

УДК 536.4.032

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ УРАВНЕНИЯ КЛАУЗИУСА-КЛАПЕЙРОНА

Журавлёва К.В., Хотенко Н.А.

Научный руководитель – Мартинович В.А., к.ф.-м.н., доцент

Уравнение Клапейрона – Клаузиуса [1] – термодинамическое уравнение, относящееся к равновесным процессам перехода вещества из одной фазы в другую (испарение, плавление, сублимация, полиморфное превращение и др.). Уравнение показывает, что температура фазового перехода первого рода (т.е. фазового перехода, сопровождающегося поглощением или выделением тепла) зависит от давления:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{q_{12}}{T(V_2 - V_1)}, \quad (1)$$

где q_{12} – удельная теплота плавления, $(V_2 - V_1)$ – изменение удельного объема вещества при переходе его из первой фазы во вторую, T – температура плавления.

Целью работы являлось исследование зависимости температуры плавления льда от внешнего давления, установление факта, что плавление льда возможно при температуре ниже нуля по шкале Цельсия, опытным путем.

В морозильном отделении холодильника был приготовлен кусок льда прямоугольной формы, который был помещен на опору. Далее через лед была переброшена тонкая струна с закрепленными на концах грузами. В ходе эксперимента рассматривалось прохождение стальной струны через кусок льда. Результат представлен на рисунке 1.

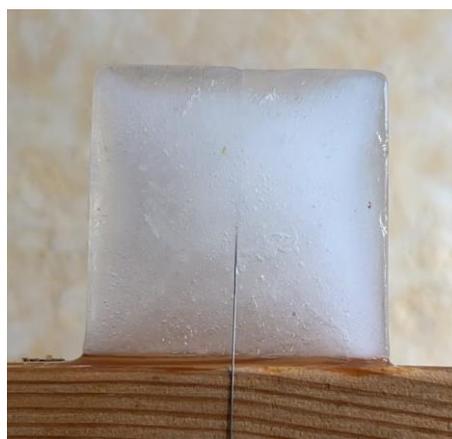


Рис.1. Прохождение стальной струны через кусок льда при внешнем воздействии

Через некоторое время после подвешивания грузов можно было заметить, что струна погружается в лед (что видно на рис.1), причем над струной разреза не появляется, лед остается сплошным. После того как струна погрузилась в лед достаточно глубоко, при внимательном изучении можно было заметить над струной некоторое изменение структуры льда в той плоскости, вдоль которой двигалась струна, как показано на рис. 2.



Рис.2. Структура льда после повторной кристаллизации

Давление на лед рассчитывалось по формуле:

$$p = \frac{mg}{dl}, \quad (2)$$

где m –масса груза, d –диаметр струны, l –длина струны, соприкасающейся со льдом. Диаметр струны определялся штангенциркулем, длина – линейкой.

Температура плавления льда рассчитывалась из формулы Клапейрона-Клаузиуса:

$$T = \frac{q_{12}T_0}{q_{12} - (p - p_0)(V_2 - V_1)}, \quad (3)$$

где T_0 – температура плавления при атмосферном давлении p_0 , p – давление, при котором происходит фазовый переход, т.е. давление струны с грузом.

В качестве объекта был взят брусок льда размером 8x8x3,5 см, замороженный в морозильной камере при температуре $t=-8^{\circ}\text{C}$. Внешнее давление создавалось проволокой диаметром 0.5 мм с прикреплёнными грузами. Длина струны, соприкасающейся со льдом, составляла 3,5 см. Проволока с грузами создавала давление 66,32 атм. Температура в помещении поддерживалась 295 К.

Таблица результатов эксперимента

N	Масса груза, кг	Диаметр струны, м	Контактная длина струны, м	Давление, атм	Расчетная температура плавления льда, К
1	12	0,0005	0,035	66,32	272,65

Расчетное значение температуры плавления льда получилось 272,65 К, что на 0,5 К меньше, чем температура плавления при атмосферном давлении.

Таким образом, лед под струной начинает плавиться при температуре, которая немного ниже, чем 0°C, а после прохождения струны, когда давление возвращается к атмосферному значению, снова замерзает. Едва видимая плоскость в слое льда над струной возникает вследствие того, что при замерзании воды над струной во льду образуются дефекты, которые меняют показатель преломления и делают этот слой видимым под определенными углами наблюдения.

В результате эксперимента был подтвержден тот факт, что температура плавления вещества не является постоянной величиной, она зависит от внешнего давления, оказываемого на вещество. Фазовый переход первого рода может осуществляться не только за счет передачи теплоты, но и под внешним силовым воздействием. Величина внешнего давления для тел с отрицательной разницей удельных объемов твердой и жидкой фаз определяет температуру плавления вещества в сторону ее понижения.

Литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов // 11-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 560 с.

УДК 539.184

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРАХ

Балаш Н. Г., Рокало Д. И.

Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н.

Использование квантовых компьютеров в повседневной жизни является перспективной областью науки и техники. Квантовый компьютер в отличие от обычного оперирует не битами, принимающими значение 0 или 1, а кубитами, имеющими значения одновременно и 0, и 1. Это позволяет