

Излучение и спектры

Теоретический материал для самостоятельного изучения

Электромагнитные волны излучаются ускоренно движущимися заряженными частицами. Излучение возникает также, когда атом переходит из возбужденного состояния в основное и во время распада ядра.

Источники излучений делятся на два класса: горячие и холодные.

Тепловое излучение - это излучение нагретых тел. Тепловыми источниками являются Солнце, лампа накаливания, пламя и т. д.

Энергия атомам для излучения может также поступать и из нетепловых источников; например, переменный ток вызывает появление электромагнитного поля; излучение происходит и при переходе атома из возбуждённого состояния в основное, а также при распаде ядра.

Электролюминесценция - это свечение, сопровождающее разряд в газе (полярные сияния, трубки для рекламных надписей). Катодолюминесценция - это свечение твердых тел, вызванное бомбардировкой их электронами (электронно-лучевых трубок). Хемилюминесценция - это свечение, которое происходит при выделении энергии в некоторых химических реакциях (светлячки, некоторые живые организмы и т. д.). Фотолюминесценция - это свечение тела непосредственно под воздействием падающего на него излучения (флуоресцентная лампа, светящиеся краски и т. д.).

Частотное распределение излучения характеризуется спектральной плотностью потока излучения.

Спектральная плотность потока излучения $I(\nu)$ - интенсивность излучения на единицу частотного интервала.

Спектральные аппараты - оптические устройства, в которых электромагнитное излучение оптического диапазона разлагается на монохроматические составляющие. Спектры излучения представляют собой набор частот или длин волн, которые содержатся в излучении какого-либо вещества. Они бывают трёх видов.

1) Непрерывный (или сплошной) - это спектр, в котором представлены волны всех длин волн в заданном диапазоне. При нагревании до высокой температуры твердые и жидкие тела дают такой спектр, а также высокотемпературная плазма.

2) Линейчатый спектр - это цветные линии различной яркости, разделенные широкими темными полосами. Такие спектры дают все вещества в газообразном атомарном состоянии. Изолированные атомы излучают свет строго определенных длин волн.

3) Полосатый спектр представляет собой спектр, состоящий из отдельных полос, разделенных темными интервалами. В отличие от линейчатых спектров полосатые спектры образуются не атомами, а молекулами, которые не связаны или слабо связаны друг с другом. Темными линиями на фоне непрерывного спектра являются линии поглощения, которые вместе образуют спектр поглощения.

Длины волн (или частоты) линейчатого спектра вещества зависят только от свойств его атомов, но не зависят от метода возбуждения свечения атомов - это основное свойство линейчатых спектров.

Атомы любого химического элемента дают спектр, непохожий на спектры всех других элементов: они способны излучать строго индивидуальный набор длин волн. Метод определения химического состава вещества по его спектру называется спектральным анализом. В астрономии с его помощью определяют химический состав звёзд, планет, температуру и индукцию их полей и многие другие характеристики. Он также успешно используется в геологии, археологии, криминалистике, металлургии, атомной промышленности и многих других сферах деятельности.

В настоящее время определены спектры всех атомов и составлены таблицы спектров.

Механизмы образования всех электромагнитных излучений одинаковы, отличаются друг от друга методами получения и регистрации. Огромным достижением электромагнитной теории Максвелла было создание шкалы электромагнитных волн. Различают следующие области шкалы: низкочастотное излучение; радиоизлучение; инфракрасные лучи; видимый свет; ультрафиолетовые лучи; рентгеновские лучи; гамма-излучение.

1) Низкочастотные волны - электромагнитные волны с частотой до 100 кГц. Источник: генераторы тока, вибратор Герца. Применение: кино, радиовещание (микрофоны, громкоговорители).

2) Радиоволны - электромагнитные волны с длиной волны более 1 мм и менее 3 км. Источник: колебательный контур. Применение: радиосвязь, радиолокация, телевидение.

3) Инфракрасное излучение представляет собой излучение с частотами в диапазоне от $3 \cdot 10^{11}$ до $3,75 \cdot 10^{14}$ Гц. Оно было обнаружено в 1800 году английским астрономом У. Гершелем при изучении красного конца спектра. Источником является любое нагретое тело. Применение: получают изображения предметов по излучаемому теплу; в приборах ночного видения (ночной бинокль); используют в криминалистике, медицине, промышленности для сушки цветных изделий, стен зданий, дерева, фруктов и т. д. Свойства: проходит через непрозрачные тела, а также через дождь, туман, снег; производит химическое действие на фотопластинки; нагревает вещество при поглощении.

4) Видимое излучение - часть электромагнитного излучения, воспринимаемая глазом (от красного до фиолетового) с частотой от $4 \cdot 10^{14}$ до $8 \cdot 10^{14}$ Гц. Свойства: воздействует на глаза.

5) Ультрафиолетовое излучение - электромагнитное излучение с частотой от $8 \cdot 10^{14}$ до $3 \cdot 10^{16}$ Гц. Источники: кварцевые лампы, нагретые твердые тела с температурой более 1000 °, светящиеся пары ртути. Свойства: высокая химическая активность, высокая проникающая способность, убивает микроорганизмы, в небольших дозах оказывает благотворное влияние на организм человека (загар), но в больших дозах оказывает отрицательное биологическое воздействие на глаза. Применение: в медицине, промышленности.

6) Рентгеновское излучение - это излучение с частотой от $3 \cdot 10^{16}$ до $3 \cdot 10^{20}$ Гц. Это излучение было открыто в 1895 году немецким физиком В. Рентгеном. Источник: рентгеновская трубка. Свойства: высокая проникающая способность; облучение в больших дозах вызывает лучевую

болезнь. Применение: в медицине (диагностика заболеваний внутренних органов), промышленности (дефектоскопия), научных исследованиях.

7) Гамма-лучи - излучение с очень малой длиной волны - от 10^{-8} до 10^{-11} см. Они были открыты французским физиком П. Вильяром в 1900 году. Источники - ядерные реакции. Свойства: огромная проникающая способность, обладает сильным биологическим эффектом. Применение: в медицине, промышленности (γ -дефектоскопия).

Все излучения имеют как квантовые, так и волновые свойства. Волновые свойства более ярко выражены на низких частотах и менее ярко – при больших, а квантовые свойства более ярко проявляются на высоких частотах и менее ярко - на малых частотах.

Уильям Гершель, английский астроном, прославившийся открытием планеты Уран, обнаружив в спектре Солнца невидимые - инфракрасные - лучи, был так поражен, что двадцать лет хранил об этом опыте молчание. А вот в том, что Марс обитаем и населен людьми, он не сомневался.

Оказывается, так называемые черные дыры, которые имеют такое сильное притяжение, что даже легкие частицы света не могут их покинуть, также способны излучать. Под влиянием огромной гравитации в окрестностях черной дыры рождаются реальные частицы (и фотоны) из вакуума. Английский физик Стивен Хокинг установил, что спектр этого излучения такой же, как и у абсолютно черного тела.

Примеры и разбор решения заданий:

1. Ответьте на вопрос и выберите правильный ответ: «Сколько длин волн монохроматического излучения с частотой 500 ТГц укладывается на отрезке 30 см?»

Варианты ответов:

1. $2 \cdot 10^6$;
2. $5 \cdot 10^5$;
3. $7 \cdot 10^5$;
4. 150.

Выражаем частоту излучения в герцах, учитывая, что $1 \text{ ТГц} = 1 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, $\nu = 500 \text{ ТГц} = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$. Длину выражаем в метрах: $l = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$. Записываем скорость электромагнитных излучений: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Находим длину волны: $\lambda = c/\nu = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} / 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

Чтобы узнать, сколько длин волн укладывается на данном отрезке, надо длину отрезка разделить на длину волны: $N = l / \lambda = 0,3 \text{ м} / 6 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 5 \cdot 10^5$ длин волн.

Правильный вариант:

2) $5 \cdot 10^5$.

2. Вставьте пропущенные слова в предложения:

«Чем _____ температура тела, тем быстрее движутся в нём атомы. При их столкновении друг с другом часть _____ энергии идёт на возбуждение, затем атомы излучают и переходят в _____ состояние»

Варианты ответов: ниже, потенциальной, выше, основное, кинетической, возбуждённое.