

СВОИМИ
РУКАМИ

Александр Бердников

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ ПЛЁНКИ И АНТИПЛЁНКИ



В школьной геометрической оптике считается, что свет распространяется прямыми лучами. Оптика волновая уточняет: свет – это волны (электромагнитного поля). Волны могут заворачивать за препятствие и, вообще, бывает, ведут себя необычно. Мы начинаем цикл заметок, в котором собраны несложные опыты, демонстрирующие волновые свойства света.

Сначала расскажем немного о механизме, стоящем за дальнейшими опытами. Белый свет солнца или лампы накаливания состоит из многих чистых оттенков, каждому из которых отвечает определённая длина волны света (меньше тысячной доли миллиметра). Пусть у предмета есть отражающие части на маленьком расстоянии друг от друга. Тогда упавшая на него световая волна отразится в нескольких местах. Отражённые волны могут усилить друг друга, а могут и погасить, если гребень одной волны придётся на впадину другой. Такое наложение

волн называется *интерференцией* – от англ. *interference*, вмешательство. Бывает даже так: каждый из источников света освещает участок бумаги, но если они посветят *вместе*, кусочек окажется в темноте!

Усилят ли отражённые волны друг друга или погасят, зависит от длины волны (оттенка), от направлений упавшего и отражённого света, от расстояния между отражающими участками. Поэтому отражённый оттенок меняется от места к месту и от направления взгляда. Теперь можно и перейти к опытам.

Первый пример – радужные мыльные плёнки (фото 1, 2). Цветные они из-за сложения волн, отражённых лицевой и тыльной поверхностями плёнки. Это показано справа на схеме небольшого участка плёнки (он выделен на фото 1 чёрточкой). На схеме свет падает слева, но в нижней толстой части горбы отражённых зелёных волн оказываются рядом, а у синих – чередуются. Зелёный свет в итоге отражается, а синий – нет. Выше, где плёнка тоньше, отражённые волны сдвигаются друг отно-

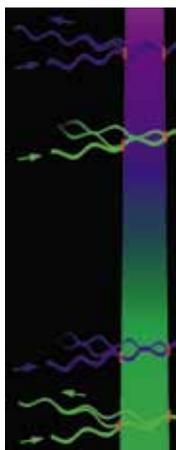


Фото 2

сительно друга, и всё получается наоборот: синий цвет отражается, а зелёный – нет.

Ещё один пример – тонкая обёрточная полиэтиленовая плёнка, которую используют в магазинах. К сожалению, её цвета хорошо видны только в свете дешёвых энергосберегающих ламп*. Посмотрите на фото 3 – так выглядит блик от лампы на плёнке, натянутой на тёмную кружку. Но получающееся многообразие чистых и насыщенных цветов сложно передать на фотографии; сделайте опыт сами!

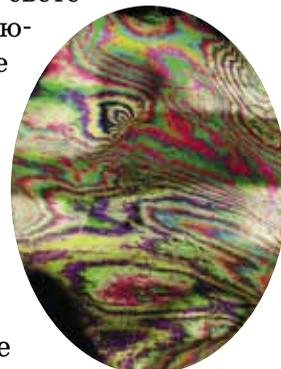


Фото 3

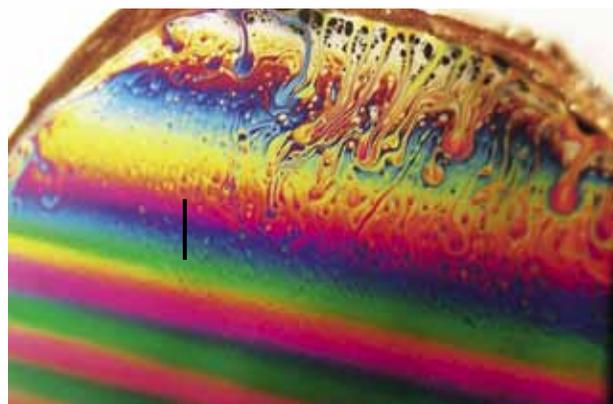


Фото 1



*Как понять, годится ли лампа? Посмотрите на её отражение в компакт-диске. Если видны сплошные радужные полосы, как на крайнем слева фото, лампа не годится: цветные отражения должны быть отдельными, каждое своего цвета, как на фото правее.



Бывают и «антиплёнки» – тонкие полости в чём-нибудь прозрачном. Там интерферируют лучи света, отражённые двумя «параллельными» стенками полости, но механизм по сути тот же, что у плёнок.

Давайте научимся делать антиплёнки. Заморозьте литр воды. Самое сложное – получить прозрачный лёд. Для этого лучше использовать чистую воду и замораживать большой в высоту объём. Зимой и весной можно взять толстую сосульку. Стукните по ледышке тыльной стороной ложки. Вскоре вы научитесь так отмерять силу удара, чтобы лёд не раскалывался на части, но появлялась трещина глубиной с сантиметр, уходящая внутрь льда. Она может быть незаметна, поэтому после удара повертите ледышку, попытайтесь поймать блик на трещине (фото 4). Помните, что лёд быстро тает и трещины в нём недолговечны: они постепенно заполняются водой.

Цвета на плёнках и антиплёнках идут в одном и том же порядке: от самого тонкого места к толстому появляются белый, оранжевый, фиолетовый, синий, салатовый, опять оранжевый, и вскоре всё сходится к чередованию фиолетового и зелёного. Эта последовательность получается довольно просто. Если мы посмотрим на плёнку сквозь красные очки (или оставим в графическом редакторе только красную часть фотографии плёнки), мы увидим просто параллельные красные полосы (см. фото 5). Такие же полосы, только чуть поуже, даёт зелёный цвет, и ещё поуже – синий. Так плёнку «видят» клетки глаза: среди них есть чувствительные к красным оттенкам, есть – к зелёным, есть – к синим. Складывая эти три ряда полос, мы как раз получим уже знакомые цвета мыльной плёнки. Цвета антиплёнок получаются аналогично (фото 6).

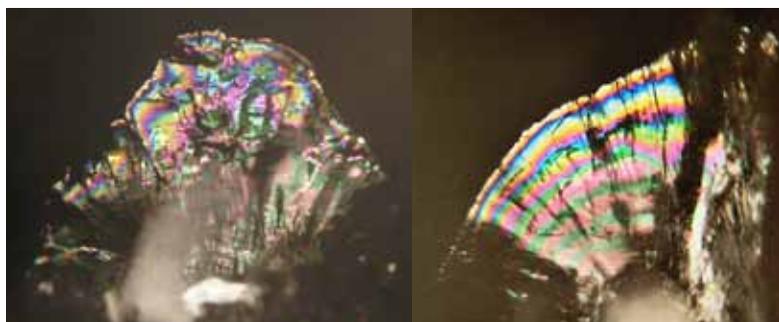


Фото 4

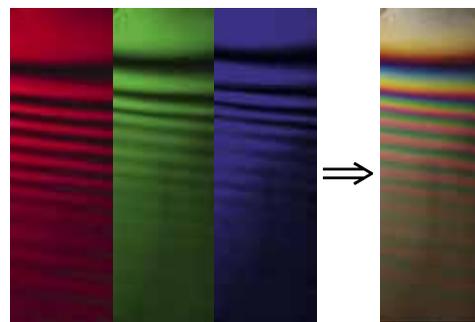


Фото 5



Есть ещё пара интересных замечаний. Во-первых, на фото 5 и 6 видно, что в более толстом месте плёнки цвета смешиваются и теряют контраст. На обёрточных плёнках, которые до тонкого слоя растянуть сложно, доходит до того, что в солнечном свете их цвета вообще не заметны. А вот в свете многих энергосберегающих ламп раскраска плёнок и антиплёнок остаётся контрастной даже при большой толщине, чем мы и пользовались, разглядывая обёрточный полиэтилен.

Объясним вкратце, в чём причина потери контраста. Если осветить плёнку чистым красным цветом, полосы получатся чёткие, а не размывающиеся в толстой части, как это было внизу на фото 5. Многие энергосберегающие и люминесцентные лампы светят несколькими чистыми цветами, и поэтому создаваемые ими полосы на плёнке почти не размыты, узор

получается контрастным. А вот солнце и лампы накаливания светят смесью всех видимых цветов. В результате «красные» клетки чувствуют свет от множества различных оттенков, каждый из которых создаёт полосы своей ширины. Чем толще плёнка, тем большая набирается несогласованность между отдельными красными оттенками, и полосы размываются. То же происходит с зелёными и синими полосами, и в результате толстая плёнка даёт просто белый блик: всё смешалось.

Второе замечание касается антиплёнок. Если их расположить почти вдоль линии взгляда, то они будут выглядеть зеркальными (о таком явлении мы писали в статье «Жидкое зеркало», «Квантик» №8 за 2013 год) и будут напоминать кусочки фольги внутри льда (фото 7).

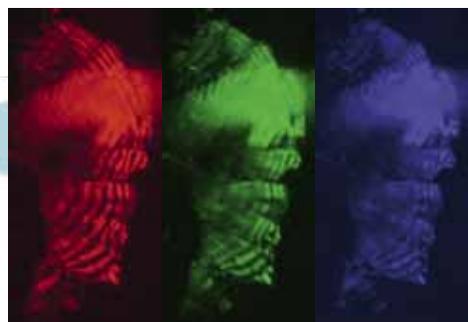


Фото 6

Фото 7