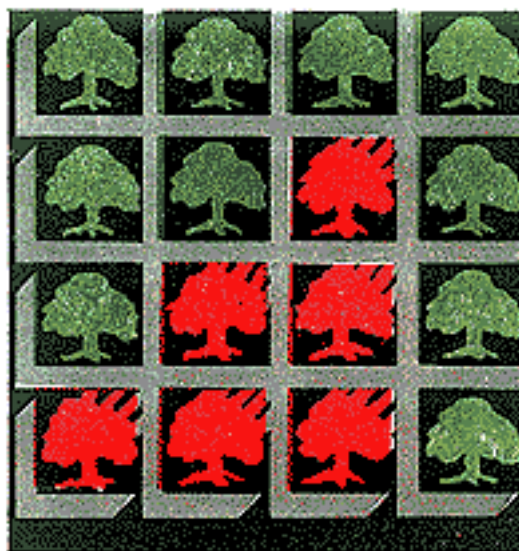




А.Л. ЭФРОС

ФИЗИКА И ГЕОМЕТРИЯ БЕСПОРЯДКА



Предисловие



VIVOS VOCO!

<http://vivovoco.nns.ru>



Уважаемые читатели!

В сотрудничестве с редакцией журнала «Квант» мы начали сетевую публикацию некоторых выпусков Библиотечки «Квант». Эти файлы не могут распространяться на коммерческой основе и размещаться на серверах с платным доступом.

Текст и иллюстрации воспроизведены с издания:

А. Л. Эфрос «Физика и геометрия беспорядка»
(Библиотечка «Квант», выпуск 19),
М., Изд. «Наука», Гл. редакция физ.-мат. литературы, 1982 г.

Публикация подготовлена учениками московской гимназии № 1543 Владимиром Александровым, Даниилом Мусатовым, Николаем Винниченко и др. в 1999-2000 гг.

Предисловие

Наука, которая составляет предмет этой книги, очень молода. Её основные идеи были сформулированы лишь в 1957 г. в работе английских учёных Бродбента и Хаммерсли. Эта работа возникла следующим образом. В середине пятидесятых годов Вродбент занимался разработкой противогазовых масок для шахт по заданию Британского объединения по исследованию применений угля. При этом он столкнулся с интересной проблемой и привлёк к ней внимание математика Хаммерсли.

Основной элемент маски — это уголь, через который должен проходить газ. В угле есть поры, причудливо соединяющиеся друг с другом, так что образуется нечто вроде запутанного лабиринта. Газ может проникать в эти поры, адсорбируясь (осаждаясь) на их поверхности. Оказалось, что если поры достаточно широки и хорошо связаны друг с другом, то газ проникает в глубь угольного фильтра. В противоположном случае газ не проникает дальше поверхности угля. Движение газа по лабиринту представляет собой процесс нового типа, существенно отличающийся от хорошо известного в физике явления диффузии.

Бродбент и Хаммерсли назвали такие явления «*процессами протекания*» (по-английски percolation processes. В буквальном переводе слово percolation означает просачивание, фильтрацию; в русской научной литературе наряду с термином «протекание» можно встретить термин «перколяция», произошедший от английского слова). Теория, изучающая такого рода явления, стала называться «теорией протекания».

За 25 лет, прошедшие с первой работы Бродбента и Хаммерсли, выяснилось, что теория протекания необходима для понимания широчайшего круга явлений, относящихся, главным образом, к физике и химии. Вероятно, наиболее разработанной в настоящее время областью применения теории протекания являются электрические свойства неупорядоченных систем, таких, как аморфные полупроводники, кристаллические полупроводники с примесями или материалы, представляющие собой смесь двух разных веществ — диэлектрика и металла.

Явления, описываемые теорией протекания, относятся к так называемым «критическим явлениям». Эти явления характеризуются «критической точкой», в которой определенные свойства системы резко меняются. К критическим явлениям относятся также фазовые переходы второго рода (например, переход металла из нормального состояния в сверхпроводящее при понижении температуры). Физика всех критических явлений очень своеобразна и имеет общие черты, самая важная из которых состоит в том, что вблизи критической точки система как бы распадается на блоки с отличающимися свойствами, причём размер отдельных блоков неограниченно растёт при приближении к критической точке. Очертания блоков при этом случайны. В некоторых явлениях вся конфигурация хаотически меняется со временем за счёт теплового движения, в других явлениях она заморожена, но меняется при переходе от образца к образцу. Блоки расположены беспорядочно, так что глядя на мгновенную фотографию системы, трудно увидеть какие-либо закономерности. Однако «в среднем» эта геометрия, которую можно назвать «геометрией беспорядка», обладает

вполне определёнными свойствами.

Физические свойства всегда неразрывно связаны с геометрией. Например, физические свойства кристаллов определяются геометрией кристаллических решёток. Точно так же ряд свойств системы, находящейся вблизи критической точки, определяется «геометрией беспорядка». Самое интересное то, что благодаря большим размерам блоков, эта геометрия фактически не зависит от атомной структуры вещества и потому обладает универсальными свойствами, одинаковыми для многих, совершенно разных систем. Отсюда следует универсальность физических свойств, проявляющаяся в окрестности критических точек.

Такого рода связь между физикой и геометрией можно проследить в рамках теории протекания, и в этом — одна из главных задач книги. Теория протекания формулируется с помощью простых геометрических образов таких, как проволочные сетки, шарики, кристаллические решётки. Она не содержит понятия температуры и поэтому даёт возможность получить представление о критических явлениях читателям, не знакомым со статистической физикой.

Как и вся теория критических явлений, теория протекания не превратилась ещё в строгую с математической точки зрения науку. Многие важные утверждения остаются недоказанными, некоторые вопросы не выяснены. В тех случаях, где строгие доказательства существуют, но являются сложными, в книге эти доказательства заменены рассуждениями, скорее, объясняющими результат, чем доказывающими его. Однако автор всюду старался чётко отделить доказанные утверждения от недоказанных.

Книга содержит подробное изложение теории протекания и ее различных применений. Она построена следующим образом. Определение того, что называется теорией протекания и какие процессы она описывает, отложено до самой последней страницы книги. Это определение должно включать столько сложных понятий, что нет смысла давать его вначале. Почти каждая глава содержит какую-либо конкретную проблему, рассмотрение которой приводит к задаче теории протекания. Предполагается, что после нескольких глав читатель должен почувствовать, что общего между разными задачами теории протекания и какое отношение имеет к этому название книги.

Как правило, рассматриваемые проблемы представляют собой важные области применения теории протекания. Однако некоторые из них (проект фруктового сада в гл. 5, распространение слухов в гл. 11) носят иллюстративный и даже несколько иронический характер.

В книге излагаются необходимые для понимания материала сведения из элементарной теории вероятностей. В гл. 1 дается общее представление о вероятностях и случайных величинах. В гл. 2 излагаются правила сложения и умножения вероятностей и вводится функция распределения. Книгу можно прочитать в облегченном варианте, опустив гл. 2 и прочие главы и разделы, помеченные двумя звездочками. Правда, при этом читатель лишается возможности проследить за выводами некоторых количественных результатов, содержащихся в этих разделах, а также во многих упражнениях. Это, однако, не мешает пониманию (может быть, немного упрощенному) прочих разделов книги.

Упражнения, приведённые в книге, должны играть важную роль при освоении новых понятий. Как правило, они очень просты, и их рекомендуется выполнять, не заглядывая предварительно в раздел «Ответы и решения» (за исключением случаев, где это особо оговорено).

Важную роль в создании этой книги сыграл Б. И. Шкловский. Он участвовал в обсуждении её плана, названия и прочитал книгу в рукописи. Я чрезвычайно благодарен ему за это.

Я благодарен также своим коллегам Л. Г. Асламазову, Н. Б. Васильеву, Ю. Ф. Берковской, М. Э. Райху, прочитавшим рукопись книги и сделавшим ряд полезных замечаний.

Я благодарен художнику Б. А. Марской, сделавшей для книги несколько рисунков, в том числе рисунок на обложку. Особую благодарность я хочу выразить своей жене Н. И. Эфрос, взявшей на себя тяжёлый труд оформления рукописи.

А. Эфрос