

Лабораторная работа

Точное взвешивание

Оборудование: весы рычажные, набор гирь и разновесов; тела для взвешивания.

Описание целей работы

Конкретные цели	Критерии достижения цели
1. Изучение теории	Студент правильно отвечает на вопросы № 1 -8
2. Изучение теории метода	Студент правильно объясняет принцип устройства рычажных весов и правила взвешивания. Студент правильно отвечает на вопросы № 9-15
3. Экспериментальные измерения	Студент правильно пользуется методами точного взвешивания.

Основные теоретические сведения.

1.1 **Масса и вес.** *Масса тела*- эта физическая величина, являющаяся мерой инерции (инертности) тела. Под *инерцией* понимается свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения при отсутствии внешних сил. Масса является одной из основных характеристик тела, она зависит от размера тел и от природы их вещества. Масса характеризует не только инерцию материального тела, но и его гравитационные свойства: сила притяжения между двумя телами пропорциональна их массам. Кроме того, масса определяет запас энергии материального тела:

$$E=mc^2$$

где c - скорость света в вакууме, равная $3 \cdot 10^8$ м/сек.

Величина массы может быть определена по различным ее проявлениям (инерция, тяготение), путем сравнения с массой эталонного тела, произвольно принятой за единицу. Масса тела связана с силой тяжести этого тела соотношением

$$F_{\text{тяж}} = mg,$$

где g - ускорение силы тяжести в данной точке земной поверхности.

1.2. Все тела, находящиеся на поверхности Земли испытывают притяжение к ней, в соответствии с законом всемирного тяготения:

$$F = G \frac{mM_3}{(R+h)^2},$$

где G – гравитационная постоянная, $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \frac{Нм^2}{кг^2}$

M_3 – масса Земли; $M_3 \approx 6 \cdot 10^{24}$ кг.

R – радиус Земли, $R \approx 6370$ км = $6,4 \times 10^6$ м.

h – высота тела над поверхностью Земли.

На поверхности Земли ($h = 0$) сила тяготения:

$$F = G \frac{mM_3}{R^2}.$$

Сила тяготения направлена к центру Земного шара.

Т.к. Земля вращается вокруг своей оси, то на каждое тело действует центробежная сила инерции \vec{f} , направленная нормально от оси вращения Земли. Модуль ее равен $f = m\omega^2 r$,

где ω – угловая скорость вращения Земли,

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad T = 24 \text{ часа} = 24 \cdot 3600 \text{ сек.}$$

r – радиус окружности, по которой движется тело при суточном вращении Земли.

Из рис.1 $r = R \cos \varphi$, где φ – широта местности

$$f = \frac{4\pi^2 m R \cos \varphi}{T^2}$$

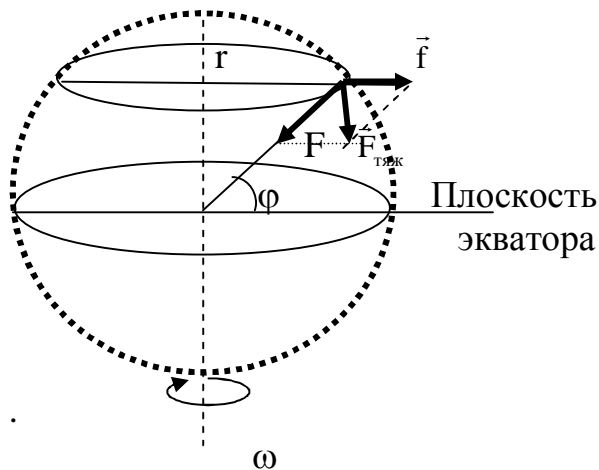


Рис.1

Равнодействующая этих сил

$\vec{F}_{\text{тяж}} = \vec{f} + \vec{F}$ называется силой тяжести. Любое свободно падающее тело под действием силы тяжести приобретает

$$\text{ускорение } \vec{g} = \frac{\vec{F}_{\text{тяж}}}{m}.$$

Направление силы тяжести определяется отвесом (вертикально вниз).

Т.к. центробежная сила инерции \vec{f} мала по сравнению с силой \vec{F}

($f \approx \frac{F_{\text{тяж}}}{300}$), то направление силы тяжести практически не отличается от направления силы тяготения, и в зависимости от широты местности φ меняется незначительно.

1.3. **Весом тела** \vec{P} называют силу, с которой тело из-за притяжения к вращающейся Земле, давит на опору или натягивает подвес.

Вес приложен не к самому телу, а к опоре или к подвесу. Если опора или (подвес) неподвижны относительно Земли, или движутся относительно ее

прямолинейно и равномерно, то вес равен силе тяжести: $P = F_{\text{тяж}}$

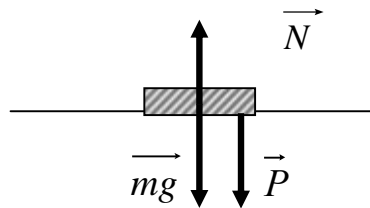


Рис.2

1.4 Принцип взвешивания на весах. Непосредственно сила, с которой данное тело притягивается к Земле, может быть определена при помощи пружинных весов. Абсолютное удлинение пружины по закону Гука равно

$$\Delta l = \alpha F$$

где F – деформирующая сила, α -коэффициент пропорциональности. В случае взвешивания деформирующей силой является вес тела, тогда

$$\Delta l = \alpha P$$

Величина Δl пропорциональна весу тела.

Пружина обычно снабжается указателем, скользящим вдоль шкалы, проградуированной в единицах веса.

Рассмотрим принцип действия рычажных весов. Они представляют собой рычаг первого рода (рис.3), в котором расстояния от точек приложения сил до точек опоры равны друг другу (равноплечий рычаг)

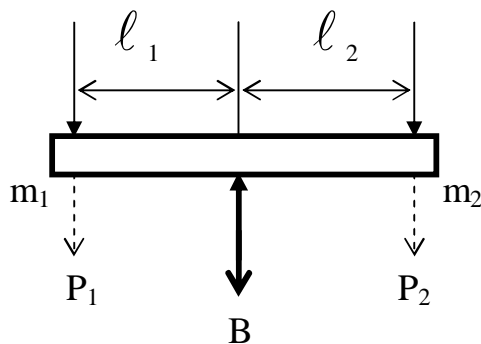


рис.3

Поместим на левую чашку весов тело массой m_1 .

Для того, чтобы восстановить равновесие, нужно на правую чашку накладывать разновесы до тех пор, пока стрелка В не вернется в первоначальное положение (m_2 – масса разновесов). На основании правила моментов сил

$$P_1 l_1 = P_2 l_2$$

где P_1 и P_2 соответственно веса тел – силы, действующие на левую и правую части рычага в точках опоры чашек весов, l_1 и l_2 – расстояние от этих точек до точки опоры коромысла. Так как весы равноплечие, то $l_1 = l_2$ и при равновесии $P_1 = P_2$. Но $P_1 = m_1 g$ и $P_2 = m_2 g$, значит, $m_1 = m_2$.

Таким образом, при взвешивании тел на рычажных весах мы сравниваем силу, с которой масса взвешиваемого тела притягивается к Земле с силой притяжения к Земле эталонной массы. Так как эталоном при

этом является масса, то фактически взвешивание на рычажных весах сводится к определению массы.

Но масса и вес тел в этом случае связаны соотношением $P=mg$. Величина g изменяется с изменением географической широты места и высоты над уровнем моря. В соответствии с этим изменяется вес тела. Так как в любой точке земной поверхности веса тел пропорциональны их массам, а величина g является величиной постоянной, то масса тела однозначно определяет его и вес. В этом смысле операцию сравнения масс, выполняемую на рычажных весах, можно назвать взвешиванием.

1.5. Разновесы. К каждому весам прилагается специальный набор гирь составленный по определенной системе.

Набор гирь следующий: 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2, 1 г.

Кроме того в наборе имеются миллиграммовые гири: 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20, 10 мг. Эти гири имеют форму квадратов с одним загнутым углом – для удобства захватывания пинцетом.

1.6. Методы взвешивания. На практике чрезвычайно трудно изготовить весы так, чтобы они были строго равноплечими. При взвешивании на неравноплечих весах вес гирь не равен весу тела. Однако существуют различные методы взвешивания, позволяющие определить вес тела достаточно точно.

Метод двойного взвешивания (метод Гаусса) заключается в том, что тело взвешивают два раза – один раз на левой чашке, другой раз – на правой. Пусть P - вес тела, P_1 и P_2 – вес гирь при взвешивании соответственно на левой и правой чашках, l_1 и l_2 – плечи коромысла. Искомый вес тела P определяется из условия равновесия

$$Pl_1 = P_1l_2 \quad Pl_2 = P_2l_1$$

Отсюда
$$P = \sqrt{P_1P_2} \approx \frac{P_1 + P_2}{2}$$

(так как P_1 и P_2 мало отличаются друг от друга).

Метод тарирования (метод Борда). На одну из чашек весов помещают взвешиваемое тело, на другую любую тару (песок, дробь и тд.), которую изменяют до тех пор , пока весы не придут в равновесие. Снимают тело с чашки и накладывают на нее разновесы, пока весы не придут в равновесие. В этом случае вес разновесов равен весу тела.

Метод постоянной нагрузки (метод Менделеева). Чувствительность весов зависит от нагрузки. Метод Менделеева позволяет производить взвешивание, не изменяя чувствительности весов. На левую чашку весов помещают гирю определенного веса (например, 100 Г), а на правую – мелкие разновесы, общий вес которых равен весу гири. Помещают тело на

правую чашку и снимают с нее разновесы до уравнивания весов. Очевидно, вес тела равен весу снятых разновесов.

1.7 Определение нулевой точки весов.

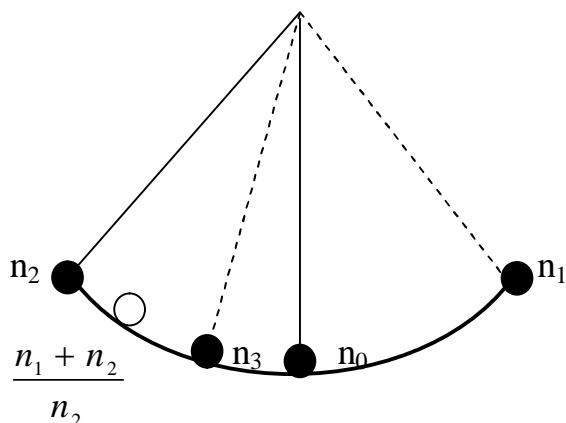


Рис.4

Нулевой точкой весов называется положение стрелки ненагруженных весов при равновесии. Если отклонить чашку уравновешенных весов, то стрелка весов будет совершать затухающие колебания около нулевой точки. Однако вследствие трения, стрелка может остановиться не в нулевой точке, а вблизи ее. Поэтому для определения нулевой точки пользуются методом качания, который состоит в следующем.

Определяют последовательные максимальные отклонения стрелки влево n_1 , вправо n_2 , и влево n_3 (рис. 4) с точностью до половины деления. Поскольку колебания затухающие, то каждое последующее отклонение от положения равновесия меньше предыдущего. Из рисунка ясно, что положение нулевой точки можно определить из условия:

$$n_0 = \frac{\frac{n_1 + n_3}{2} + n_2}{2}$$

Для определения положения нулевой точки с большей точностью отсчитывают пять максимальных отклонений стрелки.

Тогда

$$n_0 = \frac{\frac{n_1 + n_3 + n_5}{3} + \frac{n_2 + n_4}{2}}{2}$$

Обыкновенно крайнее левое деление шкалы обозначают цифрой 0, крайнее правое – цифрой 20. Иногда среднее деление шкалы принимают за 0, тогда отклонения влево считают отрицательными, вправо – положительными.

1.8 Определение цены деления весов. При взвешивании тела очень трудно подобрать гири таким образом, чтобы положение равновесия стрелки совпадало с нулевой точкой ненагруженных весов. Обычно они отличаются друг от друга на несколько делений. Точный вес тела на одной из чашек можно найти, если известна цена деления нагруженных весов. Цена деления весов определяется весом перегрузки, вызывающего смещения стрелки весов на одно деление шкалы.

Цена деления может быть определена следующим образом. Кладут тело на левую чашку и уравнивают его. Определяют нулевую точку нагруженных весов методом качаний n_1 . Добавляют малый перегрузок p (порядка 1 мГ) и вновь определяют нулевую точку n_2 . Цена деления весов

$$C = \frac{P}{|n_2 - n_1|}.$$

1.9 Поправка на потерю веса тела в воздухе. Все предыдущие рассуждения относились к взвешиванию тел в пустоте. При взвешивании в воздухе на тела и гири действует выталкивающая сила. Так как объемы взвешиваемых тел и гирь, как правило, неодинаковы, то неодинаковы и выталкивающие силы. Рассмотрим условие равновесия при взвешивании в воздухе. Положим тело на левую чашку и уравновесим его. На левую чашку действует сила $F_1 = P - V\rho_1 g$ где P – вес тела в пустоте, $V\rho_1 g$ – выталкивающая сила, ρ_1 – плотность воздуха.

Объем тела $V = \frac{P}{\rho_2 g}$; где ρ_2 – плотность тела. Отсюда

$$F_1 = P \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right).$$

На правую чашку действует сила $F_2 = P_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_3} \right)$,

где P_1 – вес гирь на правой чашке, ρ_3 – плотность гирь.

Условие равновесия: $F_1 \ell_1 = F_2 \ell_2$

$$P \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right) \ell_1 = P_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_3} \right) \ell_2,$$

При взвешивании на правой чашке условие равновесия можно записать аналогично

$$P \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2} \right) \ell_2 = P_2 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_3} \right) \ell_1,$$

Умножая числитель и знаменатель правой части на $1 + \frac{\rho_1}{\rho_2}$ и пренебрегая

малыми величинами, получим окончательно: $P = \sqrt{P_1 P_2} \left(1 + \frac{\rho_1}{\rho_2} - \frac{\rho_1}{\rho_3} \right)$

(1)

Поправка на потерю веса в воздухе может быть найдена с помощью номограммы.

1.10 Правила взвешивания.

а) Помещать на чашки и снимать взвешиваемые тела и разновесы можно только при закрытом арретире;

б) Открывать и закрывать арретир нужно осторожно и плавно. Успокаивать качание чашек можно прикосновением листка бумаги или кисточки.

в) Центр тяжести взвешивания грузов должен по возможности находиться посередине чашки.

г) Разновесы можно брать только пинцетом, после снятия с весов их следует класть в ящик на свое место.

д) Не следует оставлять надолго грузы на чашках, особенно, если весы не арретированы.

е) Помещать гири нужно в следующем порядке: начинать с гири, приблизительно одинаковой с массой взвешиваемого тела. Если масса гири будет больше массы тела, то следует ее заменить ближайшей меньшей гирей следующими за последней меньшими гирями разновеса, пока равновесие не будет достигнуто.

ж) Подсчитывать массу гирь следует дважды: по пустым местам в ящике для разновесов и при возвращении разновесов в ящик.

Задание 1. Определение веса тел методом Гаусса

1. Определяют нулевую точку ненагруженных весов.

2. Кладут тело на левую чашку.

3. Уравновешивают тело гирями, устанавливая их пинцетом. Центр тяжести взвешиваемого тела и гирь должен по возможности находиться посередине чашек.

4. Вычисляют вес тела на левой чашке.

5. Повторяют процесс взвешивания на правой чашке. Вычисляют вес тела в воздухе:

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

6. По формуле (1) вычисляют вес тела в пустоте.

7. Погрешности вычисляются по формулам:

$$\Delta P = \frac{1}{2} (\Delta P_1 + \Delta P_2)$$

Контрольные вопросы:

1. Что в физике называют силой?

2. Взаимодействие каких тел характеризует сила тяготения? Сила тяжести? Вес тела?

3. Как направлена сила тяготения? Сила тяжести? Вес тела?

4. Каков модуль силы тяготения? Силы тяжести? В каких случаях, вес тела равен по модулю силе тяжести?
5. Что такое центробежная сила инерции?
 - какое взаимодействие она характеризует?
 - каков результат ее действия?
 - каково ее направление?
 - как вычислить величину центробежной силы инерции.
6. Найдите величину центробежной силы инерции, действующей на Землю. Сравните ее с величиной силы вашего притяжения к Земле.
7. Что такое вес тела? Укажите точку приложения и направление веса тел в следующих случаях:
 - книга лежит на столе;
 - книгу несут в пакете;
 - книга падает на пол;
 - мяч летит вверх;
 - самолет находится в полете;
 - самолет стоит на взлетной полосе.
8. Что такое масса тела?
 - что она характеризует?
 - как измеряется?
 - единица измерения (СИ)?
9. Что мы определяем, пользуясь пружинными весами? Рычажными весами?
10. Что может быть источником ошибки при определении массы на рычажных весах? Какими способами можно исключить ее?
11. Как изменяется нагрузка на чашку весов с изменением его положения?
12. Каковы правила взвешивания.
13. Как определить нулевую точку весов? Почему нельзя судить о нулевой точке по его положению, принимаемому стрелкой после полного затухания колебаний?
14. Что такое чувствительность весов? От чего она зависит?
15. Как определить цену деления весов?

Литература:

1. А.С. Шубин “Курс общей физики”.
2. Р.И. Грабовский “Курс общей физики”.
3. А.В.Кортнев “Практикум по физике”.
4. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф “Справочник по физике”,
5. В.И.Иверонова “Физический практикум”,
6. Е.И.Бутиков, А.А.Быков, А.С.Кондратьев “Физика”,

Лабораторная работа

Определение температуры и теплоты плавления металла.

Цель работы: на практике ознакомиться с фазовыми переходами I рода; определить температуру, теплоту плавления и кристаллизации металла.

Оборудование: тигли с исследуемыми веществами, электроплитка, термопара, самопишущий потенциометр.

I. Агрегатные состояния вещества.

Все вещества (за некоторым исключением) могут существовать в трех агрегатных состояниях – твердом, жидком, газообразном. Четвертым состоянием часто считают плазму. Так, вода при нормальном давлении $p=101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм. рт. ст.}$, при $T = 0^\circ \text{ С}$ кристаллизуется в лед, а при 100° С кипит и превращается в пар.

Агрегатные состояния вещества зависят от физических условий, в которых оно находится, главным образом от температуры и давления. Определяющей величиной является отношение $\varepsilon(T,P)$ модуля средней потенциальной энергии взаимодействия молекул $|\langle \varepsilon_p \rangle|$ к их средней кинетической энергии $\langle \varepsilon_k \rangle$

$$\varepsilon(T, P) = \frac{|\langle \varepsilon_p \rangle|}{\langle \varepsilon_k \rangle}$$

1. если $\varepsilon(T,P) \gg 1$ - твердое тело;
2. если $\varepsilon(T,P) \ll 1$ – газообразное;
3. если $\varepsilon(T,P) \sim 1$ – жидкое.

Переход из одного агрегатного состояния в другое сопровождается скачкообразным изменением $\varepsilon(T,P)$, связанным со скачкообразным изменением средних межмолекулярных расстояний ℓ и межмолекулярных взаимодействий. В газах межмолекулярные расстояния ℓ велики по сравнению с размерами молекулы r_0 ($\ell \gg r_0$), они почти не взаимодействуют друг с другом и движутся практически свободно, заполняя весь объем. В жидкостях и твердых телах – конденсированных средах – молекулы (атомы) расположены значительно ближе друг к другу ($\ell \sim r_0$) и взаимодействуют сильнее. Это приводит к сохранению жидкостями и твердыми телами своего объема. Однако характер движения молекул в твердых телах и жидкостях различны, чем и объясняется различие их структур и свойств. У твердых кристаллических тел молекулы расположены строго упорядоченно, поэтому они сохраняют свою форму. Атомы совершают колебания вблизи узлов кристаллической решетки.

Молекулы жидкости расположены в беспорядке. Тепловое движение молекул жидкости представляет собой сочетание малых колебаний около положения равновесия и частых перескоков из одного

положения равновесия в другое (частота тепловых колебаний молекул ~ в $10^2 - 10^3$ раз больше частоты перескоков т.е. в оседлом положении в промежутках между перескоками молекулы совершают до 10^3 тепловых колебаний). Это и обуславливает существования в жидкостях лишь ближнего порядка в расположении частиц, а также свойственные им текучесть и подвижность. В отличии от газов и жидкостей, которые изотропны, кристаллические тела антиизотропны.

Во всех трех состояниях сохраняется химическая целостность и индивидуальность атомов и молекул, в этом их отличие от плазменного состояния. Плазма представляет собой газ заряженных частиц (ионов, электронов), которые электрически взаимодействуют между собой на больших расстояниях. Это определяет ряд своеобразных свойств плазмы.

Как правило, переходы из более упорядоченных по структуре в менее упорядоченное состояние происходят при определенной температуре и давлении. Но в ряде случаев такие переходы могут, осуществляются непрерывно. Возможность непрерывных переходов указывает на некоторую условность выделения агрегатного состояния вещества. Это подтверждается существованием аморфных твердых тел, сохраняющих структуру жидкости, жидких кристаллов и др.

В связи с этим в современной физике вместо понятия агрегатного состояния пользуются более широким понятием – фазы.

II. Фазы. Фазовые переходы.

Фаза – термодинамическое равновесное состояние вещества, отличающееся по физическим свойствам от других возможных равновесных состояний (других фаз) того же вещества.

Химические системы могут быть гомогенными, физическими. Смесь химических компонентов – азот, кислород, и др. составляющих воздух, образуют гомогенную – однофазную систем. Поэтому фазу можно определить как гомогенную часть гетерогенной системы, ограниченной поверхностью раздела. Системы, состоящие более чем из одной фазы, называются гетерогенными. Примером гетерогенной системы является вода с плавающим в ней льдом до тех пор, пока лед полностью не растает. После полного таяния льда или после полного замерзания воды образуется гомогенная система, представляющая пример жидкой фазы (твердой фазы – в случае полного замерзания). Вещества одного того же химического состава, находящиеся в одном и том же агрегатном состоянии могут иметь совершенно различные свойства. Например, алмаз и графит – различные кристаллические формы углерода. Их фазовые состояния различны.

Различие их свойств вызвано различием в строении, разной энергии образования из атомов и др. термодинамическими функциями.

Фазовым переходом называется изменение фазового или агрегатного состояния вещества без изменения химического состава.

Фазовые переходы первого рода – это такие переходы, которые при данном давлении осуществляется при строго определенной температуре со скачкообразным изменением первых производных свободной энергии: энтропии, энтальпии, объема, плотности и др. При фазовом переходе I рода в точке перехода сосуществует в равновесии две фазы вещества, ограниченные поверхностями раздела. Фазовый переход I рода сопровождается выделением и поглощением тепла.

В отличие от фазового перехода I рода, фазовые переходы II рода бывают обусловлены прежде всего постепенным изменением атомной структуры в фазе. При фазовом переходе II рода первые производные свободной энергии (энтропия, энтальпия, объем) изменяются монотонно. Скачок претерпевают вторые производные свободной энергии – теплоемкость, коэффициент и т.д.

III. Плавление и кристаллизация

Плавлением называется переход вещества из кристаллического (твердого) состояния в жидкое (фазовый переход I рода). Оно происходит с поглощением теплоты. Главными характеристиками являются температура плавления ($T_{пл}$) и теплота плавления ($L_{пл}$).

Наличие определенной температуры плавления – важный признак кристаллического строения твердых тел. По этому признаку их легко отличать от аморфных тел, которые не имеют фиксированной $T_{пл}$. Аморфные тела переходят в жидкое постепенно, размягчаясь при повышении температуры.

Как правило, для веществ с высокой $T_{пл}$ характерны более высокие значения $L_{пл}$. Примеси, присутствующие в кристаллических веществах снижают температуру плавления. Этим пользуются на практике для получения сплавов с низкой $T_{пл}$. Плавление начинается при достижении кристаллическим веществом $T_{пл}$ и протекает при постоянной температуре $T_{пл}$, несмотря на сообщение веществу теплоты. Нагреть кристалл до $T > T_{пл}$ в обычных условиях не удастся. Все количество теплоты, передаваемое веществу процессе плавления расходуется на разрушение кристаллической решетки.

Удельной теплотой плавления λ называется количество теплоты необходимое для превращения 1 кг. Кристаллического вещества при температуре плавления в жидкость той же температуры. Такое же количество теплоты поглощается при переходе из жидкого в кристаллическое твердое состояние.

Теплота плавления $L_{\text{пл}}$ массой m равна: $L_{\text{пл}} = \lambda m$.
 Количество теплоты, выделяемое при кристаллизации того же тела, равно $L_{\text{пл}} = -\lambda m$.

Определение скрытой теплоты плавления

Для определения скрытой теплоты плавления и кристаллизации воспользуемся полученной диаграммой.

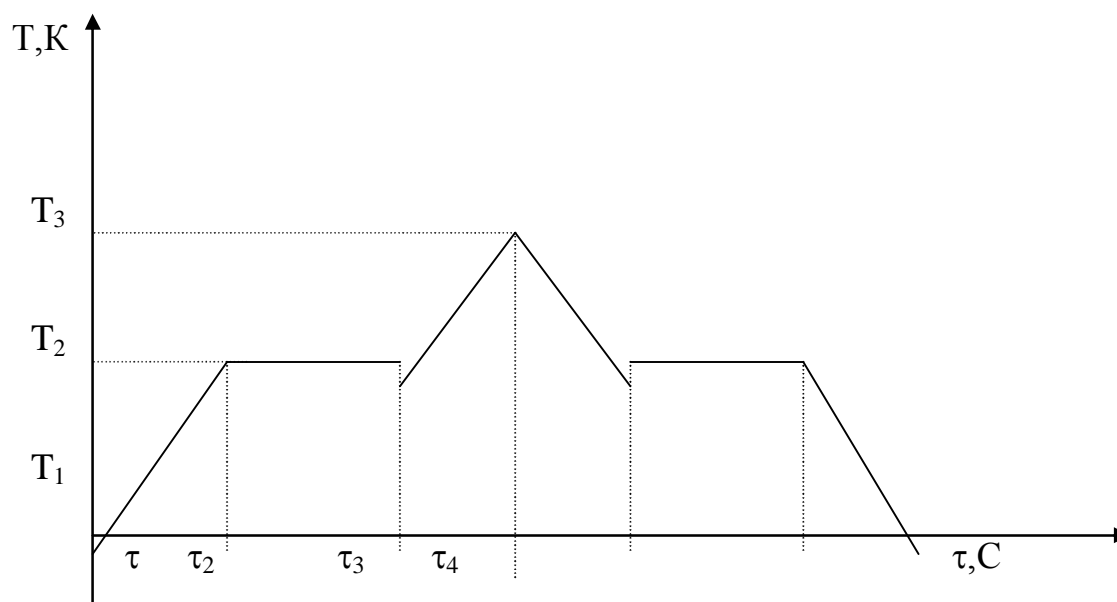


Рис 1. Диаграмма плавления и кристаллизации кристаллического вещества

Количество теплоты q_1 полученное в единицу времени твердым оловом вместе с тиглем при нагревании равно

$$q_1 = \frac{Q_1}{\tau_2 - \tau_1} = (C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_2 - T_1}{\tau_2 - \tau_1} \quad (1)$$

где $C_1 = 0,0588$ кал/г град - удельная теплоемкость твердого олова;

m - масса олова;

C_2 и m_2 - удельная теплоемкость и масса тигля.

При нагревании жидкого олова расходуется в единицу времени количество теплоты q_2

$$q_2 = \frac{Q_2}{\tau_4 - \tau_3} = (C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_3 - T_2}{\tau_4 - \tau_3} \quad (2)$$

где $C_1 = 0,637$ кал/г град - удельная теплоемкость твердого олова.

Количество теплоты, израсходованное в единицу времени на кристаллизацию, q_3 равно:

$$q_3 = \frac{\lambda m_1}{\tau_3 - \tau_2} \quad (3)$$

где λ - скрытая теплота плавления.

Величина q_3 может быть определена как среднее арифметическое между q_1 и q_2

$$q_3 = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad (4)$$

Подставляя q_1 , q_2 , q_3 из уравнений(1), (2), (3) в выражение (4) после преобразований получим:

$$\lambda = \frac{\tau_3 - \tau_2}{2m_1} \left[(C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_2 - T_1}{\tau_2 - \tau_1} + (C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_3 - T_2}{\tau_4 - \tau_3} \right] \quad (5)$$

Измерения можно упростить, если учесть что развертка самописца происходит с постоянной скоростью v . Тогда координата x на диаграмме

однозначно связана с временем записи t : $x = vt$ или $t = \frac{x}{v}$. Подставив

последнее выражение в (5) получим:

$$\lambda = \frac{x_1 - x_2}{2m_1 v} \left[(C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} v + (C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_3 - T_2}{x_4 - x_3} v \right] =$$

$$= \frac{x_2 - x_1}{2m_1 v} \left[(C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} + (C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_3 - T_2}{x_4 - x_3} \right]$$

или

$$\lambda = \frac{x_2 - x_1}{2m_1} \left[(C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} + (C_1 m_1 + C_2 m_2) \frac{T_3 - T_2}{x_4 - x_3} \right]$$

где x_1 x_2 x_3 x_4 – координаты пера самописца в мм в момент времени t_1 t_2 t_3 t_4 соответственно (см.рис.1)

Контрольные вопросы

1. Что такое агрегатное состояние вещества? Чем оно определяется?
2. Как движутся частицы в разных агрегатных состояниях?
3. Что называется фазой? Фазовым состоянием?
4. Каково различие между фазовым переходом I и II рода?
5. Что называется плавлением? Удельной теплотой плавления?
6. На что расходуется тепловая энергия, сообщаемая телу при плавлении?
7. Вычислите изменение энтропии при плавлении.

Литература

1. Кортнев А.В., Рублев Ю.В., Куценко А.Н. Практикум по физике.
2. Карякин Н.И., Быстров К.Н., Киреев П.С. Краткий справочник по физике.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2
4. Савельев И.В. Общий курс физики. Т.1
5. Грабовский В.И. Курс общей физики
6. Шубин А.С. Курс общей физики
7. Иверонова В.И. Физический практикум.