

## Дополнительный материал

### Фотохимическая теория зрения

Зрительное ощущение человека и животных связано с фотохимическими процессами. Свет, достигая сетчатки, поглощается светочувствительным веществом. Механизм разложения этих веществ и последующего их восстановления пока не выяснен, но установлено, что продукты разложения вызывают раздражение зрительного нерва. В результате чего по нерву проходят электрические импульсы в головной мозг, и возникают ощущение света.

Поскольку зрительный нерв имеет разветвления по всей поверхности сетчатки, то характер раздражения зависит от того, в каких местах сетчатки произошло фотохимическое разложение. Раздражение зрительного нерва позволяет судить о характере изображения на сетчатке, и, следовательно, о картине во внешнем пространстве, которая является источником этого изображения. Мы вполне отчетливо видим предметы, освещенные ярким солнцем, равно как те же предметы при умеренном вечернем освещении. Эта способность глаза приспосабливаться к весьма широкому диапазону яркостей носит название адаптация.

При слишком переходе к яркому свету глаз слепнет на время или навсегда – в зависимости от тяжести ослепления. Временная потеря зрения хорошо известна автомобилистам при ослеплении фарами встречных автомашин. Разложившее вещество раздражает зрительный нерв в течение некоторого времени примерно  $1/7$  секунды. Поэтому возникшее зрительное ощущение сохраняется в течение этого времени, хотя бы само раздражение и было очень кратковременным. Эта способность глаза используется в различных приспособлениях. Самое известное из них кинематограф.

### Домашнее задание

§ 93.

## Глава 12. Атомная физика

### Урок 111. Строение атома. опыты Резерфорда

*Цель:* познакомить учащихся с ядерной моделью атома.

#### Ход урока

#### I. Организационный момент

#### II. Изучение нового материала

Гипотеза о том, что все вещества состоят из большого числа атомов, зародилась свыше двух тысячелетий тому назад. Сторонники атомической теории рассматривали атом как мельчайшую неделимую частицу и считали, что все многообразие мира есть не что иное, как сочетание неизменных частиц – атомов.

Позиция Демокрита: *«Существует предел деления – атом».*

Позиция Аристотеля: *«Делимость вещества бесконечна».*

Конкретные представления о строении атома развивались по мере накопления физикой фактов о свойствах вещества. Открыли электрон, измерили его массу и заряд. Мысль об электронном строении атома, впервые высказанную В. Вебером в 1896 году, развил Л. Лоренц. Именно он создал электронную теорию: электроны входят в состав атома.

В начале века в физике бытовали самые разные и часто фантастические представления о строении атома. Например, ректор Мюнхенского университета Фердинанд Линдеман в 1905 г. утверждал, что «атом кислорода имеет форму кольца, а атом серы – форму лепешки». Продолжала жить и теория «вихревого атома» лорда Кельвина, согласно которой, атом устроен подобно кольцам дыма, выпускаемым изо рта опытным курильщиком.

Опираясь на открытия, Дж. Томсон в 1898 г. предложил модель атома в виде положительно заряженного шара радиусом  $10^{-10}$  м, в котором «плавают» электроны, нейтрализующие положительный заряд. Большинство физиков склонялось, что прав Дж. Томсон.

Однако в физике уже более 200 лет принято правило: окончательный выбор между гипотезами вправе сделать только опыт. Такой опыт поставил в 1909 г. Эрнест Резерфорд (1871–1937) со своими сотрудниками.

Пропуская пучок  $\alpha$ -частиц (заряд  $+2e$ , масса  $6,64 \cdot 10^{-27}$  кг) через тонкую золотую фольгу, Э. Резерфорд обнаружил, что какая-то из частиц отклоняется на довольно значительный угол от своего первоначального направления, а небольшая часть  $\alpha$ -частиц отражается от фольги. Но, согласно модели атома Томсона, эти  $\alpha$ -частицы при взаимодействии с атомами фольги должны отклоняться на малые углы, порядка  $2^\circ$ . Однако несложный расчет показывает: чтобы объяснить даже такие небольшие отклонения, нужно допустить, что в атомах фольги может возникать огромное электрическое поле напряженностью свыше 200 кВ/см. В полиэтиленовом шаре Томсона таких напряжений быть не может. Столкновения с электронами тоже не в счет. Ведь по сравнению с ними,  $\alpha$ -частица, летящая со скоростью 20 км/с, все равно, что пушечное ядро с горошиной.

В поисках разгадки Резерфорд предложил Гейгеру и Марсдену проверить: «а не могут ли  $\alpha$ -частицы отскакивать от фольги назад».

Прошло два года. За это время Гейгер и Марсден сосчитали более миллиона сцинтилляций и доказали, что назад отражается примерно одна  $\alpha$ -частица из 8 тысяч.

Резерфорд показал, что модель Томсона находится в противоречии с его опытом. Обобщая результаты своих опытов, Резерфорд предложил ядерную (планетарную) модель строения атома:

1. Атом имеет ядро, размеры которого малы по сравнению с размерами самого атома.
2. В ядре сконцентрирована почти вся масса атома.
3. Отрицательный заряд всех электронов распределен по всему объему атома.

Расчеты показали, что  $\alpha$ -частицы, которые взаимодействуют с электронами в веществе, почти не отклоняются. Только некоторые  $\alpha$ -частицы проходят вблизи ядра и испытывают резкие отклонения.

Если  $F = \frac{q_z \cdot q_\alpha}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  или потенциальная энергия системы  $\alpha$ -частицы – ядро.

$$W = -\frac{q_\alpha \cdot q_\alpha}{4\pi\epsilon_0 r}$$

или  $\frac{m\alpha v_\alpha^2}{2} \leq \frac{q_\alpha \cdot q_\alpha}{4\pi\epsilon_0 r}$ , то  $\alpha$ -частица будет отброшена назад.

При расчете учитывают, что  $q_\alpha = 2e$ , где  $e$  – заряд электрона;  $q_\alpha = Ze$ ;  $Z$  – зарядовое число, равное количеству электронов в атоме; диаметр ядра  $10^{-14}$ – $10^{-15}$  м, атома  $10^{-10}$  м.

Сообщение Резерфорда физики приняли сдержанно. Сам он в течение двух лет также не очень сильно настаивал на своей модели, хотя и был уверен в безошибочности опытов, которые к ней привели. Причина была следующая.

Если верить электродинамике, такая система существовать не может, поскольку электрон, вращающийся по ее законам, неизбежно и очень скоро упадет на ядро. Приходилось выбирать: либо электродинамика, либо планетарная модель атома. Физики молча выбрали первое. Молча, потому что нельзя было ни забыть, ни опровергнуть опыты Резерфорда. Физика атома зашла в тупик.

### III. Закрепление материала

- В чем заключается сущность модели Томсона?
- Начертите и объясните схему опыта Резерфорда по рассеиванию  $\alpha$ -частиц. Что наблюдаем в этом опыте?
- Объясните причину рассеивания  $\alpha$ -частиц атомами вещества?
- В чем сущность планетарной модели атома?

### IV. Подведение итогов урока

## Дополнительный материал

### Эрнест Резерфорд

Английский физик Эрнест Резерфорд родился в Новой Зеландии, неподалеку от г. Нельсона. Он был одним из 12 детей колесного мастера и строительного рабочего Джеймса Резерфорда, шотландца по происхождению, и Марты (Томпсон) Резерфорд, школьной учительницы из Англии. Сначала Резерфорд посещал начальную и среднюю местные школы, а затем стал стипендиатом Нельсон-колледжа, частной высшей школы, где проявил себя талантливым студентом, особенно по математике. Благодаря успехам в учебе Резерфорд получил еще одну стипендию, которая позволила ему поступить в Кентербери-колледж в Крайстчерче, одном из крупнейших городов Новой Зеландии.

В колледже на Резерфорда оказали большое влияние его учителя: преподававший физику и химию Э.У. Бикертон и математик Дж. Кук. После того как в 1892 г. Резерфорду была присуждена степень бакалавра гуманитарных наук, он остался в Кентербери-колледже и продолжил свои занятия благодаря полученной стипендии по математике. На следующий год он стал магистром гуманитарных наук, лучше всех сдав экзамены по математике и физике.

В 1894 г. Резерфорду была присуждена степень бакалавра естественных наук. Затем Резерфорд в течение недолгого времени преподавал в одной из мужских школ Крайстчерча. Благодаря своим необыкновенным способностям к науке Резерфорд был удостоен стипендии Кембриджского университета в Англии, где он занимался в Кавендишской лаборатории, одном из ведущих мировых центров научных исследований.

В Кембридже Резерфорд работал под руководством английского физика Дж.Дж. Томсона. На Томсона произвело глубокое впечатление, проведенное Резерфордом исследование радиоволн, и он в 1896 г. предложил совместно изучать воздействие рентгеновских лучей (открытых годом ранее Вильгельмом Рентгеном) на электрические разряды в газах. Их сотрудничество увенчалось весомыми результатами, включая открытие Томсоном электрона — атомной частицы, несущей отрицательный электрический заряд. Опираясь на свои исследования, Томсон и Резерфорд выдвинули предположение, что когда рентгеновские лучи проходят через газ, они разрушают атомы этого газа, высвобождая одинаковое число положительно и отрицательно заряженных частиц. Эти частицы они назвали ионами. После этой работы Резерфорд занялся изучением атомной структуры.

В 1898 г. Резерфорд принял место профессора Макгиллского университета в Монреале (Канада), где начал серию важных экспериментов, касающихся радиоактивного излучения элемента урана. Вскоре он открыл два вида этого излучения: испускание альфа-лучей, проникающих только на короткое расстояние, и бета-лучей, которые проникают на значительно большее расстояние. Затем Резерфорд обнаружил, что радиоактивный торий испускает газообразный радиоактивный продукт, который он назвал «эманация» (от лат. «*emanatio*» — истечение).

Кстати, за открытие альфа и бета излучения он получил Нобелевскую премию по химии. В своей речи при получении премии он язвительно сказал: «Мне приходилось иметь дело с весьма различными трансмутациями во

времени, но быстрее из всех, какие я встречал, это мое собственное превращение из физика в химика – оно произошло в одно мгновение». Возможно это произошло из-за того, что само понятие атом принадлежало словарю и физиков и химиков, хотя ни те ни другие еще не умели его расшифровать.

Однако главная его заслуга в открытии строения атома.

## Урок 112. Квантовые постулаты Бора. Трудности теории Бора

*Цель:* сформировать представление о квантовой механике.

### Ход урока

#### I. Организационный момент

#### II. Повторение изученного материала

- Какие физические явления подтверждают ионное строение атома? О наличии каких частиц, входящих в состав атома, свидетельствуют эти явления?
- Опишите модель атома Томсона. Почему эта модель атома оказалась несостоятельной?
- Нарисуйте схему установки Резерфорда для опытов по рассеянию  $\alpha$ -частиц. К каким выводам привели эти опыты? Какова причина рассеяния  $\alpha$ -частиц атомами вещества?
- Расскажите о планетарной модели атома Резерфорда. В чем ее достоинства и недостатки?
- Какие экспериментальные доказательства служат в пользу того, что модель атома ядерная?
- Какие экспериментальные факты невозможно объяснить, исходя из ядерной модели атома Резерфорда?

#### III. Изучение нового материала

Модель, предложенная Резерфордом, не позволила объяснить устойчивость атома.

Ускоренное движение электрона согласно теории Максвелла сопровождается электромагнитным излучением, поэтому энергия электрона уменьшается, и он движется по спирали, приближаясь к ядру. Казалось бы, электрон должен упасть на ядро, так как при движении по спирали уменьшается энергия электрона. В действительности атомы являются устойчивыми системами.

Выход из этого затруднения был предложен Н. Бором. В основе его теории лежат следующие постулаты:

1. Атомная система может находиться только в особых стационарных квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E_n$ . В стационарном состоянии атом не излучает.

2. При переходе атома из стационарного состояния с большей энергией  $E_k$  в стационарное состояние с меньшей энергией  $E_n$  излучается квант энергии:

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n; \quad \nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}.$$

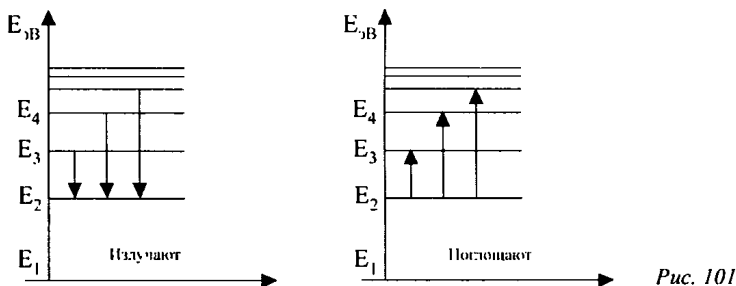


Рис. 101

Второй постулат противоречит электродинамике Максвелла, так как согласно этому постулату, частота излученного света свидетельствует не об особенностях движения электрона, а лишь об изменении энергии атома.

Бор рассматривал простейшие круговые орбиты:

$W_p = -\frac{e^2}{r^2}$ , где  $e$  – модуль заряда электрона;  $r$  – расстояние от электрона до ядра.

Согласно механике Ньютона полная энергия равна:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{e^2}{r^2}.$$

Кулоновская сила сообщает электрону центростремительное ускорение:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{r^2} \quad \text{или} \quad mrv^2 = e^2.$$

По классической механике радиус орбит может быть любым, следовательно, любые значения может принимать и энергия.

$$E = -\frac{e^2}{2r}.$$

По постулату Бора энергия может быть только определенного значения  $E_n$ .

При движении электрона по круговой орбите модуль его импульса  $mv$  и радиус остаются неизменными.

$mvr$  – момент импульса. Это совпадает с постоянной Планка по наименованиям:

$$Дж \cdot с = \frac{кг \cdot м}{с} \cdot м.$$

Бор предположил, что  $mvr = n\hbar$ , где  $n = 1, 2, 3$ . Это и есть правило квантования:

$$mvv^2 = e^2 \text{ и } mvr = n\hbar.$$

Получаем  $r_n = \frac{\hbar n^2}{me^2}$ .

Радиусы орбит меняются дискретно числам  $n$ .

Наименьшая орбита:

$$r_1 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ см.}$$

Это и есть радиус атома. Теория Бора дает для него правильное значение.

Согласно второму постулату Бора, возможные частоты излучения атома водорода определяются формулой:

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h} = \frac{me^4}{4\pi\hbar} \left( \frac{1}{h^2} - \frac{1}{k^2} \right) = R \left( \frac{1}{h^2} - \frac{1}{k^2} \right),$$

где  $R = \frac{me^4}{4\pi\hbar}$  – постоянная величина.

Переходы в первое возбужденное состояние (на второй энергетический уровень) с верхних уровней образуют серию Больмера.

Поглощение света – процесс, обратный излучению. Атом, поглощая свет, переходит из низших энергетических состояний в высшие. При этом он поглощает излучение той же самой частоты, которую излучает, переходя из высших энергетических состояний в низшие.

Однако построить количественную теорию для следующего за водородом атома гелия на основе боровских представлений не удалось. Это неудивительно, так как теория Бора была половинчатой.

С одной стороны, используется закон Кулона и механика Ньютона, а с другой – вводятся квантовые постулаты. Введение в физику квантовых представлений требовало радикальной перестройки механики и электродинамики. Эта перестройка была осуществлена, когда были созданы новые физические теории: квантовая механика и квантовая электродинамика.

Постулаты Бора оказались совершенно правильными. Правило же квантования Бора, как выяснилось, применимо далеко не всегда.

#### IV. Закрепление изученного материала

- Сформулируйте первый постулат Бора – постулат стационарных состояний.
- Какие затруднения вызвала планетарная модель Резерфорда для объяснения процессов излучения энергии атомами?
- Каким путем Бор вышел из этого положения?
- Запишите и сформулируйте второй постулат Бора.
- Запишите и сформулируйте правило квантования круговых орбит.

#### V. Подведение итогов урока

##### Домашнее задание

п. 95; 96.

#### Дополнительный материал

##### Теория Бора глазами современников

«Если это правильно, то это означает конец физики как науки» (А. Эйнштейн, 1913 г.)

«Теория квантов подобна другим победам в науке: месяцами вы улыбаетесь им, а затем годами плачете» (Г. Крамерс, 1920 г.)

«Теорию квантов можно сравнить с лекарством, излечивающим болезнь, но убивающим больного» (Г. Крамерс, Х. Гольст, 1923 г.)

«Все это очень красиво и крайне важно, но, к сожалению, не очень понятно. Мы не понимаем ни гипотезы Планка об осцилляторах, ни запрета нестационарных орбит, и мы не понимаем, как же, в конце концов, образуется свет согласно теории Бора. Не подлежит сомнению, что механику квантов, механику дискретного, еще предстоит создать» (Г.-А. Лоренц, 1927 г.).

«Физика теперь снова зашла в тупик, во всяком случае, для меня она слишком трудна, и я предпочел бы быть комиком в кино или кем-нибудь вроде этого и не слышать ничего о физике» (В. Паули, 1925 г.)

Отто Штерн вспоминал много лет спустя, что в то время они с Лауэ поклялись оставить занятие физикой, если «в этой боровской бессмыслице хоть что-то есть».

Лоренц сетовал, что не умер пятью годами ранее, когда в физике еще сохранялась относительная ясность.

Даже у Бора создавшееся положение теории вызывало «чувство грусти и безнадежности».

Квантовая физика родилась в лоне европейской культуры, а люди, ее создавшие, – лучшие ее представители. Эйнштейн, Борн, Гейзенберг, Эренфест, Лауэ были превосходными музыкантами, а Планк даже читал в университете лекции по теории музыки и в юности намеревался стать профессиональным пианистом. (Он руководил так же хором, в котором пел Отто Ган, тридцать лет спустя открывший деление урана.)

Гейзенберг, Паули, Лауэ, Шрёдингер владели древними языками, Луи де Бройль – по профессии историк, а Шредингер был глубоким знатоком фило-



софии и религии, особенно индийской, писал стихи и в конце жизни издал свой поэтический сборник.

Даже в научной переписке План и Зоммерфельд обменивались стихами. В те годы в Копенгагене в институте Бора создавалась не только наука об атоме – там выросла интернациональная семья молодых физиков. Среди них были Краменс, Гаудсмит и Резенфельд – из Голландии, Клейн – из Швеции, Дирк – из Англии, Гейзенберг – из Германии, Бриллюэн – из Франции, Паули – из Австрии, Нишина – Японии, Уленбек – из Америки, Гамов и Ландау – из России.

Через много лет политические бури разбросали их по всему миру: Гейзенберг стал главой немецкого «уранового проекта»; Нишина возглавил японскую урановую программу; сам Нильс Бор, спасаясь от нацистов, оказался в американском центре атомных исследований – Лос-Аламосе. А Гаудсмит стал руководителем миссии «Алсос», которая будет признана выяснить, что успел сделать Гейзенберг для постройки немецкой атомной бомбы.

Этих людей уже нет в живых. Шредингер умер в 1961 г., Бор – в 1962 г., Борн – в 1970 г., Гейзенберг – в 1976 г., Дирак – в 1985 г., де Бройль – в 1987 г.

## Урок 113. Лазеры

**Цель:** на примере лазера показать как развитие фундаментальной науки (квантовой теории) приводит к прогрессу в самых различных областях техники.

### Ход урока

#### I. Организационный момент

#### II. Проведение самостоятельной работы

##### Вариант I

1. Какая формула была выведена экспериментально Бальмером для спектра водорода?

(Ответ:  $\left[ \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{R^2} \right) \right].$ )

2. Наименьший радиус орбиты электрона в невозбужденном атоме водорода  $r_1 = 5,28 \cdot 10^{-11}$  м. Определите радиус орбиты электрона в атоме водорода, когда электрон находится на третьем энергетическом уровне.

(Ответ:  $4,75 \cdot 10^{-10}$  м.)

3. Энергия атома водорода в нормальном состоянии  $E_1 = -13,53$  эВ. Определите энергию кванта, поглощенного атомом водорода, если электрон перешел с первого энергетического уровня на третий.

Энергия электрона на  $n$ -й орбите стационарного состояния атома

водорода:  $E_n = \frac{E_1}{n^2}$ .

(Ответ: 12,02 эВ.)

4. Определите длину волны электромагнитного излучения атома водорода при переходе электрона с пятого энергетического уровня на второй. Постоянная Ридберга  $R = 109737,31 \text{ см}^{-1}$ .

(Ответ:  $4,37 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .)

5. Электрон, связанный с атомом, при переходе с более удаленной на менее удаленную от ядра атома орбиту в момент перехода...

(Ответ: излучает энергию.)

6. Определите минимальную энергию возбуждения атома водорода, если его энергия в нормальном состоянии  $E_1 = -13,53 \text{ эВ}$ .

(Ответ: 3,39 эВ.)

7. С ростом главного квантового числа  $n$  (энергетического уровня атома) энергия стационарного состояния атома ...

(Ответ: увеличивается.)

8. Электрон в атоме водорода перешел с пятого энергетического уровня на второй. Как при этом изменилась энергия атома?

(Ответ: уменьшилась.)

9. Какое утверждение было бы справедливо, если бы движение электрона в атоме подчинялось законам классической динамики? 1) При движении вокруг ядра электрон должен непрерывно излучать электромагнитные волны; 2) Через короткое время электрон должен упасть на ядро; 3) Частота электромагнитных волн, испускаемых атомом, должна быть равна частоте обращения электрона вокруг ядра.

(Ответ: Через короткое время электрон должен упасть на ядро.)

10. Что с точки зрения планетарной модели атома Резерфорда удерживает электроны и не позволяет им разлетаться?

(Ответ: кулоновские силы.)

### Вариант II

1. Какую формулу предложил Бальмер для определения длины волны, испускаемой атомом водорода?

(Ответ:  $\left[ \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{R^2} \right) \right]$ .)

2. Наименьший боровский радиус орбиты электрона в невозбужденном атоме водорода  $r_1 = 5,28 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ . Определите радиус орбиты электрона, когда атом водорода находится на пятом энергетическом уровне.

(Ответ:  $132 \cdot 10^{-11}$  м.)

3. Энергия атома водорода в нормальном состоянии  $E_1 = -13,53$  эВ. Определите энергию кванта, поглощенного атомом водорода, если электрон перешел с первого энергетического уровня на второй. Энергия электрона на  $n$ -й орбите стационарного состояния атома

$$\text{водорода: } E_n = \frac{E_1}{n^2}.$$

(Ответ: 10,147 эВ.)

4. Определите длину волны электромагнитного излучения атома водорода при переходе электрона с четвертого энергетического уровня на второй. Постоянная Ридберга  $R = 10973,31 \text{ см}^{-1}$ .

(Ответ: 0,49 мкм.)

5. Электрон, связанный с атомом, при переходе со второй орбиты на четвертую ...

(Ответ: поглощает энергию.)

6. Определите минимальную энергию кванта, поглощенного атомом водорода, если при этом электрон перешел с первого на третий энергетический уровень. Энергия первого энергетического уровня  $E_1 = -13,53$  эВ.

(Ответ: 12,02 эВ.)

7. Состояние атомов, соответствующее всем разрешенным энергетическим уровням, кроме низкого, называется ...

(Ответ: возбужденным.)

8. Электрон в атоме водорода перешел с первого энергетического уровня на третий. Как при этом изменилась энергия атома?

(Ответ: увеличилась.)

9. Если бы движение электрона в атоме подчинялось законам классической электродинамики, то какое утверждение было бы неверным?

(Ответ: в стационарном состоянии атом энергию не излучает.)

10. Электрон и протон движутся с одинаковой скоростью. Какой из этих частиц соответствует меньшая энергия?

(Ответ: электрону.)

### III. Изучение нового материала

В 1917 г. Эйнштейн предсказал возможность индуцированного (вынужденного) излучения света атомами. Под индуцированным излучением понимается измерение возбужденных атомов под действием падающего на них света.

Еще в 1940 г. советский физик А. Фабрикант указал на возможность использования явления вынужденного излучения для усиления электромагнитных волн.

В 1954 г. советские ученые Н. Г. Басов и А. М. Прохоров и независимо от них американский физик Ч. Таунс использовали явление для создания микроволнового генератора радиоволн. За разработку нового принципа генерации и усиления радиоволн Н. Г. Басов, А. М. Прохоров и Ч. Таунс в 1964 г. были удостоены Нобелевской премии.

В 1960 г. Т.Г. Мейнапом в США был создан первый лазер – квантовый генератор электромагнитных волн в видимом диапазоне спектра.

Путем внешнего освещения возбужденные электроны из состояний  $E_2$  и  $E_3$  переходят в состояние  $E_1$ , которое является рабочим состоянием лазера. Лазерное излучение может быть различного цвета.

Рубиновый лазер генерирует пучок фотонов ( $\lambda = 694$  нм) рубиново-красного света.

### Устройство рубинового лазера

Рубиновый стержень лазера – это цилиндр, торцы которого отполированы и покрыты слоем серебра таким образом, что один торец полностью отражает свет, а другой – частично отражает, а частично пропускает.

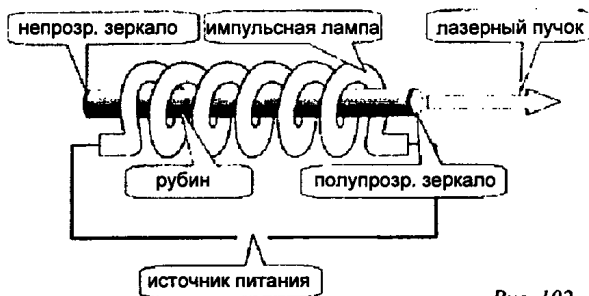


Рис. 102

При вспышке лампы накаливания на рубиновый стержень падают фотоны различной частоты. В стержне возникают колебания. Атомы, поглотив часть фотонов, переходят в возбужденное состояние.

Возникает вынужденное излучение, которое распространяется строго вдоль оси стержня и усиливается при многократном отражении от зеркал. В результате возникает мощное монохроматическое излучение – пучок света, часть которого выходит через полупрозрачное зеркало. Длительность излучения пучка –  $10^{-3}$  с.

### Свойства лазерного излучения

1. Малый угол расхождения пучка света.
2. Исключительная монохроматичность.
3. Самый мощный источник света  $10^{14}$  Вт/с, Солнце –  $7 \cdot 10^3$  Вт/с.
4. КПД – около 1%.

### **Применение**

Перспективно применение лазерного луча для связи, особенно в космическом пространстве. Огромная мощность используется для испарения материалов в вакууме, сварки. Лазерные лучи раскраивают ткани, режут стальные листы, с помощью луча лазера проводят хирургические операции, определяют расстояния с точностью до нескольких миллиметров.

Перспективно использование лазерных лучей для осуществления управления термоядерной реакцией.

В настоящее время лазеры получили весьма разнообразное применение.

### **IV. Закрепление изученного материала**

- Что такое лазер?
- Какое измерение называют спонтанным и почему оно когерентно?
- Объясните принцип действия лазера?
- Объясните устройство рубинового лазера?
- Перечислите основные сферы применения лазеров?

### **Дополнительный материал**

Слово «лазер» представляет собой аббревиатуру английской фразы «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation», переводимой как усиление света в результате вынужденного (индуцированного) излучения. Гипотеза о существовании индуцированного излучения была высказана в 1917 г. А. Эйнштейном. Советские ученые Н.Г. Басов и А.М. Прохоров и независимо от них американский физик Ч. Таунс использовали явление индуцированного излучения для создания микроволнового генератора радиоволн с длиной волны  $\lambda = 1,27$  см.

Чтобы создать лазер или оптический квантовый генератор – источник когерентного света необходимо:

1) рабочее вещество с инверсной населенностью, только тогда можно получить усиление света за счет вынужденных переходов;

2) рабочее вещество следует поместить между зеркалами, которые осуществляют обратную связь;

3) усиление, даваемое рабочим веществом, а значит, число возбужденных атомов или молекул в рабочем веществе, должно быть больше порогового значения, зависящего от коэффициента отражения полупрозрачного зеркала.

Первым квантовым генератором был рубиновый твердотельный лазер. Также были созданы: газовые, полупроводниковые, жидкостные, газодинамические, кольцевые (бегущей волны).

Лазеры нашли широкое применение в науке – основной инструмент в нелинейной оптике, когда вещества прозрачные или нет для потока обычного света меняют свои свойства на противоположные.

Лазеры позволили осуществить новый метод получения объемных и цветных изображений, названный голографией.

В медицине, особенно в офтальмологии, хирургии и онкологии широко применяются лазеры, способные создать малое пятно, благодаря высокой монохроматичности и направленности. В офтальмологии лазерное излучение с энергией 0,2–0,3 Дж позволяет осуществлять ряд сложных операций, не нарушая целостности самого глаза. Одной из таких операций является приварка и укрепление отслоившейся сетчатки с помощью коагуляционных спаек. Кроме того, лазерный луч применяется для выжигания злокачественных и доброкачественных опухолей. В хирургии сфокусированный световой луч непрерывного лазера (мощностью до 100 Вт) служит чрезвычайно острым и стерильным скальпелем, осуществляющим бескровные операции даже на печени и селезенке. Весьма перспективно использование непрерывных и импульсных лазеров для прижигания ран и остановки кровотечений у больных с пониженной свертываемостью крови.

Лазерная обработка металлов. Возможность получать с помощью лазеров световые пучки высокой мощности до  $10^{12}$ – $10^{16}$  Вт/см<sup>2</sup> при фокусировке излучения в пятно диаметром до 10–100 мкм делает лазер мощным средством обработки оптически непрозрачных материалов, недоступных для обработки обычными методами (газовая и дуговая сварка). Это позволяет осуществлять новые технологические операции, например, просверливание очень узких каналов в тугоплавких материалах, различные операции при изготовлении пленочных микросхем, а также увеличивает скорость обработки деталей. При пробивании отверстий в алмазных кругах сокращает время обработки одного круга с 2–3 дней до 2 мин. Наиболее широко применяется лазер в микроэлектронике, где предпочтительна сварка соединений, а не пайка. Основные преимущества: отсутствие механического контакта, возможность обработки труднодоступных деталей, возможность создания узких каналов, направленных под углом к обрабатываемой поверхности.

Лазерная связь и локация. По сравнению с существующими средствами радиосвязи и радиолокации лазерные обладают двумя основными преимуществами: узкой направленностью передачи и широкой полосой пропускания передаваемых частот. Сам лазер создает направленный луч (расходимость  $\sim 10'$ ), а применение оптической системы позволяет сформировать еще более параллельный луч (расходимость  $\sim 2$ – $3''$ ). Один лазерный луч позволяет передавать сигнал в полосе частот – 100 МГц. Это дает возможность одновременной передачи 200 телевизионных каналов.

Первые сведения о применении лазерной локации относятся к 1962 г., когда была осуществлена локация Луны. Увеличение мощности, излучаемой лазером, делает возможным картографирование поверхности Луны с Земли с высокой точностью (около 1,5 м). Лазерная локация применяется также в геофизике для определения высоты облаков, исследовании инверсионных и аэрозольных слоев в атмосфере, турбулентности и т. п.

Лазерные системы навигации и обеспечения безопасности полетов. Одним из основных элементов инерциальных систем навигации, широко используемых в авиации, являются гироскопы, которые в основном и определяют точность системы. Лазерные гироскопы обладают достаточно высокой

точностью, большим диапазоном измерения угловых скоростей, малым собственным дрейфом, невосприимчивостью к линейным перегрузкам. Лазеры успешно применяются как измерители скорости полета, высотомеры. Лазерные курсо-глиссадные системы обеспечивают безопасность полетов, связанную с увеличением точности систем посадки, снижения ограничений по метеоусловиям, обеспечением больших удобств работы экипажа при выполнении такого ответственного участка полета, как посадка. Установленные вблизи взлетно-посадочного полотна лазерные лучи создают геометрическую картину, позволяющую судить о правильности выдерживания траектории посадки.

Лазерные системы управления оружием резко повысили точность попадания. Лазерная полуактивная система наведения состоит из лазерного целеуказателя (лазерной системы подсвета цели) и боеприпаса с лазерной головкой самонаведения.

## Урок 114. Урок-игра «Своя игра»

**Цель:** показать, что физика связана со многими школьными предметами.

### Ход урока

#### I. Подготовительный этап

От ребят требуется серьезная подготовка по физике, ее истории, математике и литературе.

Каждый вопрос выписан на отдельную карточку (плотный картон), на другой стороне которой указаны баллы.

Зрители раскладывают карточки на своем столе в определенной последовательности, например:

Оптика	100	200	300	400	500
Великие открытия	100	200	300	400	500
Квантовая физика	100	200	300	400	500
Физика и природа	100	200	300	400	500

Подобные же схемы находятся на столах игроков. Правила игры те же, что и в ТВ-игре: 3 тура и финал.

#### II. Ход игры

##### 1-й тур

##### Оптика

100. Что такое луч света?

200. Что такое световой пучок?

300. Какими явлениями можно подтвердить прямолинейность распространения света?

400. В чем состоит принцип обратимости световых лучей?

500. Какое отражение света называют зеркальным?

### ***Великие открытия***

100. С его фамилией связывается название силы, с которой магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу.

200. Известный врач, физик, астроном, механик-металлург, египтолог, физиолог, политолог, способный гимнаст.

300. В 1821 г. ученый записал в своем дневнике «Превратить магнетизм в электричество». Через 10 лет эта задача была им решена.

400. Он экспериментально доказал существование электромагнитных волн.

500. С его именем связаны установление первой в мире телеграфной связи между Америкой и Европой и абсолютная шкала температур.

### ***Квантовая физика***

100. Какую роль сыграло в физике изучение излучения абсолютно черного тела?

200. Почему законы классической электродинамики не могут объяснить излучение абсолютно черного тела?

300. Какие из законов фотоэффекта, полученные в результате экспериментов, не объясняются с позиций классической электродинамики?

400. Сопоставьте гипотезы Планка и Эйнштейна об электромагнитном излучении.

500. Как взаимосвязаны уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и законы Столетова, полученные эмпирическим путем?

### ***Физика и природа***

100. Почему в ясный солнечный день солнечные блики под деревьями кажутся нам круглыми – ведь промежутки между листьями имеют самую разнообразную форму?

200. Необходимо расположить по прямой линии молодые деревья, высаживаемые в землю при озеленении улицы. Каким свойством световых лучей пользуются при этом?

300. Почему длинная аллея деревьев на значительном расстоянии от наблюдателя кажется сходящейся в одну точку?

400. Почему у кошки в темноте светятся глаза?

500. Что представляет собой зеркало, применяемое при исследовании глазного дна больного?



## 2-й тур

**Оптика**

100. Какие условия необходимы для получения изображения в плоском зеркале?
200. Какое изображение имеет источник в плоском зеркале?
300. Какое изображение называют действительным, мнимым?
400. Может ли источник быть мнимым?
500. Какое отражение света называют диффузным?

**Великие открытия**

100. Что открыл Х. Эрстед 15 февраля 1820 г., читая лекцию студентам университета?
200. В своем дневнике немецкий физик Георг Симон Ом пишет: «Я брал куски цилиндрической проволоки произвольной длины из различных материалов и помещал их поочередно в цепь...». Какую зависимость установил Ом в этих экспериментах?
300. Назовите первого русского академика?
400. Открыл водород, углекислый газ, определил состав воздуха, постоянную тяготения, будучи английским лордом, он первым установил закон взаимодействия электрических зарядов. Кто это?
500. Автор научного труда «Математические начала натуральной философии».

**Квантовая физика**

100. Что общего имеют и чем отличаются фотоны и частицы вещества?
200. Какое из следующих утверждений о свете является, на ваш взгляд, наиболее верным:
- а) «Свет – это электромагнитные волны»;
  - б) «Свет – это поток частиц фотонов»;
  - в) «Свет – это электромагнитные волны и поток фотонов одновременно»;
  - г) «Свет – это ни электромагнитные волны, ни поток фотонов»;
  - д) «Свет – это и то и другое, ни то ни другое одновременно».
300. Можно ли считать фотон материальным объектом, ведь его масса равна нулю?
400. Покажите взаимосвязь материи и движения на примере:
- а) существования фотона;
  - б) распространения электромагнитной волны.
500. Сравните вещество и электромагнитное поле как виды материи.

### **Физика и природа**

100. Какие животные используют «перископ» для наблюдения предметов из-за укрытий?

200. Почему растения не следует поливать в то время, когда на них падают солнечные лучи?

300. Чему равна оптическая сила хрусталика человеческого глаза?

400. Какая часть человеческого глаза больше всего преломляет световые лучи?

500. Известно, что принцип работы глаза подобен принципу работы многих оптических приборов. Но почему же в жизни без специальных приспособлений мы не замечаем хроматической аберрации глаза?

### **3-й тур**

#### **Оптика**

100. В чем сущность методов генетической оптики?

200. Почему плоское зеркало иногда дает искаженное изображение?

300. Справедливы ли законы отражения в случае падения света на лист тетрадной бумаги?

400. Почему нельзя использовать плоское зеркало в качестве киноэкрана?

500. Какими способами измерялась скорость света? В чем трудности измерения скорости света?

#### **Великие открытия**

100. «Эврика! Эврика! Я нашел!» – кому принадлежат эти слова?

200. Ученый, который под угрозой смерти, вынужден был отречься от своего учения, но, по преданию, уже выходя из зала суда, произнес историческую фразу: «А все-таки она вертится!». Кто он?

300. Французский ученый и философ сформулировал закон сохранения количества движения, его системой координат пользуются в геометрии.

400. Про него сказали: «Он остановил Солнце и сдвинул Землю». О ком идет речь?

500. О каком русском ученом наш великий поэт А. С. Пушкин сказал, что он создал первый в России университет, что «он, лучше сказать, сам был первым русским университетом»?

#### **Квантовая физика**

100. Как бы вы отнеслись к сообщению о том, что открыт новый вид материи, отличный от вещества и от поля?

200. Как вы понимаете слова о единстве видов материи – вещества и поля?

300. Укажите волновые, корпускулярные и квантовые свойства света. Какова связь между этими свойствами?

400. Могло ли случиться так, что в истории науки победила бы одна из концепций о природе света – волновая или корпускулярная?

500. Как вы понимаете утверждение: «Корпускулярно-волновой дуализм – это общее свойство материи»?

### **Физика и природа**

100. Почему близорукие люди, чтобы лучше видеть, щурят глаза?

200. Два наблюдателя – близорукий и дальнозоркий – рассматривают предмет через лупу, располагая ее на одинаковом расстоянии от глаза. Который из наблюдателей должен расположить предмет ближе к лупе?

300. Почему с наступлением темноты мы становимся как бы близорукими, и очертания предметов перестают быть резкими?

400. Почему днем зрачки у людей сужаются, а ночью расширяются?

500. Почему находясь в освещенной комнате, мы ничего не видим за окном, когда стемнеет?

### **Финал**

Учитель задает вопрос. Первый ответивший побеждает.

– Объясните с точки зрения оптики выражение «Ночью все кошки серы».

## **III. Подведение итогов игры**

Подводятся итоги и выставляются оценки.

# **Глава. 13. Физика атомного ядра**

## **Урок 115. Радиоактивность.**

### **Радиоактивные превращения атомных ядер**

*Цель:* дать учащимся представление о радиоактивности.

### **Ход урока**

#### **I. Организационный момент**

#### **II. Проверка домашнего задания**

- Что представляет собой атом согласно модели, предложенной Томсоном?