

гласованного описания динамики трансформирующейся плазмы с учётом излучения привела к появлению спец. направления радиац. плазмодинамики, тесно примыкающего к области, называемой химией плазмы (см. *Плазмахимия*). Количеств. учёт *переноса излучения* в плазмодинамич. системах требует громоздких расчётов, выполняемых реально только с помощью ЭВМ.

Расчёт пограничных слоёв имеет свои трудности, т. к. во мн. случаях здесь необходимы кинетич. модели. Если же речь идёт о потоках достаточно плотной плазмы, то вблизи стенок возникает «рециклинг», т. е. повторная ионизация атомов, образовавшихся при рекомбинации ионов на стенке. Расчёт зоны рециклинга требует, в принципе, тех же моделей, что и расчёт зоны первичной ионизации [2]. Т. о., реалистич. описание Т. п. очень сложно и может быть выполнено только с помощью ЭВМ. На самом деле ситуация ещё сложнее, т. к. необходимо ещё учитывать коллективные процессы в плазме, к-рые ведут к генерации волн, вихрей, солитонов и т. д., т. е. к турбулизации потока. В этих условиях большое значение имеют простые, легко рассчитываемые качеств. модели, к-рые позволяют выявить мн. существенные черты макропроцессов и к-рые затем уточняются на основе эксперим. данных. Если свободные пробеги электронов и ионов велики по сравнению с размерами системы, то все компоненты, как правило, требуют кинетич. рассмотрения. Такие условия имеют место, напр., в ускорителях с замкнутым дрейфом [3] (см. также *Пристеночная проводимость*).

В случае более плотной плазмы во мн. случаях оказывается эффективным «гибридное» приближение, при к-ром динамика тяжёлых частиц описывается с помощью кинетич. ур-ний (как правило, без учёта упругих столкновений), а динамика электронов — гидродинамическими ур-ниями. Оно справедливо, если время свободного пробега ионов $\tau_i \gg \tau_{oi} = L/v_i$ — времени жизни ионов в системе (L — характерный масштаб неоднородности), а время свободного пробега электронов $\tau_e \ll \tau_{oe}$ — времени жизни электронов в системе. Гибридное приближение использовалось ещё в 1920-х гг. И. Ленгмюром и Л. Тонксом. В последующем оно применялось, в частности, при анализе *плазмооптических систем* [4] и обтекания спутников ионосферной плазмой [5].

Для описания динамики плотной плазмы используются, как правило, *двухжидкостная гидродинамика плазмы* — модель с двумя «жидкостями», электронной и ионной. Одножидкостная магн. гидродинамика для лаб. плазменных систем обычно недостаточна из-за большой разницы скоростей ионов и электронов в этих плазменных системах, т. е. из-за сильно выраженного *Холла эффекта*.

Во мн. случаях предварительную информацию о течении плотной плазмы можно получить, рассматривая квазидвумерные течения в узких трубках потока. Следует также отметить, что если плазму, текущую в широком канале, можно считать идеальной, а ширина канала h медленно изменяется вдоль его оси z (т. е. можно пренебречь членами $(\partial h/\partial z)^2$), то расчёт двумерного течения во мн. интересных случаях можно свести к квадратурам [4].

Лит.: 1) Радиационная плазмодинамика, под ред. Ю. С. Протасова, т. 1, М., 1991; 2) Вопросы теории плазмы, в. 18, под ред. Б. Б. Кадошцева, М., 1990; 3) Ионные инжекторы и плазменные ускорители, под ред. А. И. Морозова, Н. Н. Семашко, М., 1990; см. также лит. при ст. *Плазмооптические системы*, *Плазменные ускорители*, *Магнитная гидродинамика*, *Магнитогидродинамический генератор*. А. И. Морозов.

ТИКСОТРОПИЯ — способность нек-рых дисперсных систем обратно разжижаться при достаточно интенсивных механич. воздействиях (перемешивании, встряхивании) и отвердевать (терять текучесть) при пребывании в покое. Т. — характерное свойство коагуляц. структур, к-рые можно подвергать разрушению неограниченное число раз, причём каждый раз их свойства полностью восстанавливаются. Примерами типичных тиксотропных структур могут служить системы, образующиеся при коагуляции водных коллоидных дисперсий гидроксида железа, гидроксида алюминия, пятиоксида ванадия, суспензий бентонита, каолина.

Механич. свойства тиксотропных структур характеризуются значениями трёх параметров (П. А. Ребиндер): наибольшей эфф. вязкости η_0 практически неразрушенной структуры, наименьшей эфф. вязкости η_m предельно разрушенной структуры и предельного напряжения сдвига P_0 . Зависимость эфф. вязкости η от приложенного напряжения сдвига P может быть описана ур-нием

$$\eta = \eta_m + (\eta_0 - \eta_m) \frac{P/P_0}{\text{sh}(P/P_0)}$$

При малых значениях P , не нарушающих покоя или вызывающих очень медленное течение, структура обладает свойствами твёрдого тела, т. к. скорость её восстановления в этих условиях превышает скорость разрушения. При $P \gg P_0$ система оказывается предельно разрушенной и представляет собой жидкость с небольшой вязкостью η_m . Величина P_0 характеризует прочность неразрушенной структуры. Процесс восстановления разрушенной структуры в покое может быть охарактеризован нарастанием прочности во времени.

В ряде случаев приложении небольших P и деформирование с небольшой скоростью ускоряют нарастание прочности и структурирование дисперсных систем: это явление наз. р.е.о.п.е.к.с.и.е. Иногда у концентрированных дисперсных систем (паст) обнаруживается дилатансия — возрастание η с увеличением скорости деформирования, сопровождающееся нек-рым увеличением объёма, занимаемого системой: при деформировании твёрдые частицы образуют более рыхлый каркас и имеющей жидкой среды оказывается недостаточно для того, чтобы обеспечить системе подвижность.

Т. дисперсных систем имеет большое практич. значение. Тиксотропными свойствами должны обладать консистентные смазки, лакокрасочные материалы, керамич. массы, промывные растворы, применяемые при бурении скважин, мн. пищевые продукты. И. Н. Владисев.

ТИНДАЛЯ ЭФФЕКТ — свечение оптически неоднородной среды вследствие рассеяния проходящего через неё света. Обусловлен *дифракцией света* на отд. частицах или элементах структурной неоднородности среды, размер к-рых намного меньше длины волны рассеиваемого света. Характерен для коллоидных систем (напр., гидрозолей, табачного дыма) с низкой концентрацией частиц дисперсной фазы, имеющих показатель преломления, отличный от показателя преломления дисперсионной среды. Обычно наблюдается в виде светлого конуса на тёмном фоне (конус Тиндаля) при пропускании сфокусированного светового пучка сбоку через стеклянную кювету с плоскопараллельными стенками, заполненную коллоидным раствором. Коротковолновая составляющая белого (немонокроматического) света рассеивается коллоидными частицами сильнее длинноволновой, поэтому образованный им конус Тиндаля в непоглощающем золе имеет голубой оттенок.

Т. э. по существу то же, что опалесценция. Но традиционно первый термин относят к интенсивному рассеянию света в ограниченном пространстве по ходу падающего луча, а второй — к слабому рассеянию света всем объёмом наблюдаемого объекта.

На явление свечения неоднородной среды при прохождении через неё света впервые обратил внимание М. Фарадей (М. Faraday, 1857). Дж. Тиндаль (J. Tyndall), по имени к-рого оно получило своё название, подробно описал его (1868), а Дж. Рэлей (J. Rayleigh) и Г. Ми (G. Mie) дали ему (соответственно в 1871 и 1908) теоретич. трактовку.

Т. э. воспринимается невооружённым глазом как равномерное и непрерывное свечение нек-рой части объёма рассеивающей свет системы. На самом деле свет исходит от отд. точек — дифракционных пятен, хорошо различимых под оптич. микроскопом при достаточно сильном освещении разбавленного золя. Интенсивность рассеянного в данном направлении света (при пост. параметрах падающего света) зависит от числа рассеивающих частиц и их размера.