

*Байтуганов Вячеслав Михайлович  
Нешин Константин Григорьевич  
Порохов Денис Александрович  
Стельмахович Станислав Игоревич*

## ГОЛОГРАММА «ВРУЧНУЮ»?

*От редакции:*

*В статье о конкурсе «Петербургская Интернет-школа», помещенной в этом номере, объявлен прием работ по теме «Музей занимательной науки». В то время, когда идея такого виртуального музея активно обсуждалась, неожиданно появился экспонат совсем не виртуальный! Это был исцарапанный окружностями кусок оргстекла. Голограмма, сделанная без лазера, – так описали это чудо создатели! Действительно, повертев ее, каждый мог увидеть объемное изображение какого-то орнамента. И хотя кусок оргстекла трудно разместить на сайте музея занимательной науки, мы попросили авторов рассказать о нем. Тем более, что информация об используемом методе была найдена в Интернете, а рисование таких «голограмм» лучше делать с помощью компьютера.*

### ТЕХНИКА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Год тому назад нами в Интернете была обнаружена статья Томаса Битти с описанием техники изображения псевдоголограмм от руки на пластике. Все, что нужно – это циркуль и несколько кусков оргстекла. Заинтересовавшись этой информацией, особенно наличием слова «голограмма» в названии, мы решили разобраться, «о чем речь». Доводы и теории, приведенные ученым-любителем, открывшим это явление, были слабы и не внушали доверия. Поэтому нам стало интересно самим попробовать разобраться в данном вопросе.

Изображения можно получать на куске пластика или оргстекла с помощью циркуля с двумя иглами. Маркером изобразим на пластике некоторый символ у нижнего края будущего изображения, тем самым намечая его. Установим между иглами циркуля некоторое расстояние. Ус-

тановив одну из игл на конец символа, аккуратно прочертим другой изогнутую царапину (игла при этом не должна зарываться в пластик, то есть царапина должна быть ровной). Теперь, установив иглу в другое место символа и не меняя рас-

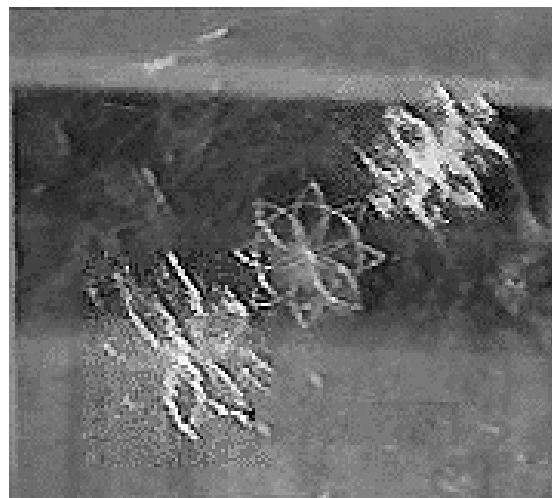


Рисунок 1.

стояния между иглами, повторим действие. Получится точно такая же царапина, как и в первый раз. После некоторого количества вышеописанных операций пластик будет испещрен царапинами, а символ исколот циркулем. При освещении такой пластинки светом лампы накаливания или солнечным светом на каждой из дуг наблюдается световой блик. Эти блики в совокупности формируют образ объекта (аналогично построению символа на дисплее). На рисунке 1 представлена фотография такого изображения, где хорошо видны собственно символ, исколотый острием циркуля, (расположен посередине пластины) и два изображения этого объекта (слева внизу и справа вверху).

### СВОЙСТВА

Получаемые изображения описанным выше способом обладают рядом интересных свойств.

Возникающие на дугах царапин световые блики при облучении белым светом имеют радужную окраску по краям светлого белого пятна, имеющего хоть и небольшой, но заметный линейный размер.

При повороте пластины или смене угла наблюдения происходит синхронное перемещение бликов по дугам. Но так как углы зрения на разные блики различны, угловые перемещения бликов будут разными, что приведет к некоторому повороту образа. Так достигается эффект «плавления» объекта вокруг некоторой оси. Изображения объекта при различных углах наблюдения представлены на рисунке 2 а-в.

Изображение можно получить как перед, так и за плоскостью пластины. Это зависит от того, как ориентирована дуга царапины. Для дуг верхней части окружности изображение формируется за плоскостью, а для дуг нижней части окружности – перед плоскостью пластинки. Таким образом, если циркулем процарапать полные окружности, а не дуги, то наблюдаются сразу два изображения одного объекта, за и перед плоскостью пластины.

Интересно выглядят голограммы, состоящие из кругов и отображающие двойное изображение (рисунок 1, 2).

При воспроизведении одного и того же рисунка разными радиусами дуг (то есть получая одно изображение царапинами радиуса «r», а другое – радиусом «R») поворот объекта на дугах меньшего радиуса практически незаметен по сравнению с поворотом изображения на дугах большего радиуса. На этих же дугах изображение при большем радиусе кажется более расплывчатым, а при меньшем – более четким.

Также стоит отметить еще одно интересное свойство получаемых изображений. При рассмотрении изображений в различном цвете можно заметить, что оно более четкое в зеленой области спектра и слегка размывается в красном и синем.

### НЕМНОГО О ТЕОРИИ

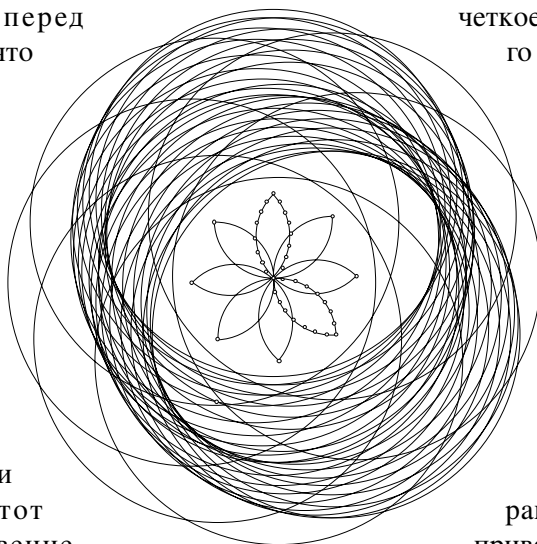
Однозначной теоретической интерпретации механизма возникновения изображения описанным выше способом пока



Рисунок 2.

нет. С одной стороны формирование световых бликов на дуговой царапине можно объяснить в рамках геометрической оптики: блики возникают как световые зайчики на бороздках царапины и перемещаются по дугам при изменении угла падения света на них или угла наблюдения. Возникновение изображения перед и за плоскостью пластины тогда объясняется тем, какая – верхняя или нижняя – бороздка царапины участвует в формировании блика. Так, для верхней части дуги световой блик формируется верхней бороздкой, и он возникает за плоскостью пластинки, так как бороздка имеет наклон именно в ту сторону. Для нижней части дуги блик формируется нижней бороздкой, ориентированной так, что блик формируется перед плоскостью пластины, что приводит к формированию изображения также перед плоскостью. Характерный радужный окрас по краям белого блика (в белом свете) есть следствие частичной дифракции на краях царапин. Также, оставаясь в рамках геометрической оптики легко объясняется тот факт, что возникновение изображений не связано ни с составом падающего света, ни с размером царапин (до определенного предела).

Интерпретация в рамках геометрической оптики была бы наиболее простой, но она не позволяет объяснить ряд свойств получаемых изображений, например, изменение резкости (да и размеров) изображения в различном цвете. Подобный эффект объясняется в рамках волновой оптики. К тому же, при нанесении царапин острием иглы циркуля, вообще говоря, материал пластинки становится матовым (поверхность как бы обдирается). Такая поверхность вряд ли будет обладать хорошей отражающей способностью.



Действительно, поверхность пластинки, покрытую многочисленными дуговыми царапинами можно рассматривать как дифракционную решетку. Тогда формирование блика есть результат дифракции Фраунгофера на таком участке дуги царапины, на котором волновой фронт падающей волны еще можно рассматривать как плоский. При этом в качестве фокусирующей системы и экрана выступает глаз наблюдателя или объектив фотоаппарата и фотопленка. Результатом такой дифракции является возникновение яркого белого центрального максимума с радужной окраской по краям, что и наблюдается в нашем случае. При таком подходе легко объясняется тот факт, что на дугах большего радиуса изображение менее

четкое, чем на дугах меньшего радиуса, так как участок дуги, на котором волновой фронт падающей волны еще можно считать плоским, при большом радиусе больше, и световой блик становится более протяженным (точка размывается в линию).

Интерпретация в рамках волновой оптики приводит к тому, что получаемое изображение можно рассматривать, как простейший случай голограммы. Действительно, дуги царапин восстанавливают результат волновые фронты, которые бы возникали при интерференции параллельных – опорного и предметного – пучков при условии, если бы они падали на пластинку нормально. Такой подход представляется более интересным и перспективным, но и он не лишен недостатков. Так, при получении классической голограммы действительное изображение, видимое перед плоскостью голограммы, является ортоскопическим, то есть перевернутым, в то время как в нашем случае оба изображения являются прямыми.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, подведем некоторые итоги. Можно сказать, что автор статьи в Интернете Томас Битти описал весьма оригинальный метод получения изображения плоских объектов достаточно простым способом, не требующим какой-либо сложной аппаратуры. Получаемые изображения имеют так называемый 3D-эффект, то есть создают иллюзию объемности. К тому же эти изображения обладают рядом интересных свойств, которые трактуются как в рамках геометрической, так и в рамках волновой оптики. Для теоретической интерпретации механизма возникновения изображения, получаемого данным методом, необходимо проведение ряда опытов по более глубокому изучению свойств изображений.

Также нами исследована возможность получения дуг на поверхности стекла. Известно, что дифракционная решетка изготавливается либо методом нанесения царапин алмазным резцом, либо травлением с помощью плавиковой кислоты. Мы получили несколько пробных образцов на оконном стекле путем травления в плавиковой кислоте, что показало принципиальную перспективность данного ме-

тода получения изображения, однако он требует дальнейшей технологической доработки.

Процесс воспроизведения дуговых царапин вышеописанным методом весьма трудоемок, поэтому появилась идея автоматизировать такое построение. С этой целью нами была разработана компьютерная программа, позволяющая цифровым методом построить дуги, соответствующие точкам объекта. Это позволит воспроизводить дуги (в виде рисунка) на прозрачной пленке и затем переносить на фотопластины или, используя плоттер (предварительно заменив перо закаленной иглой и соединив его с ПК), сразу наносить царапины на поверхность пластика или оргстекла.

В заключение коллектив авторов выражает благодарность учителям физики Невского района за ценные советы и рекомендации при обсуждении данной работы на открытом заседании секции точных наук школьного научного общества школы-гимназии № 498, заместителю декана физического факультета Санкт-петербургского государственного университета Чирцову Александру Сергеевичу за ценные советы при написании данной статьи.

### Литература.

1. БСЭ, III изд., М., Советская Энциклопедия, т.7, 1978, стр. 29-32
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А., Справочник по физике, М., Наука, 1990
3. Зисман Г.А., Тодес О.М., Курс общей физики, М., наука, 1965

*Байтуганов Вячеслав Михайлович,  
учитель химии, школа-гимназия № 498,  
Санкт-Петербург.*

*Нешин Константин Григорьевич,  
ученик 10-а класса,  
школа-гимназия № 498,  
Санкт-Петербург.*

*Порохов Денис Александрович,  
учитель физики, школа-гимназия № 498,  
Санкт-Петербург.*

*Стельмахович Станислав Игоревич,  
ученик 10-а класса,  
школа-гимназия № 498,  
Санкт-Петербург.*

**НАШИ АВТОРЫ**