

# ОБ ИЗУЧЕНИИ ОПТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

**Ельцов Анатолий Викторович,**

*доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры математики, физики и медицинской информатики Рязанского государственного медицинского университета имени академика И. П. Павлова*

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова

 a.eltsov@rsu.edu.ru

**Ласкеева Евгения Александровна**

*студент,*

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова

 laskeeva.eva@mail.ru

---

## АННОТАЦИЯ

В статье проиллюстрирована важность рассмотрения некоторых оптических явлений при изучении физики на стоматологическом факультете для формирования профессиональных компетенций будущего выпускника медицинского университета. Раскрыта взаимосвязь изучаемых физических понятий с деятельностью врача на современном стоматологическом оборудовании. Рассмотрены вопросы применения микроскопов в стоматологии, механизмы полимеризации светоактивируемых композитов, физические аспекты формирования различных оттенков зубной эмали, вопросы использования лазерного излучения в стоматологии. Представлены основные методические рекомендации, необходимые для усвоения рассматриваемых оптических явлений студентами стоматологического факультета.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *физика, микроскопия, светоактивируемые композиты, оптические свойства зубной эмали, лазеры в стоматологии*

# ON THE STUDY OF OPTICAL PHENOMENA AT THE FACULTY OF DENTISTRY OF THE MEDICAL UNIVERSITY

**Yeltsov A. V.,**

*Professor, Chair of Mathematics, Physics and Medical Information Technology,  
Ryazan State Medical University named after Academician Ivan Pavlov*

**Laskeeva E. A.,**

*student,*

*Ryazan State Medical University named after academician I. P. Pavlova*

---

## ABSTRACT

The article illustrates the importance of considering some optical phenomena in the study of physics at the Faculty of Dentistry for the formation of professional competencies of a future graduate of a medical university. The interrelation of the studied physical concepts with the activity of a doctor on modern dental equipment is revealed. The article deals with the use of microscopes in dentistry, the mechanisms of polymerization of light-activated composites, the physical aspects of the formation of various shades of tooth enamel, and the use of laser radiation in dentistry. The main methodological recommendations necessary for the assimilation of the considered optical phenomena by students of the Faculty of Dentistry are presented.

**KEYWORDS:** *physics, microscopy, light-activated composites, optical properties of tooth enamel, lasers in dentistry*

Сегодняшним студентам стоматологического факультета для того чтобы овладеть необходимыми профессиональными компетенциями необходимо уже на первых курсах университета при изучении физики, а также в рамках студенческой научно-исследовательской работы знакомиться с передовыми современными технологиями используемыми в стоматологии. Несформированные на этой ступени обучения физические знания не позволят будущим выпускникам стоматологического факультета эффективно использовать в своей работе достижения современной науки. Для лечения и протезиро-

вания зубов высококвалифицированному специалисту необходимо учесть все имеющиеся факторы, чтобы избежать ошибок и нежелательных результатов. Очень часто скрытые дефекты не удастся обнаружить невооруженным глазом, поэтому современные стоматологические кабинеты в последнее время стали оснащаться оптическими микроскопами со встроенными цифровыми камерами, позволяющими делать высококачественные снимки с большой разрешающей способностью и выводить изображение на экран компьютера для всестороннего анализа. Современный дентальный микроскоп дает увеличение в 25 раз и позволяет увидеть нетипично расположенные корневые каналы, их устья, состояние просветов, оценить имеющиеся микротрещины. С помощью данного оборудования легко удалять ненужные микрочастицы, не затрагивая здоровых тканей, диагностировать кариозные области на ранних стадиях их появления, наблюдать состояние используемого стоматологического композита, рассматривать краевые прилегания стоматологических конструкций. Все это способствует лучшей диагностике и обеспечению качественного лечения. Для обеспечения эффективной работы с таким микроскопом выпускнику медицинского университета необходимо знать основные характеристики используемых линз, знать принципы построения изображений в них. Понимать устройство и назначение объектива и окуляра, знать принципиальную схему микроскопа. Важно понимание того, что при прохождении света через объектив получается увеличенное, перевернутое изображение рассматриваемого предмета. Окуляр позволяет получить вторичное увеличение, получаемое мнимое изображение будет располагаться на определенном расстоянии лучшего видения для глаза наблюдателя. Если изображение, полученное с помощью объектива, расположить в фокусе окуляра, то изображение, даваемое окуляром, можно будет зарегистрировать с помощью имеющейся цифровой камеры. Общее увеличение микроскопа будет определяться произведением линейного увеличения объектива на угловое увеличение окуляра. Величина равная наименьшему расстоянию на котором будут наблюдаться два

соседних элемента рассматриваемого объекта отдельно, определяет предельное разрешение микроскопа. Величина равная обратному значению предельного разрешения называется разрешающей способностью микроскопа, которая определяется только разрешающей способностью объектива. Все эти знания потребуются при настройке основных узлов стоматологического микроскопа (рис. 1).



Рис. 1. Стоматологический микроскоп.

В голове стоматологического микроскопа располагаются широкоугольные окуляры, в них смотрит врач. Необходимо настроить межзрачковое расстояние таким образом, чтобы стоматологу был виден один большой круг, а не два отдельных или овал. На боковой поверхности окуляров имеется регулировка увеличения микроскопа. Шкала коррекции диоптрий позволяет осуществить настройку прибора под зрение лечащего специалиста, с помощью имеющейся круговой шкалы «-» миопия, «+» гиперметропия. Важно чтобы вы-

пускник вуза понимал, что при миопии (близорукости) изображение рассматриваемого предмета находится перед сетчаткой и для его коррекции необходима рассеивающая линза. Для коррекции гиперметропии (дальнозоркости) наоборот нужна собирающая линза, так как изображение при этом недостатке оптической системы глаза буде находится за сетчаткой. Для настройки фокусировки необходимо перемещать голову микроскопа вверх или вниз, предварительно установив минимальное значение увеличения, пока зуб пациента не окажется в фокусе устройства. Далее, установив максимальное увеличение необходимо повторить процедуру настройки фокуса. У микроскопа имеется пять уровней увеличения (0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5), необходимое значение выбирается в зависимости от проводимой процедуры лечения или диагностики. Значение равно одному определяет штатную глубину фокусного пространства, при увеличении данного значения глубина фокусного пространства уменьшается. Для регулировки освещенности имеется специальная рукоятка, располагающаяся на торце микроскопа. Также на торце микроскопа располагается кольцо световода с двумя светофильтрами: зеленым и оранжевым. Оранжевый используется при работе с стоматологическими композитами, зеленый при хирургических вмешательствах. Для удобства работы объектив микроскопа может поворачиваться на 45 градусов влево и вправо при неизменном положении окуляров.

В двадцатом веке для полимеризации светочувствительных композитов использовалось ультрафиолетовое излучение, сегодня основным методом полимеризации стала голубая часть спектра видимого излучения. Галогеновые лампы стали основным прибором для полимеризации. Эти лампы дают голубой свет высокой интенсивности с длиной волны более 400 (нм) (рис. 2)

Для понимания рассматриваемых процессов студентам необходимо знать основные характеристики световых волн (длину, период, частоту, фазу). Главным преимуществом данного оборудования является низкая цена и эффективность в работе. Основной их недостаток это очень маленький коэффициент полезного действия (кпд) равный

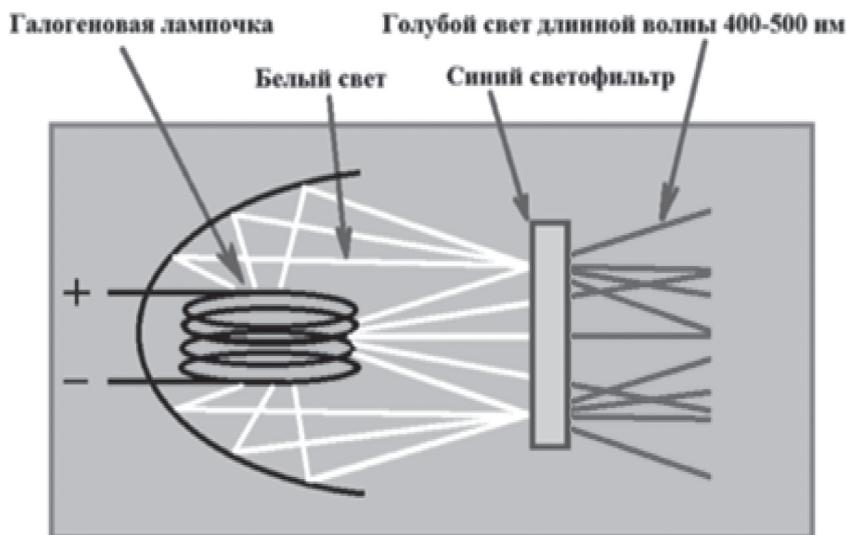
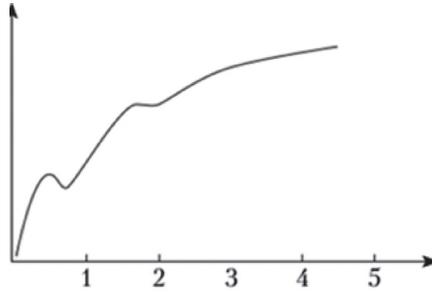


Рис. 2. Принцип работы галогеновой лампы

0,7%. Белый свет полученный при нагревании нити накаливания электрическим током пропускается через специальный светофильтр (пропускаются только волны определенной длины). Большая часть энергии данных световых волн рассеивается в виде ненужного тепла, светофильтр пропускает только «полезный» голубой свет с определенной длиной волны от 400 (нм) до 500 (нм). Интенсивное выделение тепла иногда приводит к перегреванию тканей зуба, поэтому требуется постоянное охлаждение с помощью имеющегося воздушного вентилятора. Полимеризация чаще всего осуществляется в два этапа. Вначале интенсивность лампы минимальная, впоследствии интенсивность светового потока увеличивается (рис. 3).

Для понимания интенсивности необходимо знать, что энергия переносимая волной за единицу времени называется ее средней мощностью, которая равна потоку энергии ( $\Phi$ ). Интенсивность волны определяется как ее средняя мощность переносимая волной через единицу площади поверхности перпендикулярно направлению по-



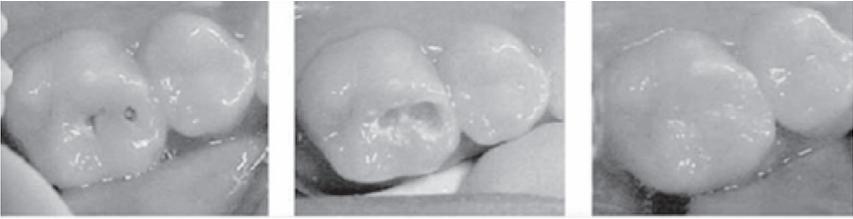
*Рис. 3. График изменения интенсивности световой волны галогеновой лампы*

тока. Такой режим работы галогеновой лампы связан с изменением физико-химических процессов, происходящих в композитном материале в процессе отвердевания. На первом этапе материал проявляет свойства жидкого тела, сохраняя текучесть, во время второго этапа (полимеризации), материал переходит в твердое состояние. Такой режим полимеризации под действием света обеспечивает полноценное отвердевание, высокую механическую прочность и эстетичность пломбы. Наряду с галогеновыми лампами, в стоматологии используются также плазменные лампы, которые генерируют световые волны при возникновении высоковольтной дуги между двумя электродами в сильно разреженном ионизированном газе (плазме). Генерируемый ими свет также пропускается через светофильтр для получения голубой света нужного диапазона с длиной волны от 400 (нм) до 500 (нм).

В последнее время для полимеризации пломбировочных материалов все большую популярность приобретают светодиодные лампы. В таких лампах световая волна возникает при изменении энергии электронов непосредственно в полупроводниковых кристаллах, ранее активированных электрическим током. При данном способе возрастает коэффициент полезного действия используемого прибора, тепловая энергия не выделяется. Длина волны генерируемого света определяются химическим составом полупроводникового кристалла, наличием примесей и соответствующих энергетических

уровней. В результате вырабатываемый свет имеет именно ту длину волны, которая необходима для полноценной полимеризации светоактивируемого композитного материала, потери здесь сведены к минимуму. Применение таких диодных ламп позволяет не перегревать зуб во время полимеризации. Свет от такой лампы имеет гораздо меньшую интенсивность, облегчает работу врача, но не исключает мер безопасности. Светодиоды имеют практически неограниченный «срок службы», в течение которого интенсивность светового потока не изменяется.

Наряду с вышеописанными приборами в последнее время для полимеризации стал применяться аргоновый лазер, который генерирует свет при переходе электронов с метастабильных уровней на низ лежащие уровни стабильного состояния в аргоне. Для понимания работы лазера студентам необходимо знать основные понятия зонной теории, различать спонтанное и вынужденное излучение, понимать нормальную и инверсную населенность, различать основные структурные элементы лазера (рабочее тело, систему накачки, оптический генератор). Главным преимуществом аргового лазера является возможность использования индуцированного излучения света определенной длины волны, которая необходима для отвердевания светоактивируемого композита, отсутствует необходимость использования светофильтров. В стоматологии лазеры используются для терапии, хирургических вмешательств, а также при изготовлении ортопедических конструкций. Способность лазера к томии (рассечению) и коагуляции (соединению) привела к вытеснению традиционных хирургических инструментов в стоматологии. Уменьшение кровопотери, отсутствие необходимости в наложении швов, уменьшение анестезии, стерильность, возможность препарирования зубной ткани, все это говорит об эффективности применения лазеров в стоматологии. Ниже на (рис. 4) показано кариозное поражение окклюзионной поверхности зуба (а), полость препарирована с использованием аргового лазера (б), восстановление дефекта светоактивируемым композитом.



*Рис. 4. Лазерное препарирование зубной ткани*

Ниже приводится пример удаления невриномы правой боковой поверхности языка с использованием диодного хирургического лазера (рис. 5).



*Рис. 5. а — невринома до лечения, б — сразу после операции, в — спустя 2 недели*

В настоящее время высокоспециализированный стоматолог должен уметь воссоздать натуральный цвет эмали на поверхности реставрируемого элемента для восстановления целостности зубного ряда. Изучение физических аспектов рассеивания, отражения и поглощения света от различных поверхностей зуба позволит объяснить наличие различных оттенков эмали и устранить цветовое разнообразие.

Цвет зуба проявляется благодаря физическим законам отражения, рассеивания и преломления света. Основными характеристиками цвета зуба являются тон, светлота и насыщенность. Белый цвет лучше всего отражает световые лучи и преобразует их в разные оттенки. Наибольшее рассеивание наблюдается в области соедине-

ния эмали и дентина. Незрелые зубы обладают белым оттенком из-за большого рассеивания света. Так как такая эмаль является более светопропускаемой, вследствие этого имеет высокие показатели отражения света. Дентин способен лучше рассеивать свет, чем эмаль, но свойства его диффузного отражения ниже, чем у эмали. Также разнообразные пигменты способны избирательно отражать волны определенной длины. Оптические свойства эмали также зависят от строения пульпы. Она сама по себе обладает коричневым цветом, ее можно разглядеть на зубах с тонким участком эмали, в основном у детей. С возрастом физические свойства зуба изменяются, это связано с тем, что слой эмали становится тоньше, начинает более отчетливо проявляться дентин, вследствие этого зуб обретает серые, коричневые и желтые тона, снижается объем внутренних микропор, уменьшается толщина пульпы. Мамелоны — светлые участки конечной части зуба, имеющий голубовато-синий оттенок. Из-за лучшего преломления световых лучей, цвет средней части зуба становится темнее, чем на мамелонах (рис. 6).

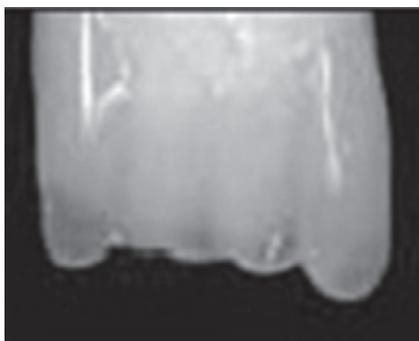


Рис. 6. Мамелоны (пальцеобразные выступы толстого слоя эмали)

Светопроникающая способность зуба зависит также от длины волны. Для зрелых зубов характерна слабая пропускающая способность “голубых” волн, эмаль молодых зубов пропускает практически все длины волн. Наши зубы покрыты тонкой водянистой пленкой,

помимо этого их поверхность состоит из микропор и зубного ликвиора. Это служит определенным фактором для такого свойства как опалесценция — внутреннего переливания света и цвета. Еще зубы обладают свойством трансмиссии, это распад лучей на пучки, проходящие через эмаль под разными углами. Зубы способны накапливать лучистую энергию коротковолновых волн, и в дальнейшем выделять ее в видимом диапазоне. Мощность данного явления зависит от угла падения световых лучей. Образование определенного оттенка эмали зависит от многих факторов. Ключевыми факторами являются — толщина эмали, площадь поверхности зуба, размеры пульпы и дентина, а также их оптические свойства. Также следует помнить о зависимости оптических свойств эмали от разнообразия длин волн, определенных углов падения и преломления световых пучков.

В заключении необходимо отметить, что эффективная работа современного стоматолога предполагает наличие определенных знаний раздела физики «Оптика». Объяснять рассматриваемые оптические явления необходимо на конкретных примерах практической стоматологии. ■

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Гудкова А. А., Сикорская Ю. В. Микроскопия в стоматологии // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2018. Т. 8. № 7. 263 с.
2. Луцкая И. К. Фотоотверждаемые композиционные материалы в эстетическом реставрировании постоянных зубов // Клиническая практика и здоровье. 2013. № 3. С. 1-10.
3. Знание оптических свойств эмали и дентина — гарантия качественного реставрирования зубов / И. К. Луцкая, И. К. Новак, Н. В. Новак // Стоматологический журнал. — 2018. — Т. 19, № 3. — С. 169-175.
4. Ельцов А. В., Ельцова Л. Ф., Махмудов М. Н. О проблемах поиска информации в образовательном интернет-пространстве и некото-

рых путях их решения // Человеческий капитал. 2019, № 6-2 (126), С. 454-457

5. Ельцова Л. Ф., Ельцов А. В. О реализации принципа интеграции в организации обучения в медицинском вузе / Л. Ф. Ельцова, А. В. Ельцов // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие: сетевой журн. 2019. Т. 7. № 1 (24). <http://humjournal.rzgmu.ru/art&id=361> (дата обращения: 06.05.2021).