

# ОПТИКА, ВИДЫ, ОПИСАНИЕ



## **Оптика. Разновидности, основные понятия, описание**

Оптика возникла много веков назад как наука, изучающая свойства света – часть дисциплины физики. Это также становилось все более важным для практического применения, как важная область технологии.

Свойства света уже достаточно точно известны в течение многих десятилетий, поэтому большая часть современных исследований в области оптики сосредоточена на приложениях. Например, можно изучать техническую оптику, которая фокусируется на принципах работы и дальнейшей оптимизации различных оптических компонентов и устройств.

Оптика играет решающую роль в области фотоники. В основном к отношению различных свойств света и его распространения, например, через прозрачные оптические материалы. Это также имеет очень важное экономическое значение как средство для многих других современных технологий.

Однако многие детали генерации и обнаружения света лежат за пределами области оптики, которая в основном занимается распространением света. Фотоника включает в себя другие важные области, такие как лазерная физика, которые взаимодействуют с оптической физикой.

В настоящее время оптика имеет дело не только с видимым светом, но также с инфракрасным и ультрафиолетовым светом, поскольку они имеют много общих свойств с видимым светом и часто используются с аналогичными оптическими компонентами.

### **Геометрическая оптика**

Геометрическая оптика - это широко используемая концепция в оптике, где распространение света описывается геометрическими световыми лучами. Эквивалентный термин - "лучевая оптика".

Сделаны следующие предположения относительно световых лучей:

Они не имеют поперечного удлинения, то есть имеют нулевую толщину.

В однородных оптических материалах (например, оптических стеклах или воздухе) представляют собой прямые линии.

Отражаются или отклоняются (преломляются) на гладких оптических границах раздела с определенными законами, определяющими направления исходящих лучей.

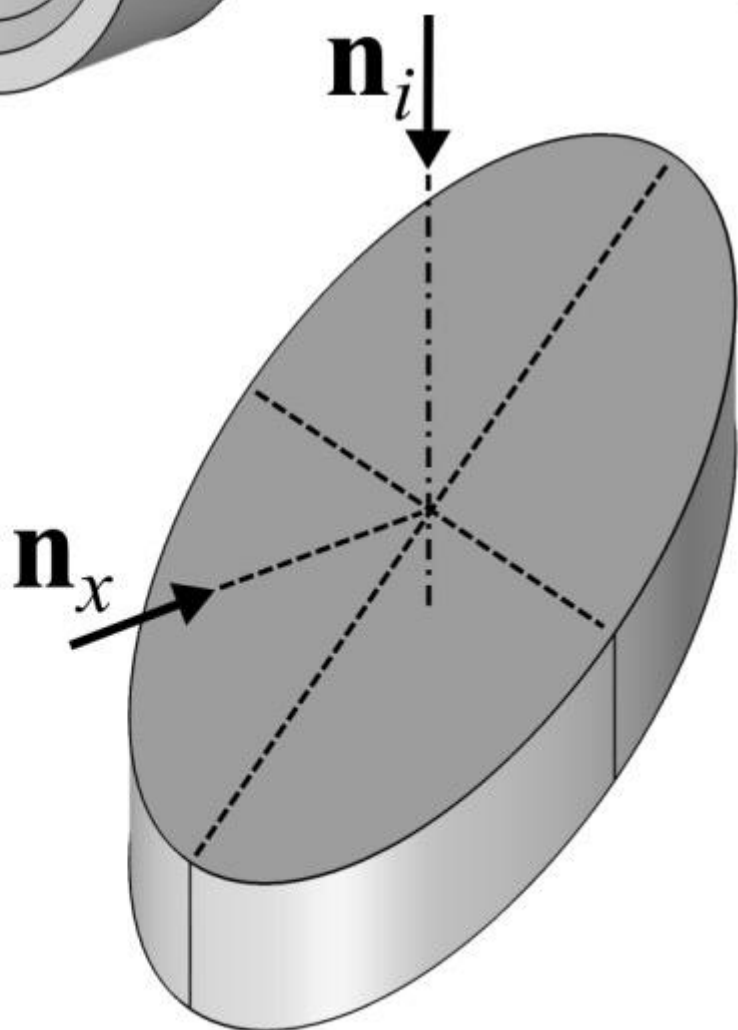
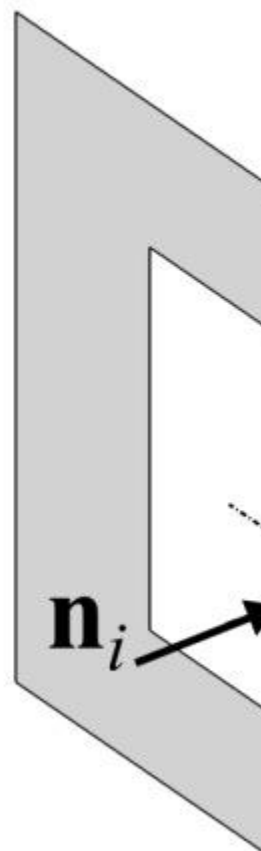
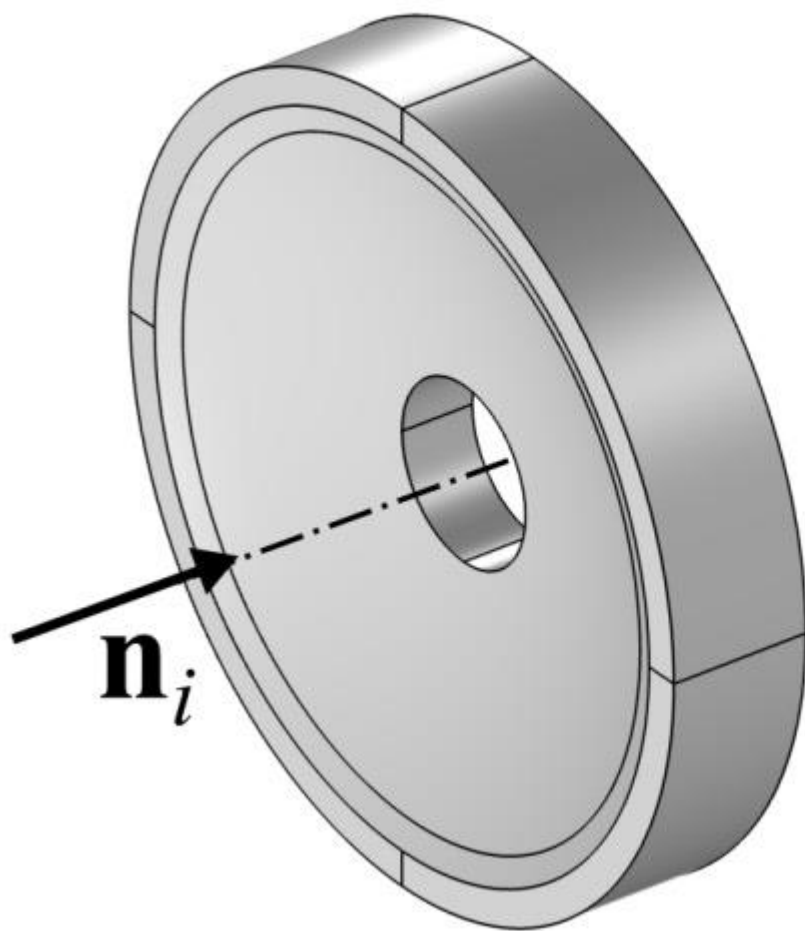
Могут быть остановлены, например, при попадании в некоторую оптическую апертуру.

Световые лучи могут пересекаться, не влияя друг на друга.

Попытки физической интерпретации световых лучей могут быть успешными лишь в весьма ограниченной степени. Например, лучи интерпретировались как траектории некоторых быстро движущихся частиц света, но эта картина не согласуется с различными наблюдениями.

Существует некоторое сходство между геометрическими световыми лучами и реальными световыми лучами, в частности с лазерными лучами. Такой луч может быть, по крайней мере, относительно узким и распространяться по прямой линии в однородной среде. Однако реальные световые лучи всегда имеют конечное поперечное удлинение и проявляют явление дифракции.

Поэтому геометрические лучи являются лишь довольно абстрактным представлением реальных световых лучей. Их поведение может быть получено из волновой оптики в предельном случае исчезающей оптической длины волны.



## **Отражение световых лучей**

Предполагается, что на поверхности плоского зеркала луч света отражается так, что выходной угол равен входному углу (оба измеряются относительно нормального направления). Для изогнутого зеркала этот расчет выполняется на основе тангенциальной плоской плоскости.

Модифицированные законы могут применяться в случае дифракционных решеток, где дополнительные дифрагированные лучи выходят под разными углами.

## **Преломление световых лучей**

Когда луч попадает на границу раздела между двумя разными прозрачными средами, часть отражается, а другая часть пропускается; для последней, которая преломляется, направление распространения обычно изменяется в соответствии с законом преломления Снеллиуса.

## **Изогнутые лучи**

В оптически неоднородных средах световые лучи могут распространяться по кривым, а не по прямым линиям. В геометрической оптике можно соответственно предположить криволинейные траектории лучей.

## **Физическая оптика**

Некоторые физические явления довольно ясно показывают, что свет обладает свойствами волн, хотя довольно короткие длины волн света не всегда делают это очевидным. Однако процессы интерференции и дифракции трудно объяснить без оптических волн. Примерно в 1865 году Джеймсу Клерку Максвеллу удалось продемонстрировать, что свет действительно можно идентифицировать с поперечными электромагнитными волнами с частотами порядка сотен терагерц.

Это открытие объяснило многие явления, например, в контексте дифракции и поляризации. Некоторые из первых практических результатов были объяснениями ограниченных оптических характеристик, например, микроскопов и телескопов, и намеками на дальнейшую оптимизацию их характеристик.



Помимо улучшенного понимания, в результате эволюции физической оптики и волновой оптики появилось много новых типов устройств и принципов работы. Например, были созданы мощные спектрометры на основе дифракционных решеток, диэлектрические покрытия (тонкопленочные покрытия) стали очень важными в различных областях фотоники, а оптические резонаторы играют важную роль, например, в качестве оптических фильтров и лазерных резонаторов.

Большая часть физической оптики требует довольно сложных и частично абстрактных математических методов, хотя значительно упрощенных математических методов все еще достаточно для многих целей. Численные методы вычислений стали очень важными, что во многих случаях значительно упрощает работу.

### **Волновая оптика**

Ранние попытки научного описания световых и оптических явлений были основаны на корпускулярных теориях (разработанных Рене Декартом, Исааком Ньютоном и другими), предполагая, что свет состоит из мелких частиц, которые, по крайней мере, в свободном пространстве движутся по прямым линиям со скоростью. Это соответствует геометрической оптике, где свет представлен геометрическими лучами. Начиная с 17-го века ученые, такие как Роберт Гук и Кристиан Гюйгенс, более внимательно следили за доказательствами волновой природы света. Это привело к волновой теории

света (волновая оптика), которая была математически разработана Гюйгенсом с публикацией в 1690 году, а позже более подробно инженером-строителем Огюстеном-Жаном Френелем.

Волновая оптика не сразу была принята в качестве подходящей модели для описания природы света; только в начале 19-го века она получила действительно широкое признание в научном сообществе. Особенно после наблюдения так называемого пятна Араго Домиником-Франсуа-Жаном Араго, с важным вкладом Огюстена-Жана Френеля. Основываясь на волновой теории, теперь можно хорошо описать следующие важные оптические явления:

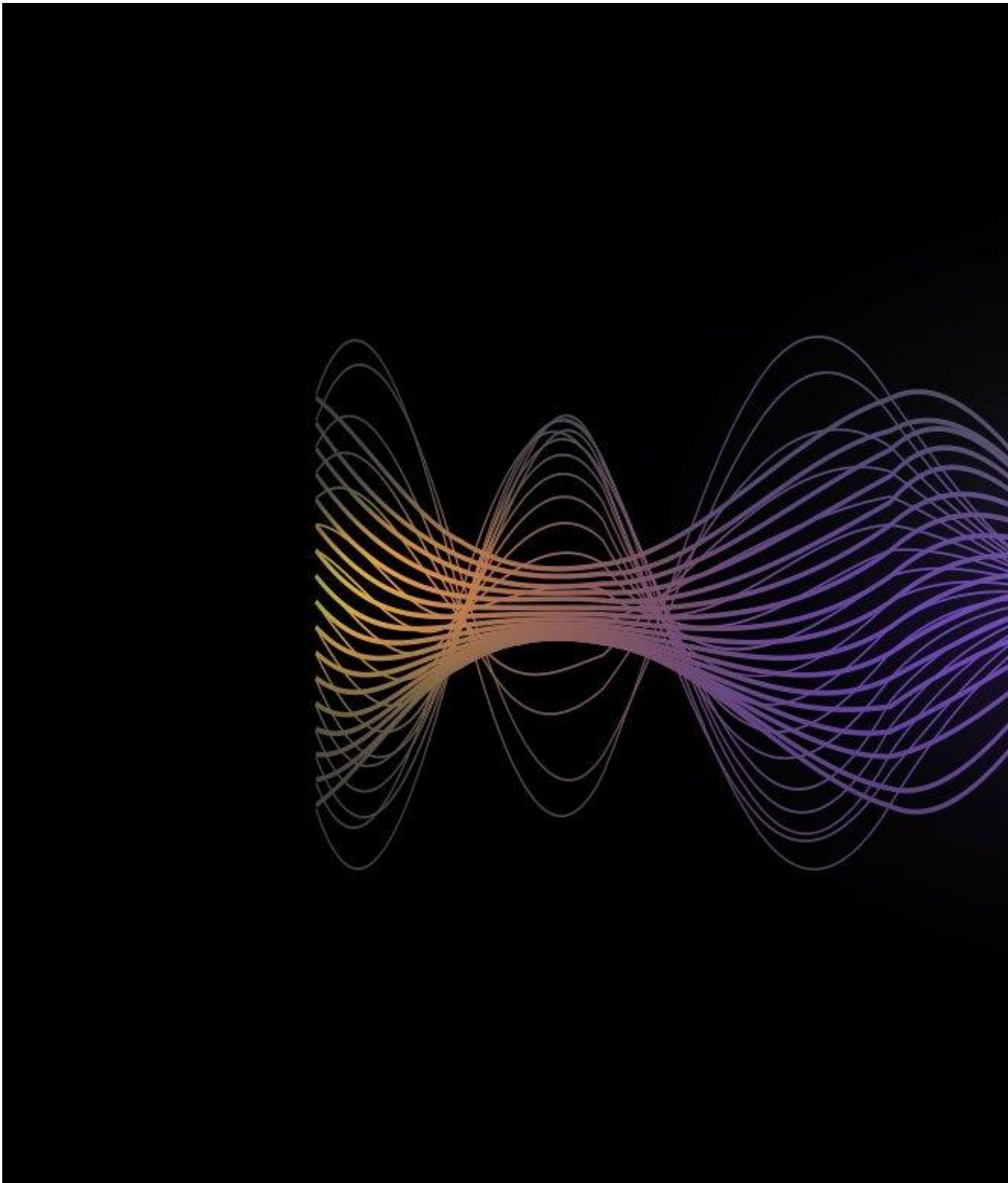
эффекты дифракции света, например, на узких оптических щелях (позже изучены более подробно, например, Томасом Янгом)

явления интерференции поляризация света (с новаторским вкладом Огюстена-Жана Френеля)

В 1860-х годах Джеймс Клерк Максвелл отождествил оптические волны с электромагнитными. Однако многие продуктивные исследования в области волновой оптики уже были возможны до этого, т.е. без понимания детальной физической природы световых волн.

Современные приложения волновой оптики могут быть математически основаны на уравнениях Максвелла как наиболее фундаментальной основе. Из него можно напрямую вывести волновое уравнение, которое является дифференциальным уравнением второго порядка во времени и пространстве. Для монохроматического света получается уравнение Гельмгольца.

Во многих случаях используются упрощенные уравнения, которые являются приближительными, но довольно точными в определенных ограниченных областях. Также часто используется параксиальное приближение. Скалярные волновые модели, игнорирующие поперечную природу электромагнитных волн, также широко используются в оптике, например, для расчета мод волокна. Для некоторых приложений требуются более сложные модели для полного описания распространения электромагнитных волн.



Под волновой оптикой обычно понимают полностью классический подход, не принимающий во внимание какие-либо квантовые эффекты.

Очень важной концепцией в волновой оптике является фурье-оптика, которая по существу означает применение поперечных пространственных преобразований Фурье. Это позволяет как для интуитивного качественного



объяснения различных явлений и методов проектирования, так и для количественных расчетов. Такие вычисления могут быть частично выполнены только аналитическими средствами.

Часто численное программное обеспечение используется для моделирования распространения света на основе какого-либо волнового уравнения. Хотя этот подход в принципе может быть довольно общим, требования к времени вычислений и памяти могут быть чрезмерными, если не использовать различные ограничивающие допущения – например, что свет распространяется только в одном направлении.

Поскольку геометрическая оптика достаточна для реалистичных описаний, этот подход часто предпочтительнее волновой оптики, поскольку он требует гораздо меньших вычислительных затрат.

Связанный термин - "физическая оптика", который может интерпретироваться как то же самое, что и волновая оптика, или в более ограниченном смысле, когда применяются определенные приближения. Термин подчеркивает, что такие волновые модели физически более реалистичны, чем геометрическая оптика, даже если они не основаны на полных уравнениях Максвелла.

### **Квантовая оптика**

Хотя описание света как классических электромагнитных волн, разработанное в 19 веке, было чрезвычайно успешным, в начале 20 века стало очевидно, что существуют явления, которые трудно объяснить на этой основе.

Например, Альберт Эйнштейн понял, что фотоэлектрический эффект, по-видимому, предполагает, что световая энергия доставляется не непрерывно, а в определенных дискретных пакетах, которые в настоящее время называются фотонами.

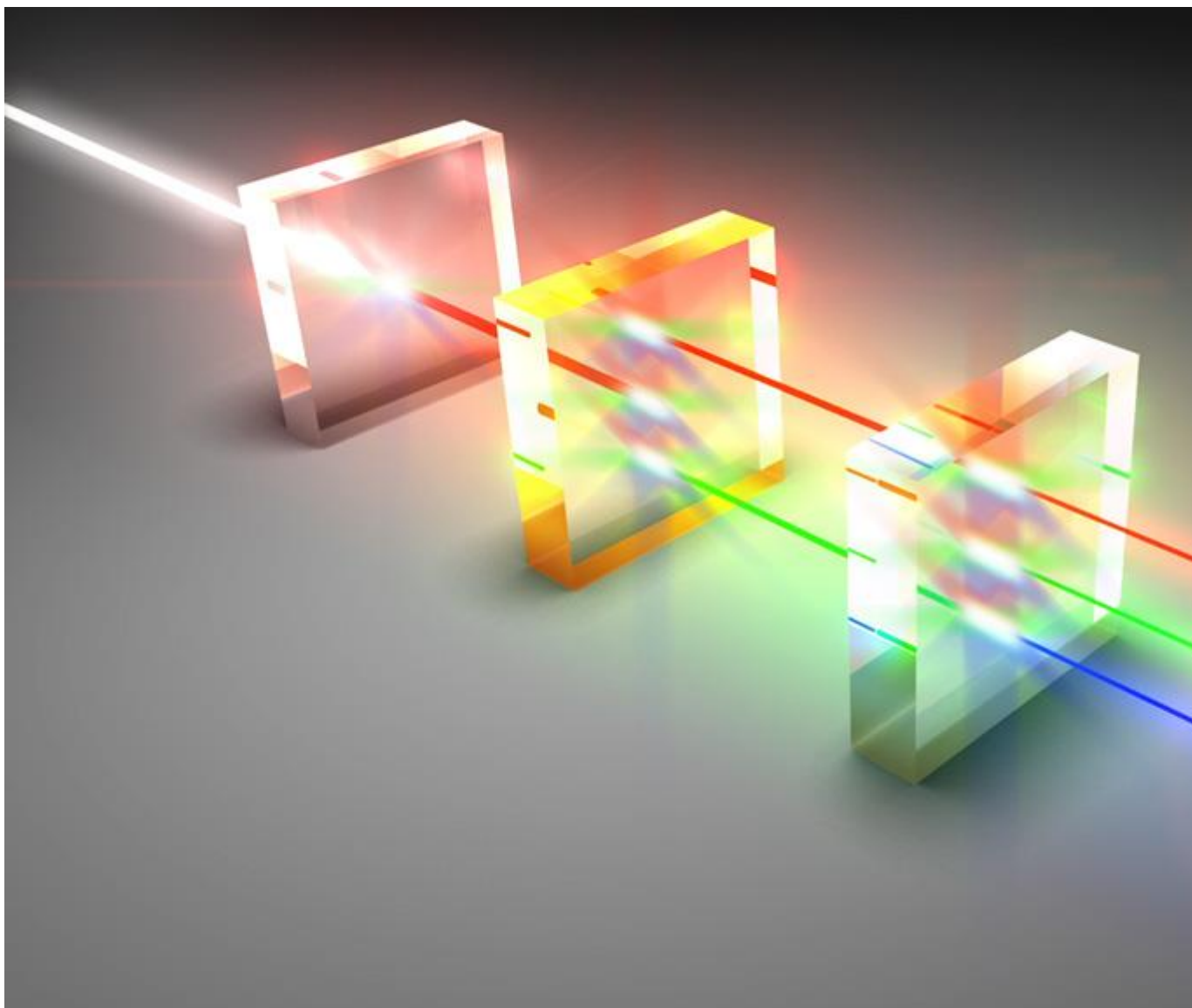
Дальнейшее развитие квантовой механики привело к физическому описанию. Хорошо согласует волновую природу и кажущиеся свойства частиц света, хотя полученную физическую модель трудно объединить с интуитивными идеями, а некоторые аспекты квантовой физики все еще являются предметом дискуссий, в основном касающихся интерпретаций.

Обратите внимание, что, нет логических недостатков или пробелов в понимании в том смысле, что явления не могут быть должным образом описаны или предсказаны.

Область оптики, которая конкретно занимается квантовыми эффектами, называется "квантовой оптикой". В последние годы квантовая оптика привела к интересным технологическим разработкам. Важными ключевыми словами



являются "квантовая криптография" (для безопасной передачи данных на основе физических принципов) и "квантовые вычисления".



**Квантовая оптика** - это часть оптики (наука и технология света), которая занимается квантовыми эффектами. Во многих случаях такие эффекты изучаются в контексте фундаментальных исследований. Однако они также очень важны в лазерной физике:

Фундаментальные квантово-механические процессы, такие как спонтанное и вынужденное излучение, имеют основополагающее значение для общей работы и производительности лазеров.

Квантовые эффекты создают лазерный шум, например, вызывают конечную ширину линии и конечный уровень шума интенсивности, даже если

все технические источники шума подавлены. Аналогичным образом, они устанавливают нижний предел шума усилителя оптических усилителей.

Другая область квантовой оптики включает в себя неклассический свет, такой как сжатые состояния света, обладающие необычными свойствами квантового шума. Эта область в некоторой степени связана с темой квантовых неразрушающих измерений, которые позволяют, например, определять интенсивность светового луча, не изменяя его.

### **Квантовые технологии**

Квантовая оптика имеет практическое применение, например, квантовая криптография, которая представляет собой использование квантовых эффектов для безопасной передачи информации, и квантовая метрология. Прикладные области также называются квантовой фотоникой как областью квантовой технологии.

Следующие типы продуктов специфичны для этих областей:

однофотонные излучатели источники пар фотонов

малозумящие фотоприемники, например, для подсчета фотонов

оптические ловушки системы для квантовой криптографией,

включая квантовое распределение ключей

части для научных исследований по квантовым вычислениям

### **Техническая оптика**

Техническая оптика основана на оптической физике, но фокусируется на оптических компонентах и системах для преобразования и использования света, а не на изучении свойств самого света. Некоторые примеры для областей деятельности и технической оптики:

Методы моделирования и проектирования для разработки оптических систем все еще уточняются и оптимизируются. В то время как в ранние времена были определены сложные математические методы, численные вычислительные методы становятся все более и более важными. Частично они основаны на ранее разработанных математических методах, а частично заменяют аналитические методы численными подходами, которые иногда значительно более практичны.

Оптические материалы и их изготовление дополнительно оптимизируются, и иногда разрабатываются новые материалы.

Также разрабатываются различные оптические компоненты и устройства, и вводятся новые концепции. Некоторый прогресс в оптических технологиях основан на новых материалах или улучшенных технологиях изготовления, которые могут быть использованы, например, для улучшения характеристик оптических систем или их упрощения, компактности и удешевления. Например, новые технологии изготовления асферичной оптики и высококачественной пластиковой оптики позволяют создавать

чрезвычайно компактные фотокамеры с поразительными показателями производительности.

Большая часть технической оптики основана на классической оптике, то есть не включает квантовые эффекты.

Современная оптика имеет дело с распространением света не только в “простых” искусственных средах, но и, например, в атмосфере (атмосферная оптика) и в сильно рассеивающих биологических материалах.