Все физические теории отражают происходящие в природе процессы лишь приближённо. Для любой теории могут быть указаны определённые границы её применимости. Можно ли применять в конкретном случае данную теорию или нет, зависит не только от той точности, которую обеспечивает эта теория, но и от того, какая точность требуется при решении той или иной практической задачи. Границы применимости теории можно установить лишь после того, как разработана более общая теория, охватывающая те же явления.

Все эти общие положения относятся и к геометрической оптике. Эта теория является приближённой. Она неспособна объяснить, например, явления интерференции и дифракции света. Более общей и более точной теорией является волновая оптика. Согласно ей закон прямолинейного распространения света и другие законы геометрической оптики выполняются достаточно точно лишь в том случае, если размеры препятствий на пути распространения света много больше длины световой волны. Но совершенно точно они не выполняются никогда.

Принцип действия оптических приборов описывается законами геометрической оптики. Согласно этим законам можно различать с помощью микроскопа сколь угодно малые детали объекта; с помощью телескопа можно установить существование двух звёзд при любых малых угловых расстояниях между ними. Однако в действительности это не так, и лишь волновая теория света позволяет разобраться в причинах предела разрешающей способности оптических приборов.

Разрешающая способность микроскопа и телескопа.

Способность оптического прибора различать детали рассматриваемого объекта называют разрешающей способностью прибора.

Волновая природа света налагает предел на возможность различать детали предмета или очень мелкие предметы при их наблюдении с помощью микроскопа. Дифракция не позволяет получить отчётливые изображения мелких предметов, так как свет распространяется не строго прямолинейно, а огибает предметы. Из-за этого изображения получаются размытыми.

Минимальное линейное расстояние между точками предмета или двумя предметами, которые можно различить с помощью микроскопа, где п — показатель преломления материала, из которого изготовлена линза объектива. Учитывая, что среднее значение показателя преломления стекла п ~ 1,5, получаем I ~ X. Следовательно, невозможно разрешить две детали объекта, размеры которых меньше длины световой волны.

Применение ультрафиолетового излучения позволяет повысить разрешающую способность линз. Использование же электронного микроскопа даёт возможность получать разрешение, во много раз превышающее разрешение оптического микроскопа.

Дифракция также налагает предел на разрешающую способность телескопа. Вследствие дифракции волн у края оправы объектива изображением звезды будет не точка, а система светлых и тёмных колец. Если две звезды находятся на малом угловом расстоянии друг от друга, то эти кольца налагаются друг на друга, и глаз не может различить, имеются ли две светящиеся точки или одна. Предельное угловое расстояние (предел разрешения оптического прибора) между светящимися точками, при котором их можно различать, определяется отношением длины волны к диаметру объектива: где 0 — угол, под которым из центра линзы наблюдаются два точечных объекта.

Таким образом, для уменьшения углового расстояния, которое разрешается телескопом, необходимы объективы возможно большего диаметра.

Эти примеры показывают, что с дифракцией приходится считаться всегда, при любых препятствиях. Ею при очень тщательных наблюдениях нельзя пренебрегать и в случае препятствий, размеры которых значительно больше, чем длина волны.