

Лабораторное занятие № 11

Определение постоянной Планка

Оборудование: платформа с лазером и схемой питания, дифракционная решетка, экран-линейка с магнитами, метр демонстрационный, цифровой вольтметр демонстрационный.

Цель: Определение постоянной Планка на основе измерения напряжения включения полупроводникового лазера и длины волны излучаемого им света. Объяснить значимость постоянной Планка в современной физике.

Задание:

Определить постоянную Планка с помощью полупроводникового лазера.

Рекомендации по выполнению задания:

Постоянная Планка - (квант действия) — основная константа квантовой теории, коэффициент, связывающий величину энергии кванта электромагнитного излучения с его частотой так же, как и вообще величину кванта энергии любой линейной колебательной физической системы с её частотой. Связывает энергию и импульс с частотой и пространственной частотой, действия с фазой. Является квантом момента импульса. Впервые упомянута Планком в работе, посвящённой тепловому излучению, и потому названа в его честь. Обычное обозначение — латинское h .

Планку удалось вычислить значение h из экспериментальных данных по излучению чёрного тела: его результат был $6,55 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, с точностью 1,2 % от принятого сейчас значения - $h=6,62606957(29) \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Методы измерения постоянной Планка

Постоянная Планка может быть определена тремя способами: тепловое излучение; фотоэффект; анализ спектра тормозного рентгеновского излучения.

Порядок выполнения эксперимента

Электрическая схема экспериментальной установки представлена на рис. 19.1. Все элементы этой цепи за исключением вольтметра смонтированы на платформе. Напряжение на полупроводниковом лазере регулируется с помощью переменного резистора. Для измерения напряжения используется демонстрационный цифровой вольтметр, который подключается к имеющимся на платформе клеммам. Напряжение должно измеряться с точностью **0.1 В**.

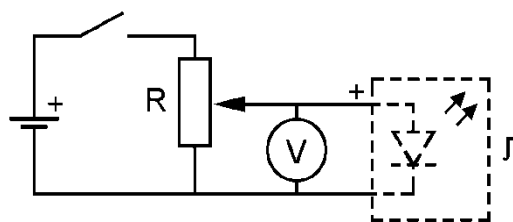


Рис. 19.1

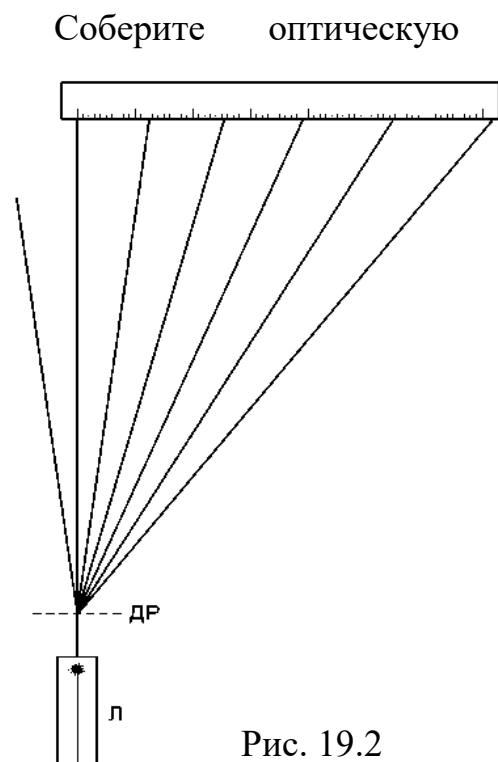


Рис. 19.2

схему экспериментальной установки, представленную на рис. 19.2. Платформа с полупроводниковым лазером устанавливается в левом нижнем углу классной доски. Включите лазер и установите напряжение питания **3 В**. Направьте луч лазера вертикально вверх параллельно боковому краю доски. Линейка для измерения угла дифракции закрепляется с помощью имеющихся на ней магнитов в верхнем углу доски и ориентируется параллельно верхней кромке доски (такое расположение обеспечивает перпендикулярность линейки направлению распространения луча лазера). Начало шкалы линейки

совмещается с точкой пересечения луча с линейкой.

Установите дифракционную решетку на второй магнитный держатель, имеющийся на платформе. Решетка поворачивается таким образом, чтобы плоскость дифракции была параллельна плоскости доски. При этом дифракционные максимумы должны попасть на линейку.

Определите угол между нулевым и, например, третьим порядком дифракции. В соответствии со схемой, приведенной на рис. 19.2, тангенс этого угла вычисляется по формуле $\text{tg } \varphi = a/b$, где a – расстояние от нулевого порядка дифракции до выбранного порядка дифракции (измеряется по линейке, установленной в верхней части доски), а b – расстояние от дифракционной решетки до пятна, создаваемого на линейке лучом лазера в нулевом порядке дифракции (измеряется с помощью обычной линейки или демонстрационного метра).

Вычислите длину волны λ и частоту ν излучения лазера:

$$\lambda = d \cdot \sin \varphi / k, \quad \nu = c / \lambda,$$

c - скорость света.

Формула для расчета $\lambda = \dots$ (если выполняли пишем: вывод аналогичен лаборат. работе 10)

Уберите дифракционную решетку из оптической схемы и обратите внимание учащихся на яркость красного пятна вблизи нулевого деления шкалы линейки и на значение напряжения, которое показывает цифровой измерительный прибор. Вращая ручку потенциометра, плавно уменьшайте напряжение питания до тех пор, пока пятно на экране станет едва заметным.

Показание вольтметра в этот момент можно считать равным пороговому напряжению включения лазера.

Определите значение постоянной Планка на основе соотношения:

$$h \cdot \nu = e \cdot U$$

$$h = e \cdot U / \nu.$$

Расчет постоянной Планка:

a, м	b, м	U, В	tg φ	λ, м	ν, Гц	h, Дж·с

$e = 1,6 \cdot 10^{-16}$ Кл – заряд электрона

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света

a – расстояние от нулевого порядка дифракции до выбранного порядка дифракции $k=1$

b – расстояние от дифракционной решетки до пятна, создаваемого на линейке лучом лазера в нулевом порядке дифракции $k=0$

λ - длина волны излучения $\lambda = d \cdot \sin \varphi / k$

d - период решетки $d = l / n$.

φ - угол падения луча на дифракционную решетку $\sin \varphi \approx \text{tg } \varphi = a/b$

n - порядок дифракции

ν - частоту излучения лазера $\nu = c / \lambda$,

h – постоянная Планка $h = e \cdot U / \nu$

U – пороговое напряжение включения лазера (измеряем)

Погрешность измерений при вычислении постоянной Планка.

Имеются как практические, так и теоретические трудности при определении h . Так, наиболее точные методы теплового излучения и Анализ спектра тормозного рентгеновского излучения не полностью согласуются друг с другом по своим результатам.

На точность определения постоянной Планка в нашей работе будут влиять такие физические величины, как - угол φ и U напряжения включения лазера.

Вывод работы (Проверить выполнение цели работы. Что узнал нового? Какие практические умения приобрёл? Оценить правдоподобность результатов).