

в частности, в таких свойствах *квантовых жидкостей*, как *сверхтекучесть* и *сверхпроводимость* (см. также *Джозефсона эффект*, *Квантовый Холла эффект*). На основе К. м. удалось объяснить природу *белых карликов*, *нейтронных звёзд*, выяснить механизм протекания *термоядерных реакций* в Солнце и звёздах.

Ряд крупнейших техн. достижений 20 в. основан по существу на специфич. явлениях К. м., не имеющих аналогов в классич. механике. Так, квантовомеханич. резонансное рассеяние частиц (обуславливающее тот факт, что эфф. сечение поглощения нейтронов может быть на неск. порядков больше геом. размеров ядер) весьма существенно для работы ядерных реакторов, а явление квантовомеханич. туннелирования (подбарьерный переход) позволяет осуществить в земных условиях термоядерные реакции (в т. ч. УТС), получать большие токи (см. *Автоэлектронная эмиссия*), а также использовать в техн. целях туннельные переходы в твёрдых телах (см., напр., *Туннельный диод*, *Сканирующей туннельный микроскоп*).

Фундамент *квантовой электроники* составляет квантовомеханич. теория излучения. Законы К. м. используются при целенаправл. поиске и создании новых материалов (особенно магнитных, полупроводниковых и сверхпроводящих). Т. о., открытие законов К. м. явилось одним из важнейших факторов, приведших к совр. научно-техн. революции, а К. м. стала в значит. мере «инженерной» наукой, знание к-рой необходимо не только физикам-исследователям, но и инженерам.

### Место К. м. среди других наук о движении

В нач. 20 в. выяснилось, что классич. механика Ньютона имеет огранич. область применимости и нуждается в обобщении. Во-первых, она неприменима при скоростях движения тел, сравнимых со скоростью света. Здесь её заменила релятивистская механика, построенная на основе специальной (частной) теории относительности Эйнштейна (см. *Относительности теория*). Релятивистская механика включает в себя Ньютонову (нерелятивистскую) механику как частный случай. (Ниже термин «классич. механика» будет объединять Ньютонову и релятивистскую механику.)

Для классич. механики в целом характерно описание частиц путём задания их координат и скоростей в зависимости от времени. Такому описанию соответствует движение частиц по вполне определ. траекториям. Однако опыт показал, что это описание не всегда справедливо в случае частиц с очень малой массой (микрочастиц). В этом состоит второе ограничение применимости механики Ньютона. Более общее описание движения даёт К. м., к-рая включает в себя как частный случай классич. механику. К. м. делится на нерелятивистскую, справедливую при малых скоростях, и релятивистскую, удовлетворяющую требованиям спец. теории относительности. В статье изложены основы нерелятивистской К. м. (однако нек-рые общие положения относятся к квантовой теории в целом). Нерелятивистская К. м. (как и механика Ньютона для своей области применимости) — вполне законченная и логически непротиворечивая теория, способная в области своей применимости количественно описать в принципе любое физ. явление. Напротив, релятивистская К. м., за исключением отд. частных задач, не может считаться замкнутой теорией, а представляет собой составную часть *квантовой теории поля* (со всеми присущими ей трудностями). Это связано с тем, что при взаимодействии релятивистских частиц в игру неизбежно вовлекаются полевые степени свободы.

Соотношение между классической механикой и К. м. определяется универс. мировой постоянной — постоянной Планка  $h \approx 6,62 \cdot 10^{-27}$  эрг·с (или  $\hbar = h/2\pi \approx 1,05 \times 10^{-27}$  эрг·с), наз. также к в а н т о м д е й с т в и я. Если в условиях данной задачи физ. величины размерности действия значительно больше  $\hbar$  (так что  $\hbar$  можно

считать очень малой величиной), то применима классич. механика, — именно это условие и является критерием её применимости.

### История создания К. м.

В нач. 20 в. были обнаружены две (казалось, не связанные между собой) группы явлений, свидетельствующих о неприменимости механики Ньютона и классич. электродинамики к процессам взаимодействия света с веществом и к процессам, происходящим в атоме. Первая группа явлений была связана с установленной на опыте двойственной природой света — ду а л и з м о м света (см. ниже), вторая — с невозможностью объяснить на основе классич. представлений существование устойчивых атомов, а также их оптич. спектры. Установление связи между этими группами явлений и попытки их объяснения и привели, в конечном счёте, к открытию законов К. м.

Первые квантовые представления (в т. ч. величина  $h$ ) были введены в 1900 М. Планком (М. Planck) в работе, посвящённой теории теплового излучения тел (см. *Планка закон излучения*). Существовавшая к тому времени теория теплового излучения, построенная на основе классич. электродинамики и статистич. физики, приводила к бессмысленному выводу о невозможности термодинамич. равновесия между излучением и веществом, т. к. вся энергия должна перейти в излучение. Планк разрешил это противоречие и получил результаты, прекрасно согласующиеся с опытом, предположив, что свет испускается не непрерывно (как это следовало из классич. теории излучения), а определ. дискретными порциями энергии — к в а н т а м и. Величина такого кванта энергии пропорциональна частоте света  $\nu$  и равна:  $\epsilon = h\nu$ . Попытки обосновать гипотезу Планка в рамках классич. физики оказались безуспешными. Несовместимость гипотезы Планка с классическими представлениями отмечалась, в частности, А. Пуанкаре (H. Poincaré).

От работы Планка можно проследить две взаимосвязанные линии развития, завершившиеся к 1927 окончат. формулировкой К. м. в двух её формах. Первая начинается с работы А. Эйнштейна (1905), в к-рой была дана теория *фотоэффекта*. Развивая идею Планка, Эйнштейн предположил, что свет не только испускается и поглощается, но и распространяется квантами, т. е. что дискретность присуща самому свету: свет состоит из отд. порций — световых квантов, названных позднее *фотонами*. Энергия фотона  $\epsilon = h\nu$ . На основании этой гипотезы Эйнштейн объяснил установленные на опыте закономерности фотоэффекта, к-рые противоречили классической (базирующейся на классич. электродинамике) теории света.

Дальнейшее доказательство корпускулярного характера света было получено в 1922 А. Комптоном (A. Compton), показавшим экспериментально, что при рассеянии рентгеновских лучей свободными электронами происходит изменение их частоты в соответствии с законами упругого столкновения двух частиц — фотона и электрона (см. *Комптона эффект*). Кинематика столкновения определяется законами сохранения энергии и импульса, причём фотону наряду с энергией следует приписать импульс  $p = h/\lambda = h\nu/c$  (где  $\lambda$  — длина световой волны). Энергия и импульс фотона связаны соотношением  $\epsilon = cp$ , справедливым в релятивистской механике для частицы с нулевой массой покоя. Т. о., было доказано экспериментально, что наряду с известными волновыми свойствами (проявляющимися в интерференции, дифракции и поляризации) свет обладает и корпускулярными свойствами. В этом состоит дуализм света, его корпускулярно-волновая природа. Дуализм содержится уже в ф-ле  $\epsilon = h\nu$ , не позволяющей выбрать к.-л. одну из двух концепций: энергия  $\epsilon$  характеризует частицу, а частота  $\nu$  является характеристикой волны. Возникло формальное логич. противоречие: для объяснения одних явлений необходимо