

момент, то Г. во внеш. магн. поле ведут себя как парамагнетики.

Учёт межмолекулярного взаимодействия и внутр. строения молекул необходим при решении мн. проблем, напр. при исследовании влияния верх. разреженных слоёв атмосферы на движение ракет и спутников Земли (см. *Газовая динамика*).

Свойства Г. элементарных частиц (электронного Г., фононного Г. и др.) изучает квантовая статистика.

Лит.: Чепмен С., Каулинг Т., Математическая теория неоднородных газов, пер. с англ., М., 1960; Панченко Г. М., Лебедев В. П., Химическая кинетика и катализ, 2 изд., М., 1974; Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р., Молекулярная теория газов и жидкостей, пер. с англ., М., 1961; Криллиан В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е., Техническая термодинамика, 4 изд., М., 1983; Исихара А., Статистическая физика, пер. с англ., М., 1973; Спруэл Р., Современная физика, пер. с англ., М., 1974; Хир К., Статистическая механика, кинетическая теория и стохастические процессы, пер. с англ., М., 1976; Гордиенко Б. Ф., Осипов А. И., Шелепин Л. А., Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры, М., 1980. Ю. Н. Любитов.

ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА — раздел *гидроаэромеханики*, в к-ром изучаются движения легкоподвижных сред (газообразных и жидких, а также твёрдых — при быстром действии на них очень высоких давлений) с учётом их сжимаемости. К Г. д. в широком смысле следует отнести *акустику*, динамическую метеорологию, электро- и магнитогазодинамику, *динамику разреженных газов*, *динамику плазмы*. В теории разреженных газов и плазмы используется статистич. описание поведения совокупности частиц, составляющих среду. В остальных случаях в Г. д. движение рассматривается в рамках модели сплошной среды с использованием средних по малому объёму значений массы, импульса и энергии.

Г. д. — теоретич. основа мн. областей совр. техники. Результаты Г. д. необходимы при проектировании летат. аппаратов, ракет и их двигателей, при расчёте турбин и компрессоров, при расчёте движения артиллерийских снарядов в канале ствола и их траекторий в атмосфере, при расчёте горения и детонации топлив и взрывчатых веществ, при определении действия взрывных волн на препятствия, при описании высокоскоростного соударения твёрдых тел и во мн. др. случаях. В свою очередь, потребности техники стимулируют развитие Г. д. и расширение круга рассматриваемых в ней задач. Г. д. оказала значит. влияние на развитие ряда направлений математики — теорию разрывных решений дифференц. ур-ний, теорию ур-ний смешанного типа и др.

При небольших скоростях движения газа и при отсутствии мощных тепловых потоков извне или тепловыделения внутри газа изменения темп-ры и давления, а следовательно, и плотности газа невелики даже в том случае, если вся его кинетич. энергия перейдёт в тепло в результате диссипативных процессов или будет затрачена на работу сжатия газа. При большой скорости кинетич. энергия газа сравнима с внутр. тепловой энергией или даже велика по сравнению с ней. Поэтому при больших скоростях небольшое относительное изменение скорости может приводить к весьма значит. изменениям давления, темп-ры и плотности. Мощное тепловыделение внутри движущегося газа или приток теплоты извне также могут служить причиной значит. изменения плотности. Т. о., Г. д. изучает течения газа, происходящие при наличии больших разностей давлений и темп-ры и при больших скоростях. Необходимость учёта сжимаемости, т. е. изменения состояния газа при движении, тесно связывает Г. д. с *термодинамикой*.

В большинстве задач Г. д. движущейся средой является воздух. При теоретич. рассмотрении этих задач воздух во мн. случаях можно считать совершенным газом с постоянными теплоёмкостями. Лишь при низких темп-рах и высоких давлениях благодаря действию межмолекулярных сил возникают заметные отличия воздуха от совершенного газа; при высоких темп-рах и низких давлениях отличия вызываются процессами

диссоциации и ионизации. Для воздуха при нормальной плотности диссоциацию можно не учитывать до темп-р ~ 2000 К, а ионизацию до $10\,000$ К. При темп-рах, больших 500 К, но меньших, чем те, при к-рых начинается диссоциация, воздух можно считать совершенным газом с перем. теплоёмкостью, т. к. вследствие возбуждения колебат. степеней свободы молекул теплоёмкость воздуха возрастает.

Особенности течений сжимаемого газа. Важнейшая особенность газодинамич. явлений состоит в нелинейности описывающих их дифференц. ур-ний, что вызывает значит. трудности теоретич. исследования газодинамич. задач. Важное свойство течений газа состоит в том, что возмущения в газе распространяются с конечной скоростью. Малые возмущения давления распространяются в газе со скоростью звука. Если источник слабого возмущения помещён в равномерный поток воздуха, движущийся со скоростью v меньшей, чем скорость

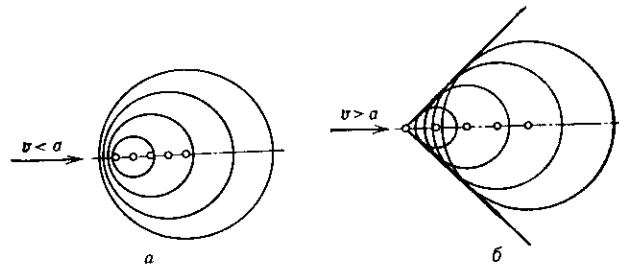


Рис. 1. Распространение слабых возмущений: а — в дозвуковом потоке, б — в сверхзвуковом потоке.

звука a (*Маха число* $M=v/a < 1$), то возмущения распространяются во все стороны и могут достичь любой точки потока. Если скорость потока сверхзвуковая ($M > 1$), то возмущения сносятся вниз по течению и не выходят за пределы конуса возмущений (рис. 1).

Свойства возмущений конечной интенсивности, связанных с повышением и понижением давления, существенно различаются. Для обычно рассматриваемых сред — т. н. нормальных газов — крутизна кривой, характеризующей распределение давления в волне сжатия в процессе её распространения по однородному покоящемуся газу, увеличивается, т. к. фазы волны сжатия, где давление выше (и скорость звука боль-

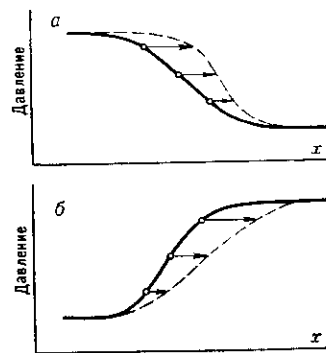


Рис. 2. Распространение возмущений давления конечной интенсивности в газе, связанных: а — с повышением, б — с понижением давления.

ше), распространяются с большей скоростью (рис. 2, а). Крутизна фронта даже волны малой интенсивности становится настолько большой, что изменение давления и др. величин можно приближённо считать происходящим в бесконечно тонком слое — на поверхности разрыва. Эти поверхности наз. ударными волнами или скачками уплотнения. Скорость распространения скачков уплотнения в газе больше скорости звука и увеличивается с ростом интенсивности скачка. При распространении возмущений конечной интенсивности, связанных с уменьшением давления (рис. 2, б), крутизна возмущения уменьшается, т. к. фазы волны разрежения, где давление меньше, распространяются с меньшей скоростью. Поэтому волна разрежения «растягивается» и изменение давления и др. параметров в ней, в отличие от ударной волны, происходит на отрезке