

состояния. Имеется ряд эмпирич. и полуэмпирич. ф-л, описывающих зависимость η реальных газов от темп-ры и давления.

η низкомолекулярных жидкостей сильно зависит от темп-ры, падая с её ростом. При не слишком высоких темп-рах (близких к темп-ре плавления) кинетич. членами в ур-нии (*) можно пренебречь и для сдвиговой η жидкости принять:

$$\eta = \mu_{\infty} \tau_q.$$

Сильная зависимость η жидкости от температуры объясняется прежде всего температурной зависимостью τ_q .

Для большинства жидкостей зависимость η от темп-ры при пост. давлении в узком интервале темп-р можно описать ф-лой Андраде:

$$\eta = A(T) \exp(B/T).$$

$A(T)$ по сравнению с $\exp(B/T)$ — слабая ф-ция от T . В нулевом приближении величину B связывают с энергией активации молекулярного скачка \mathcal{E}_a (см. *Жидкость*): $B = \mathcal{E}_a/k$, а время релаксации по координатам считают равным ср. времени жизни частицы в данном окружении (времени оседлости). Совр. исследования показали внутр. противоречивость этой модели, и ф-лу Андраде и её разл. обобщения следует рассматривать как эмпирические.

η жидкостей при постоянной темп-ре обычно увеличивается с ростом давления. Исключение составляет вода, у которой при температурах ниже 25°C η с ростом давления сначала падает и проходит через минимум. Простые жидкости достаточно хорошо описываются формулой Бауинского: $\eta = C/(V-b)$, где V — молярный объём, b — несжимаемый объём 1 моля, C — постоянная.

При пост. объёме η жидкости зависит от темп-ры гораздо слабее, чем при пост. давлении, и ф-ла Андраде неприменима. При высоких темп-рах или при высоких давлениях кинетич. членами в ур-нии (*) пренебрегать нельзя, и зависимость от темп-ры оказывается достаточно сложной (рис. 2). Тот факт, что η непосредственно определяется временем релаксации по координатам τ_q , объ-

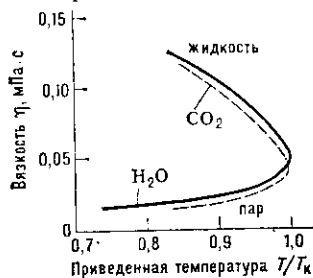


Рис. 2. Характер температурной зависимости вязкости вещества в жидком и газообразном состояниях.

ясняет корреляции в зависимостях η и других физико-кинетических характеристик жидкости, зависящих от τ_q , например скоростей релаксации в ядерном магнитном резонансе.

η воды при 20°C составляет $1,002 \pm 0,001$ мПа·с, и это значение принимается как эталонное. η низкомолекулярных жидкостей, расплавленных металлов и солей обычно не превышает неск. десятков Па·с. При более высоких вязкостях жидкости перестают вести себя как ньютоновские и их поведение следует рассматривать с общих позиций реологии и вязкоупругости.

η растворов зависит от концентрации растворённого вещества, причём эта зависимость может быть достаточно сложной, а η раствора может быть и больше, и меньше η чистого растворителя. η предельно разбавленных суспензий линейно зависит от объёмной доли ϕ взвешенных частиц: $\eta = \eta_0(1 + \alpha\phi)$ (ф-ла Эйнштейна); $\alpha = 2,5$ для частиц сферической формы, $\alpha > 2,5$ для частиц вытянутой формы, η_0 — η дисперсионной среды.

В расплавах и растворах полимеров, а также в многокомпонентных системах наблюдаются сложные явления, связанные с разрушением надмолекулярных структур при деформациях сдвига (см., напр., *миксотропия*),

и поведение таких сред оказывается ньютоновым при малых касат. напряжениях и неньютоновым при больших.

Сдвиговая и объёмная η являются важнейшими техн. характеристиками веществ. Эксперим. методы определения сдвиговой η см. в ст. *Вязкозиметрия*; объёмная η определяется из измерения поглощения звуковых и ультразвуковых волн.

Лит.: Гатчен Э., Вязкость жидкостей, пер. с англ., М., 1935; Михайлов И. Г., Соловьев В. А., Сырников Ю. П., Основы молекулярной акустики, М., 1964; Рид Р., Праусни Д. Ж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., 3 изд., Л., 1982; Френкель Я. И., Кинетическая теория жидкостей, Л., 1975; Виноградов Г. В., Малкин А. Я., Реология полимеров, М., 1977; Крокстон К., Физика жидкого состояния, пер. с англ., М., 1978; Ротт Л. А., Статистическая теория молекулярных систем, М., 1979. Ю. П. Сырников.

ВЯЗКОСТЬ компонент плазмы, как и η газов, характеризует необратимый перенос импульса за счёт внутривязкоупругих столкновений. В к-л. компоненты плазмы следует отличать от трения между электронной и ионной компонентами плазмы, возникающего при наличии однородной ср. скорости электронного газа относительно ионного.

Для существования η необходимо, чтобы распределение частиц данного сорта по скоростям отличалось от локального максвелловского распределения. η возникает при наличии градиента ср. скорости соответствующей компоненты (электронной, ионной). Так, если проекция v_y ср. скорости меняется по x , то из-за отсутствия баланса переноса импульса в противоположные стороны возникает поток y -й составляющей импульса вдоль оси x : $\Pi_{yx} = \eta \partial v_y / \partial x$, где коэф. η $\sim \rho \tau$; здесь τ — время между внутривязкоупругими столкновениями, ρ — давление соответствующей компоненты. При сравнимых темп-рах ионов и электронов η ионной компоненты существенно больше и определяется временем рассеяния ионов на ионах. При наличии магн. поля η носит более сложный характер, что связано с анизотропией движения частиц в магн. поле. Перенос импульса происходит существенно по-разному вдоль магн. поля и поперёк его; при этом важно также направление самого переносимого импульса. В магн. поле появляются также «вязкие» силы, не зависящие от τ и не приводящие к диссипации энергии. Подробнее см. в ст. *Перенос процессы в плазме*.

Лит.: Брагинский С. И., Явления переноса в плазме, в сб.: Вопросы теории плазмы, в. 1, М., 1963; Ораевский В. Н., Плазма на Земле и в космосе, 2 изд., К., 1980. С. С. Моисеев.

ВЯЗКОУПРУГОСТЬ — свойство материалов твёрдых тел (полимеров, пластмасс и др.) сочетать свойства упругости и вязкости. В данном случае напряжения и деформации зависят от истории протекания процесса нагружения (деформации) во времени и характеризуются поглощением энергии на замкнутом цикле деформации (нагружения) с постепенным исчезновением деформации при полном снятии нагрузки. При этом чётко выражены явления *ползучести материала* и релаксации напряжений.

Напр., величина удлинения цилиндрич. образца при нек-ром значении растягивающей силы зависит от того, по какому закону изменялась во времени сила от нуля до рассматриваемого значения. При быстром возрастании силы удлинение меньше, чем при медленном. Наоборот, одно и то же удлинение может возникнуть при разных значениях силы. В момент полной разгрузки имеется остаточная деформация, к-рая в последующем самопроизвольно убывает до нуля. Цикл растяжение — разгрузка требует необратимой затраты работы. Но при очень медленной реализации цикла потеря энергии ничтожно мала. Характеристики η существенно зависят от темп-ры.

Свойство η связано с наличием дальних взаимодействий, к-рое типично для материалов с длинными полимерными цепями. В кристаллич. телах смещения атомов определяются локальными силовыми полями, образуе-