



И.О. Заплатина

Ю.Л. Чепелев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ УКАЗКИ ДИФРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Екатеринбург
2013

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

И.О. Заплатина

Ю.Л. Чепелев

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ЗЛУЧЕНИЯ
ЛАЗЕРНОЙ УКАЗКИ
ДИФРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

Методические указания
к лабораторным работам
по физике для студентов всех специальностей
очной и заочной форм обучения

Екатеринбург
2013

Рекомендовано методической комиссией ИАТТС.
Протокол № 5 от 25 апреля 2012 г.

Рецензент: доктор технических наук Крюк В.И.

Редактор Черных Л.Д.
Оператор компьютерной верстки Карпова Е.В.

Подписано в печать 27.12.13		Поз. 53
Плоская печать	Формат 60×84 ¹ / ₁₆	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,46	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

В конце XIX века было установлено, что свет представляет собой электромагнитную волну. Различные виды этих волн отличаются друг от друга только длиной волны. Длина электромагнитных волн, излучаемых атомами светящегося тела и воздействующих на сетчатку глаза, находится в пределах 800...400 нм.

К явлениям, подтверждающим волновую природу света, относятся интерференция, дифракция и поляризация.

Интерференция света проявляется в том, что при наложении нескольких световых пучков результирующая интенсивность в одних местах больше суммарной, а в других – меньше, т.е. возникают чередующиеся светлые и темные участки – интерференционные полосы.

В источнике света возбужденные атомы спонтанно испускают отдельные цуги электромагнитных волн, соотношения фаз между которыми имеют случайный характер. Наблюдать интерференцию света от некогерентных источников можно, если разделить излучение на два или несколько пучков и затем свести эти пучки вместе. Хотя в каждом из пучков за время наблюдения фазовые соотношения между цугами хаотически изменяются, эти изменения одинаковы в разных пучках. Интерференционная картина будет наблюдаться, если разность хода между пучками не превышает длины отдельного цуга.

Для того, чтобы узнать, в каких фазах встретятся в данной точке S интерферирующие волны, нужно учесть разность хода этих волн.

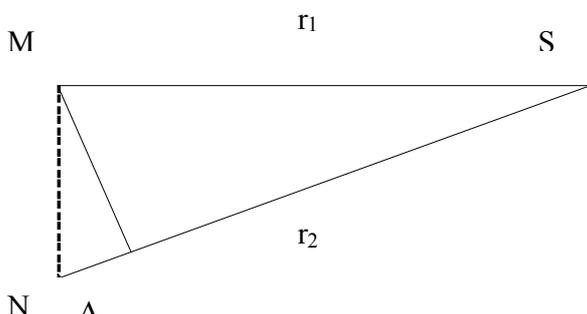


Рис.1

На рис. 1 обозначим r_1 – расстояние от источника M, r_2 – расстояние от второго источника N.

Величина $\Delta = r_1 - r_2$ называется разностью хода волн. Если источники в одинаковых фазах, то при разности хода, равной четному числу полуволн, в точку S волны будут приходить в

одинаковых фазах, и при сложении возникнет усиление колебания. Если же разность хода равна нечетному числу полуволн – в этой точке волны сойдутся в противоположных фазах и произойдет ослабление колебаний.

Таким образом, два световых пучка, складываясь, могут либо усиливать, либо гасить друг друга.

Под *дифракцией* волн понимают отклонение от их прямолинейного распространения, огибание волнами препятствий с частичным проникновением в область геометрической тени.

Дифракционной решеткой называется стеклянная пластинка, на поверхности которой специальным способом нанесены царапины. Царапины рассеивают свет и, следовательно, являются непрозрачной частью пластины. Сумма длин непрозрачного a и прозрачного b промежутков называется периодом или постоянной дифракционной решетки d :

$$d = a + b.$$

Пусть на дифракционную решетку падает плоская световая волна так, что ее лучи перпендикулярны плоскости решетки (рис. 2).

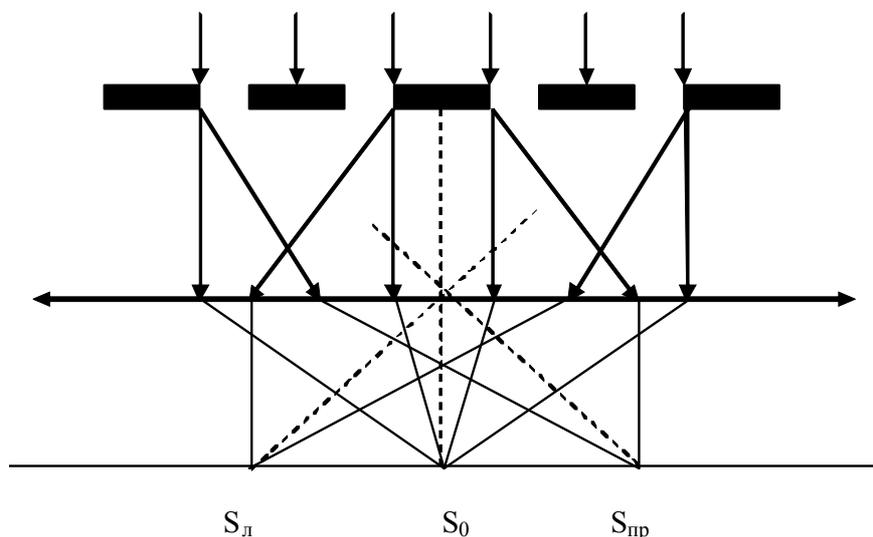


Рис.2

В результате дифракции лучи за щелями будут распространяться в различных направлениях. Если на пути дифрагированных лучей поставить собирающую линзу, то в ее фокальной плоскости появится ряд светлых полос – максимумов S , разделенных темными промежутками.

Выясним, какому условию должны удовлетворять направления лучей, дающих при интерференции светлую полосу. На основании утверждения, носящего название принципа таутохронизма, параллельные лучи, сведенные линзой в точке S_0 , имеют разность фаз, которую они имели до линзы в любой плоскости, перпендикулярной к этим лучам.

Таким образом, лучи, перпендикулярные плоскости решетки, образующие фронт волны ($\varphi = 0$), сводятся в точке S_0 в одинаковых фазах и дают максимум освещенности нулевого номера (порядка). Проведем от щели плоскость AC (рис. 3), перпендикулярную к лучам, рассеянным дифракционной решеткой, эта плоскость AC наклонена к решетке под углом φ (рис. 3).

Если лучи, выходящие из точек решетки, находятся друг от друга на расстоянии ее периода $(a + b)$ и имеют до AC разность хода $BC = 2k\lambda/2$, то на AC они имеют одинаковые фазы и, будучи связаны в полосу S, по принципу таухронизма усилят друг друга. Таким образом, условия:

$$BC = 2k\lambda/2 \quad \text{или} \quad d \sin \varphi = 2k\lambda/2$$

определяют светлую полосу – максимум n порядка.

Отсюда получим:

$$d = \frac{k\lambda}{\sin \varphi}, \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}. \quad (2)$$

Ход работы

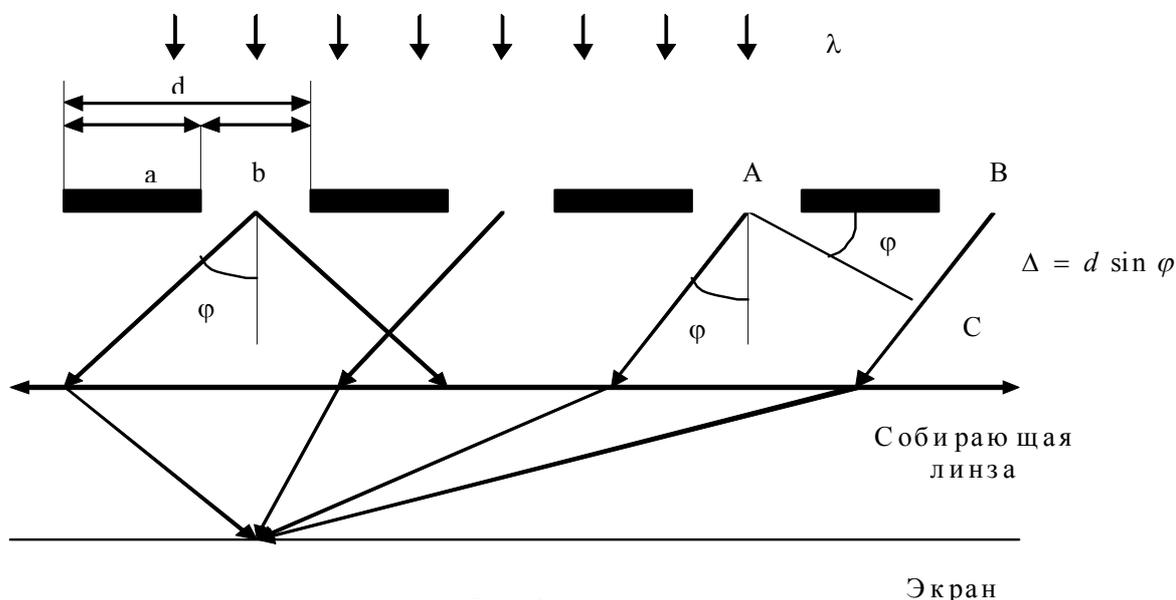


Рис.3

Определяем постоянную дифракционной решетки, используемой в данной работе. Схема опыта приведена на рис.4. В качестве источника света используется He - Ne лазер с длиной волны $\lambda = 630$ нм (красная область спектра). Экран представляет собой лист белой бумаги формата А4. Лазер располагается на расстоянии 3...4 м от экрана. При включении лазера на экране четко фиксируется красное пятно. После этого непосредственно перед лазером помещается дифракционная решетка. На экране наблюдаем дифракционную картину в виде яркого центрального максимума нулевого порядка и трех-четырёх боковых максимумов с $k = 1, k = 2, k = 3$.

1. Отмечаем на экране положения центрального и трех боковых максимумов.
2. Измеряем расстояние L от решетки до экрана (**при выключенном лазере!**).

3. Измеряем расстояния между максимумом нулевого порядка и боковыми максимумами x_1, x_2, x_3 . Результаты заносим в табл. 1. Так как углы, под которыми наблюдаются боковые максимумы малы, то $\sin \varphi \sim \sim \text{tg } \varphi$. Поэтому $\text{tg } \varphi_1 = \sin \varphi_1 = x_1/L$; $\sin \varphi_2 = x_2/L$; $\sin \varphi_3 = x_3/L$. По формуле (1) вычисляем d_1, d_2, d_3 , результаты вычислений заносим в табл. 1. Определяем величину $d_{\text{cp}} = (d_1 + d_2 + d_3)/3$, затем вычисляем: $\Delta d_1 = |d_1 - d_{\text{cp}}|$, $\Delta d_2 = |d_2 - d_{\text{cp}}|$, $\Delta d_3 = |d_3 - d_{\text{cp}}|$ и $\Delta d_{\text{cp}} = (\Delta d_1 + \Delta d_2 + \Delta d_3)/3$. Результаты заносим в табл. 1.

4. Вместо He – Ne лазера воспользуемся лазерной указкой. Фиксируем вновь наблюдаемую дифракционную картину.

5. Результаты обработки измерений заносим в табл. 2. По формуле (2) определяем значения

$$\lambda_1 = dx_1/L; \lambda_2 = dx_2/2L; \lambda_3 = dx_3/3L.$$

Находим значения λ_{cp} и $\Delta \lambda$, записываем окончательный результат в виде: $\lambda = (\lambda_{\text{cp}} \pm \Delta \lambda)$.

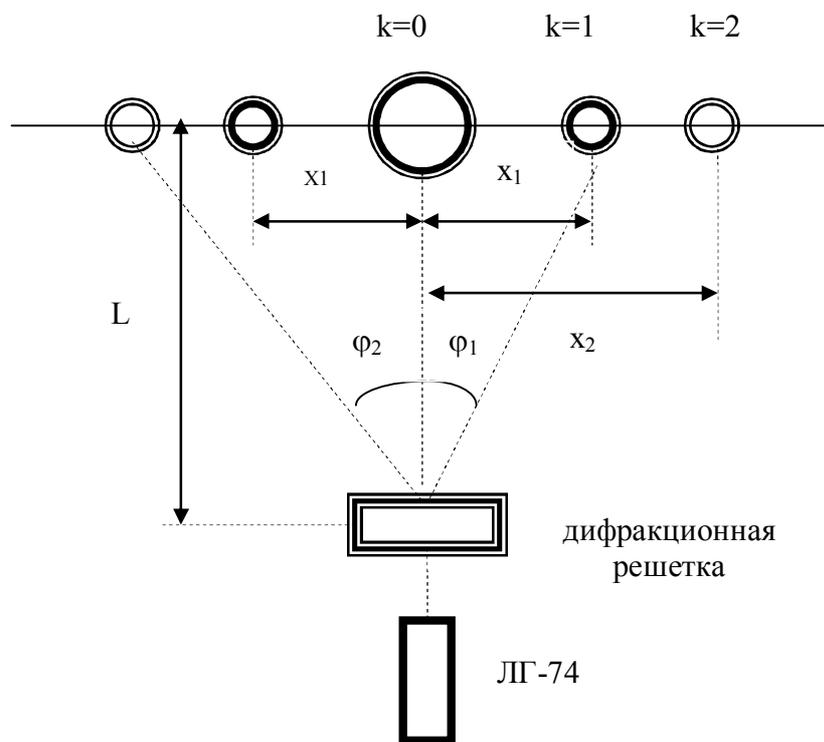


Рис.4

Таблица 1

k=1	x_1	d_1	Δd_1
k=2	x_2	d_2	Δd_2
k=3	x_3	d_3	Δd_3
		d_{cp}	Δd_{cp}

Таблица 2

$k=1$	x_1	λ_1	$\Delta\lambda_1$
$k=2$	x_2	λ_2	$\Delta\lambda_2$
$k=3$	x_3	λ_3	$\Delta\lambda_3$
		λ_{cp}	$\Delta\lambda_{ch}$

Контрольные вопросы

1. Какие волны называются когерентными?
2. Что называется дифракцией и интерференцией?
3. В каком направлении за дифракционной решеткой наблюдается максимум?