

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ
МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ АКУСТИКИ

Yunusova Zuxra Taxirovna

Преподаватель Андиганского института экономики и строительства

Аннотация: Данная работа посвящена одной из важных направлений исследований физических объектов – молекулярной акустики. Показаны основные методы исследований и область их применения. Основные физические параметры определяются кинетическими характеристиками молекулярных процессов с такими макроскопическими величинами, как скорость и коэффициент поглощения звука. Методы молекулярной акустики широко используются также в определении дефектов твердых тел.

Аннотация: Ушбу мақолада физик объектларнинг хоссаларини ўрганишнинг асосий йўналишларидан бири – молекуляр акустикага бағишланган. Асосий тадқиқот усуллари ва қўлланилиши соҳалари кўрсатилган. Асосий физик параметрлар молекуляр жараёнларнинг кинетик характеристикаларнинг макроскопик катталиклари бўлган товушнинг тарқалиши тезлиги ва товушнинг ютилиши коэффициентлари орқали аниқланади. Молекуляр акустика методлари қаттиқ жисмлардаги нуқсонларни аниқлашда ҳам кенг қўлланилади.

Annotation: This work is devoted to one of the most important areas of research of physical objects – molecular acoustics. The main research methods and their application are shown. The main physical parameters are determined by the kinetic characteristics of molecular processes with macroscopic values such as the speed and absorption coefficient of sound. Molecular acoustics methods are also widely used in the determination of solid body defects.

Ключевые слова: молекулярная акустика, скорость звука, поглощение звука, релаксация, дисперсия, сжимаемость, кинетика, фазовые переходы.

Калит сўзлар: молекуляр акустика, товуш тезлиги, товуш ютилиши, релаксация, дисперсия, сиқилувчанлик, кинетика, фазовий ўтишлар.

Keywords: molecular acoustics, sound velocity, sound absorption, relaxation, dispersion, compressibility, kinetics, phase transitions.

Молекулярная акустика - раздел физической акустики, в котором структура, свойства вещества и кинетика молекулярных процессов исследуются акустическими методами. Основные методы молекулярной акустики - измерения скорости звука и коэффициент поглощения звука в зависимости от различных физических параметров: частоты звуковой волны, температуры, давления, магнитного поля и др. величин. Исследования, проводимые такими методами, иногда объединяют в особый раздел экспериментальной акустики – ультразвуковую или акустическую спектроскопию. Методами молекулярной акустики можно исследовать газы, жидкости, полимеры, твёрдые тела, плазму. На ранней стадии развития этой области и в некоторых случаях

до сих пор термин "Молекулярная акустика" применяют лишь к исследованиям молекулярной структуры газов и жидкостей.

Молекулярная акустика, как самостоятельный раздел акустики возникла в 30-х гг. 20 в., когда было выяснено, что процессы колебательной релаксации в газах вносят существенный вклад в поглощение звука и приводят к появлению дисперсии звука. В дальнейшем было выяснено, что эти процессы играют важную роль при распространении звука не только в газах, но и в жидкостях, и в др. веществах. Изучение релаксационных процессов в звуковой волне позволило связать некоторые свойства вещества на молекулярном уровне, а также кинетические характеристики молекулярных процессов с такими макроскопическими величинами, как скорость и коэффициент поглощения звука [1].

Скорость звука определяется структурой среды и взаимодействием между молекулами, поэтому измерения её величины дают сведения о равновесной структуре жидкостей и газов. По скорости звука можно определить адиабатическую сжимаемость вещества, отношение теплоёмкостей, модули упругости твёрдого тела и др. Данные измерения скорости звука позволяют судить о составе газовых и жидких смесей, в том числе и растворов. Данные по поглощению звука позволяют определять коэффициент сдвиговой и объёмной вязкости, времена релаксации и другие параметры.

В газах по зависимости скорости звука от температуры определяют параметры, характеризующие взаимодействие молекул при столкновениях. В жидкостях, вычисляя скорость звука на основании той или иной модели жидкости и сравнивая результаты расчёта с экспериментом, в ряде случаев можно оценить правдоподобность используемой модели и определить энергию взаимодействия между молекулами.

При наличии релаксационных процессов энергия поступательного движения молекул в звуковой волне перераспределяется на внутренние степени свободы, при этом появляется дисперсия скорости звука, а зависимость коэффициент поглощения от частоты отклоняется от классического квадратичного закона: коэффициент поглощения звука на длину волны имеет максимум на некоторой частоте $\omega_r = 1/t$, называемой частотой релаксации. Величина дисперсии скорости звука и значение коэффициент поглощения на частоте ω_r зависят от того, какие именно степени свободы возбуждаются под действием звука, а время релаксации t связано со скоростью обмена энергией между различными степенями свободы. Измеряя скорость и поглощение звука в зависимости от частоты, можно судить о характере молекулярных процессов и о том, какой из этих процессов вносит основной вклад в релаксацию. Методы молекулярной акустики позволяют исследовать возбуждение колебательных и вращательных степеней свободы в газах и жидкостях. Также определить характер столкновений молекул в смесях различных газов, процесс установления равновесия при химических реакциях, структурную релаксацию в жидкостях, процессы сдвиговой релаксации в очень вязких жидкостях и полимерах,

различные процессы взаимодействия звука с электронами проводимости, магнонами, фононами и другими элементарными возбуждениями в твёрдых телах (Спин - фононное взаимодействие, Акустоэлектронное взаимодействие). Методы молекулярной акустики могут использоваться также для исследования кинетики молекулярных процессов в растворах и смесях, в критической области при фазовых переходах, в расслаивающихся полимерных системах. Эти методы позволяют исследовать свойства стёкол в твёрдом и жидком состоянии, включая область стеклования. В жидкости с пузырьками газа по характеру зависимостей скорости и поглощения от частоты можно определить размеры пузырьков и концентрацию газовой фазы, в биополимерах - характер межмолекулярных взаимодействий и перестройку молекул биополимеров в растворе [2].

Область релаксации для жидкостей лежит, как правило, в диапазоне более высоких частот, чем для газов. В очень вязких жидкостях, полимерах и некоторых других веществах в поглощение и дисперсию может давать вклад целый набор релаксационных процессов с широким спектром времён релаксации. Изучение влияния температуры и давления на частотные зависимости скорости и поглощения звука позволяет разделить вклад различных релаксационных процессов.

В молекулярной акустике для исследований обычно применяется ультразвуковые и гиперзвуковые волны: в газах - в диапазоне частот 10^4 - 10^5 Гц, а в жидкостях и твёрдых телах - в диапазоне 10^5 - 10^{10} Гц. Использование оптических методов, а именно: измерение смещения и ширины компонент Манделъштама - Бриллюэна рассеяния и определение по ним скорости и коэффициента поглощения звука, позволило расширить диапазон применяемых частот вплоть до десятков ГГц [3].

Методы молекулярной акустики могут использоваться также для исследования веществ, в которых взаимодействие звука с элементарными возбуждениями не ограничивается простейшими релаксационными процессами. Например, исследование поглощения звука в металлах и полупроводниках при различных температурах, магнитных полях и других воздействующих факторах позволяет получить информацию о поведении электронов, о структуре ферма - поверхностей и об особенностях электрон-фононного взаимодействия. Измерение затухания звука в диэлектриках, например, в кварце, в зависимости от температуры и при разных условиях предварительной обработки позволяет судить о наличии тех или иных примесей или дефектов [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Михайлов И. Г., Соловьёв В. А., Сырников Ю. П., Основы молекулярной акустики, М., 1964;
2. Физическая акустика, под ред. У. Мэзона, пер. с англ., т. 2, ч. А, М., 1968; т. 4, ч. А-Б, М., 1969-70; т. 5, 7, М., 1973-74;

3. Такер Д ж., Рэмington В., Гиперзвук в физике твердого тела, пер. с англ., М., 1975;
4. Красильников В. А., Крылов В. В., Введение в физическую акустику, М., 1984.