

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ЗВУКА И РАССЕЯНИЯ СВЕТА В СМЕСИ ТОЛУОЛ — ЭТАНОЛ

С. А. Османов, В. П. Романов, Л. И. Савина

В смесях ассоциированных жидкостей, как правило, наблюдается максимум на кривой зависимости поглощения звука от концентрации. Аналогичная картина наблюдается для интенсивности изотропного рассеяния света. Вуксом и Лиснянским [1] было высказано предположение, что аномалии в обоих случаях имеют общую природу и связаны с большим уровнем флюктуаций концентрации.

Взаимодействие звуковой волны с флюктуациями концентрации в жидких растворах рассматривалось в работах [2—5], где было получено выражение для коэффициента избыточного поглощения звука, связанного с релаксацией флюктуаций концентрации:

$$\left(\frac{\alpha}{\nu^2}\right)_{изб} = \frac{V^2 k T \rho c}{4 \Phi^2 D} \left(\frac{\nu}{V} - \frac{\alpha \sqrt{1,44}}{C_p L} \right), \quad (1)$$

где $\Phi = (\partial^2 \Phi / \partial c^2)_{p, T}$, $\nu = (\partial^2 V / \partial c^2)_{p, T}$, $h = (\partial^2 H / \partial c^2)_{p, T}$, Φ — термодинамический потенциал, V — объем, H — энтальпия, c — скорость звука, ρ — плотность, ν — циклическая частота, D — коэффициент диффузии, α — коэффициент расширения, C_p — теплоемкость, L — радиус корреляции, равный примерно 10 Å. Величины Φ , h и ν вычисляются соответственно из давления паров, теплоты смешения и плотности.

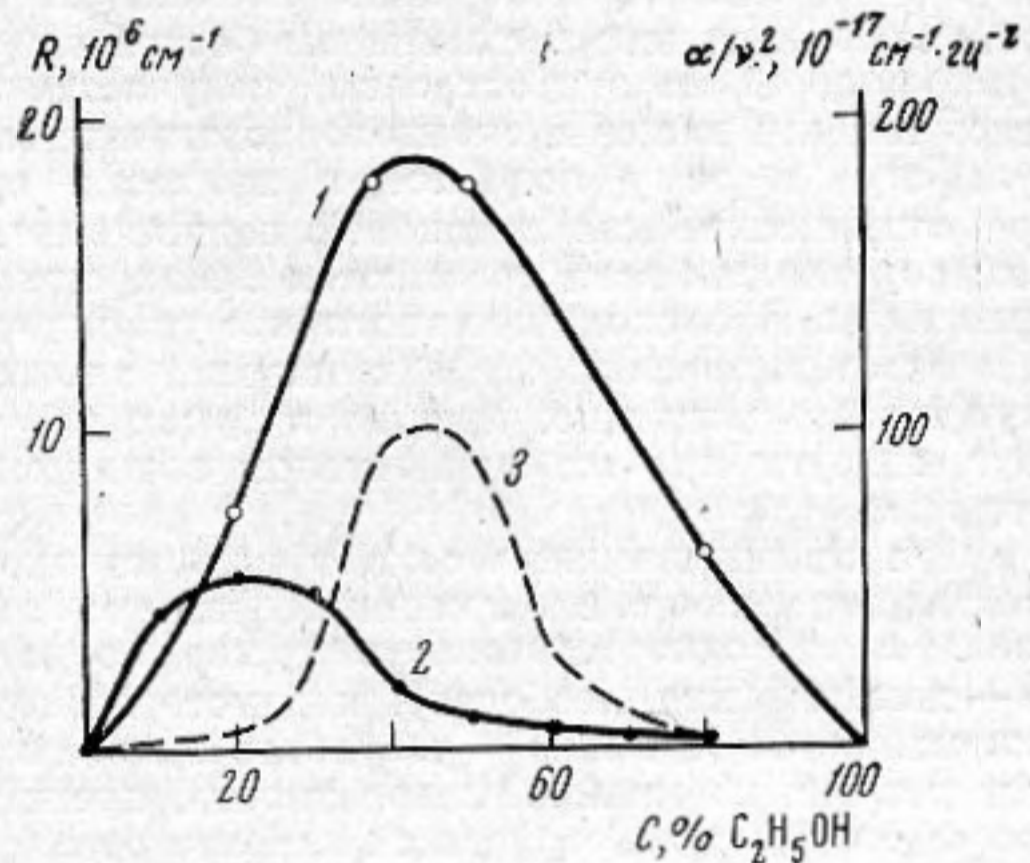
Сравнение теоретического значения поглощения с экспериментальным проводилось для ряда спиртоводных растворов и для смеси ацетон — вода [3, 4]. Во всех случаях было получено удовлетворительное согласие теории с опытом.

Представляет интерес провести также оценки для неводных растворов, в которых нет структурных аномалий, характерных для воды. В качестве объекта исследования была выбрана система этанол — толуол. В этой системе было измерено рассеяние света и поглощение звука при 25° во всей области концентраций. Зависимость интенсивности избыточного рассеяния света ($\nu = 90^\circ$) от концентрации приведена на фигуре (кривая 1). При расчете константы Рэлея для раствора в абсолютные единицы для бензола принято значение $R = 12,3 \cdot 10^{-6} \text{ см}^{-1}$ для $\lambda = 5461 \text{ Å}$.

Коэффициент поглощения звука измерялся импульсным методом на частотах 18,05; 30,1; 41,8 Мгц с точностью не более 10%. На всех частотах в пределах точности эксперимента величина α / ν^2 оставалась постоянной. В качестве $(\alpha / \nu^2)_{изб}$ на фигуре (кривая 2) приведена величина $[a_{экс} - a_1 c - a_2 (1 - c)] / \nu^2$, где a_1 и a_2 относятся к чистым компонентам. Такой способ выделения $(\alpha / \nu^2)_{изб}$ не очень точен, так как в чистом толуоле имеет место кнезеровское поглощение звука. Поэтому при добавлении к нему другой компоненты поглощение будет изменяться с концентрацией не по линейному закону. Чтобы аккуратно выделить $(\alpha / \nu^2)_{изб}$, необходимо знать концентрационную зависимость поглощения в смеси выше области релаксации флюктуаций концентрации, т. е. на частотах $5 \cdot 10^8 - 5 \cdot 10^9 \text{ Мгц}$ (кнезеровская релаксация в толуоле, по-видимому, лежит в области еще более высоких частот).

Кривая 3 представляет собой значение поглощения, вычисленного по формуле (1). Как видно из графика, теория удовлетворительно согласуется с опытом, если учесть грубость исходных предпосылок расчета и тот факт, что величины Φ и ν определены лишь приближенно, поскольку они были получены дифференцированием экспериментальных кривых, которые известны с недостаточной точностью.

Относительно численных расчетов интересно отметить, что здесь, так же как и в водных растворах, почти при всех концентрациях член $\alpha h / C_p$ гораздо меньше, чем ν / V , т. е. главную роль в поглощении звука играет изотермическая сжимаемость. Это, видимо, будет справедливо для большинства смесей вдали от критической точки расслаивания.



ЛИТЕРАТУРА

1. М. Ф. Вукс, Л. И. Лисицкий. Рассеяние света в растворах и его связь с диффузией и поглощением ультразвука. Укр. физ. ж., 1962, 7, 7, 778—781.
2. M. Fixman. Ultrasonic Attenuation in critical Region. J. Chem. Phys., 1961, 33, 5, 1363—1370.
3. В. П. Романов, В. А. Соловьев. О поглощении звука в растворах. Акуст. ж., 1965, 11, 1, 84—88.
4. В. П. Романов, В. А. Соловьев. К вопросу о поглощении звука в растворах. Акуст. ж., 1965, 11, 2, 257—259.
5. В. П. Романов, В. А. Соловьев. Флуктуации концентрации и их влияние на поглощение звука. Сб. «Проблема и роль воды в живом организме». Изд-во ЛГУ, 1966, 36—48.

Ленинградский государственный
университет

Поступило в редакцию
17 декабря 1968 г.

УДК 534.2

О СВЯЗИ ТЕОРИЙ ТРЕНИЯ С ТЕОРИЯМИ ПРОЧНОСТИ

Г. А. Остроумов

Современная физическая картина трения скольжения твердых тел (условно — вала о подшипник) изображает контакт твердых тел (условно — поликристаллических металлов) как весьма малые островки (пятна) их соприкосновения. Давление, приходящееся на эти островки, получается достаточно большим, чтобы выдавить здесь пленку влаги и сконденсированных газов, а также металлических окислов, сульфидов и тому подобное, и привести пространственную решетку вала в тесное соприкосновение с таковой подшипника. При таком близком соприкосновении микрокристаллы вала срастаются с микрокристаллами подшипника в единые микрокристаллы. Происходящее частичное упорядочение расположения атомов проявляется как экзотермический эффект нагрева трущихся поверхностей. Эту картину легко осуществить наглядно, прижав в руках два зачищенные до блеска кусочка свинца друг к другу при их очень малом взаимном повороте: кусочки склеиваются друг с другом.

При проворачивании вала в подшипнике производится разрыв образовавшихся микрокристаллических сращений, на что затрачивается «работа трения». Разрыв может иметь односторонний характер, когда на валу остается ямка, на подшипнике — холмик (или наоборот), и двусторонним, когда из островка соприкосновения выщипывается пылинка — результат износа как вала, так и подшипника. Вероятно, этот разрыв, по крайней мере иногда, происходит в расплавленной фазе и продукт износа состоит из отвердевших капелек расплава.

Опыт показывает, что сила трения (точнее коэффициент трения) зависит от скорости скольжения. Например, по опытным данным Вихерта [1], сказывается, что при трении стальной тормозной колодки о воздушно-сухую стальную бандаж железнодорожного колеса коэффициент трения μ зависит от скорости движения поезда v км/час следующим образом:

$$\mu = 0,45 \frac{1 + 0,0112v}{1 + 0,06v} \approx 0,45 - 0,0022v + 0,000132v^2 \dots$$

Отрицательный знак перед вторым членом в формуле указывает на наличие в этом явлении элементов «отрицательного сопротивления» (как бы отрицательной вязкости) для изменений скорости около ее некоторой фиксированной величины.

Роль этого отрицательного сопротивления проявляется при качении трамвайного ската по закруглению рельсов. Одно колесо ската катится по внешнему более длинному рельсу с отставанием, другое — по внутреннему с опережением, возникает скольжение колес ската по паре рельсов. Отрицательное сопротивление, сопровождающее это скольжение, возбуждает характерный визг — крутильные колебания обоих колес на объединяющей их общей оси ската.

Другим ярким примером практического использования этого опытного факта является применение смычка в смычковых музыкальных инструментах, а также для возбуждения камертонов при физических опытах, колебаний пластинок для получения фигур Хладни и тому подобное.

Эта зависимость силы трения от скорости показывает, что описанное срастание микрокристаллов требует времени: чем медленнее скольжение, тем глубже и полнее взаимное срастание микрокристаллов вала и подшипника и тем большее число раз осуществляются такие элементарные акты их срастания. Для многих других материалов коэффициент трения только растет с увеличением скорости и это означает,