

Конспект

Тема: Спектры. Невидимые излучения

Спектральные аппараты

Ни один из источников не дает монохроматического света, т. е. света строго определенной длины волны.

Та энергия, которую несет с собой свет от источника, определенным образом распределена по волнам всех длин волн (или частотам), входящим в состав светового пучка.

Для характеристики распределения излучения по частотам нужно ввести новую величину: интенсивность, приходящуюся на единичный интервал частот. Эту величину называют **спектральной плотностью потока излучения**. Обозначим ее через $I(\nu)$. Тогда интенсивность излучения, приходящаяся на небольшой спектральный интервал $\Delta\nu$, равна $I(\nu)\Delta\nu$. Суммируя подобные выражения по всем частотам спектра, мы получим плотность потока излучения I .

Спектральную плотность потока излучения на разных частотах можно найти экспериментально.

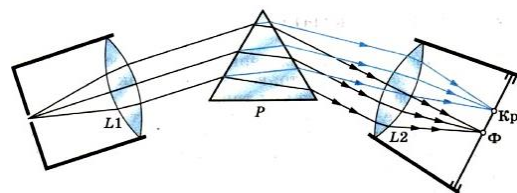
Зрительно оценить (приблизительно) распределение энергии нельзя, так как глаз обладает избирательной чувствительностью к свету: максимум его чувствительности лежит в желто-зеленой области спектра.

Лучше всего воспользоваться свойством очень черного тела почти полностью поглощать свет всех длин волн. При этом энергия излучения (т. е. света) вызывает нагревание тела. Поэтому достаточно измерить температуру тела и по ней судить о количестве поглощенной в единицу времени энергии.

Благодаря **электрического термометра сопротивления**, в котором чувствительный элемент выполнен в виде тонкой **металлической пластины, покрытой сажей**, почти полностью поглощающей свет любой длины. Выяснили, что красный цвет света имеет большую энергию, фиолетовый – меньшую.

По результатам таких опытов можно построить кривую зависимости спектральной плотности интенсивности излучения от частоты. Эта кривая даст наглядное представление о распределении энергии в видимой части спектра электрической дуги.

Для точных исследований спектров используют **спектральные аппараты - приборы, хорошо разделяющие волны различной длины и не допускающие (или почти не допускающие) перекрывания отдельных участков спектра, основным элементом которого является коллиматор, представляющий собой трубу, на одном конце которой имеется ширма с узкой щелью, а на другом — собирающая линза L1**. Поэтому расходящийся световой пучок, попадающий на линзу из щели, выходит из нее параллельным пучком и падает на **призму P**. Так как разным частотам соответствуют различные показатели преломления, то из призмы выходят параллельные пучки, не совпадающие по направлению. Они падают на **линзу L2**. На фокусном расстоянии от этой линзы располагается **экран — матовое стекло или фотопластинка**. Линза L2 фокусирует параллельные пучки лучей на экране, и вместо одного изображения щели получается целый ряд изображений. Каждой частоте (точнее, узкому спектральному интервалу) соответствует свое изображение. Все эти изображения вместе и образуют спектр.



Если вместо второй линзы и экрана используется зрительная труба для визуального наблюдения спектров, то прибор называется **спектроскопом**.

Если экран - спектрограф

Виды спектров

Спектральный состав излучения веществ весьма разнообразен. Но, несмотря на это, все спектры, как показывает опыт, можно разделить на три типа.

Непрерывные спектры – спектр, в котором представлены волны всех длин волн и является сплошной разноцветной полоской.

Дают тела, находящиеся в твердом или жидком состоянии, а также сильно сжатые газы. Для получения непрерывного спектра нужно нагреть тело до высокой температуры

Линейчатые спектры - это частоты цветных линий различной яркости, разделенных широкими темными полосами.

| Цвет спектра | Длина волны, нм | Элемент |
|--------------|-----------------|---------|
| красный | 661 | азот |
| | 648 | азот |
| | 640 | неон |
| оранжевый | 594 | азот |
| | 585 | неон |
| | 581 | свинец |
| желтый | 568 | азот |
| зеленый | 540 | неон |
| | 527 | железо |
| | 500 | азот |
| голубой | 500 | свинец |
| | 480 | азот |
| синий | 463 | азот |
| | 445 | азот |
| | 440 | железо |
| фиолетовый | 430 | железо |
| | 406 | свинец |
| | 406 | железо |
| | 397 | железо |

Линейчатые спектры дают все вещества в газообразном атомарном (но не молекулярном) состоянии.

Изолированные атомы излучают свет строго определенных длин волн.

Полосатый спектр состоит из отдельных полос, разделенных темными промежутками.

Полосатые спектры образуются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом. Темные линии на фоне непрерывного спектра — это линии поглощения, образующие в совокупности спектр поглощения.

Существуют непрерывные, линейчатые и полосатые спектры излучения и столько же видов спектров поглощения.

Практическая работа: Выписать длины волн для железа, свинца, азота.

Например: Ne 640_к, 585_о, 540_з.

спектральный анализ — метод определения химического состава вещества по его спектру. Подобно отпечаткам пальцев у людей, линейчатые спектры различных элементов имеют неповторимую индивидуальность. Неповторимость узоров на коже пальца помогает часто найти преступника. Точно так же благодаря индивидуальности спектров имеется возможность определить, из каких элементов состоит тело. С помощью

спектрального анализа можно обнаружить данный элемент в составе сложного вещества, если даже его масса не превышает 10-10 г. Это очень чувствительный метод.

узнали химический состав Солнца и звезд.

были открыты многие новые элементы: рубидий, цезий и др.

гелий сначала открыли на Солнце и лишь затем в атмосфере Земли.

является основным методом контроля состава вещества в металлургии, машиностроении, атомной индустрии.

определяют химический состав руд и минералов.

НЕВИДИМЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Инфракрасное излучение это излучение, у которого длина волны больше, чем у красного. Его испускает любое нагретое тело даже в том случае, когда оно не светится. Например, батареи отопления в квартире испускают инфракрасные волны, вызывающие заметное нагревание окружающих тел. Поэтому инфракрасные волны часто называют тепловыми.

Не воспринимаемые глазом инфракрасные волны имеют длины волн, превышающие длину волны красного света (длина волны $\lambda = 780 \text{ нм} — 1 \text{ мм}$). Максимум энергии излучения электрической дуги и лампы накаливания приходится на инфракрасные лучи.

Инфракрасное излучение применяют для сушки лакокрасочных покрытий, овощей, фруктов и т. д. Созданы приборы, в которых не видимое глазом инфракрасное изображение объекта преобразуется в видимое. Изготавливаются бинокли и оптические прицелы, позволяющие видеть в темноте.

Ультрафиолетовое излучение это излучение у которых длина волны меньше чем у фиолетового. Электромагнитное излучение с частотами в диапазоне от $8 \cdot 10^{14}$ до $3 \cdot 10^{16}$ Гц называется ультрафиолетовым излучением (длина волны $\lambda = 10\text{—}380$ нм).

Обнаружить ультрафиолетовое излучение можно с помощью экрана, покрытого люминесцирующим веществом. Экран начинает светиться в той части, на которую падают лучи, лежащие за фиолетовой областью спектра.

Ультрафиолетовое излучение отличается **высокой химической активностью**. Повышенную чувствительность к ультрафиолетовому излучению имеет фотоэмульсия. В этом можно убедиться, спроецировав спектр в затемненном помещении на фотобумагу. После проявления бумага почернеет за фиолетовым концом спектра сильнее, чем в области видимого спектра.

Ультрафиолетовые лучи не вызывают зрительных образов: **они невидимы**. Но действие их на сетчатку глаза и кожу велико и разрушительно. Ультрафиолетовое излучение Солнца недостаточно поглощается верхними слоями атмосферы. Поэтому **высоко в горах нельзя оставаться длительное время без одежды и без темных очков**. Стекланные очки, прозрачные для видимого спектра, защищают глаза от ультрафиолетового излучения, так как стекло сильно поглощает ультрафиолетовые лучи.

Впрочем, в **малых дозах ультрафиолетовые лучи оказывают целебное действие**. Умеренное пребывание на солнце полезно, особенно в юном возрасте: ультрафиолетовые лучи **способствуют росту и укреплению организма**. Кроме прямого действия на ткани кожи (образование защитного пигмента — загара, **витамина D2**), ультрафиолетовые лучи оказывают **влияние на центральную нервную систему, стимулируя ряд важных жизненных функций в организме**.

Ультрафиолетовые лучи оказывают также **бактерицидное действие**. Они убивают болезнетворные бактерии и используются с этой целью в медицине.

Нагретое тело испускает преимущественно инфракрасное излучение с длинами волн, превышающими длины волн видимого излучения. Ультрафиолетовое излучение — более коротковолновое и **обладает высокой химической активностью**.

Вопросы к параграфу

1. Почему солнечный свет, прошедший сквозь оконное стекло, не вызывает загара?
2. Известен ли вам какой-либо источник ультрафиолетового излучения?

Рентгеновское излучение — это излучение с частотами в диапазоне от $3 \cdot 10^{16}$ до $3 \cdot 10^{20}$ Гц. Образованы резким торможением быстрых электронов.

Открытие рентгеновских лучей. Рентгеновские лучи **были открыты в 1895 г.** немецким физиком Вильгельмом Рентгеном. **Назывались X-лучи**. Рентген умел наблюдать, замечать новое там, где многие ученые до него не обнаруживали ничего примечательного. Этот особый дар помог ему сделать замечательное открытие.

Рентген Вильгельм (1845—1923) — немецкий физик, обнаруживший в 1895 г. коротковолновое электромагнитное излучение — рентгеновские лучи. Открытие рентгеновских лучей оказало огромное влияние на все последующее развитие физики, в частности привело к открытию радиоактивности. Ему была присуждена первая Нобелевская премия по физике. Способствовал быстрому распространению практического применения своего открытия в медицине. Конструкция созданной им первой рентгеновской трубки для получения рентгеновских лучей почти не изменилась до настоящего времени.



В конце XIX в. всеобщее внимание физиков привлек газовый разряд при малом давлении. При этих условиях в газоразрядной трубке создавались потоки очень быстрых электронов. В то время их называли катодными лучами. Природа таких лучей еще не была с достоверностью установлена. Известно было лишь, что они берут начало на катоде трубки.

Занявшись исследованием катодных лучей, Рентген скоро заметил, что фотопластинка

вблизи разрядной трубки оказывалась засвеченной даже в том случае, когда она была завернута в черную бумагу. После этого ему удалось наблюдать еще одно очень поразившее его явление.

Бумажный экран, смоченный раствором платиносинеродистого бария, начинал светиться, если им обертывалась разрядная трубка. Причем когда Рентген держал руку между трубкой и экраном, то на экране были видны темные тени костей на фоне более светлых очертаний всей кисти руки.

Ученый понял, что при работе разрядной трубки возникает какое-то неизвестное ранее сильно проникающее излучение. Он назвал его X-лучами. Впоследствии за этим излучением прочно укрепился термин «рентгеновские лучи».

Рентген обнаружил, что новое излучение появлялось в том месте, где катодные лучи (потoki быстрых электронов) сталкивались со стеклянной стенкой трубки. В этом месте стекло светилось зеленоватым светом.

Последующие опыты показали, что X-лучи возникают при торможении быстрых электронов любым препятствием, в частности металлическими электродами.

Свойства рентгеновских лучей. Лучи, открытые Рентгеном, действовали на фотопластинку, вызывали ионизацию воздуха, но заметным образом не отражались от каких-либо веществ и не испытывали преломления. Электромагнитное поле не оказывало никакого влияния на направление их распространения.

Сразу же возникло предположение, что рентгеновские лучи — это электромагнитные волны, которые излучаются при резком торможении электронов. Большая проникающая способность рентгеновских лучей и прочие их особенности связывались с малой длиной волны. Но эта гипотеза нуждалась в доказательствах, и доказательства были получены спустя 15 лет после смерти Рентгена.

Применение рентгеновских лучей. Рентгеновские лучи широко используют на практике.

В медицине они применяются для постановки правильного диагноза заболевания, а также для лечения раковых заболеваний, для научных исследований.

Поглощение рентгеновских лучей пропорционально плотности вещества. Поэтому с помощью рентгеновских лучей можно получать фотографии внутренних органов человека. На этих фотографиях хорошо различимы кости скелета (рис. 10.6) и места перерождений мягких тканей. Весьма обширны применения рентгеновских лучей в научных исследованиях. По дифракционной картине, даваемой рентгеновскими лучами при их прохождении сквозь кристаллы, удается установить порядок расположения атомов в пространстве — структуру кристаллов. Сделать это для неорганических кристаллических веществ оказалось не очень сложным. Но с помощью рентгеноструктурного анализа можно расшифровать также строение сложных органических соединений, в том числе белков. В частности, была определена структура молекулы гемоглобина, содержащей десятки тысяч атомов.

Эти достижения стали возможны благодаря тому, что длина волны рентгеновских лучей очень мала, именно поэтому удалось «увидеть» молекулярные структуры, а именно: получить дифракционную картину, с помощью которой после ее расшифровки можно восстановить характер пространственного расположения атомов.

Из других применений рентгеновских лучей отметим еще рентгеновскую дефектоскопию — метод обнаружения раковин в отливках, трещин в рельсах, проверки качества сварных швов и т. д. Рентгеновская дефектоскопия основана на изменении поглощения рентгеновских лучей в изделии при наличии в нем полостей или инородных включений.

Устройство рентгеновской трубки. В настоящее время для получения рентгеновских лучей

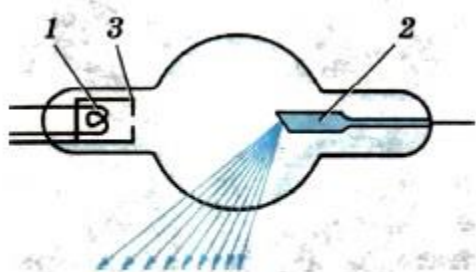


Рис. 10.7

разработаны весьма совершенные устройства, называемые рентгеновскими трубками.

На рисунке 10.7 изображена упрощенная схема электронной рентгеновской трубки. Катод 1 представляет собой вольфрамовую спираль, испускающую электроны за счет термоэлектронной эмиссии. Цилиндр 3 фокусирует поток электронов, которые затем соударяются с металлическим электродом (анодом) 2. При этом появляются рентгеновские лучи. Напряжение между анодом и катодом достигает нескольких десятков

киловольт. В трубке создается глубокий вакуум; давление газа в ней не превышает 10-5 мм рт. ст. В мощных рентгеновских трубках анод охлаждается проточной водой, так как при торможении электронов выделяется большое количество теплоты. В полезное излучение превращается лишь около 3% энергии электронов.