

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКБИБЛИОГРАФИЯ

В. Г. Левич, «Физико-химическая гидродинамика», Издательство Академии наук СССР, 1952, 538 стр., 82 рис., цена 23 руб. 60 к.; ответственный редактор акад. А. Н. Фрумкин.

Как показывает заголовок рецензируемой монографии, она посвящена гидродинамическим проблемам, в которых существенную роль играют специфические физические и физико-химические свойства жидкости. Эта монография, являющаяся первой обобщающей работой такого рода, представляет несомненный интерес, и появление её весьма своевременно.

Содержание книги можно разделить в основном на две части. К первой из них относятся разнообразные вопросы, связанные с переносом частиц (растворённых молекул или ионов) потоком жидкости. Явление переноса вещества движущейся жидкостью (конвективная диффузия) играет существенную роль в разнообразных физико-химических и физических процессах. В виде примера можно указать растворение или выпадение осадков из растворов, физические и химические процессы, протекающие на границах раздела фаз: адсорбция, гетерогенные химические реакции, процесс электролиза и т. п.

Вторая группа вопросов связана с влиянием физико-химических свойств жидкости на её движение. Сюда можно отнести влияние на процесс движения жидкости поверхностного натяжения, поверхностно-активных веществ или зарядов на поверхности жидкости и т. п. факторов.

Рецензируемая книга представляет теоретический обзор указанного круга явлений, подводящий итог многолетних работ её автора в области, лежащей на грани между физикой и физической химией. Сведённый и проанализированный в ней довольно значительный экспериментальный материал служит лишь иллюстрацией теоретических положений.

Книга предназначена для физико-химиков, физиков и химиков, интересующихся указанными проблемами, которые находят широкое применение как в лабораторной, так и в производственной практике. Книга принесёт пользу также специалистам в области учения о коллоидах, поскольку содержание её граничит с проблемами реологии коллоидно-дисперсных систем. Она представляет интерес для физиков-теоретиков и специалистов-гидродинамиков, поскольку в ней широко используются и развиваются расчётные методы современной гидродинамики.

Книга состоит из десяти глав.

Первая глава имеет справочный характер. В ней приведены необходимые сведения и соотношения из области современной гидродинамики, главным образом — теории пограничного слоя и теории турбулентности. Наличие этой главы в книге вполне оправдано, поскольку эти вопросы гидродинамики почти не освещаются в обычных физических и физико-химических руководствах. Однако с точки зрения читателя-экспериментатора в этой главе было бы желательно более пространное изложение.

Вторая и третья главы книги посвящены рассмотрению явления конвективной диффузии. Как известно, скорость превращений, происходящих на границе раздела твердое тело — жидкость (растворение, осаждение, адсорбция, каталитические и гетерогенные реакции в растворах), существенно зависит от быстроты доставки или отвода исходных или конечных продуктов превращения, например, отвода растворяющихся молекул от поверхности растворяющегося образца.

В том случае, когда процесс превращения на поверхности (например, переход молекул из кристалла в раствор, химическая реакция на поверхности) происходит достаточно быстро, суммарная скорость процесса определяется явлениями переноса. Поэтому на практике всегда прибегают к перемешиванию раствора, которое обеспечивает конвективный перенос вещества, налагающийся на молекулярную диффузию.

Во второй главе излагаются методы расчёта процесса конвективной диффузии в жидкостях при ламинарном течении. Разбиты точные и приближённые методы расчёта конвективной диффузии, даны точные решения задачи для простых геометрических условий, рассмотрен случай, когда скорость превращения на поверхности сравнима со скоростью переноса вещества, разобраны вопросы моделирования гетерогенных превращений и дано сравнение с теорией теплопередачи.

Третья глава посвящена теории переноса вещества при турбулентном движении жидкости. Анализ показывает, что процесс диффузии существенно зависит от структуры турбулентного потока, в частности от наличия турбулентного движения в вязком подслое, непосредственно прилегающем к твердой поверхности. Теоретические формулы для диффузионного потока, выведенные автором на основе предположения о существовании затухающей турбулентности в вязком подслое, находятся в согласии с опытными данными. Напротив, предположение о полном отсутствии турбулентности в вязком подслое приводит к расхождению с опытом. Таким образом, вопрос о существовании турбулентности в вязком подслое оказывается решённым в положительном смысле.

Глава четвертая посвящена теории электролиза. Вопросы прохождения тока в растворах электролитов в последние десятилетия почти совсем перестали обсуждаться в физической литературе. Даже в самых серьёзных руководствах по теории электричества этот вопрос освещается весьма кратко и с устаревших позиций. Поэтому представляется весьма ценным то, что автор рецензируемой монографии стремился осветить современное состояние вопроса с возможной полнотой. Не останавливаясь на вопросах теории электропроводности, он подробно излагает теорию конвективного переноса ионов и методы количественного расчёта процесса электролиза.

В этой же главе автор проводит сравнение теории конвективной диффузии в ламинарном и турбулентном потоке со значительным экспериментальным материалом, а также касается ряда практических приложений теории к расчёту электролизеров, растворению и коррозии металлов и т. п.

В пятой главе автор останавливается на особенностях жидкости со свободной поверхностью и на влиянии поверхностного натяжения на движение жидкости. Формулируется система граничных условий на свободной поверхности в присутствии поверхностно-активных веществ и перемещения поверхности натяжения.

Шестая глава посвящена гидродинамике капель и пузырьков. Рассмотрено движение капель жидкости в жидкой среде с учётом влияния поверхностно-активных веществ, растворённых в жидкости. Автор подробно останавливается на гипотезе поверхностной вязкости, согласно которой вблизи поверхности раздела фаз жидкость имеет аномально большую вязкость, существенно превышающую вязкость в объёме жидкости. Гипотеза поверхностной вязкости была высказана в связи с тем, что скорости

движения жидких капель и пузырьков в жидких средах, как показывает опыт, не отличаются от скорости твёрдых частиц. Представляется, однако, ещё дискуссионным мнение автора о том, что кажущееся «затвердевание» капель и пузырьков связано не с существованием аномальной поверхностной вязкости, но с влиянием поверхностно-активных веществ, присутствующих в жидкой среде.

Здесь же рассмотрены вопросы растворения веществ из капель и пузырьков. Автор рассматривает теорию растворения газа из единичного пузырька, имеющего разнообразные размеры и движущегося в различных условиях. Процесс этот составляет основу широко распространённого в промышленности метода абсорбции газов и паров, так называемого барботажа.

Главы седьмая и восьмая книги посвящены теории движения частиц, несущих электрический заряд (точнее — двойной электрический слой) на поверхности, в растворах электролитов. Сюда относится теория электрофореза — движения твёрдых частиц, а также теория движения ртутных капель. На поверхности частиц в растворе электролитов образуется двойной слой, внутренняя обкладка которого связана с частицей, а внешняя — с ионным облаком в растворе. Во внешнем электрическом поле на двойной слой действует сила, приводящая жидкость в движение. Различие в физических условиях на поверхности твёрдой и жидкой частицы приводит к различию в подвижностях примерно в 10^6 раз.

В восьмой главе теория движения ртутных частиц применяется к полярографическому анализу растворов, получившему весьма широкое распространение в аналитических лабораториях и в промышленности. Полярографический метод анализа основан, как известно, на измерении тока, текущего на ртутную каплю, вытекающую из капилляра и служащую электродом. Различным режимам вытекания капли отвечает разное перемешивание раствора и, соответственно, разные величины тока, текущего на капельный электрод. Восьмая глава книги посвящена детальному разбору теории действия капельного электрода при разных режимах вытекания, в присутствии поверхностно-активных веществ и т. п.

В девятой главе книги рассматривается теория капиллярных волн, в частности, в ней разбирается теория процесса гашения волн поверхностно-активными веществами, основанная на представлениях об упругих свойствах плёнки поверхностно-активного вещества.

Последняя, десятая глава книги содержит теорию течения жидкости в тонких плёнках. Стеkanie тонких слоёв жидкости часто встречается в лабораторной практике и в различных областях техники (вискозиметрия и т. п.). Автор последовательно рассматривает различные режимы течения плёнки жидкости, а также теорию растворения газов в движущейся плёнке. Последнее явление представляет основу широко распространённого в технике метода растворения газов (так называемый скрубберный процесс). В этой главе, в частности, изложены важные работы Б. В. Дерягина и М. М. Кусакова по изучению реологических свойств тонких плёнок на поверхности твёрдых тел методом сдвигания, получившие широкую известность. Описаны также интересные работы П. Л. Капицы по волновому течению тонких слоёв жидкости.

Можно поставить автору в упрёк некоторую неполноту охвата материала. Например, в книге отсутствуют такие разделы, как диффузионная кинетика в газовой фазе, теплопередача при кипении, теория капиллярных колебаний в струях и каплях. Все эти вопросы физико-химической гидродинамики тесно связаны с рядом разделов рецензируемой книги. В книге отсутствует также реология неньютоновских жидкостей, хотя следует заметить, что эта обширная область реологии требует, пожалуй, самостоятельной монографии. В главе десятой, где рассматривается движение жидкости в тонких плёнках, необходимо было бы указать на важнейшее

практическое значение этого раздела для теории смазки и сослаться на труды Н. П. Петрова, который, в частности, указывал на возможность аномальных гидродинамических явлений у смазочных масел вблизи поверхности твердой стенки. Пробелом является также отсутствие ссылки на работу И. С. Громеки, посвященную движению капель, где высказаны предположения о существовании поверхностной вязкости.

Для подкрепления справедливости теоретических выводов можно было бы привести в качестве иллюстраций несколько больше экспериментальных данных по ряду разделов. Можно было бы более полно изложить работы А. А. Леонтьевой по движению жидких капель в жидкой среде. Совсем не упомянуты работы Д. М. Толстого по пристенному скольжению.

Книга издана хорошо и количество имеющихся в ней опечаток невелико.

Резюмируя, следует ещё раз отметить, что данная монография В. Г. Левича представляет существенный интерес и заполняет собою определённый пробел, который был в этой области в литературе. Необходимо также подчеркнуть, что физики до сих пор ещё мало занимались вопросами, изложенными в этой книге. Появление рецензируемой книги должно привлечь внимание физиков к проблемам физико-химической гидродинамики.

М. П. Воларович