МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭКОНОМИКИ, СТАТИСТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

***Предмет – КСЕ***

***ТЕМА:***

### Спектры и спектральный анализ в физике

ПОДГОТОВИЛ СТУДЕНТ ГРУППЫ № ЗФ-46

## САВЧЕНКОВ ИВАН СЕРГЕЕВИЧ

***Содержание***

1. Виды спектров

* 1. Непрерывные спектры
  2. Линейчатые спектры
  3. Полосатые спектры
  4. Спектры поглощения

2. Спектральный анализ

3. Спектральные аппараты

4. Инфракрасная и ультрафиолетовая части спектра

5. Спектр видимого света

***Виды спектров.***

Спектральный состав излучения различных веществ весьма разнообразен. Но, несмотря на это, все спектры, как показывает опыт, можно разделить на три сильно отличающихся друг от друга типа.

**Непрерывные спектры.**

Солнечный спектр или спектр дугового фонаря является непрерывным. Это означает, что в спектре представлены все длины волн. В спектре нет разрывов, и на экране спектрографа можно видеть сплошную разноцветную полосу.

Распределение энергии по частотам, т.е. спектральная плотность интенсивности излучения, для различных тел различно. Например, тело с очень черной поверхностью излучает электромагнитные волны всех частот, но кривая зависимости спектральной плотности от частоты имеет максимум при определенной частоте vmax. Энергия излучения, приходящаяся на очень малые (v → 0) и очень большие (v → ∞) частоты, ничтожно мала. При повышении температуры максимум спектральной плотности излучения смещается в сторону коротких волн.

*Непрерывные (или сплошные) спектры*, как показывает опыт, *дают тела, находящиеся в твердом или жидком состоянии, а также плотные газы.* Для получения непрерывного спектра нужно нагреть тело до высокой температуры.

Характер непрерывного спектра и сам факт его существования определяются не только свойствами отдельных излучающих атомов, но и в сильной степени зависят от взаимодействия атомов друг с другом.

Непрерывный спектр дает также высокотемпературная плазма. Электромагнитные волны излучаются плазмой в основном при столкновении электронов с ионами.

**Линейчатые спектры.**

Внесем в бледное пламя газовой горелки кусочек асбеста, смоченного раствором обыкновенной поваренной соли. При наблюдении пламени в спектроскоп на фоне едва различимого непрерывного спектра пламени вспыхнет ярко желтая линия. Эту желтую линию дают пары натрия, которые образуются при расщеплении молекул поваренной соли в пламени. На спектроскопе также можно увидеть частокол цветных линий различной яркости, разделенных широкими темными полосами. Такие спектры называются *линейчатыми*. Наличие линейчатого спектра означает, что вещество излучает свет только вполне определенных длин волн (точнее, в определенных очень узких спектральных интервалах). Каждая из линий имеет конечную ширину.

*Линейчатые спектры дают все вещества в газообразном атомарном (*но не молекулярном) *состоянии.* В этом случае свет излучают атомы, которые практически не взаимодействуют друг с другом. Это самый фундаментальный, основной тип спектров.

*Изолированные атомы данного химического элемента излучают строго определенные длины волн.*

Обычно для наблюдения линейчатых спектров используют свечение паров вещества в пламени или свечение газового разряда в трубке, наполненной исследуемым газом.

При увеличении плотности атомарного газа отдельные спектральные линии расширяются и, наконец при очень большой плотности газа, когда взаимодействие атомов становится существенным, эти линии перекрывают друг друга, образуя непрерывный спектр.

**Полосатые спектры.**

Полосатый спектр состоит из отдельных полос, разделенных темными промежутками. С помощью очень хорошего спектрального аппарата можно обнаружить, что каждая полоса представляет собой совокупность большого числа очень тесно расположенных линий. В отличие от линейчатых спектров полосатые спектры создаются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом.   
Для наблюдения молекулярных спектров так же, как и для наблюдения линейчатых спектров, обычно используют свечение паров в пламени или свечение газового разряда.

**Спектры поглощения.**

Все вещества, атомы которых находятся в возбужденном состоянии, излучают световые волны, энергия которых определенным образом распределена по длинам волн. Поглощение света веществом также зависит от длины волны. Так, красное стекло пропускает волны, соответствующие красному свету (λ≈8•10-5 см), и поглощает все остальные.   
Если пропускать белый свет сквозь холодный, неизлучающий газ, то на фоне непрерывного спектра источника появляются темные линии. Газ поглощает наиболее интенсивно свет как раз тех длин волн, которые он испускает в сильно нагретом состоянии. Темные линии на фоне непрерывного спектра - это линии поглощения, образующие в совокупности спектр поглощения.

***Спектральный анализ.***

Линейчатые спектры играют особо важную роль, потому что их структура прямо связана со строением атома. Ведь эти спектры создаются атомами, не испытывающими внешних воздействий. Поэтому, знакомясь с линейчатыми спектрами, мы тем самым делаем первый шаг к изучению строения атомов. Наблюдая эти спектры, ученые получили возможность "заглянуть" внутрь атома. Здесь оптика вплотную соприкасается с атомной физикой.

Главное свойство линейчатых спектров состоит в том, что *длины волн (или частоты) линейчатого спектра какого-либо вещества зависят только от свойств атомов этого вещества, но совершенно не зависят от способа возбуждения свечения атомов*. Атомы любого химического элемента дают спектр, не похожий на спектры всех других элементов: они способны излучать строго-определенный набор длин волн.

На этом основан *спектральный анализ* - метод определения химического состава вещества по его спектру. Подобно отпечаткам пальцев у людей линейчатые спектры имеют неповторимую индивидуальность. Неповторимость узоров на коже пальца помогает часто найти преступника. Точно так же благодаря индивидуальности спектров имеется возможность определить химический состав тела. С помощью спектрального анализа можно обнаружить данный элемент в составе сложного вещества если даже его масса не превышает 10-10. Это очень чувствительный метод.

Количественный анализ состава вещества по его спектру затруднен, так как яркость спектральных линий зависит не только от массы вещества, но и от способа возбуждения свечения. Так, при низких температурах многие спектральные линии вообще не появляются. Однако при соблюдении стандартных условий возбуждения свечения можно проводить и количественный спектральный анализ.   
В настоящее время определены спектры всех атомов и составлены таблицы спектров. С помощью спектрального анализа были открыты многие новые элементы: рубидий, цезий и др. Элементам часто давали названия в соответствии с цветом наиболее интенсивных линий спектра. Рубидий дает темно-красные, рубиновые линии. Слово цезий означает «небесно-голубой». Это цвет основных линий спектра цезия.

Именно с помощью спектрального анализа узнали химический состав Солнца и звезд. Другие методы анализа здесь вообще невозможны. Оказалось, что звезды состоят из тех же самых химических элементов, которые имеются и на Земле. Любопытно, что гелий первоначально открыли на Солнце и лишь затем нашли в атмосфере Земли. Название этого элемента напоминает об истории его открытия: слово *гелий* означает в переводе «солнечный».   
 Благодаря сравнительной простоте и универсальности спектральный анализ является основным методом контроля состава вещества в металлургии, машиностроении, атомной индустрии. С помощью спектрального анализа определяют химический состав руд и минералов.   
 Состав сложных, главным образом органических, смесей анализируется по их молекулярным спектрам.   
 Спектральный анализ можно производить не только по спектрам испускания, но и по спектрам поглощения. Именно линии поглощения в спектре Солнца и звезд позволяют исследовать химический состав этих небесных тел. Ярко светящаяся поверхность Солнца - фотосфера - дает непрерывный спектр. Солнечная атмосфера поглощает избирательно свет от фотосферы, что приводит к появлению линий поглощения на фоне непрерывного спектра фотосферы.   
 Но и сама атмосфера Солнца излучает свет. Во время солнечных затмений, когда солнечный диск закрыт Луной, происходит обращение линий спектра. На месте линий поглощения в солнечном спектре вспыхивают линии излучения.   
 В астрофизике под спектральным анализом понимают не только определение химического состава звезд, газовых облаков и т. д., но и нахождение по спектрам многих других физических характеристик этих объектов: температуры, давления, скорости движения, магнитной индукции.

## *Спектральные аппараты*

Для точного исследования спектров такие простые приспособления, как узкая щель, ограничивающая световой пучок, и призма, уже недостаточны. Необходимы приборы, дающие четкий спектр, т. е. приборы, хорошо разделяющие волны различной длины и не допускающие перекрытия отдельных участков спектра. Такие приборы называют спектральными аппаратами. Чаще всего основной частью спектрального аппарата является призма или дифракционная решетка.   
 Рассмотрим схему устройства призменного спектрального аппарата. Исследуемое излучение поступает вначале в часть прибора, называемую коллиматором. Коллиматор представляет собой трубу, на одном конце которой имеется ширма с узкой щелью, а на другом - собирающая линза. Щель находится на фокусном расстоянии от линзы. Поэтому расходящийся световой пучок, попадающий на линзу из щели, выходит из нее параллельным пучком и падает на призму.   
 Так как разным частотам соответствуют различные показатели преломления, то из призмы выходят параллельные пучки, не совпадающие по направлению. Они падают на линзу. На фокусном расстоянии этой линзы располагается экран - матовое стекло или фотопластинка. Линза фокусирует параллельные пучки лучей на экране, и вместо одного изображения щели получается целый ряд изображений. Каждой частоте (узкому спектральному интервалу) соответствует свое изображение. Все эти изображения вместе и образуют спектр.   
 Описанный прибор называется спектрографом. Если вместо второй линзы и экрана используется зрительная труба для визуального наблюдения спектров, то прибор называется спектроскопом. Призмы и другие детали спектральных аппаратов необязательно изготовляются из стекла. Вместо стекла применяются и такие прозрачные материалы, как кварц, каменная соль и др.

### *Инфракрасная и ультрафиолетовая части спектра*

В начале XIX в. было обнаружено, что выше (по длине волны) красной части спектра видимого света находится невидимый глазом *инфракрасный* участок спектра, а ниже фиолетовой части спектра видимого света находится невидимый *ультрафиолетовый* участок спектра.

Длины волны инфракрасного излучения заключены в пределах от

3•10-4 до 7,6•10-7 м. Наиболее характерным свойством этого излучения является его тепловое действие. Источником инфракрасного является любое тело. Интенсивность этого излучения тем выше, чем больше температура тела. Инфракрасное излучение исследуют с помощью термопар и болометров. На использование инфракрасного излучения основан принцип действия приборов ночного видения.

Длины волн ультрафиолетового излучения заключены в пределах от

4•10-7 до 6•10-9 м. Наиболее характерным свойством этого излучения является его химическое и биологическое действие. Ультрафиолетовое излучение вызывает явление фотоэффекта, свечение ряда веществ (*флуоресценцию и фосфоресценцию).* Оно убивает болезнетворных микробов, вызывает появление загара и т.д.

В науке инфракрасное и ультрафиолетовое излучения используются для исследования молекул и атомов вещества.

### *Спектр видимого света*

На экране за преломляющей призмой монохроматические цвета в спектре располагаются в следующем порядке: красный (имеющий наибольшую среди волн видимого света длину волны λк=7,6•10-7 м и наименьший показатель преломления), оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый (имеющий наименьшую в видимом спектре длину волны λф=4•10-7 м и наибольший показатель преломления).

# **Список используемой литературы**

1. ФИЗИКА в помощь поступающим в ВУЗЫ

Р.А. Мустафаев, В.Г. Кривцов

(§105. Дисперсия света. Спектральный анализ. Стр. 406-408)

#### 2. Учебник для 11 класса средней школы ФИЗИКА

#### Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев

(Глава 9. Излучение и спектры. Стр. 193-199 )