

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики
им. А.М. Прохорова Российской академии наук

В ньютоновской механике, которая, по определению, построена на основе законов (аксиом) Ньютона, воздействие тел друг на друга характеризуется силой. Главное в ньютоновской механике - изменение скорости движения определяется силами (в Во-первых, системность изложения учебного материала *Термодинамики* предполагает связь с учебным материалом *Механики*. В *Механике* достаточно большое внимание должно быть уделено изучению гармонических колебаний, как одного из важнейших типов движения в *Механике*. После изучения гармонического осциллятора рассматривается движение струны [1], также являющегося одной из важнейших физических моделей. Важность модели стоячие волны связана с тем, что в ряде случаев сложные виды механических и других типов движения можно представить в виде суммы стоячих волн. Такое описание используется, в частности, для вычисления теплоемкости твердого тела, а также для представления свободного электромагнитного поля. Использование модели стоячие волны позволит рассмотреть термодинамические свойства твердого тела и термодинамики равновесного излучения.

Важнейшим вопросом в термодинамике является теплоемкость многоатомных газов и твердого тела. Температурная зависимость теплоемкости многоатомных газов, поведение теплоемкости твердого тела при низких температурах смогла объяснить только квантовая теория. Изложение теплоемкости твердого тела будет неполным, если не рассмотреть теорию Дебая.

Поэтому целесообразно кратко изложить элементы квантовой физики и квантовой макрофизики. Дебай рассмотрел кристаллическую решетку как совокупность связанных атомов: смещение одних атомов передается другим, что приводит к возникновению волны. Если смещения атомов малы, то колебательное движение системы атомов может быть представлено как суперпозиция независимых нормальных колебаний (мод) определенной частоты, каждое из которых вовлекает в движение все атомы кристалла. Результирующее колебательное движение системы атомов является результатом наложения многих гармонических колебаний с различными частотами (аналогично колебательному движению струны). Как стоячей волне, так и бегущая по решетке волна смещения атомов из положения равновесия, можно сопоставить гармонический осциллятор. Таким образом, уравнения динамики кристаллической решетки можно представить в форме системы уравнений для независимых гармонических осцилляторов. Такая интерпретация плодотворно используется при решении многих практических задач.

Квантовомеханический подход к электронной подсистеме также дает объяснение, почему вклад свободных электронов в теплоемкость металлов пренебрежимо мал (при всех температурах, пока тело остается твердым).

Другим подходом термодинамического описания твердого тела является описание с помощью понятия фотонный газ. Подход заключается в рассмотрении совокупности фононов как статистической системы с большим числом частиц - фононного газа. Среднее число фононов, приходящихся на определенный частотный интервал, может быть рассчитано с помощью формулы Планка.

Целесообразно включить в *Термодинамику* ряд вопросов из раздела *Оптика*, связанных с термодинамикой излучения.

Свободное электромагнитное поле в полости произвольной формы можно представить как совокупность стоячих волн, возникающих в результате наложения электромагнитных волн, отражающихся от стенок. Их возможными решениями являются бегущие плоские монохроматические волны или стоячие волны. Эти моды образуют полный набор. Это означает, что любое поле, существующее в полости, можно представить в виде их суперпозиции. Таким образом, задача описания электромагнитного поля в полости сведена к задаче о состоянии совокупности независимых гармонических осцилляторов [1]. Важно отметить, что если в рамках классической электродинамики разложение поля на осцилляторы является просто вычислительным приемом (уравнения для некантованных гармонических осцилляторов, равносильные уравнениям электродинамики некантованного электромагнитного поля, просто описывают поле другим образом), то в квантовой теории поля разложение на гармонические осцилляторы играет важнейшую роль, поскольку квантование энергии гармонических осцилляторов производится известным способом. В результате энергия электромагнитного поля может быть представлена в виде совокупности квантов энергии. В таком представлении свободное электромагнитное поле в полости можно описывать с помощью По фотонный газ.

Удобство рассмотрения равновесного излучения как фотонного газа связано, в частности, с возможностью применения к фотонному газу законов термодинамики. Равновесное распределение фотонного газа описывается с распределением Планка. Рассматриваются термодинамические параметры фотонного газа и их связь. Например, соотношение между давлением фотонного газа и плотностью энергии играет роль уравнения состояния фотонного газа. С использованием 1-го начала термодинамики для адиабатических процессов находится уравнение адиабаты для равновесного фотонного газа. Применяв термодинамический подход, можно получить закон Стефана-Больцмана для фотонного газа и, далее, удельную теплоемкость фотонного газа. Приложение законов термодинамики к фотонному газу важно для более глубокого усвоения учебного материала раздела *Термодинамика*.

Литература.

1. *Ивашкин П.И., Романовский М.Ю.* Механика, молекулярная физика и термодинамика.- М., 2015. – 292с.