

ТЕПЛОЕМКОСТЬ КРИСТАЛЛА NaCl В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 293-673 К

*А.Л. Игишева, студент группы 10730,
научный руководитель: Соболева Э.Г.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Среди большого класса кристаллических диэлектриков особый интерес представляет изучение ионных кристаллических диэлектриков и, в частности, монокристаллов галогенидов щелочных металлов. Это, прежде всего, объясняется тем, что они служат идеальным объектом (как соединения с наиболее ярко выраженной ионной связью) для построения и проверки различных моделей кристаллических решеток, теорий дислокационной неупругости [1], являются модельными объектами в радиационном материаловедении и геофизике. Галогениды щелочных металлов образуют твердые растворы, у которых можно целенаправленно изменять химический состав, не меняя структурный тип решетки. И, наконец, они находят практическое применение при оптических исследованиях, например, в голографии – как оптические элементы, позволяющие запоминать большой объем информации; ИК-оптике – в качестве окон вывода излучения CO₂-лазеров); в ядерной физике – как чувствительные элементы сцинтилляционных счетчиков; в установках высокого давления (например, в качестве передающей давление среды или стандартов давления при рентгеновских дифракционных измерениях; в акустоэлектронике и измерительной технике (например, в качестве эталонов твердости и ультразвуковых линий задержки). Многие экспериментальные и теоретические методики, отработанные на этих кристаллах, с успехом применялись при изучении физических свойства более сложных по структуре материалов. Этим и определяется неослабевающий интерес к изучению физических и термодинамических свойств монокристаллов галогенидов щелочных металлов.

Цель работы: получение экспериментальных значений теплоемкости хлорида натрия в температурном интервале 293–673 К с помощью прибора БИТ-400 методом монотонного охлаждения.

Задачи исследования: 1) изучить устройство прибора БИТ-400; 2) измерить теплоемкость кристалла NaCl в интервале 293-673 К; 3) определить для объекта исследования изменения энтропии и энтальпии.

Монокристаллы NaCl, некоторые физические свойства которых приведены в таблице 1, были выращены из водных растворов этих солей по методу пересыщения спонтанной кристаллизацией. Измерение теплоемкости C_p проводили с помощью прибора БИТ-400. Принцип действия этого прибора основан на тепловой стимуляции образца с последующим монотонным охлаждением образца и регистрацией процесса охлаждения адиабатической камеры с образцом. Программа «БИТ-400» осуществляет управление теплоизмерительной ячейкой и производит обработку поступившей информации.

Таблица 1

Некоторые физические свойства NaCl (300 К) [2]

Свойство	Значения
1. Плотность ρ , 10 ³ кг/м ³	2,165
2. Параметр решетки r_0 , Å	2,794
3. Период решетки a , Å	5,627
4. Температура плавления $T_{пл}$, К	1074
5. Температурный коэффициент объемного расширения β , 10 ⁻⁶ К ⁻¹	110
6. Температура Дебая θ , К	299,2
7. Энергия решетки U , кДж/моль	765
8. Энтропия вещества в стандартном состоянии S , Дж/моль·К	72,36
9. Молярная теплоемкость при постоянном давлении C_p , Дж/моль·К	49,71
10. Энтальпия образования ΔH , кДж/моль·К	-410,9
11. Энергия Гиббса образования ΔG , кДж/моль	-384,0
12. Соотношение Коши $\Delta = c_{12}/c_{44}$	1,03
13. Фактор упругой анизотропии $A = \frac{2c_{44}}{c_{11} - c_{12}}$	0,70

Влияние температуры на теплоемкость кристаллов NaCl показано на рис.1. Из этих результатов следует, что в интервале температур 293–673 К значения C_p закономерно увеличиваются, а на зависимости $C_p(T)$ нет каких-либо экстремумов. Полученные данные в изученном интервале температур могут быть описаны следующим уравнением (в единицах Дж·моль⁻¹·К⁻¹) [3]:

$$C_p = 45,94 + 16,32 \cdot 10^{-3} T \quad (1)$$

На основании соотношения (1) рассчитаны термодинамические функции (изменение энтальпии $H_T^0 - H_{293}^0$ и энтропии $S_T^0 - S_{293}^0$). Для этого использованы известные уравнения, связывающие теплоемкость C_p с функциями энтальпии и энтропии:

$$H_T - H_0 = \int C_p(T) dT, \quad (2)$$

$$S_T - S_0 = \int \frac{C_p(T)}{T} dT. \quad (3)$$

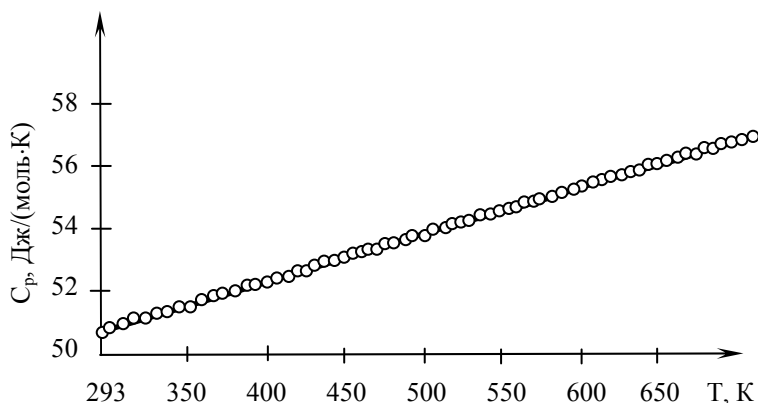


Рис. 1. Влияние температуры на теплоемкость NaCl

Полученные результаты молярной теплоемкости и термодинамические функции хлорида натрия приведены в таблице 2.

Таблица 2

Молярная теплоемкость и термодинамические функции NaCl

T, К	C_p , Дж/(моль·К)	$S_T^0 - S_{293}^0$, Дж/(моль·К)	$H_T^0 - H_{293}^0$, кДж/(моль·К)
293	50,72	—	—
313	51,05	3,36	1,02
333	51,37	6,53	2,04
353	51,70	9,54	3,07
373	52,03	12,40	4,11
393	52,35	15,13	5,15
413	52,68	17,75	6,20
433	53,01	20,25	7,26
453	53,33	22,67	8,32
473	53,66	24,99	9,39
493	53,99	27,24	10,47
513	54,31	29,42	11,55
533	54,64	31,52	12,64
553	54,96	33,56	13,74
573	55,29	35,55	14,84
593	55,62	37,49	15,95
613	55,94	39,37	17,07
633	56,27	41,21	18,19
653	56,60	43,00	19,32
673	56,92	44,76	20,45

Литература.

1. Беломестных В.Н., Похолков Ю.П., Ульянов В.Л., Хасанов О.Л. Упругие и акустические свойства ионных, керамических диэлектриков и высокотемпературных сверхпроводников. – Томск: STT, 2001. – 226 с.
2. Беломестных В. Н. , Соболева Э. Г. Коэффициенты Пуассона щелочно-галлоидных кристаллов. Ч.II. Галогениды натрия // Известия Томского политехнического университета. - 2013 - Т. 323 - №. 2. - С. 140-142.
3. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К.П. Мищенко и А.А. Равделя. – Л.: Химия, 1974 г. – 200 с.

ОСНОВЫ ФИЗИКИ ВЫСТРЕЛА

В.Н. Шипицын, студент группы 17В41,

научный руководитель: Полицинский Е.В., к.пед.н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

В некотором приближении поведение пороховых газов можно описать с помощью уравнения – Клапейрона – Менделеева. Это позволяет качественно проанализировать явление выстрела и построить графики зависимости давления газа p скорости пули v от пути l , проходимого ею в канале ствола (рис.1).

Рассмотрим, как происходит процесс выстрела. Его длительность можно условно разделить на такие последовательные периоды: предварительный – от начала горения порохового заряда до полного врезания оболочки пули в нарезы ствола; первый – от начала движения пули по стволу до полного сгорания порохового заряда; второй – от момента полного сгорания порохового заряда до момента вылета пули из ствола; третий – от момента вылета пули до прекращения возрастания её скорости. Рассмотрим, как меняется давление порохового газа при выстреле (давление порохового газа описывает кривая I (рис.1)).

Предварительный период. Во время горения заряда образуется пороховой газ. Давление его можно выразить формулой: $p = RTm / MV$ (1), где T , V и m – соответственно температура, объём и масса порохового газа, M – его молярная масса, R – универсальная газовая постоянная. Поскольку объём газа не меняется, а температура и масса резко увеличиваются, давление газа будет расти по закону: $p = Ct$,

где C – постоянная величина. Давление пороховых газов будет возрастать до тех пор, пока пуля не сдвинется с места.

Первый период. Его условно можно разделить на три полпериода. Рассмотрим их поочередно. Масса порохового газа m возрастает быстрее, чем объём V запульного пространства (объём, заключённый между дном пули и дном гильзы). Учитывая, что $V = Sl$ (S – площадь сечения канала ствола, l – путь пули в канале ствола), изменение давления газа в первый подпериод можно представить графически в виде участка 1-2 кривой I. Скорость возрастания массы порохового газа становится близкой к скорости движения пули, или, что одно и то же, к скорости изменения объёма V . Тогда формула (1) принимает вид $p = C_1$, где C_1 – постоянная величина. Графически изменение давления в этот подпериод можно представить в виде участка 3-4 кривой I.

Объём V запульного пространства вследствие быстрого увеличения скорости пули растёт гораздо быстрее массы m притока порохового газа, и изменением массы можно пренебречь. Тогда формула (1) примет вид: $p = C_2 / V$, где C_2 – постоянная величина. Изменение давления газа в этот подпериод можно представить в виде участка 5-6 кривой I. Промежуточные процессы между подпериодами можно приближённо изобразить соответствующими участками 2-3 и 4-5 кривой I.

Второй период. Так как весь пороховой заряд уже сгорел, масса газа не меняется. Тогда формула (1) принимает вид $p = C_3 / V$, где C_3 – постоянная величина. Изменение давления можно представить участком 6-7 кривой I.

Третий период. Часть газа вырывается из канала ствола вслед за пулей, при встрече с воздухом образует пламя и ударную волну. Следовательно, масса газа m уменьшается. Так как при этом увеличивается объём газа, то, согласно формуле (1), происходит резкое падение давления газа (уча-