

Государственное высшее учебное заведение  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ

по лабораторной работе №14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ОЛОВА

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Преподаватель кафедры физики

\_\_\_\_\_  
Отметка о защите \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 14

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ОЛОВА

Цель работы: определить удельную теплоту плавления олова.

Приборы и принадлежности: фарфоровый тигель с оловом, трубчатая печь, милливольтметр, хромель–алюмелевая термопара, секундомер.

## Общие положения

При плавлении вещества поглощается количество теплоты  $Q$  пропорциональное массе металла  $m$ :

$$Q = m\lambda, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – удельная теплота плавления (кристаллизации), т.е. количество теплоты, которое необходимо сообщить 1 кг твёрдого вещества, взятого при температуре плавления, для перехода его в жидкое состояние.

Такое же количество теплоты выделяется при кристаллизации. Температура жидкого металла при кристаллизации остается постоянной. Отсюда следует, что количество теплоты, выделяющееся в единицу времени при кристаллизации, должно быть равно количеству тепла, отдаваемому в окружающую среду в единицу времени (скорости теплоотдачи). На этом и основан применяющийся в данной работе метод определения величины  $\lambda$ .

Количество теплоты, отдаваемой в окружающую среду, обозначим через  $Q_0$ . Скорость теплоотдачи  $\frac{Q_0}{\Delta\tau}$  равна скорости выделения теплоты кристаллизации:

$$\frac{Q_0}{\Delta\tau} = \frac{\lambda m}{\tau_3 - \tau_2}, \quad (2)$$

где  $\tau_3 - \tau_2$  – длительность процесса кристаллизации (рис. 1).

Отсюда: 
$$\lambda = \frac{Q_0}{m\Delta\tau}(\tau_3 - \tau_2). \quad (3)$$

Метод определения скорости теплоотдачи состоит в следующем. После того, как металл в тигле расплавится и достигнет температуры, превышающей на  $20 - 30^\circ$  температуру плавления, печь выключают и через равные промежутки времени фиксируют показания милливольтметра. По градуировочному графику, приведенному на рабочем месте, находят соответствующие этим показаниям значения температуры. Затем строят график зависимости температуры от времени, примерный вид которого приведён на рис. 1.

Участок АВ на графике соответствует остыванию жидкого металла до начала кристаллизации, участок ВС – кристаллизации металла, а участок СД – охлаждению твёрдого металла ( $T_2$  – температура плавления).

Заменим полученный график идеализированным, соединив точки А и В, С и Д прямыми линиями.

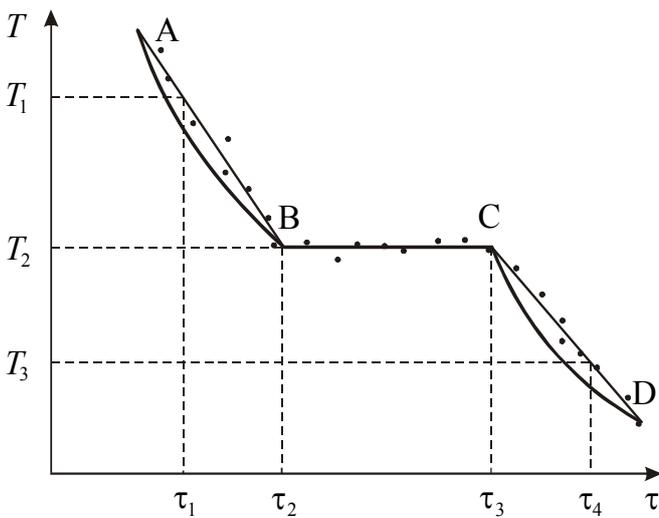


Рисунок 1

Количество теплоты, отдаваемой в среднем в единицу времени жидким металлом вместе с тиглем при остывании:

$$\frac{Q_1}{\Delta\tau} = \frac{(MC_1 + mC_2) \cdot (T_1 - T_2)}{\tau_2 - \tau_1} \quad (4)$$

где  $M$  – масса тигля;

$m$  – масса металла;

$C_1$  – удельная теплоёмкость тигля ( $C_1=1090$  Дж/кг·К);

$C_2$  – удельная теплоёмкость исследуемого **жидкого** металла (для олова  $C_2=266$  Дж/кг·К).

При остывании твёрдого металла в единицу времени отдаётся количество теплоты:

$$\frac{Q_2}{\Delta\tau} = \frac{(MC_1 + mC_2') \cdot (T_2 - T_3)}{\tau_4 - \tau_3}, \quad (5)$$

где  $C_2'$  – удельная теплоёмкость исследуемого **твёрдого** металла ( $C_2'=230$  Дж/кг·К).

Так как в процессе кристаллизации температура металла не изменяется, то скорость теплоотдачи в этот период не может быть измерена непосредственно. Скорость теплоотдачи при прочих равных условиях зависит от разности температур между нагретым телом и окружающей средой, поэтому среднее значение скорости охлаждения до наступления процесса кристаллизации и после него будет приблизительно равно скорости теплоотдачи в период затвердевания. Воспользовавшись этим, можно написать:

$$\frac{Q_0}{\Delta\tau} = \frac{1}{2} \left( \frac{Q_1}{\Delta\tau} + \frac{Q_2}{\Delta\tau} \right), \quad (6)$$

Используя уравнения (4), (5) и (6), находим:

$$\frac{Q_0}{\Delta\tau} = \frac{1}{2} \left[ (MC_1 + mC_2) \frac{T_1 - T_2}{\tau_2 - \tau_1} + (MC_1 + mC_2') \frac{T_2 - T_3}{\tau_4 - \tau_3} \right]. \quad (7)$$

Моменты времени  $\tau_1$  и  $\tau_4$  на графике выбираются так, чтобы:

$$\begin{aligned} \tau_2 - \tau_1 &= \tau_3 - \tau_2 \\ \tau_4 - \tau_3 &= \tau_3 - \tau_2 \end{aligned} \quad (8)$$

Подставим соотношение (7) в выражение (3). С учётом равенства (8), получим:

$$\lambda = \frac{1}{2m} \left[ (MC_1 + mC_2) \cdot (T_1 - T_2) + (MC_1 + mC_2^1) \cdot (T_2 - T_3) \right]. \quad (9)$$

### Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие физические величины измеряются непосредственно (прямые измерения)?
3. Какой график надо построить по результатам эксперимента? Схематически изобразите, какой вид должен иметь этот график по теории. Как на графике выбираются моменты времени  $\tau_1$  и  $\tau_4$ ?
4. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать удельную теплоту плавления. Поясните смысл обозначений, входящих в формулу.
5. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать скорость теплоотдачи. Поясните смысл обозначений, входящих в формулу.

### Выполнение работы

1. По термометру определить и записать значение комнатной температуры.
2. Записать в протокол массу тигля  $M$  и массу олова  $m$ , указанные на установке.
3. Определить цену деления милливольтметра
4. Опустить в трубчатую печь тигель с оловом.
5. Включить печь. Когда олово расплавится (показание милливольтметра достигнет величины 5 mV), выключить печь.
6. Поднять тигель и через 10 секунд записывать показания милливольтметра  $\varepsilon$ . Измерения прекратить при достижении эдс 2,5 mV.

### Оформление отчёта

#### 1. Расчёты

1. По градуировочному графику (см. рис. 2) определить разность температур  $\Delta t$ , соответствующую каждому показанию милливольтметра.
2. Определить температуру олова для каждого момента времени по формуле
 
$$T = \Delta t + t_{\text{комн}},$$
 где  $t_{\text{комн}}$  – комнатная температура.
3. Построить график  $T = f(\tau)$ .
4. По графику определить температуру плавления  $T_2$ .
5. Определить по графику температуры  $T_1$  и  $T_3$ . Для этого отложить от точек В и С влево и вправо равные отрезки  $\tau_2 - \tau_1$  и  $\tau_4 - \tau_3$  (см. рис. 1).
6. Рассчитать удельную теплоту плавления олова по формуле (9).
7. Рассчитать скорость теплоотдачи по формуле (2).

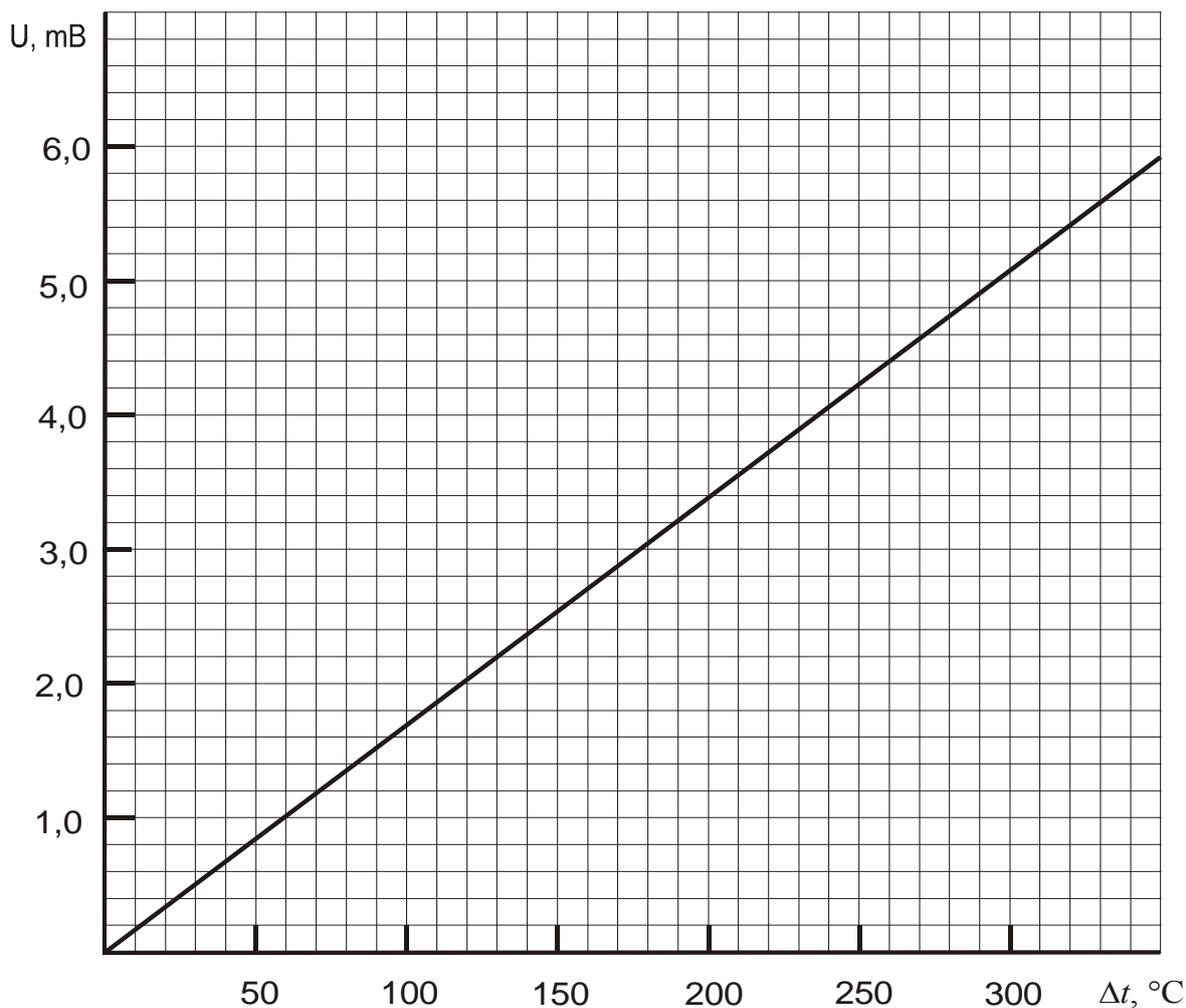


Рисунок 2

## 2. Защита работы

*(ответы представить в письменном виде)*

1. Дайте определение удельной теплоты плавления. От чего зависит её значение?
2. Почему температура кристаллического тела во время плавления остаётся неизменной, несмотря на то, что к нему подводится теплота?
3. Каким агрегатным состояниям соответствуют участки АВ, ВС, СД на графике, приведённом на рис. 1?
4. Сравните полученный экспериментально график с теоретической зависимостью. Сравните полученное значение удельной теплоты плавления олова с табличным значением. Сделайте вывод.

