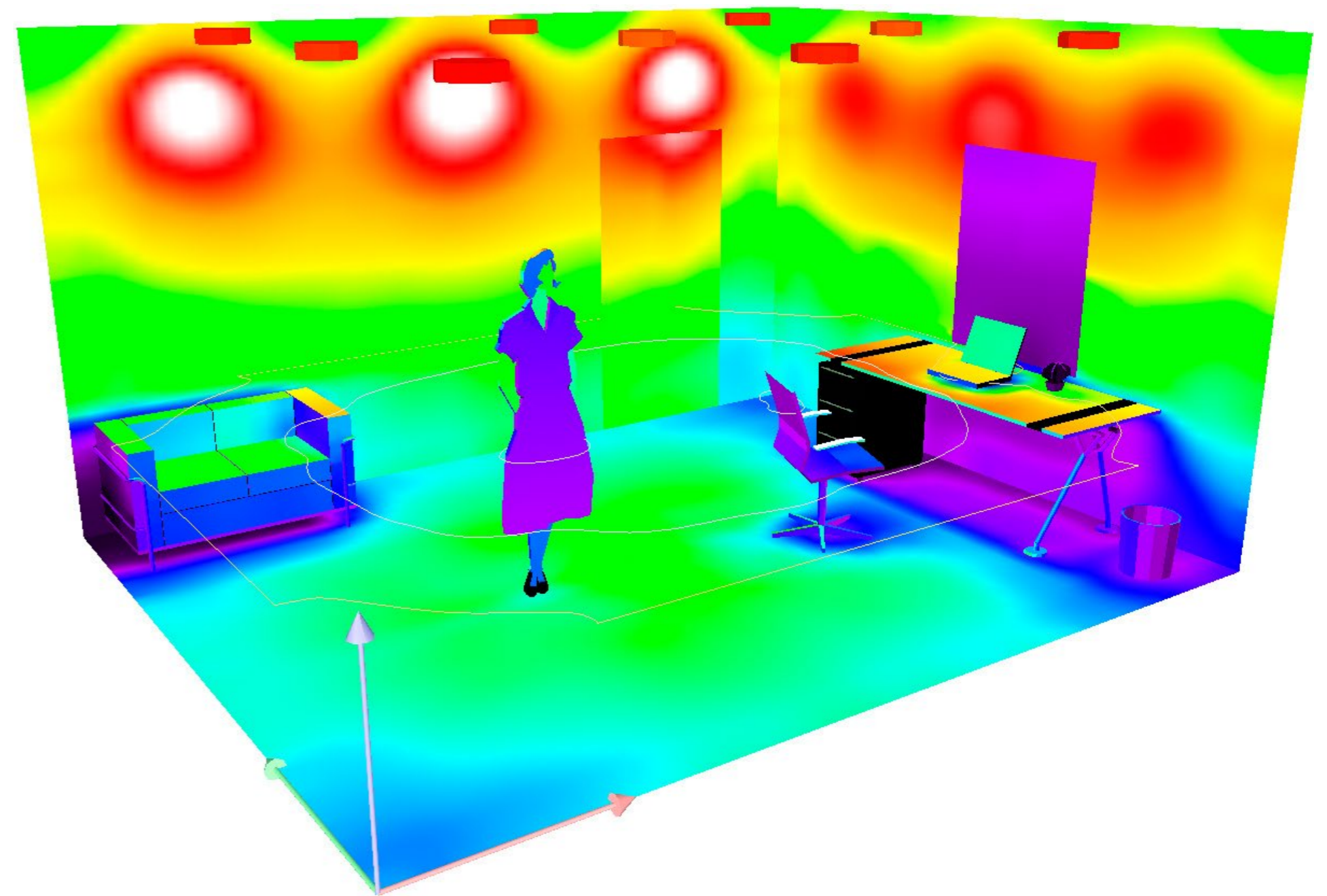
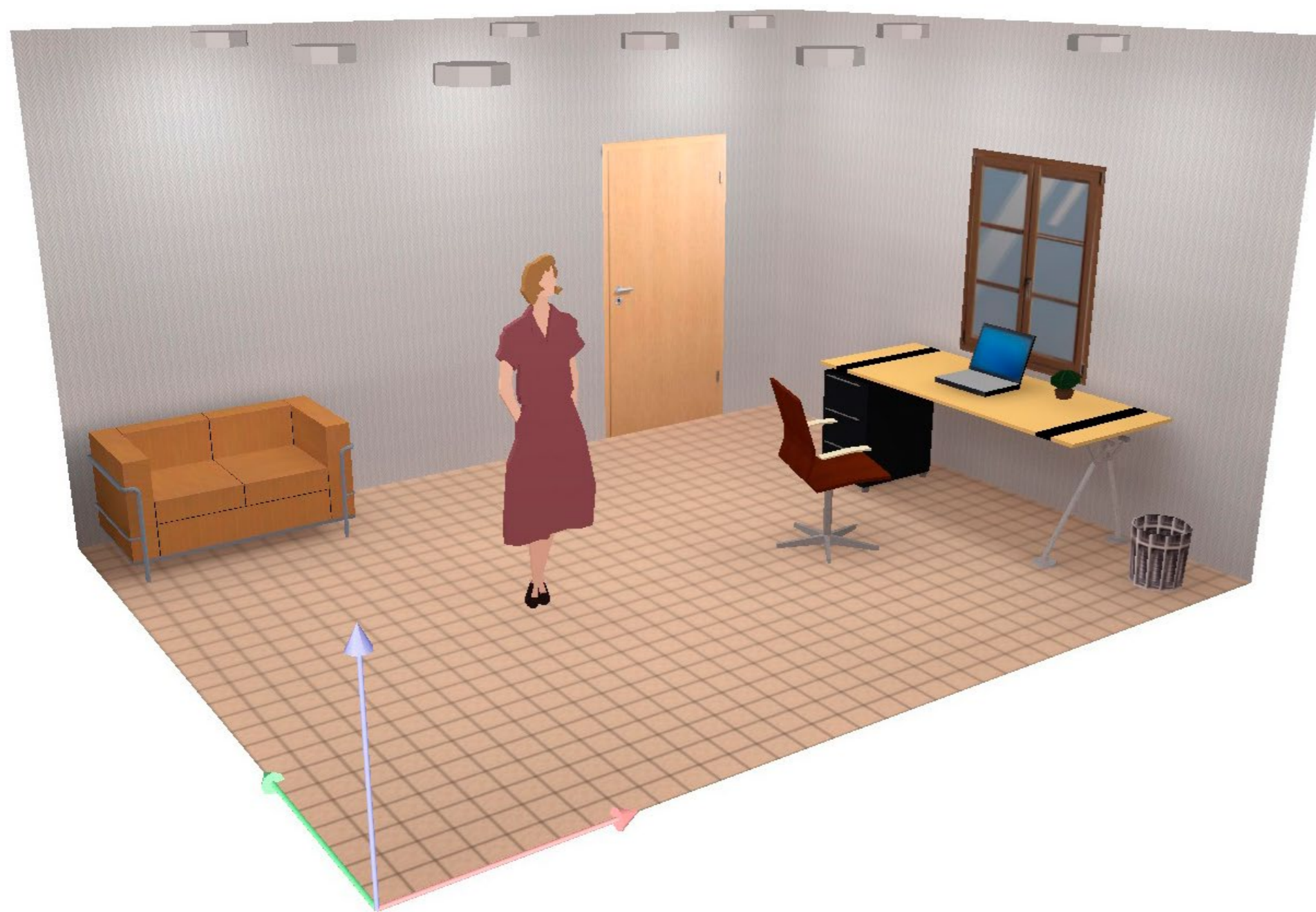
- использовать эффективные светодиодные источники света;
- первыми заменять на светодиодные те лампы в доме, что светят постоянно;
- использовать местное освещение, например настольные светильники;
- беречь свет: выбирать светлые обои и мебель; не использовать без надобности плотные шторы; регулярно мыть окна; держать чистыми лампы и плафоны;
- использовать средства автоматизации, выключающие свет в помещениях без людей;
- быть дисциплинированным и выключать свет там, где он не нужен, самостоятельно.

ОСВЕЩЁННОСТЬ

Освещённость измеряется в люксах. Количество люкс соответствует количеству люмен на один квадратный метр освещаемой площади.

Оценим освещённость, создаваемую в комнате площадью 20 м² люстрой с общим световым потоком 3000 люмен. Если бы свет от люстры был направлен только на пол, средняя освещённость пола составила бы $3000 \text{ люмен} / 20 \text{ м}^2 = 150 \text{ люкс}$. Но так как часть света «пропадает» на стенах и потолке, освещённость пола окажется раза в полтора меньше — около 100 люкс.

В комнатах с разной высотой и светлотой стен до пола дойдет различное количество света, более точно рассчитать освещённость можно с помощью программ, таких как «Dialux».



КАКОЙ ВЕЛИЧИНЫ БЫВАЕТ ОСВЕЩЁННОСТЬ

Чем напряжённей работа зрения, тем важнее зрительный комфорт, тем больше нужно света.

Освещённость автомобильных дорог и пешеходных пространств ночью — от 3 до 30 люкс. Минимальная освещённость столов в кабинетах и офисах — 300 люкс, в компьютерных комнатах и в аудиториях ВУЗов — 400 люкс, в школьных классных комнатах и учебных кабинетах — 500 люкс. В пошивочных цехах — 750 люкс.

На улице в средней полосе летом в солнечный день в тени — около 10 000 люкс, на солнце в полдень — 100 000 люкс. А на Ямайке в полдень на солнце — до 300 000 люкс.



При тусклом свете рост освещённости полезен. Увеличение освещённости дорог вдвое снижает частоту аварий на треть.

Рост освещённости от 1000 люкс до 2000 люкс не вызывает улучшения условий зрительной работы. Выше 2000 люкс мешает — вспомните, на улице читать книгу трудней, чем в помещении. Чрезмерная освещённость вредна, и от яркого солнца нужна защита.

ЭВОЛЮЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

ИСТОЧНИКИ СВЕТА

ТЕПЛОВЫЕ

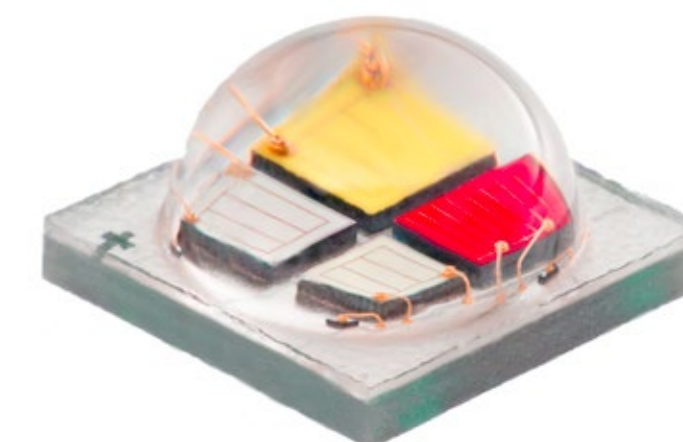
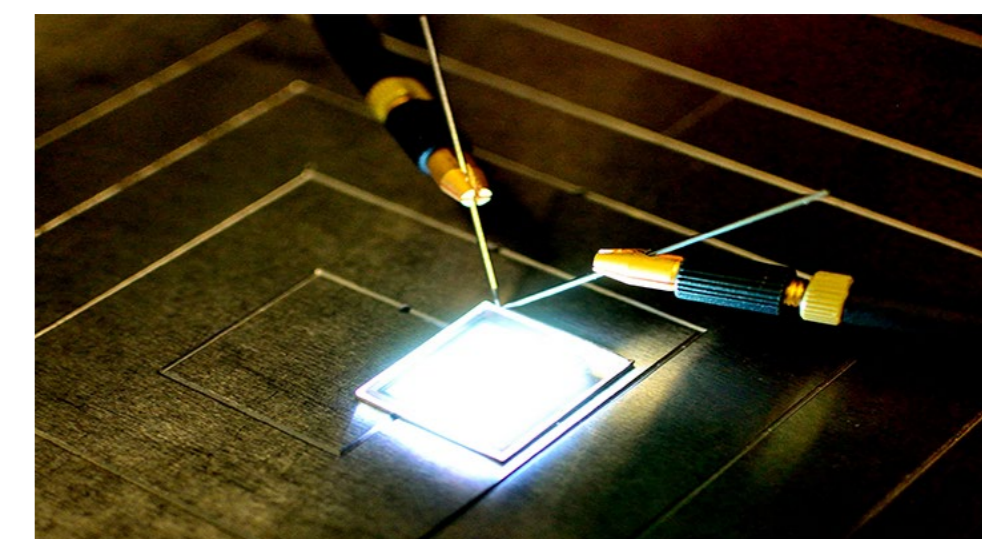
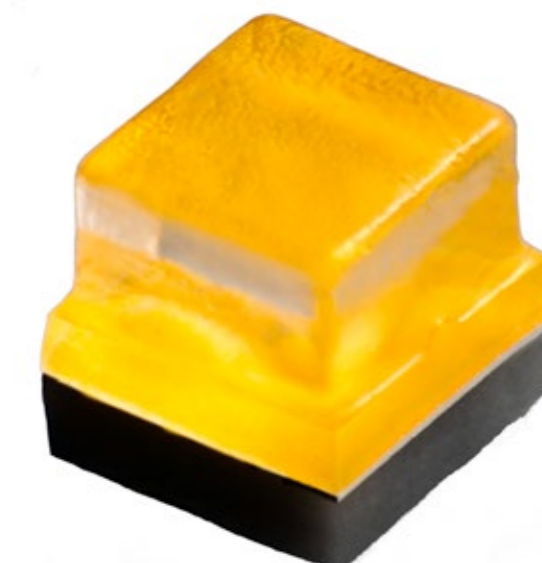
ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

Прошлое

Настоящее

Будущее



ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ

Лампа накаливания и галогенная лампа неэффективны и недолговечны. Дают только тёплый свет. Главное достоинство — высокое качество света, цветопередача — 100 единиц.



Эффективность люминесцентных ламп выше, цветовая температура и цветопередача могут быть различны.

Эффективность прямых люминесцентных ламп относительно высока, особенно тонких прямых люминесцентных ламп последнего поколения. Но люминесцентные лампы содержат вредную ртуть, и должны быть утилизированы на специализированных предприятиях.

Компактные же люминесцентные лампы спиральные и П-образные, уступают прямым лампам по всем параметрам. Светящиеся трубки затеняют друг друга, а в маленьком цоколе невозможно разместить источник питания, который был бы одновременно компактным, недорогим и эффективным. Такие лампы пора заменять светодиодными.

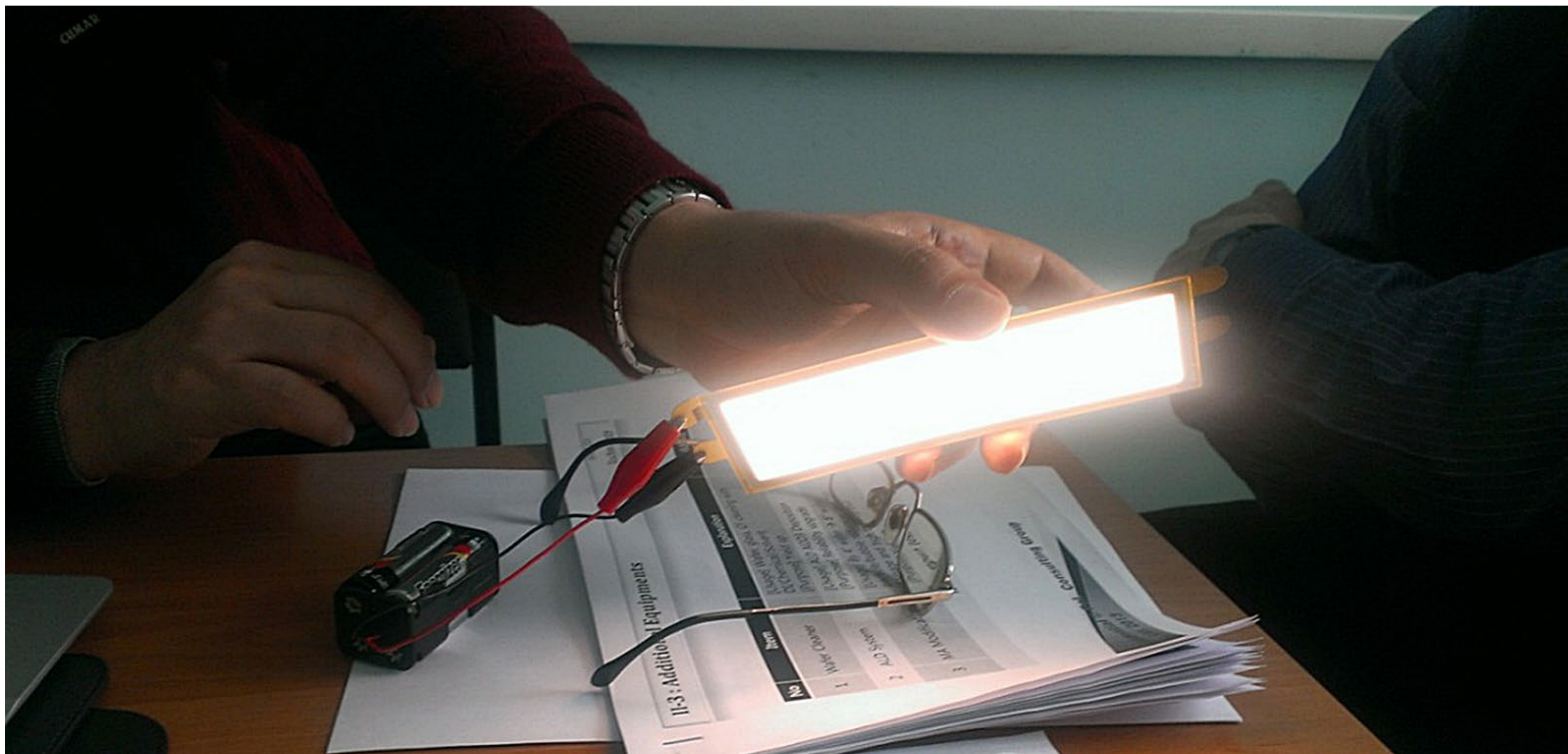
СВЕТОДИОДЫ (LED)

Светодиоды эффективней люминесцентных ламп, имеют высокий индекс цветопередачи и различные цветовые температуры.

Светодиоды долговечны, не вредят окружающей среде и с ними удобно создавать осветительные системы любого назначения.



ОРГАНИЧЕСКИЕ СВЕТОДИОДЫ (OLED)



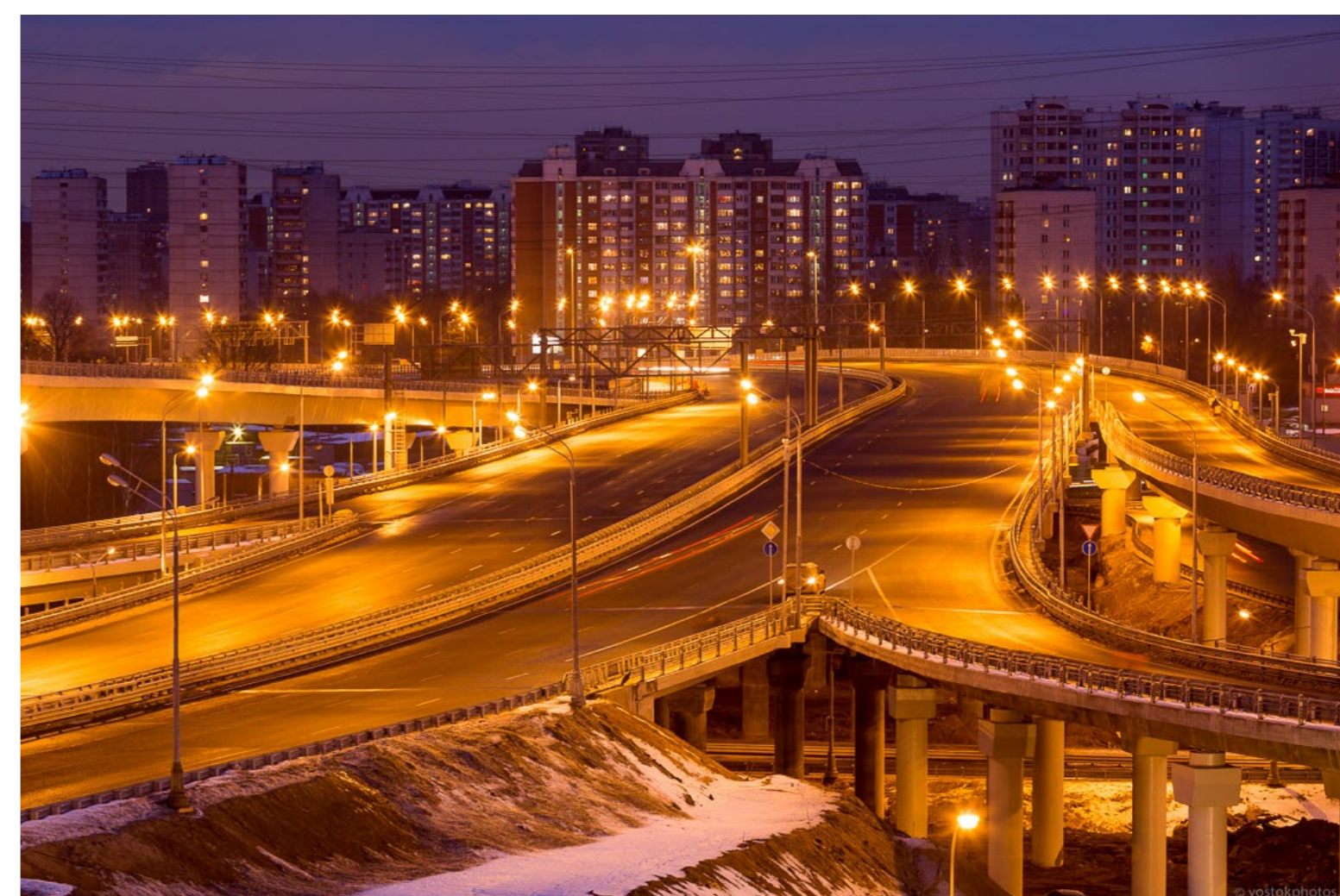
Органические светодиоды (OLED) уступают по световой отдаче и обычным светодиодам и люминесцентным лампам. Главное достоинство — ровный неяркий свет высокого качества.

ТРАДИЦИОННОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ



Ртутные лампы дают белый свет низкого качества, их эффективность невелика, и вскоре они будут заменены светодиодами.

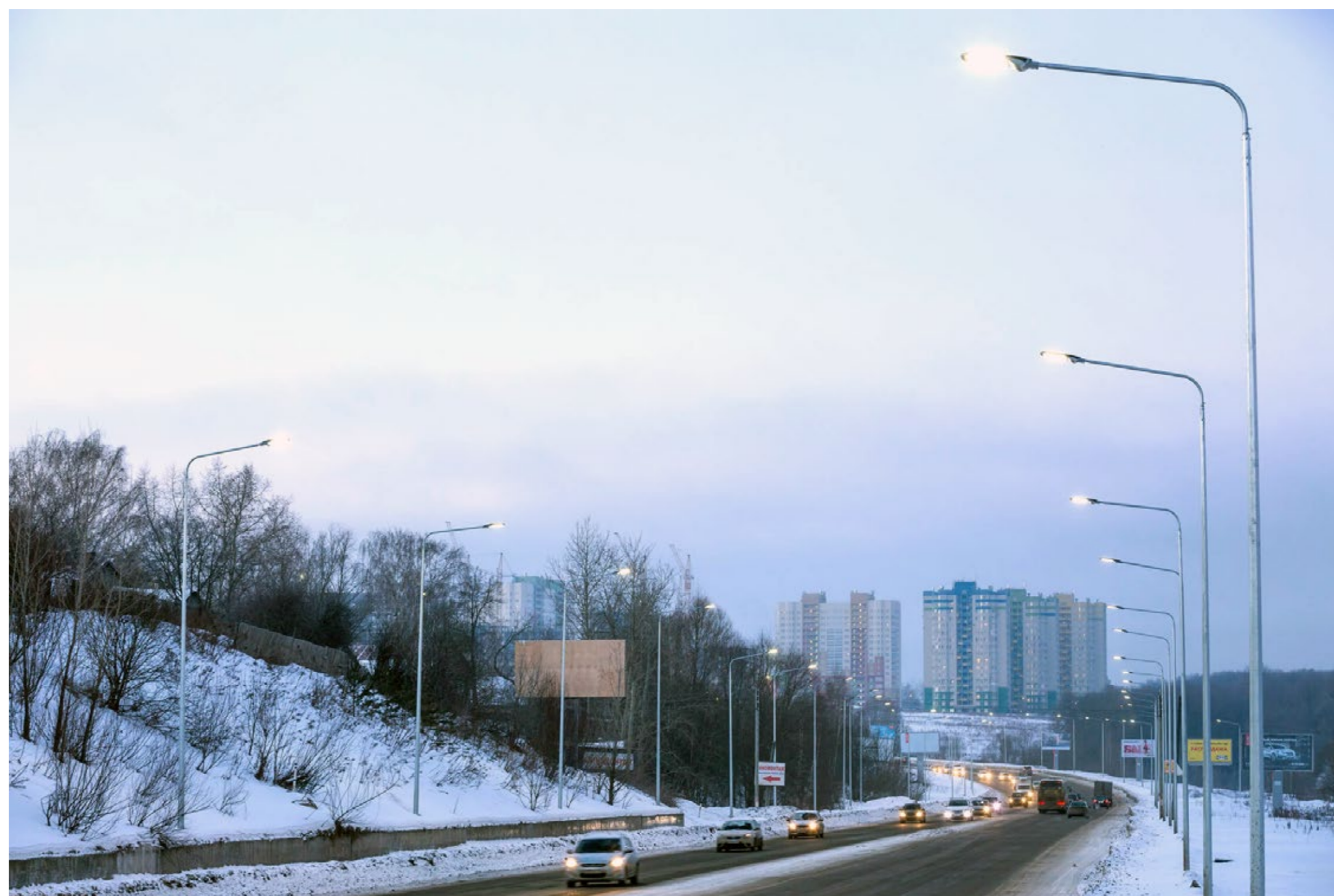
Световая отдача мощных натриевых ламп такая же, как у современных светильников со светодиодами. Их золотистый свет не позволяет различать цвета, но для освещения дорог этого и не требуется.



Металлогалогенные лампы излучают белый свет высокого качества. Уступают в эффективности натриевым лампам и светодиодам.

СВЕТОДИОДНОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Светильники со светодиодами по эффективности догнали светильники с натриевыми лампами. И эффективность продолжает расти, а цена падает. В недалеком будущем почти все уличное освещение станет светодиодным.



Цветопередача светодиодов тоже растёт, и уже вскоре улицы страны будут равномерно и ярко освещаться светодиодным светом нейтральной цветовой температуры и высокого качества.

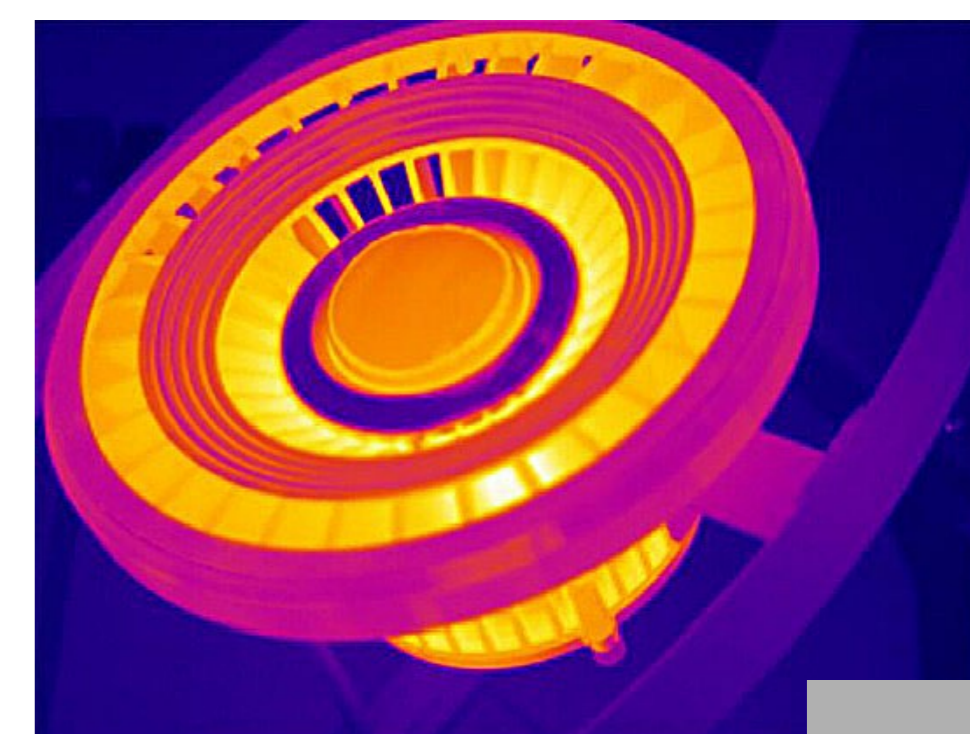
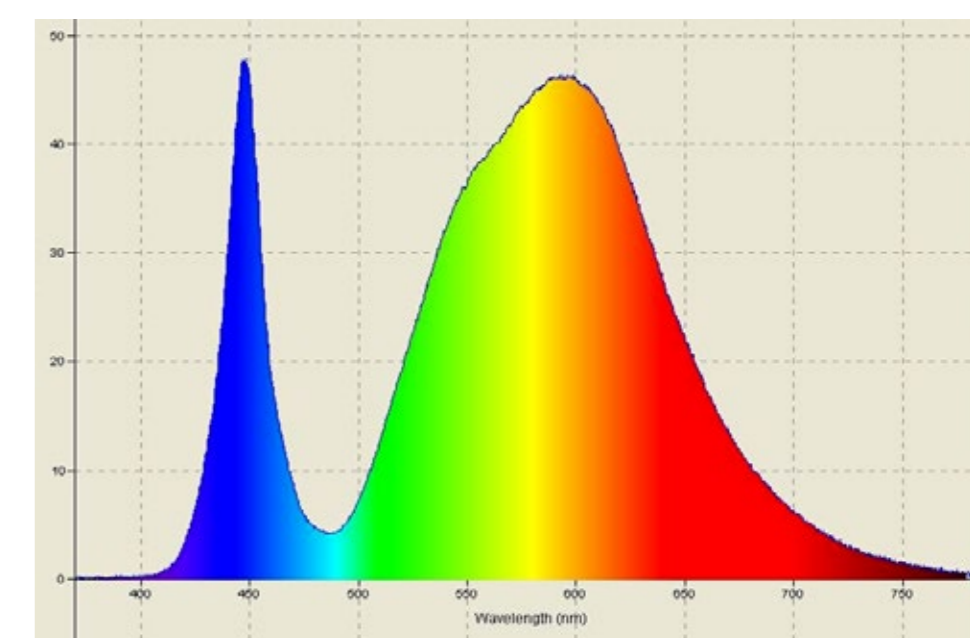
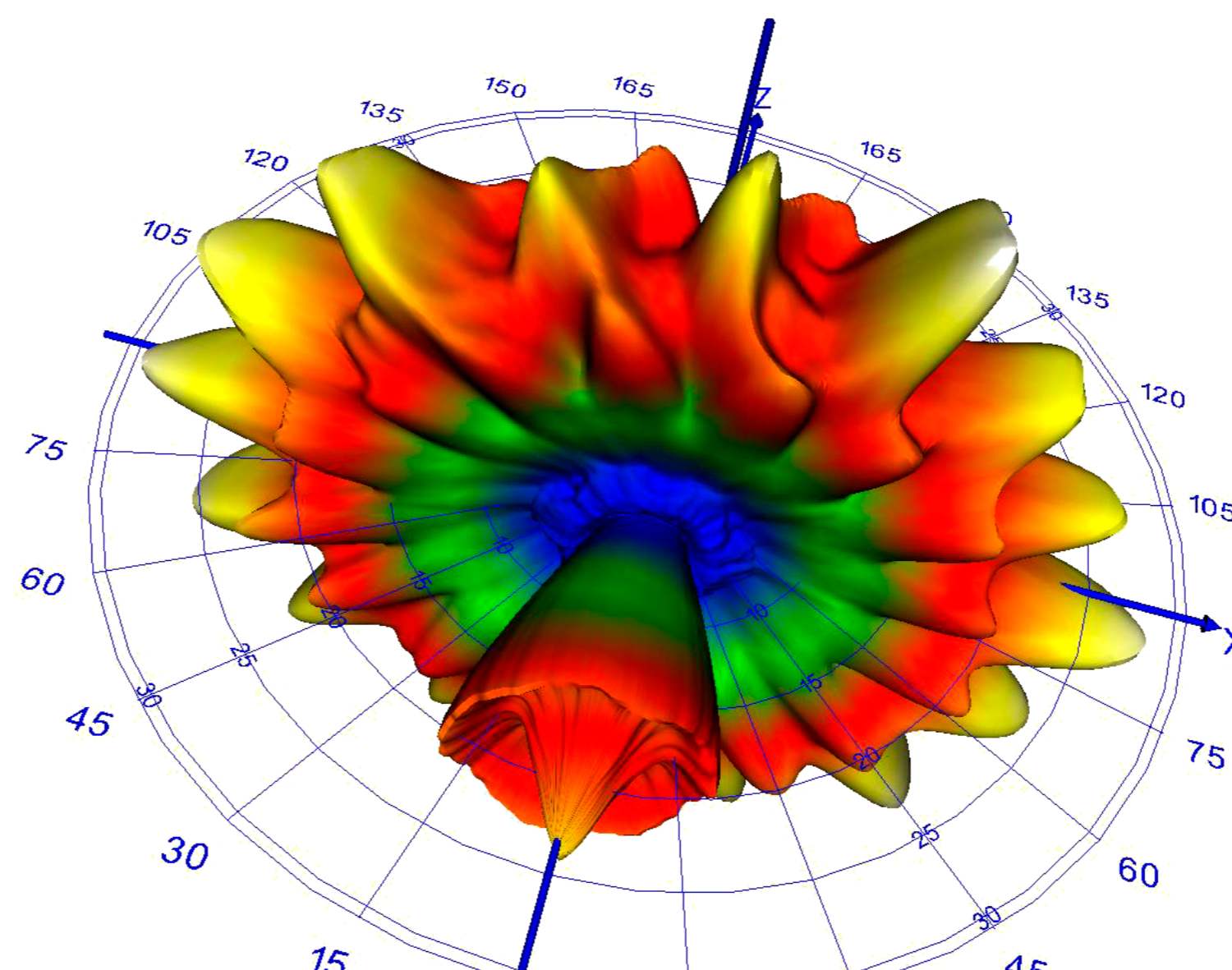
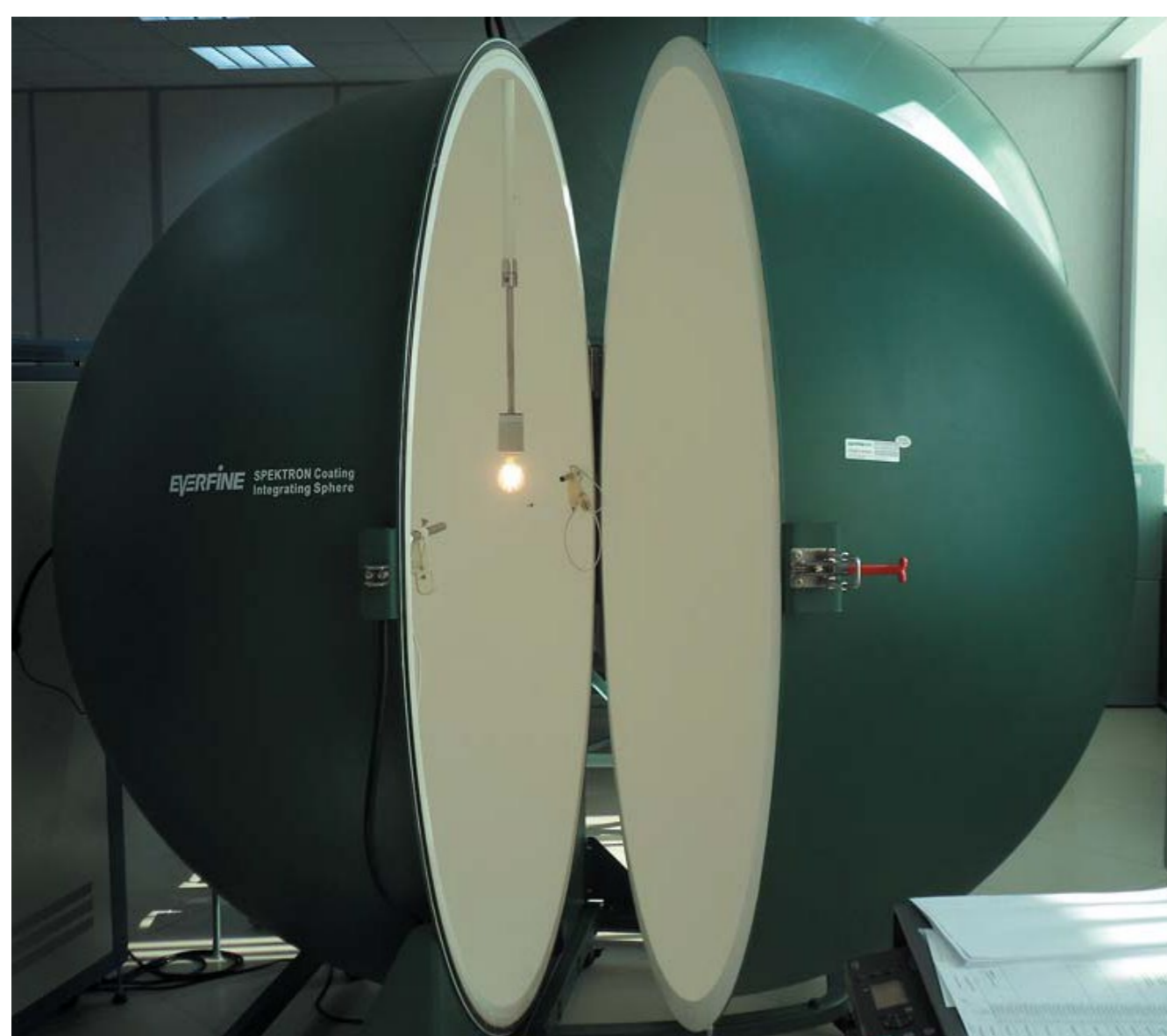
КАК И ЧЕМ ИЗМЕРЯТЬ СВЕТ

В инструкции к любой лампе указано — какую мощность она потребляет в Ваттах (Вт), сколько света дает в люменах (лм), сильно ли мерцает вместе с изменением напряжения в сети (уровень пульсаций указывается в процентах), и какого качества дает свет (цветопередача обозначается символами CRI или Ra).

Чтобы узнать эти параметры, производитель отдает светильник в лабораторию.

В лаборатории свет лампы ловят и измеряют большим фотометрическим шаром, окрашенным изнутри белой краской. Либо более сложным прибором — гониофотометром.

Одного измерения недостаточно. Первая лампа в серии может быть хороша, но через месяц с конвейера сойдет лампа с худшими характеристиками. Чтобы увидеть изменение качества и не обманывать потребителя, измерения параметров ламп и светильников нужно проводить регулярно.



НЕЗРИТЕЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЕТА

Минимальные порции, которыми излучается или поглощается свет, называют фотонами. Чем выше энергия фотонов, тем сильнее их воздействие на биологические ткани. Энергия фотонов ультрафиолетового излучения настолько велика, что вызывает загар и даже солнечные ожоги.

Коротковолновые составляющие света Фиолетовый, Синий и Голубой, близки по свойствам к ультрафиолету. И при большой интенсивности опасны для зрения.

Эти же цветные компоненты — Фиолетовый, Синий и Голубой, попадая в глаза, заставляют человека просыпаться утром и мешают засыпать вечером.



ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА ЦИРКАДНЫЕ РИТМЫ

Организм человека подчиняется биологическим часам — суточным или, как их называют, циркадным ритмам.

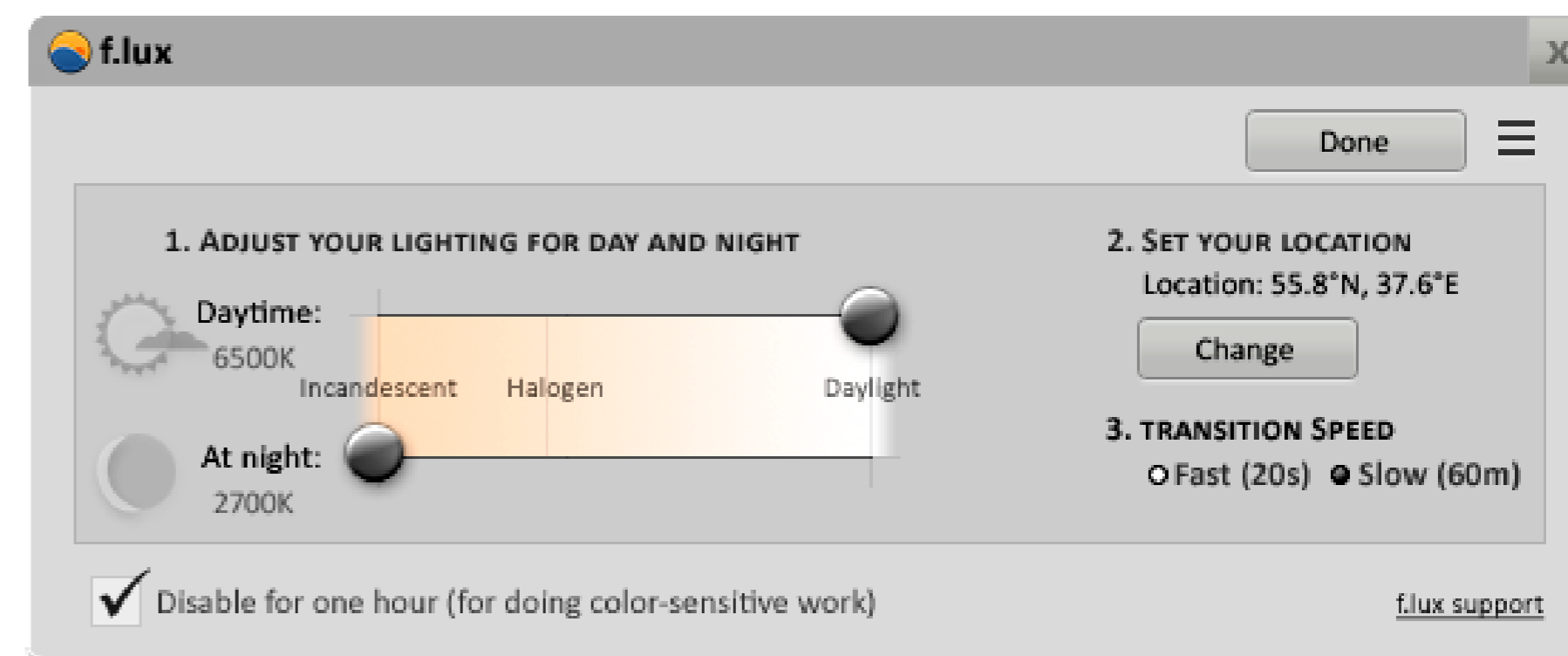
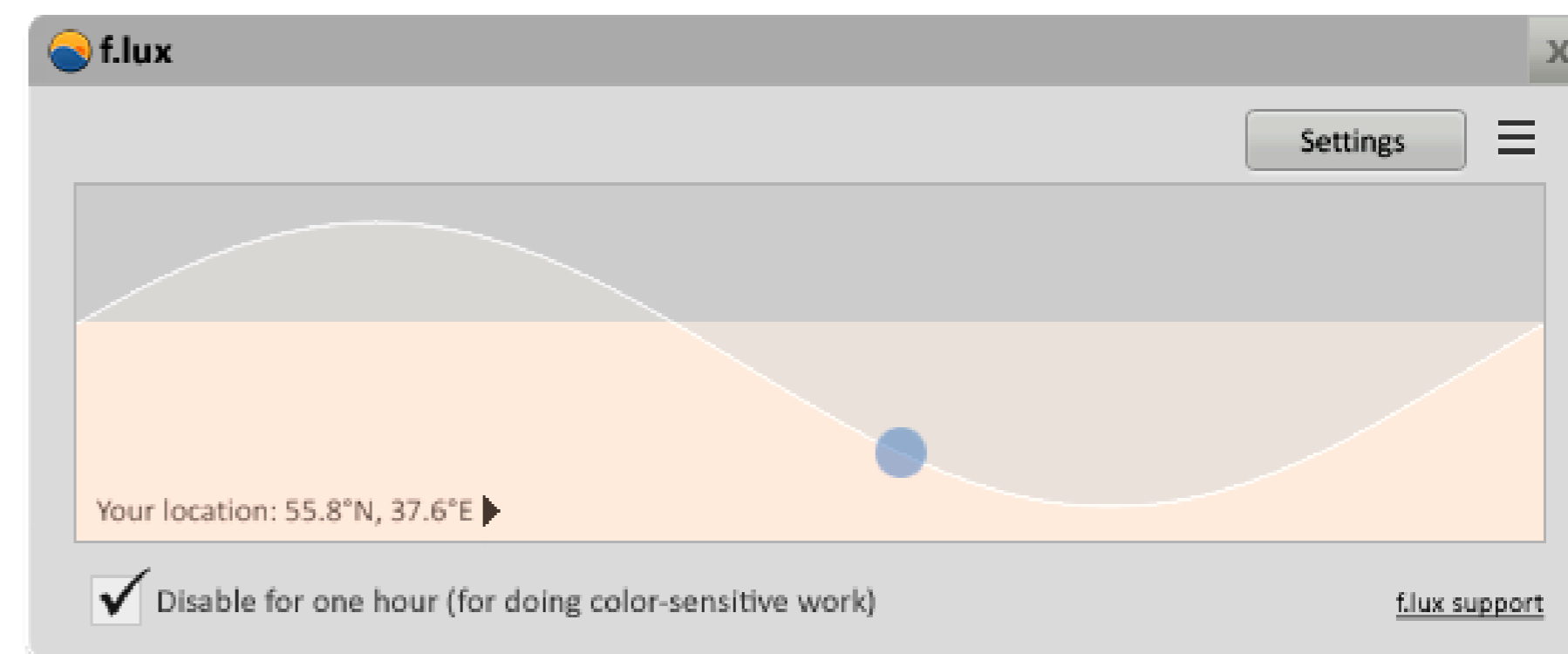
Эти ритмы могут быть согласованы с режимом дня, а могут и нет. Жалобы на то, что кто-то спит в выходные до обеда, поздно ложится, а кому-то слишком рано на учёбу — сигналы о несинхронизации суточных ритмов с социально-диктуемыми. Счастье просыпаться заранее без будильника, завтракать в удовольствие, и с радостью идти учиться!

Главный регулятор ритма — солнечный свет. Интенсивный холодный утренний свет при открытых шторах разбудит и поднимет любого соню. А уютный теплый полумрак вечером того же соню, который рано встал и был активен днем, подготовит к крепкому ночному сну.



КАК ВЫСЫПАТЬСЯ

Солнечного света часто недостаточно. Много людей проводят день в закрытых плохо освещённых помещениях, а вечером не дают себе заснуть, просиживая перед компьютером. Агрессивный холодный свет дисплея не дает организму подготовиться ко сну. Так развиваются нежелательные сдвиги циркадных ритмов — люди начинают плохо спать, утром с трудом просыпаться, быть вялыми днём, а затем вечерами сидеть за компьютером. Дожидаясь, когда если не естественное желание сна, то хотя бы усталость заставит лечь в кровать.



Правила нормализации циркадианных ритмов: хотя бы полчаса до обеда проводить под открытым небом, как можно лучше освещать помещение в первую половину дня, не использовать холодный свет там, где проходят вечера. И хотя бы за два часа до сна не пользоваться ни компьютером, ни планшетом.

Вспомогательное средство — принудительное уменьшение цветовой температуры монитора вечером, например, с помощью программы «f.lux».

ИСКУССТВЕННАЯ СВЕТОВАЯ СРЕДА

Освещать рабочее пространство в соответствии с санитарными нормами — недостаточно. Просидев зиму в школьной аудитории или в офисе, люди стремятся уехать на дачу, на озеро, в сосновый бор или даже к морю не только ради отдыха и развлечений. Но и за полноценной разнообразной естественной, комфортной световой средой.

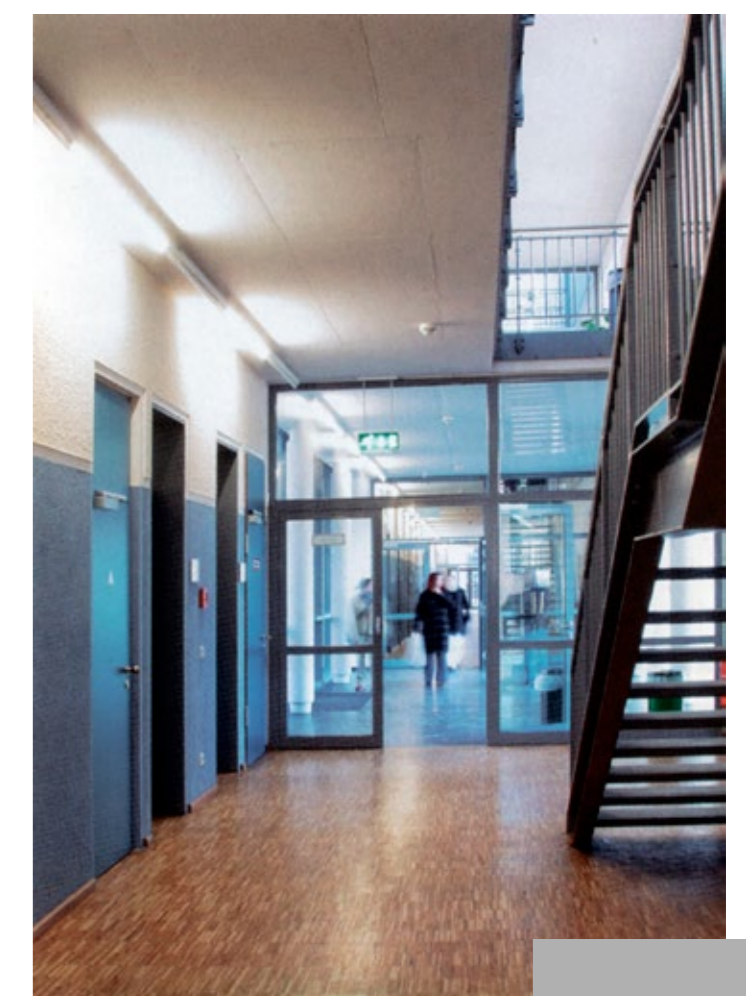
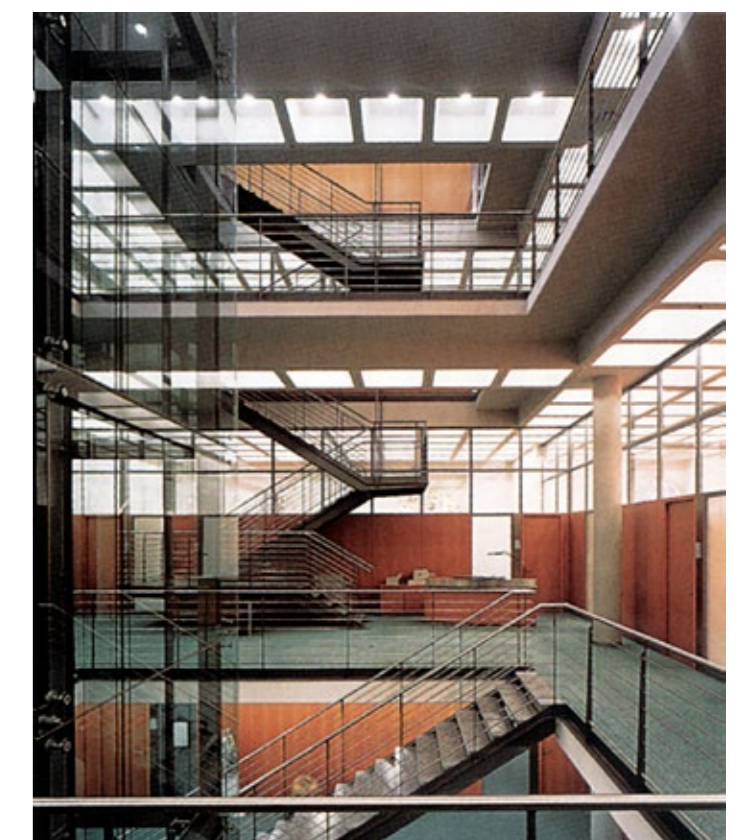
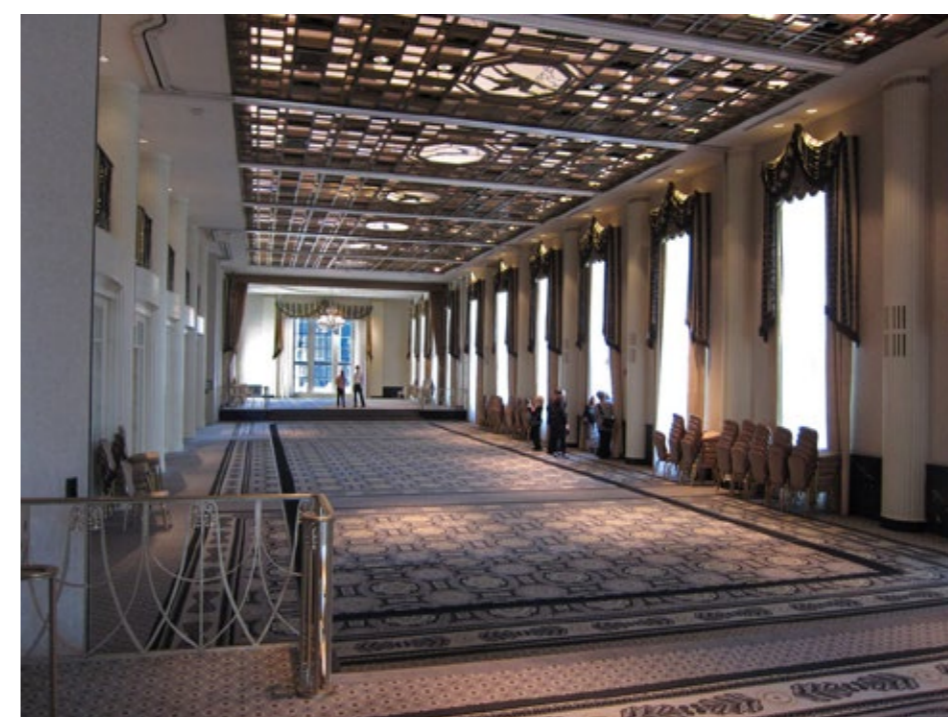


Светодизайн — не обязательно вычурное цветное освещение или светильники необычной формы. Задача светодизайна — создать комфортную световую среду для человека.

ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ОСВЕЩЕНИЯ

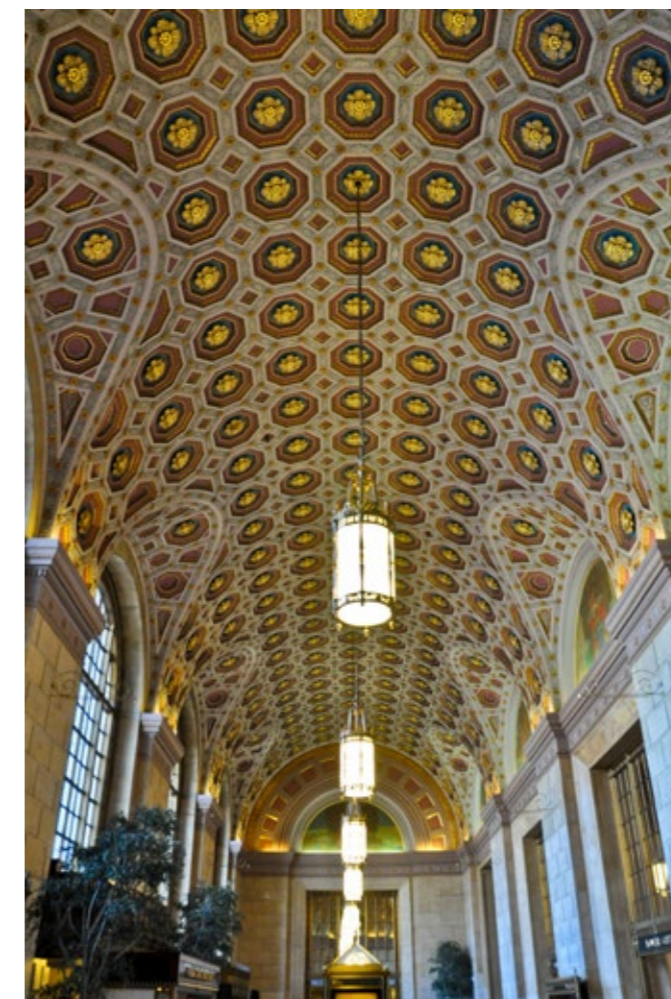
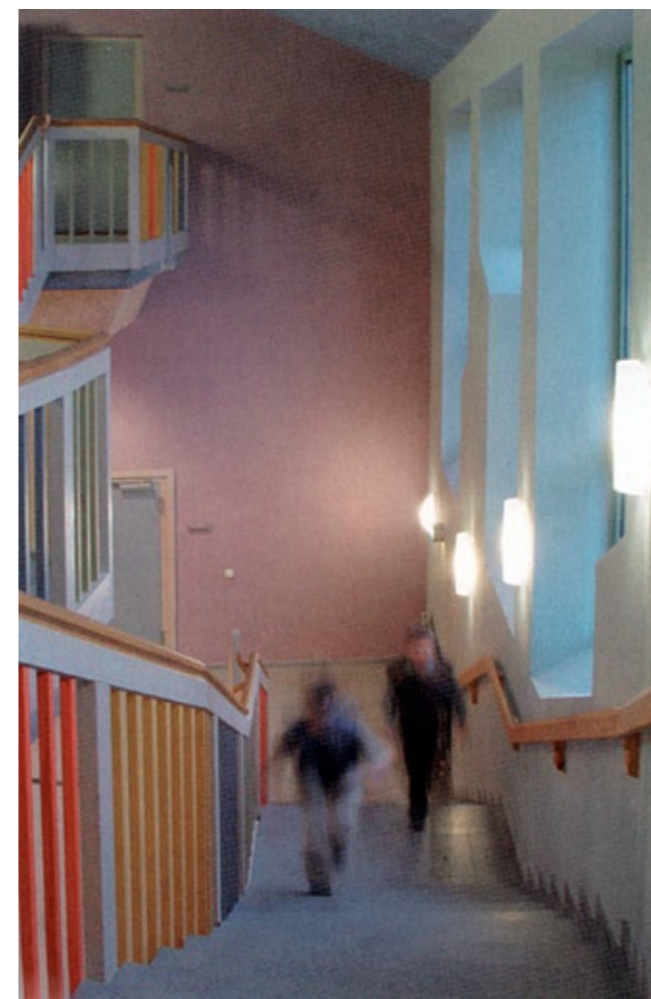
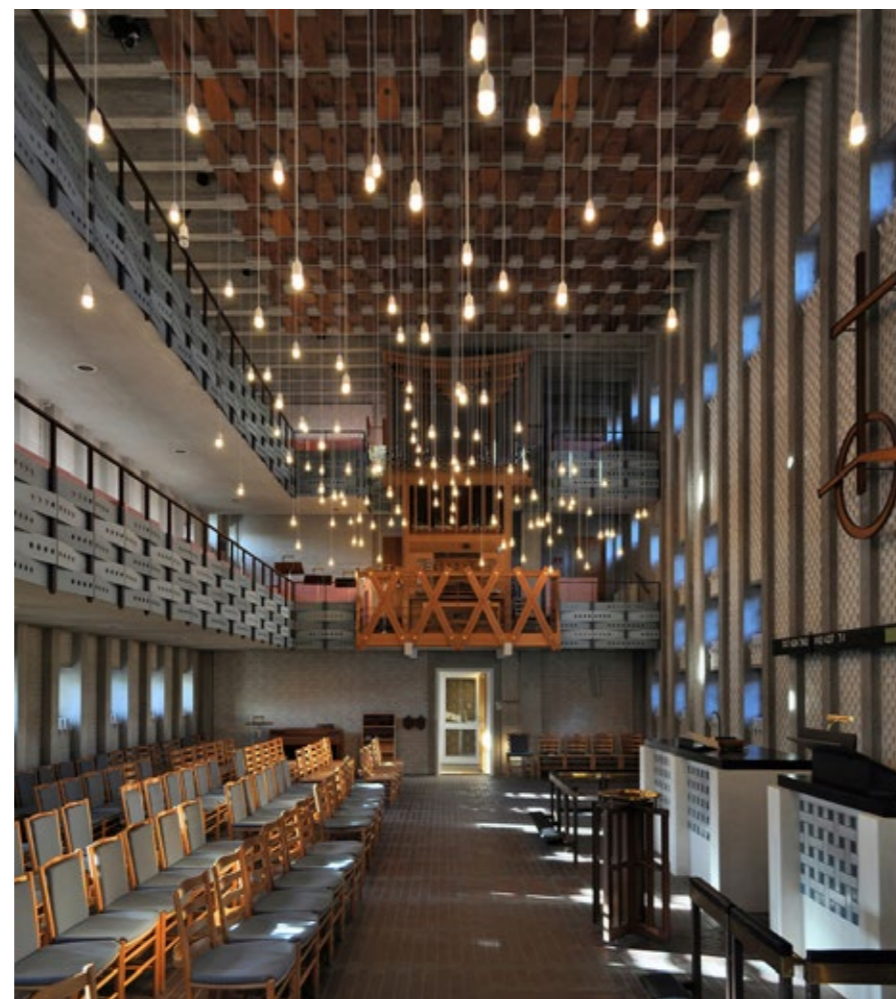
Правила поиска светового решения:

- Не использовать яркие (блестящие) светильники, закрывать светорассивателями или отражателями лампы и яркие светодиоды. Даже вне поля зрения яркий источник создает мешающие блики, например на глянцевой поверхности бумаги или на дисплеях.
- Использовать источники света с высокой цветопередачей.
- Светлые освещённые стены и потолок облегчают ориентирование, и делают пребывание в помещении комфортным.
- Высокая освещённость воспринимается как приятная и мотивирующая. Света должно быть больше, особенно зимой, когда доля естественного освещения сокращается.
- Свет должен идти не только сверху «как в колодце», но и сбоку «как в помещении с большим окном».
- Свет должен быть многоуровневым — в дополнении к общему верхнему свету обязательен или торшер или рожок на стене или настольная лампа с матовым плафоном.



ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА ОСВЕЩЕНИЯ

- Свет не обязан быть «бестеневым». Благодаря свету мы видим, но чтобы видеть объём и структуру сцены, нужны свет и тень.
- Свет не должен заливать помещение монотонно «как молоко», это однообразно и утомительно. Логично более ярко освещать рабочие участки. Зонировать помещение можно местным источником света — торшером или настольной лампой.
- Свет в помещении не обязан быть одной цветовой температуры. В зоне отдыха свет может быть теплее, в рабочей зоне — холоднее.
- В спальне и в туалете, которым пользуются ночью, целесообразно использовать освещение с плавной регулировкой светового потока.
- Светильники с датчиками движения экономят электроэнергию, но такие светильники — только для мест постоянного пребывания людей. И они должны включать свет впереди идущего человека, а не над его головой.
- Улучшить световую атмосферу могут простые меры, например, дополнительный напольный светильник (торшер) или настольный светильник со светорассеивающим абажуром.



Журнал «Светотехника» основан в 1932 г. и включён в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в базы Web of Science, Thomson Scientific, EBSCO Publishing House, Elsevier Publishing House и SCOPUS Journals Analyzer. В 2006 г. журнал признан МКО («CIE News», No. 78, June 2006) одним из трёх лучших светотехнических журналов мира вместе с журналами «Lighting Research & Technology», Великобритания, и «Leukos», США.

Бесплатная подписка: <http://www.sveto-tehnika.ru/ss/subscribe.php?source=lesson>

Спасибо за внимание!

СВЕТ В НАШЕЙ ЖИЗНИ — редакция №3.4

Факультативный материал, предлагаемый для всероссийского урока «Свет в нашей жизни», посвященного Году Света. Разработан редакцией журнала «Светотехника» по поручению Минэнерго России при поддержке Программы развития Организации Объединенных Наций и Глобального экологического фонда. Приведены только необходимые термины, кратко и просто изложены неочевидные, но важные сведения о свете, освещении и энергосбережении.

Использован материал лекции Г.В. Бооса для первокурсников НИУ «МЭИ» и иллюстративный материал, предоставленный ВНИСИ им. С.И.Вавилова, НИИИС имени А.Н. Лодыгина, ЦНИИ «Циклон», компаниями Галад, ЛедЭффект, Cree, Тринова. Часть иллюстраций использована по лицензии Creative Commons.

Дизайн и верстка: *Алексей Павлов*

Предлагается непрерывное общественное обсуждение, дополнение и уточнение материала. Замечания принимаются по адресу anton.sharakshane@gmail.com.

Текущая версия доступна на сайте: <http://www.sveto-tehnika.ru/art/20150813>