

С матем. точки зрения Г. а. есть предельный случай волновой теории распространения звука при стремлении длины волны к нулю и в этом отношении аналогична геометрической оптике в теории распространения света. Г. а. можно пользоваться при конечной длине волны звука, если эта длина достаточно мала по сравнению с расстоянием, на к-ром скорость звука меняется существенно, и по сравнению с характерными размерами задачи (напр., размерами препятствия, поперечником излучателя и т. п.); кроме того, должно быть выполнено условие медленности изменения параметров звукового поля в направлении, перпендикулярном к лучам. Г. а. неприменима или даёт значит. погрешность при расчёте звукового поля в областях, где вследствие волновой природы звука существенны дифракц. эффекты, к-рые в Г. а. не учитываются принципиально (напр., вблизи границы тени, вблизи фокальной области при фокусировке звука и т. п.). В области применимости Г. а. звуковое поле в любой точке можно рассматривать локально как квазиплоскую волну, бегущую в направлении касательной к лучу. Для гармонич. волн каждую величину p , характеризующую поле, можно записать в виде

$$p = ae^{-i\omega t + i \frac{\omega}{c_0} \psi}$$

где ω — частота, амплитуда a — медленно меняющаяся ф-ция координат, c_0 — локальная скорость звука в нач. точке, а эйконал ψ связан с локальным коэф. преломления n соотношением

$$\nabla \psi = n \mathbf{T},$$

где \mathbf{T} — единичный вектор касательной к лучу. Пользуясь Ферма принципом, можно найти ур-ние луча в виде

$$\kappa = \frac{1}{n} (\nabla n N),$$

где κ — кривизна луча, N — единичный вектор его гл. нормали. Из этого ур-ния следует, что луч искривляется в сторону уменьшения скорости звука.

При распространении звука соотношения Г. а. могут потерять свою применимость в результате усложнения структуры звукового поля, а затем вновь восстанавливать её. Так, при приближении к каустической поверхности Г. а. даёт при расчёте поля ошибочные результаты (в частности, согласно лучевой картине, поле на каустике обращается в бесконечность); по удалении от каустики звуковое поле снова правильно описывается лучевой картиной. При физ. выделении лучевой трубки, напр. при диафрагировании плоской волны большим отверстием в экране, когда, согласно Г. а., проходящий пучок параллельных лучей должен был бы распространяться неограниченно, в действительности лучи постепенно вытесняются с боков дифракц. полем и на расстоянии $r \sim D^2/\lambda$ от экрана (D — линейный размер отверстия, λ — длина волны звука) проходящее поле полностью теряет свой лучевой характер. При $r \gg D^2/\lambda$ лучевой характер поля восстанавливается, но получающийся пучок лучей оказывается расходящимся. Аналогично ведёт себя пучок лучей, создаваемый большим поршневым излучателем. Звуковая тень позади большого препятствия засвечивается с боков дифракц. полем, огибающим препятствие. Вдали от источников звука и от препятствий звуковое поле в среде со свойствами, медленно меняющимися от точки к точке, описывается лучевой картиной всюду, за исключением областей, близких к каустикам. Действие линз акустически и зеркал акустически можно изучать при помощи Г. а. всюду, за исключением области, близкой к фокусу.

Отражение и преломление звука можно рассматривать при помощи лучевой картины при условии, что радиус кривизны граничной поверхности велики по сравнению с длиной волны, а источник звука находится вдали от границы. Направления отражённых и прелом-

лённых лучей следует определять по Снелля закону, считая, что отражение происходит в каждой точке от плоскости, касательной к поверхности в этой точке; амплитуды отражённого и преломлённого луча определяются по ф-лам Френеля для отражения и преломления плоских волн.

Г. а. широко применяются при расчёте звуковых полей в естеств. средах: в атмосфере, океане и толще Земли (особенно при распространении на большие расстояния). Лучевая картина позволяет объяснить образование звуковых теней, зон молчания, зон аномальной слышимости, явление сверхдальнего распространения в подводном звуковом канале и т. п. и делается неприменимой только на низком инфразвуке (см. Гидроакустика, Геоакустика).

Лит.: Горелик Г. С., Колебания и волны, 2 изд., М., 1959; Бреховских Л. М., Волны в слоистых средах, 2 изд., М., 1973, гл. 6; Чернов Л. А., Волны в случайно-неоднородных средах, М., 1975, ч. 1. М. А. Исакевич.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА — раздел оптики, в к-ром изучаются законы распространения света в прозрачных средах и условия получения изображений на основании матем. модели физ. явлений, происходящих в оптич. системах, справедливой, когда длина волны света бесконечно мала. Положения Г. о. имеют значения первых приближений, согласующихся с наблюдаемыми явлениями, если эффекты, вызываемые волновой природой света, — интерференция, дифракция и поляризация — несущественны. Выводы Г. о. строятся дедуктивным методом на основании неск. простых законов, установленных опытным путём:

1. Закон прямолинейного распространения света: в однородной среде свет распространяется прямолинейно. Линия, вдоль к-рой переносится световая энергия, наз. лучом. В однородной среде лучи света представляют собой прямые линии.

2. Закон преломления, к-рый устанавливает изменение направления луча при переходе из одной однородной среды в другую: падающий и преломлённый лучи лежат в одной плоскости с нормалью к преломляющей поверхности в точке падения, а направления этих лучей связаны соотношением $n \sin \alpha = n' \sin \alpha'$, где n и n' — показатели преломления соответственно первой и второй сред, α — угол падения (угол между лучом, падающим на поверхность, и нормалью к поверхности в точке падения), α' — угол преломления (угол между преломлённым лучом и нормалью к поверхности в точке падения). Закон преломления открыт в 17 в. В. Снеллиусом (W. Snellius) и П. Декартом (R. Descartes).

3. Закон отражения, к-рый устанавливает изменение направления луча в результате встречи с отражающей (зеркальной) поверхностью: падающий и отражённый лучи лежат в одной плоскости с нормалью к отражающей поверхности в точке падения, и эта нормаль делит угол между лучами на две равные части. Формально этот закон можно рассматривать как частный случай закона преломления при $n' = -n$. Закон отражения впервые упоминается в «Катоптрике» Евклида (примерно 300 до н. э.).

4. Закон независимого распространения лучей: отд. лучи не влияют друг на друга и распространяются независимо. Если в какой-либо точке сходятся две системы лучей, то освещённости, создаваемые ими, складываются.

Понятие лучей сохраняется и в волновой оптике, в к-рой световые лучи Г. о. трактуются как нормали к волновой поверхности — геом. месту точек, в к-рых световые эл.-магн. колебания имеют одинаковую фазу. Согласно теореме Малюса — Дюпена, пучку лучей, вышедшему из к.-л. точки, после произвольного числа преломлений и отражений в последней среде соответствует множество ортогональных этому пучку поверхностей, являющихся волновыми поверхностями, т. е. свойство ортогональности не теряется при преломлении и отражении. Произведение показателя преломления однородной среды n на расстояние между двумя волновыми