1981 г. Сентябрь Том 135, вып. 1

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

541.182.2/.3(049.3)

НОВОЕ ОБ АЭРОЗОЛЯХ

Aerosol Microphysics. I: Particle Interaction/Ed. W. H. Marlow.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1980.—160 p.—(Topics in Current Physics. V. 16).

Нарастающий интерес к физике и химии аэрозолей со стороны исследователей, занимающихся фундаментальными и прикладными аспектами самых разнообразных областей науки, обусловлен все бо́льшим пониманием роли дисперсных частиц в различных физических явлениях, протекающих как в естественных условиях (в атмосфере — образование дымок, туманов, циркуляция атмосферных загрязнений, метеорологические проявления аэрозолей, в космосе — образование межзвездных пылевых облаков, комет и др.), так и в промышленных и лабораторных процессах, таких, как получение дисперсных материалов в плазмотронах, возникновение дисперсных частиц при течениях газовых потоков, содержащих конденсирующиеся пары́, использование аэрозолей для насыщения лазерных резонаторов пара́ми рабочих веществ. Столь многочисленные проявления аэрозолей (перечислено далеко не все) требуют тщательного исследования механизмов зарождения и свойств как отдельных частиц, так и их коллективов.

Несмотря на то, что область науки, называемую «физика аэродисперсных систем», уже можно считать сложившейся, многие важные свойства аэрозолей до сих пор изучены недостаточно, особенно в количественном отношении. Вообще монографической литературы и обзоров, посвященных аэрозолям, очень мало, поэтому следует всячески приветствовать появление в серии «Избранные главы современной физики» книги, в которой излагаются последние точки зрения на некоторые вопросы физики аэрозолей. Название книги указывает, что она посвящена изучению физических свойств отдельных частиц, а не их коллективов.

Книга состоит из пяти не связанных друг с другом глав обзорного характера, написанных разными авторами, ведущими специалистами в своих областях физики аэрозолей.

Первая, вводная глава, написанная редактором книги В. Марлоу, обрисовывает основные области применения физики аэрозолей. Здесь вкратце идет речь о происхождении аэрозолей, их роли и проявлениях в различных природных и искусственных условиях, а также произведено подразделение физики аэрозолей на микрофизику (физику отдельных частиц) и макрофизику, описывающую физические явления в коллективах частиц. Значительное внимание в этой главе уделено взаимосвязи между этими двумя областями физики аэрозолей.

Во второй главе ее автор Дж. Брок уделил основное внимание кинетическим процессам в высокодисперсных аэрозолях. Рассмотрены процессы возникновения и взаимодействия очень мелких частиц, радиус которых меньше или сравним с длиной свободного пробега молекул газа-носителя, с различными внешними полями. Глава начинается с описания различных методов кинетического рассмотрения свойств аэрозольных частиц. Указаны три таких метода — обычное кинетическое уравнение, эволюционное марковское уравнение и подход, основанный на молекулярной динамике,— и вкратце обрисована связь между ними. Хотя эволюция спектра размеров аэрозольных частиц не относится к чистой микрофизике в том смысле, как это определено во вводной главе, ей уделено определенное внимание. Зарождение высокодисперсного аэрозоля связано, прежде всего, с нуклеацией — переходом пара в аэрозольное состояние. Этот процесс исследуется уже очень давно как теоретически, так и экспериментально, но окончательной количественной теории до сих пор не сложилось, что связано, с одной стороны, с трудностями получения надежных и достаточно просто интерпретируемых экспериментальных данных, а с другой,— сложностями чисто

теоретического характера — необходимостью вводить допущения, которые подчас так просто нельзя ни доказать, ни опровергнуть.

Более ясное положение сложилось в теории коагуляции, в которой неопределенности, касающиеся элементарных актов взаимодействия частиц, не ведут к столь вопиющим противоречиям между теорией и экспериментом и между различными теориями, как это имеет место при рассмотрении процесса спонтанной нуклеации.

Глава завершается обзором методов и результатов исследований процессов передачи массы, импульса и энергии к частице в различных газодинамических режимах. Автор убедительно показывает, что полного количественного понимания ни одного из рассмотренных им процессов еще нет. Здесь предстоит еще много работы, как теоретической, так и экспериментальной.

В третьей главе, написанной Дж. Доллом, речь идет о современном состоянии теории процесса передачи энергии при неупругом столкновении частиц со стенкой. Глава открывается простой механической моделью, в которой реакция стенки заменяется действием затухающего гармонического осциллятора. В этом случае задача о передаче энергии частицы стенке решается до конца аналитически. Далее рассмотрены более рафинированные модели, требующие численного анализа. По мнению автора, наибольшего внимания заслуживает локальный подход, основанный на решении уравнения движения для небольшого количества атомов вблизи точки соприкосновения частицы с поверхностью стенки.

Теория взаимодействия частиц со стенкой находится пока еще в зачаточном состоянии. Между тем построение такой теории крайне важно для установления величин коэффициентов аккомодации при взаимодействии частица — стенка и частица — частица.

В четвертой главе (авторы — Р. Мак-Налти, Х. Чью и М. Керкер) предпринята попытка обрисовать успехи теории неупругого взаимодействия квантов света с аэрозольной частицей. Хотя упругое рассеяние света частицей давно и хорошо исследовано и широко применяется для диагностики аэрозольных образований, теория неупругого рассеяния света частицей только закладывается. Но уже сейчас ясно, что перспективы ее применения весьма интересны, так как исследование неупругого рассеяния может много дать для понимания внутреннего устройства отдельных частиц.

В главе кратко излагаются основы теории упругого рассеяния света однородными, двуслойными и слабонесферическими частицами. Затем рассмотрено неупругое рассеяние в рамках модели, в которой активный центр заменен диполем, погруженным в диэлектрическую среду, составляющую частицу. Неупругое рассеяние происходит только на этом центре, сама же частица лишь искажает падающее и рассеянное электромагнитное поле и служит, таким образом, источником размерных эффектов, характерных для рассеяния света в упругом канале. Обсуждено влияние размера и диэлектрических свойств частицы на угловые распределения рассеянного излучения. Глава завершается кратким обзором резонансных эффектов, имеющих место при поглощении света и его упругом и неупругом рассеянии.

Последняя, пятая глава, написанная редактором книги В. Марлоу, посвящена силам взаимодействия между аэрозольными частицами, их природе и специфическим макрофизическим проявлениям. Глава начинается с классификации сил, действующих между аэрозольными частицами. Указывается, что взаимодействие заряженных частиц определяется кулоновскими и наведенными силами, тогда как мультипольмультипольное взаимодействие несущественно из-за вращения частиц. Особое внимание уделено ван-дер-ваальсову взаимодействию незаряженных частиц. Приведено описание всех современных теоретических подходов к его рассмотрению и оценена его роль в коагуляции частиц и в процессах взаимодействия частица — стенка. Глава завершается перечислением результатов последних работ, касающихся ван-дер-ваальсова взаимодействия между частицами различной геометрии.

Книга отражает в основном все последние достижения в немногочисленных рассмотренных в ней вопросах физики аэрозолей и служит хорошим дополнением к вышедшей уже десятилетие назад монографии Дж. Хайди и Дж. Брока «Динамика аэроколлоидных систем» (Пергамон-Пресс, 1970). Книга адресована достаточно подготовленной и высококвалифицированной аудитории и будет полезна всем, кто пожелает испытать свои силы в физике аэродисперсных систем.

А. А. Лушников