

Загадочные круги и движения плоскости

С. ДОРИЧЕНКО, С. ШАШКОВ, А. ШЕНЬ

ОБ ЭТОМ ЛЮБОПЫТНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ НАМ РАССКАЗАЛ Жак Мазойе, профессор Высшей нормальной школы в Лионе (Франция). Сделайте две копии рисунка 1 (случайно расположенные черные пятнышки) на тонкой бумаге, лучше с увеличением. Наложите их друг на друга, глядя на просвет (можно приложить к окну). Если совместить точно – получится исходная картинка. Но если немного

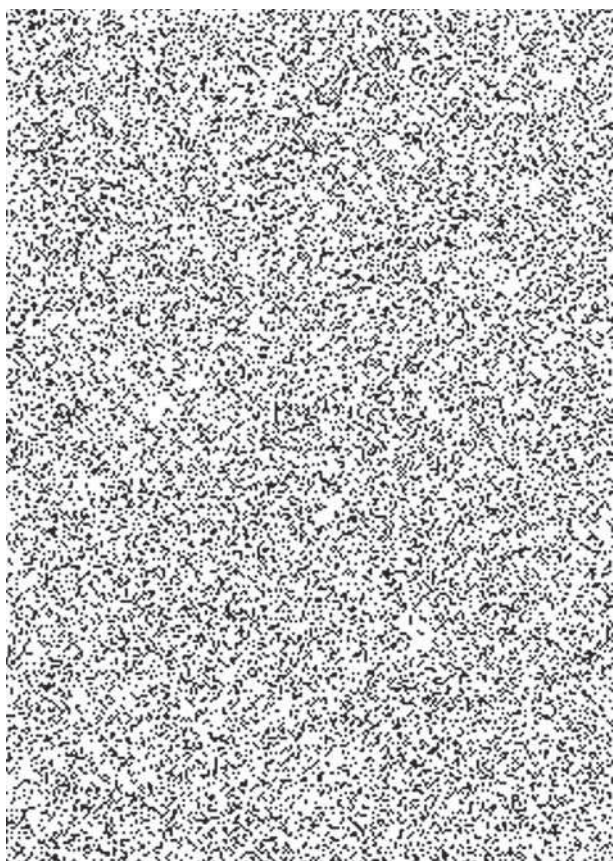


Рис. 1

повернуть один лист относительно другого, картинка изменится (рис. 2).

Еще проще это увидеть, если одну из картинок напечатать на прозрачной пленке и накладывать на вторую.

На рисунке 2 явно видны окружности. Откуда они возникают, если изначально ничего похожего не было?

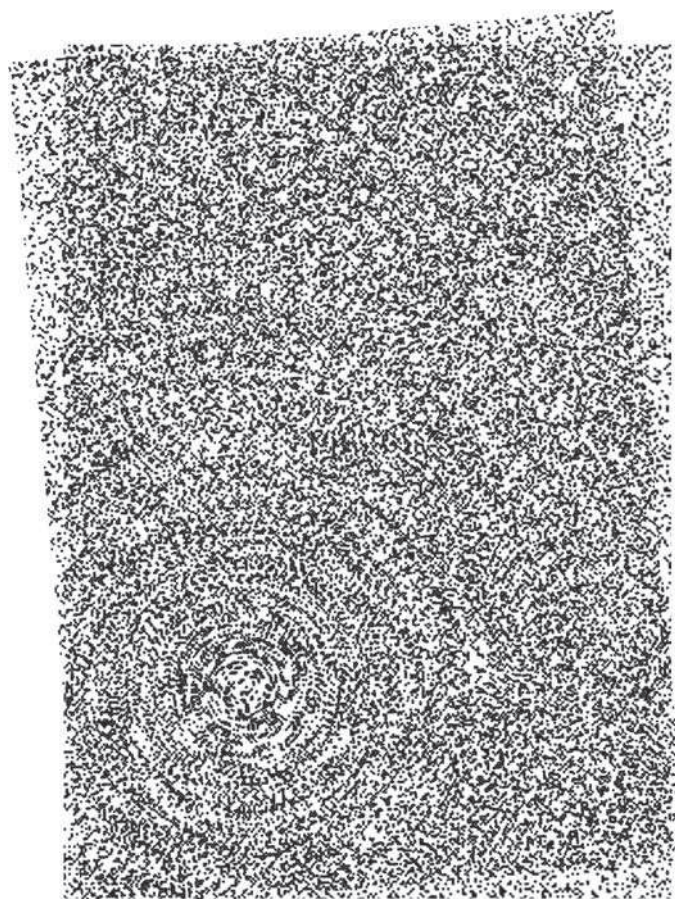


Рис. 2

Одно из возможных объяснений такое. Вторая картинка слегка повернута относительно первой. Около центра поворота разница невелика, и картинки практически совпадают (этот участок хорошо виден). Чуть дальше от центра пятнышки уже не совпадают, но накладываются друг на друга, образуя маленькие «дуги» (как показано на рисунке 3). Эти «дуги» и являются частями окружностей, которые мы видим.

По этой теории, окружности должны быть видны на таком расстоянии от центра, где пятнышки еще накладываются. Можно оценить это расстояние как d/α , где d – размер одного пятнышка, а α – угол поворота в радианах.

Когда пятнышки разъезжаются дальше, окружности постепенно должны перестать быть заметны. Однако мы видим окружности и существенно большего радиуса. Почему? Возможно, черные пятнышки, случайно разбросанные по листу, образуют иногда пятна большего размера, поворот которых мы и замечаем. Или мы по инерции видим окружности там, где их уже нет. (В самом деле, если закрыть нижнюю половину рисунка 2, разглядеть окружности в верхней половине будет труднее.)

Но продолжим наши эксперименты. Сдвинем немного одну картинку относительно другой в какую-нибудь сторону. Как ни удивительно, окружности снова будут видны, хотя их центр сдвинется (причем в другую сторону). Что же это значит?

Рис. 3

Так проявляется замечательное свойство движений плоскости: *сделав последовательно поворот и сдвиг, мы в итоге снова получим поворот*. Другими словами, когда мы сначала повернули одну картинку, а затем сдвинули ее относительно другой, полученный результат точно такой же, как если бы мы просто повернули первую картинку вокруг другой точки.

Одно из доказательств этого факта можно прочесть, например, в статье С.Дориченко «Комплексные числа» в «Кванте» № 5 за 2008 год. Кстати, можно заметить, что

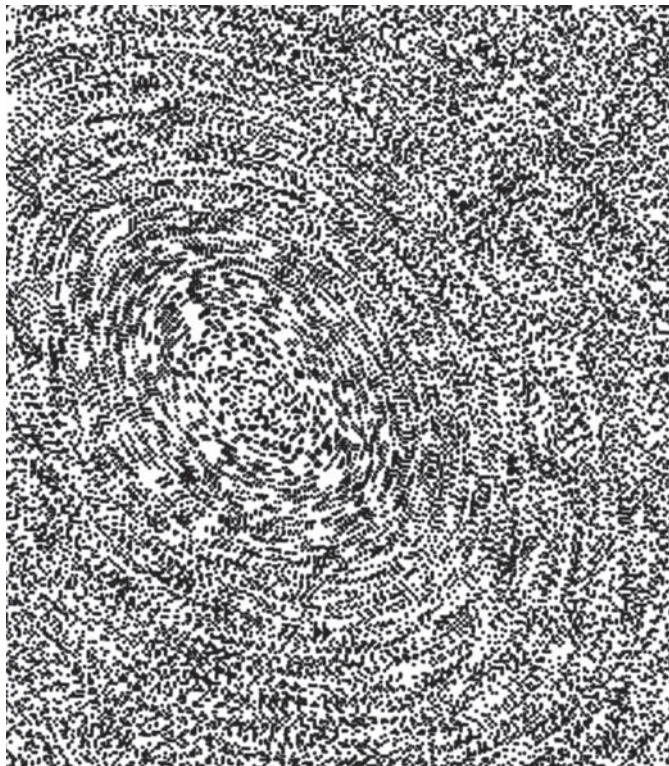


Рис. 4

центр окружностей смещается примерно перпендикулярно направлению сдвига: это уже следствие того, что у нас малый угол поворота. Формула, приведенная в конце раздела «Задача о неподвижной точке и преобразования плоскости» упомянутой статьи, позволяет это понять.

Другое доказательство имеется в статье В.Бугаенко «Теорема Шаля и движения плоскости» в этом номере журнала.

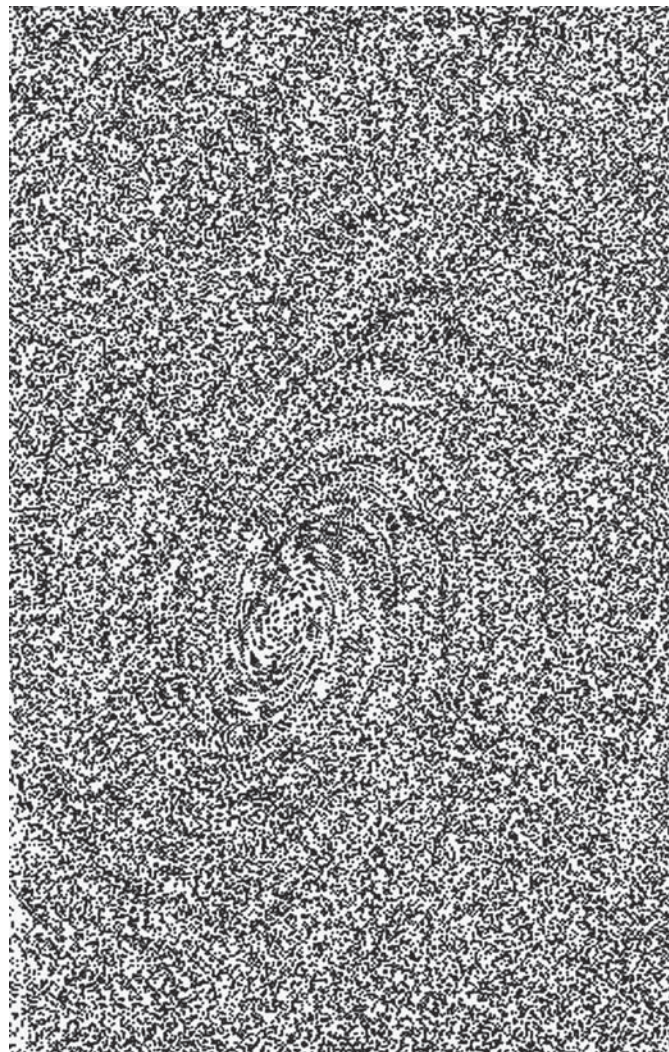


Рис. 5

Там рассказано о классификации движений плоскости и о решении задач с помощью теоремы Шаля.

Если вы умеете работать с рисунками на компьютере, эксперимент можно провести и без бумаги. При этом можно сделать и более сложные вещи – попробуйте разобраться, например, как получились рисунки 4 и 5 (где видны эллипсы и спирали).

Почему углеродные нанотрубки прочнее стали?

(Начало см. на с. 7)

Идеальная нанотрубка не имеет никаких дефектов и представляет собой *одну* молекулу, в которой атомы углерода связаны между собой довольно прочными ковалентными связями. Сталь – это поликристалл, содержащий множество внутренних дефектов, таких как границы и микротрещины. При растяжении образца из стали один из таких дефектов превращается в трещину, и образец разрушается. Наличие множества дефектов у металлического образца объясняет пластичность металла. В то же время, нанотрубка не обладает пластичностью.

Очевидно, что если одну одностенную нанотрубку вложить в другую несколько большего диаметра, то прочность такой двухстенной нанотрубки будет почти в два раза больше, чем у одностенной. Поэтому у многостенных нанотрубок прочность в несколько раз выше.

У конструкций из нанотрубок большое будущее. Их уже сейчас используют на практике, например для укрепления теннисных ракеток. В планах – делать из нанотрубок тросы для космических лифтов, чтобы снабжать всем необходимым космические станции на геостационарных орбитах.

К.Богданов