



АТОМНАЯ ОПТИКА

Авторы: В. И. Балыкин

АТОМНАЯ ОПТИКА, изучает формирование ансамблей и пучков нейтральных атомов, проблемы управления ими и их применение. А. о. сформировалась в самостоят. раздел в сер. 1980-х гг. в результате исследований действия сил давления лазерного излучения на поступат. движение атомов. Давление света на твёрдые тела было обнаружено в 1899 П. Н. [Лебедевым](#), который также предсказал возможность резкого его увеличения в условиях резонансного взаимодействия излучения с атомами. Эксперим. доказательство передачи импульса от фотона свободному атому получил англ. физик О. Фриш (1933), наблюдая отклонение пучка атомов натрия под действием излучения. С изобретением лазера давление света стало методом воздействия на движение атомов. Появились новые идеи по управлению движением атомов: локализация и каналирование атомов в стоячей световой волне, левитация микрочастиц в фокусе лазерного луча, охлаждение атомов и ионов. Экспериментально была обнаружена фокусировка атомов градиентной силой светового давления.

Разнообразные конфигурации лазерных световых полей, статических электрических и магнитных полей позволили построить основные элементы геометрич. А. о., аналогичные элементам обычной оптики, – атомные линзы, зеркала, дефлекторы и модуляторы атомных пучков.

Волновые явления в А. о. становятся заметными, когда длина волны де Бройля атомов λ_B становится сравнимой с характерным размером неоднородностей электромагнитного поля. При комнатной темп-ре λ_B равна примерно 0,1 нм, что существенно меньше длины волны света [Лазерное охлаждение](#) позволяет понизить темп-ру атомов почти до абсолютного нуля, лишь на одну миллионную градуса выше. При такой темп-ре

λ_B атомов становится сравнимой с длиной волны света и начинают заметно проявляться их волновые свойства. Волновой характер свободных атомов обнаруживается в экспериментах, сходных с опытами по дифракции рентгеновских лучей на кристаллах. При этом наблюдению дифракции атомов в лазерном поле стоячей световой волны способствует резонансный характер взаимодействия атомов со светом. На основе разл. конфигураций лазерных световых полей и [наноструктур](#) созданы когерентные делители атомных пучков, атомные интерферометры, волноводы и аналог оптич. лазера – атомный лазер. При темп-ре, близкой к абсолютному нулю, поведение атомного ансамбля заметно зависит от его спина. Атомы с целым спином (бозоны) при очень малых темп-рах испытывают [Бозе – Эйнштейна конденсацию](#), при которой они образуют новый тип «когерентного вещества». Первые атомные конденсаты были получены в 1995 Э. [Корнеллом](#), В. [Кеттерле](#) и К. [Уайманом](#) (Нобелевская пр., 2001) при использовании лазерного и испарительного охлаждения атомов. Магнитная ловушка, удерживающая атомы конденсата, является аналогом оптич. резонатора для фотонов в лазере. Атомы из магнитной ловушки могут быть «выпущены» в определённом направлении (как фотоны через полупрозрачное зеркало оптич. резонатора лазера), они образуют когерентный направленный пучок, аналогичный лазерному пучку. Подобное устройство назвали атомным лазером. Значит. интерес к атомным лазерам связан с потенциальной возможностью применения когерентных атомных пучков в высокоточных измерительных приборах и тонких технологиях при создании атомных и молекулярных структур.

Литература

Лит.: Миногин В. Г., Летохов В. С. Давление лазерного излучения на атомы. М., 1986; Балыкин В. И., Летохов В. С. Лазерная оптика нейтральных атомных пучков // Успехи физических наук. 1990. Т. 160. Вып. 1; Казанцев А. П., Сурдутович Г. И., Яковлев В. П. Механическое действие света на атомы. М., 1991.