

* *
*

УДК 539.182

DOI: 10.17223/00213411/65/2/131

ФУНКЦИЯ ГРЮНАЙЗЕНА ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

В.В. Прут^{1,2}

¹ НИЦ Курчатовский институт, г. Москва, Россия

² Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия

Определена функция Грюнайзена от плотности и температуры для щелочных металлов Li, Na, K, Rb, Cs по экспериментальным зависимостям ударной адиабаты, изоэнтропы и значению параметра Грюнайзена при нормальных условиях. Преобразованы функции Грюнайзена при измерении $(\partial T / \partial P)_S$ в статических условиях. Вычисленные функции сравниваются в широком диапазоне параметров для различных аппроксимаций уравнения состояния и со статическими измерениями. Предложенный метод отличается от ранее опубликованных результатов отсутствием неподтвержденных гипотез.

Ключевые слова: уравнение состояния, ударная адиабата, высокие давления, параметр Грюнайзена.

Введение

Функция Грюнайзена устанавливает связь между тепловым давлением и плотностью тепловой энергии и является одним из основополагающих термодинамических параметров. Описание твердых тел и жидкостей в экстремальных условиях, в частности в ядрах планет, особенно Земли, или в атомных взрывах, требует адекватного определения параметра Грюнайзена.

Рассматриваются микроскопическое и макроскопическое описания параметра. Микроскопическое определение связывает Γ с колебательными частотами атомов в виде $\Gamma_i = \partial \ln \omega_i / \partial \ln V$, где ω_i – частота колебаний решетки для i -й моды. Микроскопическое определение требует детального знания спектра фононной дисперсии материала, а оценка Γ во всей зоне Бриллюэна невозможна без динамической модели решетки или данных неупругого рассеяния нейтронов при высоком давлении. Результаты ни одной теоретической работы не совпадают с экспериментальными данными.

Макроскопическое, или термодинамическое, определение связывает Γ с известными термодинамическими свойствами теплоемкости, теплового расширения и модуля объемной упругости, определяемыми выражением $\Gamma = -(\partial \ln T / \partial \ln V)_S$. Однако экспериментальное определение $\Gamma(V, T)$ чрезвычайно трудно. Макроскопическое определение требует экспериментальных измерений термодинамических свойств при высоких давлениях и температурах и практически не реализовано, хотя поиску этой зависимости посвящены множество публикаций.

Постановка задачи

Адиабата Гюгонио содержит две неизвестные функции: $P_x(V)$ – холодное давление и $\Gamma(V, T)$ – функцию Грюнайзена. Часто используется название – параметр Грюнайзена, поскольку он обычно рассматривается как постоянная величина. При небольших температурах принимается $\Gamma(V) \approx \Gamma(V, T)$. Поэтому при определении уравнения состояния по ударной адиабате существует три варианта. Задается функция $\Gamma(V)$ и определяется $P_x(V)$. Задается функция $P_x(V)$ и определяется $\Gamma(V)$. Задается зависимость между $\Gamma(V)$ и $P_x(V)$, и определяются обе функции одновременно. Анализ показывает, что сделанные предположения во всех опубликованных работах, использующих эти варианты, не вполне адекватны, и соответственно результаты не вполне корректны. Погрешности, которые содержат полуэмпирические формулы для $\Gamma(V, T)$, отражаются на определении нулевой изотермы и в еще большей степени на определении высокотемпературных поправок к уравнению состояния в области высоких давлений.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>