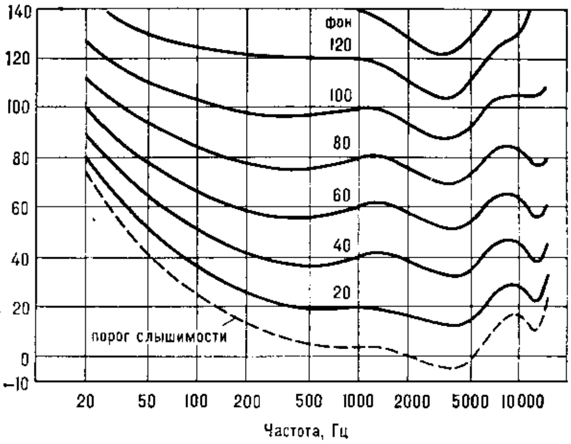
Измерение громкости произвольного звука основано на способности человека устанавливать равенство громкости двух звуков или их отношение (во сколько раз один звук громче другого). Для чистых тонов Г. з. зависит от уровня звукового давления p по закону $\Gamma = k(p-p_0)^n$, где p_0 — порог слышимости, k — постоянная, зависящая от частоты звука, его длительности и индивидуальных особенностей слушателя; величина n зависит от p и при $p_0 < p <$ 30 дБ $n > 2$, при 30 дБ $< p <$ 60 дБ $n \approx 1$, при $p >$ 60 дБ $n \approx 0{,}5$. В определ. пределах при одинаковых частоте и интенсивности двух звуков более короткий кажется менее громким (явление временной суммации громкости). Постоянная времени такой суммации прибл. равна 10 мс. Вблизи порога слышимости она больше, чем при высоких уровнях звукового давления.

В практич. задачах Г. з. принято характеризовать уровнем Г. з., измеряемым в фонах. Уровень Г. з. тона 1 кГц в фонах численно равен уровню *звукового давления* в дБ. Для произвольного звука уровень Г. з. определяется подбором равногромкого тона 1кГц с



Зависимость уровня звукового давления чистых тонов от частоты при заданной громкости. Каждая кривая объединяет тоны всех частот, одинаковые по громкости для слушателей в возрасте 18—20 лет с нормальным слухом (кривые взяты по рекомендациям Международной организации стандартов, принятых и в СССР).

известным уровнем громкости. Для оценки уровня Г. з. синусоидальных тонов, узкополосных шумов и нек-рых созвучий удобно пользоваться кривыми равной громкости, принятыми междунар. стандартом (рис.). Кривые равной громкости используются при построении *шумомеров*, предназначенных для измерения уровня громкости шумов.

Лит.: Цвикер Э., Фельдкеллер Р., Ухо как приёмник информации, пер. с нем., 2 изд., М., 1971.

Н. А. Дубровский.

ГРУ́ППА — множество, на к-ром определена операция, наз. умножением и удовлетворяющая спец. условиям (групповым аксиомам): в Г. существует единичный элемент; для каждого элемента Г. существует обратный; операция умножения ассоциативна. Понятие Г. возникло как обобщение при рассмотрении конкретных групп преобразований (взаимно однозначных отображений разл. множеств на себя). Для преобразований роль умножения играет композиция преобразований, т. е. последоват. выполнение сначала одного из них, а потом второго. Такая операция по определению ассоциативна. Роль единицы играет тождественное преобразование. Любую Г. можно реализовать как Г. преобразований, сохранив при этом внутр. алгебраич. структуру.

Понятие Г. зародилось в кон. 18 — нач. 19 вв. независимо в трёх областях математики: в теории алгебраич. ур-ний [Ж. Лагранж (J. Lagrange), А. Вандермонд (A. Vandermonde), Н. Абель (N. Abel), Э. Галуа (E. Galois)], геометрии [А. Мёбиус (A. Möbius), А. Кэли (A. Cayley)] и теории чисел [Л. Эйлер (L. Euler), К. Гаусс (C. Gauss)]. В законченном виде понятие Г. оформилось в кон. 19 — нач. 20 вв. [К. Жордан (C. Jordan), Ф. Клейн (F. Klein), С. Ли (S. Lie), Г. Вейль (H. Weyl)].

Б. ч. приложений теории Г. связана с тем, что в терминах Г. естественно выражается свойство симметрии той или иной физ. системы или её матем. модели (напр., геом. фигуры). Система обладает симметрией, если её свойства остаются инвариантными (неизменными) при нек-ром преобразовании её элементов. Г. преобразований, оставляющих свойства системы инвариантными, наз. групповой симметрии. Напр., Г. симметрии равностороннего треугольника содержит повороты вокруг его центра на углы, кратные 120°, и отражения относительно осей, каждая из к-рых проходит через центр и одну из вершин. Практически важный пример — непрерывные симметрии, с к-рыми в физике связаны *сохранения законы* (см. *Нётер теорема*, *Симметрия* законов физики).

Первые применения теории Г. в физике были связаны с выделением геом. элементов симметрии. Так, в 1890 Е. С. Фёдоров нашёл все возможные Г. *симметрии кристаллов* (кристаллографические, или фёдоровские Г.). Квантовомеханич. теория атома водорода, построенная в 20-х гг., существенно опиралась на тот факт, что атом водорода обладает центр. симметрией, т. е. его свойства инвариантны относительно группы вращений (см. *Вращений группа*). Понимание таких характеристик элементарных частиц, как масса и спин, было достигнуто в рамках теоретико-группового подхода [Ю. П. Вигнер (E. P. Wigner), 1939], когда стало понятно, что симметрии релятивистской элементарной частицы описываются Г. движений пространства-времени, в к-ром она распространяется (*Пуанкаре группой*).

В нач. 50-х гг. было введено понятие *внутренней симметрии*, связанной не со структурой пространства-времени, а с нек-рыми свойствами взаимодействий (*изотопическая инвариантность*, *унитарная симметрия*). В 60-х гг. развивается теория *калибровочных полей*, или *Янга — Миллса полей*, где гл. роль играет Г. *калибровочных преобразований*, к-рая получается, если преобразования из Г. внутр. симметрий совершать в разных точках независимо друг от друга. Развитие теории калибровочных полей повысило интерес физиков к совр. теории Г. Групповые методы существенны также в теории *перенормировок* (см. *Ренормализационная группа*).

Теоретико-групповые методы применяют в спектроскопии атомов и молекул (см. *Симметрия молекул*, *Перестановок группа*), ядерной физике, квантовой теории поля, квантовой механике, физике твёрдого тела, теории ур-ний матем. физики. В приложениях используют гл. обр. теорию *представлений групп*, т. е. реализаций Г. преобразованиями линейного пространства. Эта теория позволяет извлекать количеств. следствия из одного лишь факта, что физ. система обладает той или иной симметрией.

Основные определения. Операция умножения в группе G каждой (упорядоченной) паре элементов g, g' ставит в соответствие третий элемент $g'' = gg'$, наз. их произведением. Эта операция должна удовлетворять групповым аксиомам: 1) она ассоциативна, $g(g'g'') = (gg')g''$; 2) существует элемент e, наз. групповой единицей, умножение на к-рую ничего не меняет, $ge = eg = g$; 3) для любого элемента g существует обратный элемент g^{-1}, к-рый при умножении на g даёт единицу, $gg^{-1} = g^{-1}g = e$. Умножение в Г., вообще говоря, не перестановочно, $gg' \neq g'g$. Г., для к-рых умножение перестановочно (коммутативно), наз. коммутативными или абелевыми. В таких Г. групповая операция часто наз. не умножением,