



Что такое лазер и чем он отличается от светодиода?

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ УРОЧНОЙ И ВНЕУРОЧНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ МОДУЛЯ

АВТОРЫ УРОКА:

Махов Иван Сергеевич, канд. физ.-мат. наук

Надточий Алексей Михайлович, канд. физ.-мат. наук

Международная лаборатория квантовой оптоэлектроники

Санкт-Петербургская школа физико-математических и
компьютерных наук

НИУ Высшая школа экономики – Санкт-Петербург

Для возраста

9-11 класс

Трудоемкость

2 часа



htweek.ru

Сценарий урока

Название	Что такое лазер и чем он отличается от светодиода?
Смысл	Учебное исследование на основе материалов прикладных научных исследований. Знакомство с прикладными разработками, создание испытательных стендов, испытание новых приборов.
Ключевые смыслы	Знакомство школьников с оптическими явлениями, лежащими в основе работы лазера, со свойствами лазерного излучения и с использованием лазера для оптических измерений
Возраст, число участников	Возраст – 10-11 классы, количество участников от 15 до 30 человек. Форма организации – групповая работа по 3-5 человек.
Ресурсное обеспечение	<p>Проектор, подключенный к компьютеру, экран</p> <p>Оборудование для групповой работы: Зеленая лазерная указка, красная лазерная указка, источник «белого» света (светодиод, лампа), фотокамера (мобильный телефон), фокусирующая линза, CD или DVD диск, экран, линейка, угломер, заполненный водой прозрачный контейнер (стекло, оргстекло), цветное стекло или цветной полиэтилен.</p> <p>Примечание. Помните о необходимости соблюдения мер безопасности при работе с лазером! Не использовать лазеры мощностью более 5 мВт, избегать попадания лазерного излучения, в том числе зеркально отраженного, в глаза.</p>

Этапы и время

Этап 1. Введение (15 минут)	
Этап 1.1. Пояснение, что такое фотоны, обзор источников излучения.	
Что делает организатор?	<p>Обращение к школьникам:</p> <p>Свет – это поток частиц, называемых фотоны. Каждый фотон характеризуется определенной длиной волны света. Существует множество различных видов источников света, различающихся принципом возникновения излучения, рабочим веществом, конструкцией и другими особенностями.</p> <p>Большинство из них излучают фотоны, имеющие разные длины волн. Какие вы знаете способы создать источник излучения? (школьники предлагают свои варианты). Итак. 1) можно сильно нагреть какое-нибудь тело, например, кусок металла в костре, или нить в лампе накаливания, или, например, какую-нибудь звезду, скажем, Солнце. В этом, случае мы получим источник излучения, характеризующийся широким и сплошным спектром излучения (демонстрация слайда №1). 2) Другой вариант — как-нибудь заставить вещество люминесцировать. Это может быть химическая реакция, т.е. хемилюминесценция, электрический ток, т. е. электролюминесценция и др. Пример — свечение насекомых, люминесцентные лампы, или, светодиоды. В этом случае спектр излучения будет уже, чем у Солнца, но всё же не монохроматичный, часто он также бывает линейчатым (демонстрация слайда №1). 3) А в некоторых случаях, можно получить монохроматическое и направленное излучение, какое обычно бывает у лазерных источников (демонстрация слайда №1). Об этом мы сегодня и поговорим подробнее.</p>

Что делают участники?	Восприятие проблемно-тематической информации от учителя и подготовка к выполнению практического задания
Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Этап 1.2. Краткая история изобретения лазера и поиска его применений	
Что делает организатор?	<p>Обращение к ученикам:</p> <p>Физические принципы получения лазерного излучения были сформулированы уже в начале XX века. В 1916 году Эйнштейн отметил, что стимулированное излучение может существовать. В 1954 году Басов и Прохоров в Физическом институте имени П.Н. Лебедева в Москве и Таунс вместе с Гордоном и Цайгером в Колумбийском университете в Нью-Йорке практически одновременно и совершенно независимо добились генерации радиоволн при помощи молекул. Это был прибор нового типа. Молекулярный генератор – назвали его в Москве, мазер – окрестили его в Нью-Йорке. Слово «мазер» образовалось из первых букв английской фразы, описывающей принцип, лежащий в основе работы прибора («усиление радиоволн при помощи вынужденного испускания» – «Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation»), (демонстрация слайда №2).</p> <p>Это был старший брат лазера.</p> <p>16 мая 1960 г. Т. Мейман продемонстрировал работу первого оптического квантового генератора — лазера, названия-аналога мазера (LASER означает Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), (демонстрация слайда №2).</p> <p>Необходимость такого источника излучения как лазер не была полностью осознана даже на момент его создания. Например, в родной лаборатории Таунса многие его коллеги, подсмеиваясь над ним, окрестили</p>

	<p>мазер, как: «Means of Acquiring Support for Expensive Research» («средство получения поддержки для дорогостоящих исследований»), или: «More Applied Scientists Eat Regular» («больше ученых-прикладников едят регулярно») или: «Military Application Seem Extremely Remote» («военные применения кажутся крайне отдаленными»), «готовые решения ещё неизвестных проблем» [Townes C. H. The first laser]. Многие даже требовали прекратить эту немыслимую растрату средств на бесполезные исследования (демонстрация слайда №2).</p> <p>Однако прошло всего лишь несколько лет и задачи посыпались как из рога изобилия...</p> <p>Сегодня мы присмотримся к лазеру поближе, а вы подумайте, может быть какие-то еще очень важные применения такого источника излучения не реализованы?</p>
Что делают участники?	Восприятие проблемно-тематической информации от учителя и подготовка к выполнению практического задания
Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Этап 1.3. Игра-иллюстрация принципа стимулированного излучения	
Что делает организатор?	<p>Сейчас мы сыграем с вами в игру, которая позволит нам понять, почему лазер излучает фотоны одной длины волны.</p> <p>Озвучивание для школьников предлагаемых обстоятельств:</p> <p>«№1. Представьте, что вы пишете контрольный тест и не знаете ответ на вопрос. Какой вариант вы поставите? (необходимо выбрать из вариантов: 1, 2, 3, 4)».</p> <p>Производится голосование путем поднятия рук за каждый вариант последовательно. Результаты записываются на доске (для наглядности можно</p>

	<p>нарисовать диаграмму: ось «х» — вариант ответа, ось «у» - количество голосов). Предполагается, что распределение будет относительно равномерным. Озвучивание для школьников предлагаемых обстоятельств:</p> <p>«№2. Представьте, что вы пишете контрольный тест и не знаете ответ на вопрос, но случайно увидели, что сосед поставил, скажем, вариант "З". Какой вариант вы поставите?»</p> <p>Производится голосование путем поднимания рук за каждый вариант последовательно. Результаты записываются на доске (для наглядности можно нарисовать диаграмму). Предполагается, что распределение будет с выраженным максимумом у варианта «З».</p> <p>Организатор обобщает результаты голосований и проводит аналогию со спонтанным и вынужденным излучением.</p> <p>Обращение к школьникам:</p> <p>Как вы увидели, когда у вас не было предпочтений как голосовать, то все голосовали случайным образом и распределение голосов было равномерным. Однако, когда у вас появилась информация о возможно правильном ответе, то вы предпочли голосовать одинаково.</p> <p>Аналогия с лазером. Когда фотоны не знают друг о друге — это режим спонтанного излучения, фотоны излучаются случайным образом — излучение ненаправленное и имеет широкий спектр. В лазерном режиме излучение переходит в стимулированный режим, когда фотоны начинают подражать друг другу (направление, длина волны), что приводит к сужению спектра излучения, а его направленность также резко сужается.</p> <p>Итак, обобщим, в случае контрольного теста вынужденный стимул это сосед, написавший определенный вариант ответа; а в случае лазера начальным вынуждающим стимулом будет первый</p>
--	---

	излученный фотон, вызывающий за собой лавину фотонов.
Что делают участники?	<p>Участие в игре: голосование за варианты ответов, помощь в подсчете голосов и подведении итогов. Школьники голосуют за вариант ответа поднятием рук.</p> <p>Формулировка вывода:</p> <p>1. (шуточный) К экзаменам и тестам надо готовиться;</p> <p>2. В режиме стимулированного излучения в лазере все фотоны становятся очень похожи друг на друга, что приводит к сужению спектра (монохроматичность) и диаграммы направленности (появление луча).</p>
Ресурсное обеспечение	Специальное оборудование не требуется
Этап 2. Экспериментальная часть (45 мин.)	
Этап 2.1. Деление на группы	
Что делает организатор?	<p>Обращение к школьникам:</p> <p>«Давайте разделимся на 5 групп учеников для проведения экспериментов. Каждая группа получит возможность поставить эксперимент, а выводы мы будем делать вместе.</p> <p>Кроме того, каждой группе учеников предлагается выбрать билет с вопросами по использованию источников излучения, на которые мы ответим в конце урока. Возможно, ответ вы найдете в процессе проведения экспериментов.»</p>
Что делают участники?	Школьники делятся на 5 групп. Каждая группа получает по билету с вопросами.
Ресурсное обеспечение	Билеты со следующими вопросами для каждой группы:

	<p>1. Вам необходимо симитировать маяк - дать знак окружающим в море, где вы находитесь, что вы будете использовать: свето- или лазерный диод?</p> <p>2. Вам необходимо передать знак/сообщение ночью на открытом пространстве товарищу, который находится в известном направлении, что вы будете использовать: свето- или лазерный диод?</p> <p>3. Вы хотите с помощью лазера записывать информацию на диск, чтобы</p> <p>получилась наибольшая плотность информации, какой лазер вы возьмете:</p> <p>красный или зеленый?</p> <p>4. Вам нужно определить размер микро-отверстия или щели. Как можно это сделать с помощью лазера? Какой лазер вы возьмете, чтобы повысить точность вашей оценки: красный или зеленый?</p> <p>5. Вы хотите защититься от ультрафиолетовых лучей, стекло какого цвета вы возьмете: красного или синего?</p>
Этап 2.2. Опыты с дифракцией лазерного излучения (15 мин.)	
Этап 2.2.1 Организация и выполнение практического задания	
Что делает организатор?	<p>Преподаватель ставит опыт с компакт-диском и зеленым лазером.</p> <p>Возьмите компакт диск, направьте на него свет зеленого лазера. Направьте свет, отраженный компакт диском на экран.</p> <p>Обращение к школьникам:</p> <p>«Что вы видите? Давайте зафиксируем значимую информацию, что мы можем измерить в этом опыте?»</p>

	Сфотографируйте световой эффект. Измерьте расстояние между дифракционными максимумами – соседними яркими точками.
Что делают участники?	Наблюдение опыта в постановке учителем, формулировка описания увиденного явления – четкие отдельные дифракционные максимумы в результате дифракции света с определенной длиной волны (532 нм).
Ресурсное обеспечение	Зеленая лазерная указка, компакт диск, экран, линейка, фотокамера.
Этап 2.2.2 Выполнение практического задания группой №1	
Что делает организатор?	Озвучивание задания: Возьмите компакт диск, направьте на него свет красного лазера. Направьте свет, отраженный компакт диском на экран. Старайтесь располагать все элементы оптической схемы так же, как и во время предыдущего опыта. Сфотографируйте дифракционную картину. Чем она отличается от наблюдавшейся во время предыдущего опыта? Измерьте расстояние между дифракционными максимумами. Рассчитайте длину волны излучения красного лазера.
Что делают участники?	Выполнение работы группой учеников, для остального класса - формулировка описания увиденного явления – увеличение расстояния между дифракционными максимумами по сравнению с опытом, выполненным с помощью зеленого лазера.
Ресурсное обеспечение	Красная лазерная указка, компакт диск, экран, линейка, фотокамера
Этап 2.2.3 Выполнение практического задания группой №2	
Что делает организатор?	Озвучивание задания: Возьмите компакт диск, направьте на него белый свет. Для увеличения яркости, свет можно сфокусировать с

	<p>помощью линзы. Направьте свет, отраженный компакт диском на экран. Что вы видите? Сфотографируйте этот световой эффект.</p> <p>Обращение к классу: «Попробуйте объяснить наблюдаемые явления. В чем отличия картины для лазеров разных цветов? В чем отличие от них ситуации со светодиодом? Почему мы не видим четких линий в случае светодиода?»</p>
Что делают участники?	Выполнение работы группой учеников, для остального класса – формулировка описания увиденного явления – радуги в результате дифракции белого света на дифракционной решетке компакт диска, обобщение полученных результатов для опытов с лазерами и светодиодом.
Ресурсное обеспечение	Источник «белого» света (светодиод, лампа), фокусирующая линза, CD или DVD диск, экран, фотокамера
Этап 2.2.4 Пояснение, что такое цвет	
Что делает организатор?	<p>Обращение к школьникам:</p> <p>Фотоны с разными длинами волн в видимом диапазоне спектра соответствуют определенному цвету, так что свет, излучаемый обычными, не лазерными источниками, состоит из нескольких разных цветов. Некоторые комбинации цветов, подобранные в определенной пропорции, человеческий глаз воспринимает как белый свет. Ньютон показал, что белый солнечный свет можно разложить в радугу, в которой принято выделять 7 цветов, но на самом деле цветов в нем фактически бесконечно много. В последнее время в качестве источников белого света широко используются полупроводниковые светодиоды.</p>

Что делают участники?	Восприятие проблемно-тематической информации от учителя и подготовка к выполнению практического задания
Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Этап 2.2.5 Пояснение, как связаны длина волны излучения, период дифракционной решетки и расстояние между дифракционными максимумами	
Что делает организатор?	<p>Обращение к школьникам:</p> <p>В случае освещения CD-диска (представляющего собой дорожки микрометрического размера) светом справедливо написать уравнение дифракции, связывающего длину волны света и угол дифракции.</p> $d \cdot \sin \theta = n \lambda,$ <p>где d – ширина щели,</p> <p>θ – угол дифракции,</p> <p>n – порядок дифракции,</p> <p>λ – длина волны света.</p> <p>Т.е. при прочих равных угол дифракции растет с длиной волны, вот почему мы видим радуу при освещении CD-диска широкополосным источником излучения.</p> <p>Тот факт, что лазер излучает свет с одной длиной волны, важно для практического применения лазеров – использования их для детектирования вещества, для оптической связи и многих других приложений. Например, зная длину волны излучения лазера и измеряя расстояние между дифракционными максимумами, можно определить период дифракционной решетки, или измерить микрообъект. Но мы решим другую задачу – с</p>

	помощью дифракции определим длину волны неизвестного лазерного диода. Учитывая результаты наших измерений и зная, что длина волны зеленого лазера 532 нм, какова длина волны красного лазера?
Что делают участники?	<p>Восприятие проблемно-тематической информации от учителя и определение длины волны красного лазера по формуле:</p> $\left(\frac{\sin \theta_{\text{красн}}}{\sin \theta_{\text{зел}}} \right) 532 \text{ нм}$ <p>Здесь θ – угловое расстояние между дифракционными максимумами для соответствующего лазера</p>
Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Перерыв	
Этап 2.3. Опыт по фильтрации излучения (15 мин)	
Этап 2.3.1. Пояснение, что такое поглощение и пропускание света	
Что делает организатор?	<p>Обращение к школьникам:</p> <p>Важным применением лазерного излучения является определение с его помощью различных веществ. Многие вещества поглощают излучение одних длин волн, а для других они прозрачны, так что измерение спектров поглощения/пропускания света помогает идентифицировать вещество. Мы познакомимся с поглощением света на примере цветного стекла. Оно кажется окрашенным потому, что часть длин волн поглощает, а часть пропускает, что мы и воспринимаем как цвет.</p>
Что делают участники?	Восприятие проблемно-тематической информации от учителя и подготовка к выполнению практического задания

Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Этап 2.3.2. Организация и выполнение практического задания	
Что делает организатор?	<p>Преподаватель ставит опыт с зеленым лазером и цветными стеклами.</p> <p>Направьте излучение зеленого лазера на зеленое или синее стекло, затем на красное. Что вы видите? Сфотографируйте экран, расположенный за стеклом</p>
Что делают участники?	Наблюдение опыта, формулировка описания увиденного явления – излучение зеленого лазера проходит сквозь синее стекло, а красным стеклом поглощается
Ресурсное обеспечение	Зеленая лазерная указка, зеленое или синее стекло, красное стекло, экран, фотокамера
Этап 2.3.3 Выполнение практического задания группой №3	
Что делает организатор?	<p>Озвучивание задания:</p> <p>Направьте излучение красного лазера на зеленое или синее стекло, затем на красное. Что вы видите? Сфотографируйте экран, расположенный за стеклом.</p>
Что делают участники?	Проведение опыта группой учеников, для остального класса - формулировка описания увиденного явления – излучение красного лазера проходит сквозь красное стекло, а зеленым (синим) стеклом поглощается
Ресурсное обеспечение	Красная лазерная указка, зеленое или синее стекло, красное стекло, экран, фотокамера
Этап 2.3.4 Выполнение практического задания группой №4	
Что делает организатор?	<p>Озвучивание задания:</p> <p>Направьте излучение белого источника на зеленое или синее стекло, затем на красное. Что вы видите? Сфотографируйте экран, расположенный за стеклом</p>

Что делают участники?	Проведение опыта группой учеников, для остального класса – формулировка описания увиденного явления – излучение сплошного спектра при прохождении через цветное стекло окрашивается в соответствующий цвет
Ресурсное обеспечение	Белый светодиод, зеленое или синее стекло, красное стекло, экран, фотокамера
Этап 2.3.5. Обсуждение наблюдаемых явления при прохождении света через цветные стекла	
Что делает организатор?	Обсуждение с классом наблюдаемых явлений. Стимулирование учеников на выдвижении гипотез путем задавания вопросов: «Как работает цветное стекло? Какие длины волн пропускает красное (зеленое, синее) стекло? Почему соответствующее стекло имеет соответствующий цвет? Что произойдет, если использовать последовательно красное и синее стекло? А если наоборот?»
Что делают участники?	Обсуждение в классе полученных результатов опытов. Восприятие проблемно-тематической информации от учителя и формулировка выводов
Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Этап 2.4. Опыт по преломлению лазерного излучения (15 мин.)	
Этап 2.4.1. Пояснение, что такое преломление света и волноводный эффект	
Что делает организатор?	Обращение к школьникам: Лазер обладает узконаправленным выводом излучения в отличие от светодиода. Это позволяет направить излучение лазера туда, где оно требуется (например, для передачи информации с помощью света, для резки или сварки, для использования в

	качестве оптической указки). Узкий луч лазера также позволяет выполнять различные эксперименты, например, для определения свойств вещества. Мы выполним опыт, который позволит нам определить показатель преломления воды. Кроме того, мы пронаблюдаем волноводный эффект, который, в частности, лежит в основе действия оптических световодов (волокон), а также используется и внутри самого лазерного диода
Что делают участники?	Восприятие проблемно-тематической информации от учителя и подготовка к выполнению практического задания
Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Этап 2.4.2. Организация и выполнение практического задания	
Что делает организатор?	<p>Выполнение преподавателем опыта с преломлением лазерного луча:</p> <p>Направьте излучение лазера сквозь заполненный водой контейнер снизу вверх под некоторым углом. Смотря на контейнер сбоку, наблюдайте луч, проходящий сквозь воду, луч, отраженный от границы раздела вода-воздух, и луч, вышедший на воздух. Меняя угол, добейтесь наиболее четкой картины и сфотографируйте ее. Измерьте угол падения излучения на границу раздела и угол преломления. Определите показатель преломления воды</p>
Что делают участники?	Наблюдение опыта, формулировка описания увиденного явления – отражения и преломления света на границе раздела вода-воздух. Определение показателя преломления воды с помощью формулы: $n = \sin(\text{угол в воздухе}) / \sin(\text{угол в воде})$, где углы отсчитываются от перпендикуляра к границе раздела. Описание увиденного явления – многократное отражение света от верхней и нижней

	поверхностей воды, в результате чего свет распространяется внутри волновода, которым служит заполненный водой контейнер
Ресурсное обеспечение	Зеленая лазерная указка, угломер, заполненный водой прозрачный контейнер, фотокамера
Этап 2.4.3. Выполнение практического задания группой №5	
Что делает организатор?	<p>Озвучивание задания:</p> <p>Повторите опыт, направив лазерный луч в контейнер сбоку под углом к поверхности раздела. Подберите максимальный угол падения лазерного луча так, чтобы луч не выходил из воды. Сфотографируйте это явление.</p> <p>Определите угол полного внутреннего отражения воды.</p> <p>Попробуйте рассчитать показатель преломления воды исходя из ваших результатов</p>
Что делают участники?	<p>Проведение опыта группой учеников, для остального класса - формулировка описания увиденного явления – полного внутреннего отражения света на границе раздела вода-воздух. Определение показателя преломления воды через предельный угол полного внутреннего отражения.</p> <p>$\sin \alpha_{\text{ПВО}} = 1/n_{\text{воды}}$</p>
Ресурсное обеспечение	Зеленая лазерная указка, угломер, заполненный водой прозрачный контейнер, фотокамера
Этап 3. Подведение итогов (10 мин.)	
Этап 3.1. Проверка результатов обработки экспериментов	
Что делает организатор?	<p>Обращение к школьникам:</p> <p>Давайте проверим, насколько точно вам удалось выполнить оптические опыты с лазерным излучением</p>

Что делают участники?	Длина волны красного лазера - должно получиться около 650 нм. Вообще, человеческий глаз воспринимает как красный цвет излучение с длиной волны от примерно 630 нм и до границы инфракрасного света, лежащей около 780 нм. Показатель преломления воды - должно получиться около 1.33-1.35 (зависит от температуры воды и длины волны света).
Ресурсное обеспечение	Специальное оборудование не требуется
Этап 3.2. Ответы групп учеников на вопросы, полученные в начале.	
Что делает организатор?	<p>Обращение к каждой экспериментальной группе дать ответ на полученный вопрос.</p> <p>Предполагаемые ответы:</p> <p>1. Вам необходимо симитировать маяк - дать знак окружающим в море, где вы находитесь, что вы будете использовать: свето- или лазерный диод?</p> <p>Логичнее использовать широконаправленный источник излучения, т. е. светодиод, т. к. сигнал желательно передать во всех направлениях.</p> <p>2. Вам необходимо передать знак/сообщение ночью на открытом пространстве товарищу, который находится в известном направлении, что вы будете использовать: свето- или лазерный диод?</p> <p>Т.к. направление известно, логичнее использовать лазерный диод, имеющий большую направленность излучения.</p> <p>3. Вы хотите с помощью лазера записывать информацию на диск, чтобы получилась наибольшая плотность информации, какой лазер вы возьмете: красный или зеленый?</p> <p>Плотность записи информации оптическим способом связана с длиной волны излучения, поэтому выгодно использовать коротковолновый источник, т. е. зеленый.</p>

	<p>4. Вам нужно определить размер микро-отверстия или щели. Как можно это сделать с помощью лазера? Какой лазер вы возьмете, чтобы повысить точность вашей оценки: красный или зеленый?</p> <p>Можно поставить эксперимент с дифракцией на щели. Т.к. угол дифракции пропорционален длине волны, то большую точность измерения можно получить с длинноволновым источником, т. е. красным.</p> <p>5. Вы хотите защититься от ультрафиолетовых лучей, стекло какого цвета вы возьмете: красного или синего?</p> <p>Красное стекло имеет такую окраску потому, что пропускает свет красного цвета и не пропускает (как правило) более короткие длины волн. Таким образом логичнее взять красное стекло.</p>
Что делают участники?	Формулировка учениками ответов на вопросы, аргументирование, обсуждение классом
Ресурсное обеспечение	Специальное оборудование не требуется
Этап 3.3. Обзор современного применения лазерных источников излучения	
Что делает организатор?	<p>Обращение к ученикам: Помните, в начале урока мы обсуждали, что лазеры не находили себе применения? Давайте попробуем перечислить, где и в каком качестве сейчас используются лазеры.</p> <p>Медицина (коррекция зрения, удаление родинок, хирургия); Оптическая передача данных (волоконно-оптические линии связи); CD диски (оптическая запись и считывание информации); Лазерные прицелы и целеуказатели; Лазерные дальномеры (например, для измерения расстояние до луны);</p>

	<p>Обработка материалов (лазерная резка, сварка, в т.ч. в вакууме, гравировка);</p> <p>Голография (в т.ч. для контроля качества деталей);</p> <p>Лидары (т. е. лазерные радары);</p> <p>Лазерные гироскопы;</p> <p>Применение в науке (возбуждение, спектроскопия и др.)</p> <p>и др.</p> <p>Подумайте, может быть, какое-то сверхважное использование лазера еще не реализовано?</p>
Что делают участники?	Восприятие проблемно-тематической информации от учителя. Формулировка возможных и/или перспективных применений лазеров
Ресурсное обеспечение	Проектор, подключенный к компьютеру, экран
Этап 3.4. Самооценка учебных достижений	
Что делает организатор?	Предлагает школьникам заполнить таблицу «Самооценка учебных достижений»
Что делают участники?	Заполняют таблицу, подсчитывают баллы.

Планируемый предметный результат: новые знания об оптических явлениях (дифракция, поглощение, пропускание и преломление света, волноводный эффект), свойствам и основам использования лазерного излучения (определение вещества по его оптическим свойствам).

Планируемый «компетентностный» результат: навыки научно-исследовательской деятельности в области оптики и лазерной физики

Самооценка учащимися достигнутых учебных результатов (контрольно-измерительные материалы)

Завершающая часть урока – самооценка учащимися достигнутых результатов. В качестве процедуры самооценки школьникам предлагается таблица, по которой необходимо оценить себя по 4х-балльной шкале по 7 позициям.

Пожалуйста, ответьте на вопросы. Опираясь на систему оценивания, подсчитайте общее количество баллов.

Ответ «да»	Ответ «скорее да»	Ответ «скорее нет»	Ответ «Нет»
5 баллов	3 балла	1 балл	0 баллов

Чему я научился	Моя самооценка
1. Не бояться лазерного излучения и соблюдать технику безопасности при работе с ним	Да Скорее да Скорее нет Нет
2. Работать с лазерными источниками, использовать их для постановки оптического эксперимента	Да Скорее да Скорее нет Нет
3. Отличать монохроматическое излучение от широкого спектра с помощью дифракции света	Да Скорее да Скорее нет Нет
4. Определять взаимосвязь между размерами микроструктуры (периодом дифракционной решетки) и длиной волны света	Да Скорее да Скорее нет Нет
5. Подбирать оптические фильтры в зависимости от цвета излучения	Да Скорее да Скорее нет

	Нет
6. Наблюдать эффект преломления света и определять с его помощью показатель преломления вещества	Да Скорее да Скорее нет Нет
7. Создавать оптический волновод и наблюдать волноводный эффект	Да Скорее да Скорее нет Нет

30-35 баллов	блестяще! Вы в совершенстве усвоили содержание модуля.
20-29 баллов	вы отлично поработали и усвоили большую часть предложенного материала, спасибо!
15 – 19 баллов	неплохо! Надеемся, вы узнали немало интересного и ещё вернётесь к темам, затронутым в модуле.
10 – 14 баллов	спасибо за старание!
0 – 9 баллов	возможно, вам стоит попробовать поработать с этим материалом ещё раз чуть позже

Урок подготовлен по заказу Фонда инфраструктурных и образовательных программ

О Фонде инфраструктурных и образовательных программ

Фонд инфраструктурных и образовательных программ – один из федеральных институтов развития. Фонд первым в России начал работать в deeptech секторе по венчуростроительной модели и создал с нуля 900 стартапов. Фонд придерживается экосистемного подхода при выходе в новые технологии и рынки. Он одновременно создает новые компании, проектирует опережающую сертификацию, нормативно-техническую поддержку, образовательные программы и популяризационные инструменты.

С 2022 года Фонд входит в число операторов двух федеральных проектов. В первом проекте «Платформа университетского технологического предпринимательства», нацеленном на стимулирование технологического предпринимательства в университетской среде, Фонд развернет сеть из 15 университетских стартап-студий и запустит новую инвестиционную программу в студенческие стартапы «русский SBIC». Во втором федеральном проекте «Взлет – от стартапа до IPO» Фонд обеспечивает инвестициями технологические компании на ранних стадиях возвратными инструментами (капитал, займ).