

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**РАССЕЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ ПОД МАЛЫМИ
УГЛАМИ В КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМАХ*)**

В трёх реферируемых работах рассматривается одна и та же проблема — связь распределения интенсивности рентгеновского излучения в пределах углов 0,2—2,5 градуса с размером, формой и распределением по размерам коллоидных частиц.

Цель всех этих работ — вычисление кривых рассеяния для некоторых моделей и сравнение их с опытом. Кратки различает два типа систем, для которых характер теории будет существенно различным: система плотно упакованных коллоидных частиц (расстояние между частицами меньше размера частиц) и разреженная система. Кратки полагает, что во втором случае расстояние между частицами должно быть больше размера частиц. Американские авторы считают, что это обстоятельство не сказывается непосредственно на теории, лишь бы можно было пренебречь рассеянием частицы на частицу.

Как бы то ни было, именно в этом последнем предположении производятся расчёты всеми тремя авторами. Справедливость отнесения системы к числу разреженных в каждом отдельном случае может быть проверена опытом, точнее сравнением данных, получаемых рассматриваемым экспериментом, с данными других опытов.

Для сравнения может быть привлечено определение веса частицы методом ультрацентрифуги. О форме частиц можно в некоторых случаях судить по двойному лучепреломлению в потоке. Можно, как это делают американские авторы, сравнивать данные рентгеновского рассеяния под малыми углами с данными по расширению линий у аналогичного мелкокристаллического материала. Наконец, прямые сведения о размерах и форме частиц даёт электронный микроскоп. В то же время авторы подчёркивают незаменимость метода рассеяния под малыми углами в целом ряде случаев. Действительно, электронный микроскоп не позволяет производить исследования самих растворов. Удаление же растворителя, а также действие быстрых электронов, могут привести к резким изменениям, например, таких частиц, как белковых. Кроме того, размеры ниже 50 ангстрем ещё не вполне доступны для электронного микроскопа. Для белковых веществ такие размеры играют основную роль. Метод ультрацентрифуги позволяет лишь косвенно судить о размере частицы и не даёт никаких сведений о её форме или о распределении частиц по размерам. Метод расширения дебаевских линий не годится для коллоидных систем. Таким образом у рас-

*) C. G. Shell a. L. C. Roess, X-ray scattering at small angles by finely divided solids, I. J. Appl. Phys. 18, 295 (1947); L. C. Roess a. C. G. Shell, X-ray scattering... II. Ibid 18, 308 (1947); O. Kratky, Die Abhängigkeit der Röntgenkinwinkelstreuung von Grösse und Form der kolloiden Teilchen, Monatshefte f. Chemie 76, 325 (1947).

смаатриваемого метода имеется своя собственная область применения: белковые вещества, различные формы целлюлозы, гели гидроокиси алюминия, металлы в коллоидной форме, самые различные катализаторы и пр.

В статье Шэлла и Росса решены следующие задачи: рассчитаны кривые распределения интенсивности рассеянных рентгеновских лучей для системы, состоящей из сферических частиц при условии, если частицы распределены по размерам, а) равномерно, б) по закону Максвелла, в) по закону Гаусса и г) по закону прямоугольника. В статье Росса и Шэлла задача решается для сфероидальных частиц. Изменением параметров сфероидов мы можем получить результаты для частиц весьма различной формы, начиная от дискообразных и кончая палочкообразными. Задача рассматривается для равномерного, максвеллового и прямоугольного распределений. При расчётах предполагалось, что: 1) общая интенсивность есть сумма интенсивностей рассеянных отдельными частицами („разреженная среда“), 2) частицы ориентированы беспорядочно, 3) первичный луч монохроматичен, параллелен и малого сечения, 4) нет преломления, 5) внутри частицы электроны распределены равномерно, 6) нет поглощения внутри частицы. Для всех рассмотренных случаев даны серии кривых, так что результаты вычислений могут быть непосредственно применены к опытным данным.

Результаты определения размера частиц по своим вычислениям американские авторы сравнивают прежде всего с измерениями расширения дебаевских линий соответствующего кристаллического материала. Это сделано для гидроокиси алюминия (гель и мелкокристаллическое вещество). Для среднего размера частицы и кристалла получилось прекрасное совпадение, а именно, были получены соответственно цифры 36 ангстрем и 38 ангстрем. Иногда получается большое несовпадение, однако преимущественно в естественную сторону — размеры частиц оказываются больше, нежели размеры кристалла. Это естественно потому, что всегда можно ожидать агломерацию нескольких кристалликов в коллоидную частицу.

Авторы произвели также сравнение своих данных с результатами измерений адсорбции газа при низких температурах. Эти измерения дают возможность вычислить удельную поверхность, т. е. поверхность, приходящуюся на единицу массы. Нетрудно показать, что произведение этой величины на плотность частицы обратно пропорционально среднему диаметру. Опыт подтверждает вычисления авторов.

Кратки проводит в своей работе расчёт кривых рассеивания для частиц разной формы. Характер распределения частиц по размерам здесь не учитывается, т. е. все частицы в коллоидной системе считаются одинаковыми. Частицы разной формы Кратки представляет как совокупность соприкасающихся шаров. Интенсивность рассеяния такой системой он подсчитывает по формуле Дебая для газовых молекул, причём в качестве „атомного фактора“ берёт выражение, вычисляемое для шара с равномерно распределёнными электронами (в этом отношении основная идея расчёта Кратки и американских авторов одна и та же). Длинная частица аппроксимируется линейным рядом, состоящим из нескольких шаров (6,10,12). Очень длинная частица рассматривается как бесконечный ряд шаров. Двойной ряд шаров должен, по мысли автора представлять лентовидную частицу; эти расчёты приведены для 4, 6, 8, 12 и бесконечного числа шаров. Рассматриваются также пластинки из шаров, системы в виде полукруга, кольца, спирали и т. д. Все расчёты доведены до конца, приводятся многочисленные таблицы и кривые.

Дан только один пример применения теории, а именно, рассчитана и сравнена с опытом кривая рассеяния эдестина.

Как в статье Кратки, так и в статьях американских авторов проводятся специальные расчёты, учитывающие влияние на картину рассеяния формы щели; у Кратки это сделано для прямоугольной щели, у американских авторов — для прямоугольной и круглой щели.

Техника эксперимента обсуждена во всех статьях; более детально в статьях американских авторов. Опыт должен быть произведён весьма тщательно. Необходимо пользоваться отфильтрованным излучением (американские авторы пользуются излучением, отражённым от кристалла; Кратки предлагает пользоваться системой фильтров, обрезавших излучение с обеих сторон от характеристической длины волны). Съёмка рентгенограмм должна производиться в вакуумной камере. Существенна система диафрагм, а также способы преграждения первичного луча. В связи со сказанным вполне понятно, что даже при хороших рентгеновских трубках экспозиции доходят до 30 часов.

А. И. Китайгородский
