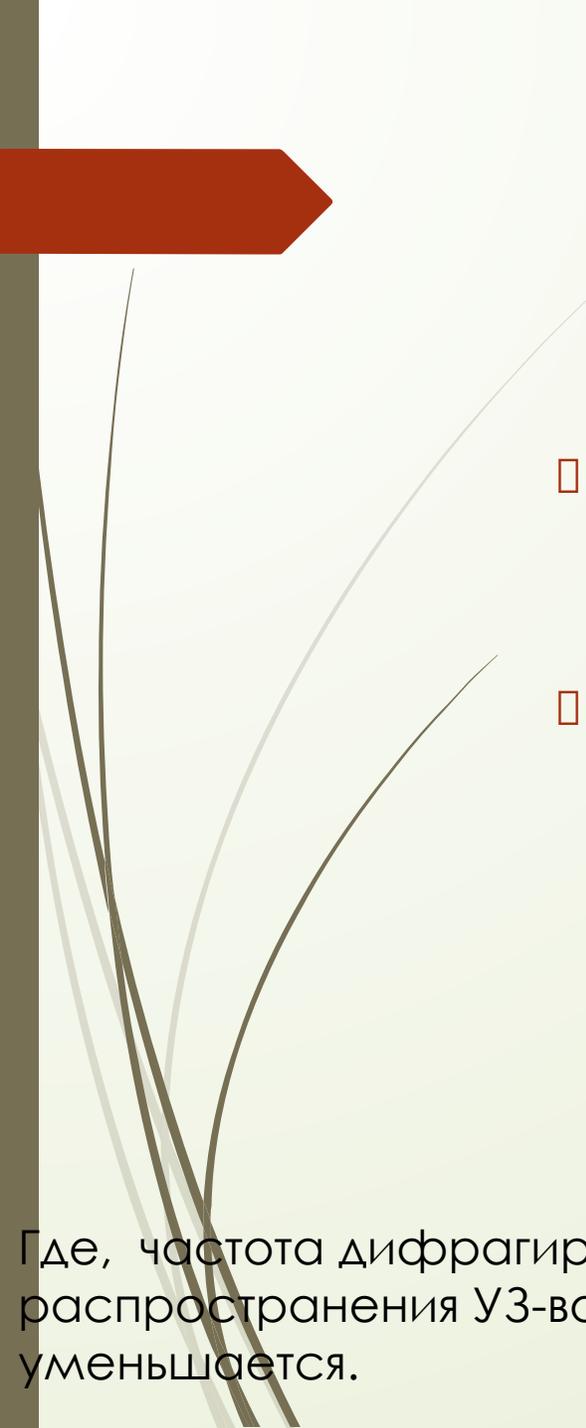


# Дифракция света на ультразвуке (акустооптиче ская дифракция)



Выполнил студент  
группы МШ-41

Ерешев Рамиль

- 
- Дифракция света на ультразвуке (акустооптическая дифракция) - совокупность явлений, связанных с отклонением от законов прямолинейного распространения света в среде в присутствии УЗ-волны.
  - В результате периодич. изменения показателя преломления света под действием звуковой волны в среде возникает структура, аналогичная дифракционной решётке. Если в такой структуре распространяется пучок монохроматич. света, то в ней, помимо основного, возникают пучки отклонённого (дифрагированного) света. Поскольку дифракция происходит на движущейся решётке, то в результате Доплера эффекта частота дифрагированного света оказывается сдвинутой по отношению к частоте  $\omega$  падающего света: для  $m$ -го порядка дифракции

$$\omega_m = \omega \pm m\Omega, \quad (1)$$

Где, частота дифрагированного света, частота звука. Частота света, отклонённого в сторону распространения УЗ-волны, увеличивается, а отклонённого в противоположную сторону - уменьшается.

- 
- Наблюдать дифракцию света на ультразвуке можно, посылая лазерный луч 1 (рис. 1) на образец 2, в котором излучатель звука 3 возбуждает УЗ-волну. Линза 4 собирает дифрагированный свет, идущий по разным направлениям, в разл. точках экрана 5. В отсутствие УЗ на экране видно световое пятно от проходящего света; при включении УЗ справа и слева от него появляются пятна, создаваемые дифрагированным светом разл. порядков. Помещая вместо экрана диафрагму, можно выделить соответствующий порядок дифракции. Регистрирующая система, содержащая фотоприёмное устройство 6 и поляризац. анализатор 7, позволяет измерять интенсивность дифрагированного излучения, его угл. и поляризац. характеристики.

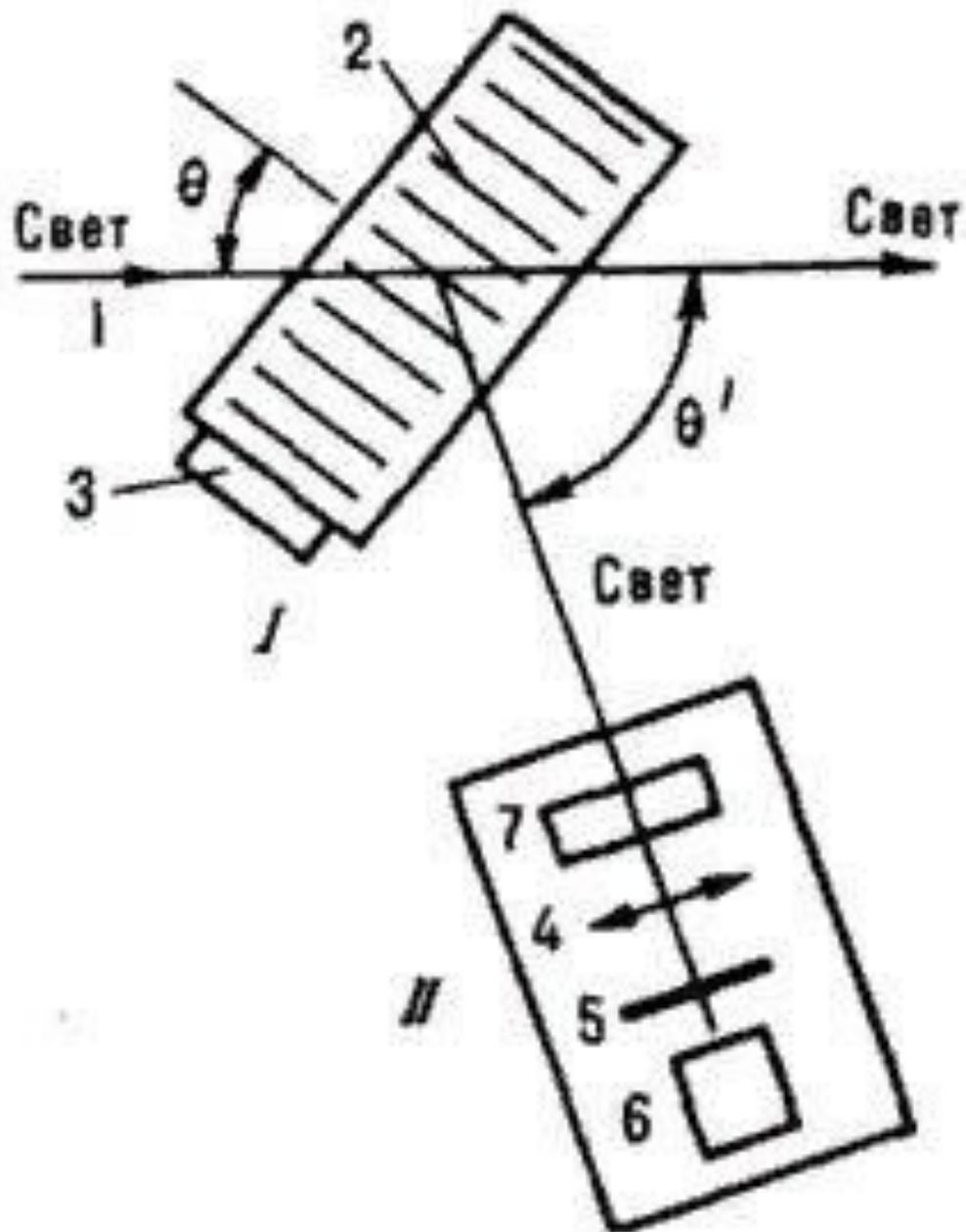


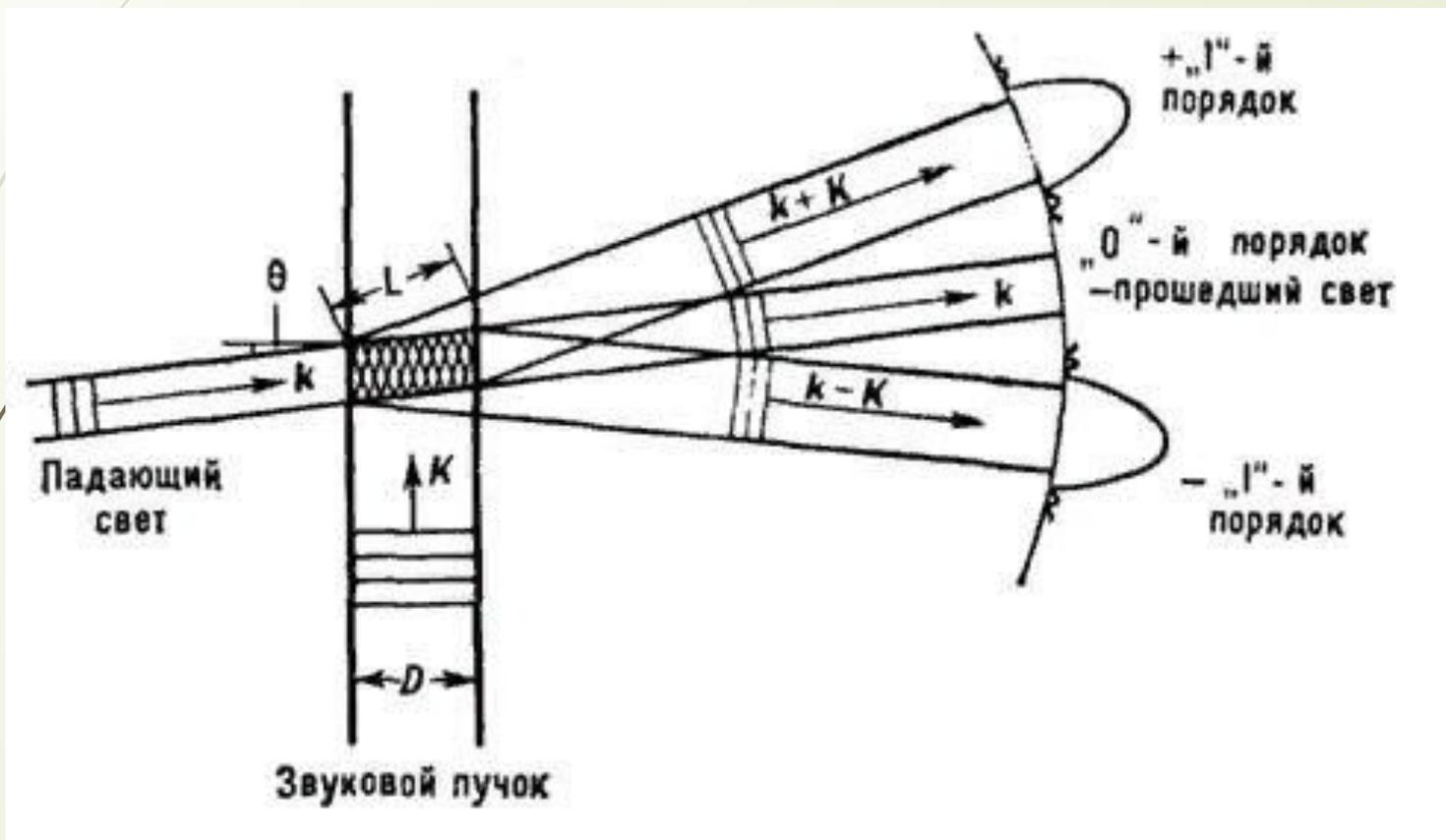
Схема наблюдения дифракции света на ультразвуке: I - акустооптическая, II - регистрирующая системы.

- Теоретич. описание дифракции света на ультразвуке основано на решении Максвелла уравнений в среде, диэлектрич. проницаемость к-рой содержит периодич. возмущение, вызванное акустич. волной:

$$\epsilon(\mathbf{r}, t) = \epsilon_0 - \epsilon^2 p S_0 \cos(\mathbf{K}\mathbf{r} - \Omega t), \quad (2)$$

где  $\epsilon_0$  - диэлектрич. проницаемость невозмущённой среды,  $\epsilon^2$  - упругооптич. постоянная,  $S_0$  - амплитуда деформации в звуковой волне,  $\mathbf{K}$  - волновой вектор и частота звука. В первом приближении электрич. поляризация, обусловленная одновременным воздействием на среду падающей световой волны и звука, является источником рассеянного светового излучения, содержащего две компоненты с частотами  $\omega \pm \Omega$ . Компонента с суммарной частотой выходит из объёма взаимодействия по направлению вектора суммы  $(\mathbf{k} + \mathbf{K})$ , а с разностной - по направлению  $(\mathbf{k} - \mathbf{K})$ , где  $\mathbf{k}$  - волновой вектор света (рис. 2). Т. о., непосредств. взаимодействие падающего излучения с УЗ обуславливает лишь 1-й порядок дифракции: более высокие порядки возникают при взаимодействии со звуком света, уже отклонённого в 1-й порядок.

# Схема дифракции света на ультразвуке.



- Дифракция имеет место при любом угле падения света на акустич. пучок. В общем случае интенсивность дифрагированного света  $I$  мала по сравнению с интенсивностью падающего 1119934-375.jpg, поскольку эл--магн. волны, испускаемые разл. частями области акустооптич. взаимодействия, интерферируя, взаимно гасят друг друга. Лишь при определ. условиях излучение рассеянное разл. точками оказывается синфазным и эффективность дифракции 1119934-376.jpg возрастает на много порядков - возникает явление т. н. резонансной дифракции. Интенсивность отклонённого в результате дифракции света  $I$  увеличивается как с ростом интенсивности звука  $I_{зв}$ , так и с возрастанием размера области акустооптич. взаимодействия в направлении распространения дифрагированного света - длины взаимодействия  $L$ : 1119934-377.jpg . При достаточной длине  $L$  значение  $I$  становится сравнимым с 1119934-378.jpg и дифракционная картина определяется характером взаимодействия с УЗ-света, уже отклонённого в 1-й порядок. Резонансная дифракция возникает, если выполняется условие синфазности рассеянного излучения:

$$\left| |k \pm K| - \frac{\omega \pm \Omega}{c/n} \right| L \ll 1, \quad (3)$$

Если рассматривать резонансную дифракцию как процесс поглощения (испускания) акустич. фонона  $K, \Omega$  фотоном  $k, \omega$ , приводящий к образованию рассеянного фотона с частотой  $\omega'$  и волновым вектором  $k'$ , то условие (3) эквивалентно закону сохранения энергии - импульса.

$$\omega' = \omega \pm \Omega, \quad k' = k \pm K. \quad (4)$$

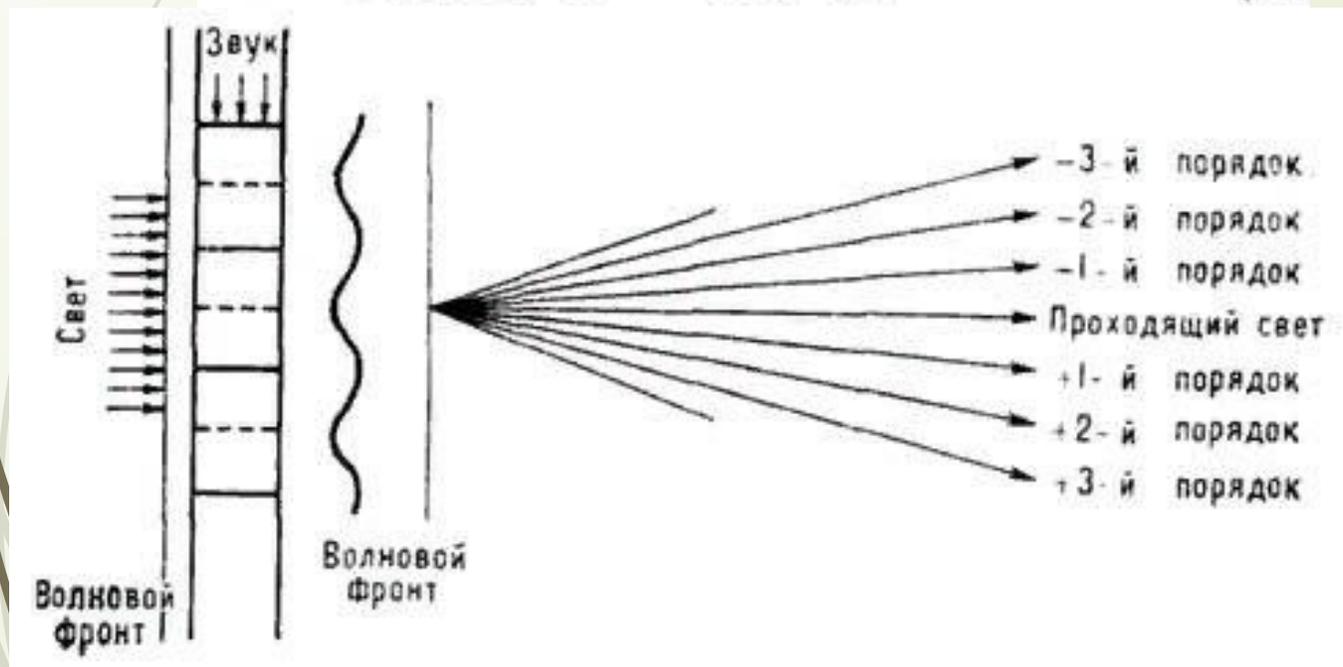


Схема дифракции  
Рамана - Ната.

- Условие возникновения и характер резонансной дифракции света на ультразвуке зависят от соотношения между длинами волн света и звука. Для низкочастотного звука, длина волны к-рого удовлетворяет условию, резонансная дифракция имеет место при нормальном падении света на звуковой пучок - это т. н. дифракция Рамана - Ната. В этом случае световая волна проходит сквозь звуковой пучок не отражаясь, а периодич. изменение  $p$  под действием УЗ приводит к модуляции фазы прошедшей волны. Такая волна эквивалентна значительному числу плоских волн, распространяющихся под малыми углами к проходящему световому пучку (рис. 3). При выходе из области акустооптич. взаимодействия световой пучок разбивается на серию лучей с частотами,  $m=0, 1, \dots$ , направления к-рых определяются соотношениями:

$$\sin \theta'_m = m\lambda/\Lambda.$$

Интенсивность света в т-м. дифракц. максимуме равна

$$I_m = I_{00} J_m^2 \left( \frac{\pi p n^3 S_0}{\sim 2\lambda_0} L \right) = I_{00} J_m^2 \left( \frac{nL}{\lambda_0} \sqrt{\frac{1}{2} M_2 I_{зв}} \right), \quad (5)$$

Зависимость интенсивности света, отклонённого в различные порядки при дифракции Рамана - Ната, от длины взаимодействия  $L$  или амплитуды деформации  $S_0$  в звуковой волне.

