**Занятие № 63-64**

**Тема: Тепловое расширение твёрдых тел. Жидкие кристаллы.**

**Задание:** Изучите теорию и ответить на вопросы. Решить задачи.

*Каково строение жидкостей и твёрдых тел?*

*Что происходит с молекулами вещества при повышении температуры?*

1. Кроме теплопроводности, одним из тепловых свойств твёрдого тела является его расширение при нагревании. Вспомните опыт с металлическим шаром, который проходил через кольцо при комнатной температуре (см. рис. 3) и застревал в нём, когда шар нагревали. Это говорит о том, что объём шара при нагревании увеличивался.

Изменение размеров тела при его нагревании называют **тепловым расширением**. У твёрдого тела различают **линейное расширение** — изменение длины, ширины, высоты тела (его линейных размеров) и **объёмное расширение** — изменение объёма при нагревании.

Различные твёрдые вещества по-разному расширяются при нагревании: одни больше, другие меньше. Тепловое расширение характеризуется величиной, называемой **температурным коэффициентом расширения**.

2. Длина l тела при нагревании от 0 °С до температуры t °С вычисляется по формуле:



где l0 — длина тела при температуре 0 °С, β — **температурный коэффициент линейного расширения**. Этот коэффициент показывает, *во сколько раз от своего первоначального значения изменяется линейный размер тела при его нагревании на 1 °С*.

Единицей температурного коэффициента линейного расширения является *градус в минус первой степени* (**1 град-1** или **1 К-1**).



Температурные коэффициенты линейного расширения для большинства веществ измерены и приведены в специальных таблицах.

3\*. Объём V тела при нагревании от 0 °С до температуры t °С вычисляется по формуле:



где V0 — объём тела при температуре О °С, α — температурный коэффициент объёмного расширения, его единицей является 1 град-1 или 1 К-1.

Например, температурный коэффициент объёмного расширения алюминия при 20 °С равен 13,7 • 10-6 град-1, олова — 21,4 • 10-6 град-1, бетона — примерно 12 • 10-6 град-1, эбонита — 70 • 10-6 град-1.

4\*. Поликристаллы одинаково расширяются по всем направлениям. Для них температурный коэффициент объёмного расширения приблизительно в 3 раза больше температурного коэффициента линейного расширения (α ≈ 3β).

Монокристаллы по-разному расширяются в разных направлениях. Если вырезать шар из какого-либо монокристалла и нагреть, то он превратится в эллипсоид (примет вытянутую форму). У некоторых веществ температурные коэффициенты линейного расширения для разных направлении различаются довольно существенно. Так, у гипса он для трёх направлений равен соответственно 1,6 • 10-6 град-1, 42 • 10-6 град-1, 29 • 10-6 град-1.

Существуют монокристаллы, у которых по некоторым направлениям температурный коэффициент линейного расширения имеет отрицательные значения. Это значит, что при нагревании в этих направлениях кристаллы сжимаются, а в других расширяются.

5. Тепловое расширение твёрдых тел учитывается в технике. Железнодорожные рельсы так же, как и все тела, меняют свою длину при охлаждении и нагревании. Если бы рельсы были плотно пригнаны друг к другу, то при изменении температуры в них возникали бы огромные напряжения, которые могли бы привести к разрушению путей. Поэтому, укладывая рельсы между участками длиной 100—150 м, оставляют зазор. Зимой этот зазор увеличивается, а летом уменьшается.

**Тепловое расширение твёрдых тел и жидкостей**

Тепловое расширение используют, если нужно одну деталь плотно насадить на другую, например колесо на вал (рис. 84). Диаметр отверстия в колесе делают чуть меньше диаметра вала. При нагревании колесо расширяется, и его свободно насаживают на вал. Остывая, колесо сжимается и плотно охватывает вал.



Если тело нагревается неравномерно, то разные его участки расширяются по-разному. В теле возникают напряжения, оно деформируется и может разрушиться. По этой причине лопается стеклянный стакан, когда в него наливают кипяток.

В настоящее время существуют специальные стёкла, которые очень незначительно расширяются при повышении температуры. Таким является кварцевое стекло, которое на 96—99% состоит из кварца. Кварцевое стекло делают из горного хрусталя — особо чистого кварца. А обычное стекло изготавливают из смеси кварцевого песка, соды и мела. Если изготовить палочки длиной 10 см из кварцевого и из обыкновенного стекла и нагреть их на 100 °С, то палочка из обычного стекла удлинится на 0,01 см, а палочка из кварцевого стекла — всего на 0,0005 см. Поэтому в посуде из кварцевого стекла можно кипятить воду.

Свойство тел, изготовленных из разных веществ, по-разному изменять свою длину при нагревании также широко используется.

Возьмём две пластины, изготовленные, например, из меди и железа, соединим их (рис. 85, а) и будем нагревать. Медная пластина расширяется сильнее, чем железная, поэтому они прогнутся (рис. 85, б). Такие пластины называют биметаллическими. Их используют в термометрах, в регуляторах температуры. Например, в регуляторе температуры биметаллическая пластина, нагреваясь до предельно допустимой температуры, изгибается и размыкает цепь. В результате этого дальнейшее нагревание не происходит.



6. Жидкости, так же как и твёрдые тела, расширяются при нагревании. Поскольку они не имеют определённой формы, то нельзя говорить о линейном расширении жидкостей. Их объёмное расширение можно наблюдать на следующем опыте. Возьмём колбу, наполним её водой. Закроем колбу пробкой со вставленной в неё трубкой (рис. 86). При нагревании вода начнёт подниматься по трубке в колбе. Тепловое расширение жидкостей объясняется увеличением средних расстояний между положениями равновесия её молекул.



Различные жидкости при нагревании расширяются по-разному: керосин, например, расширяется сильнее, чем вода.

7\*. Пусть при температуре 0 °С жидкость имела объём V0, а при температуре t °С — объём V. Тогда объём жидкости при нагревании вычисляется по формуле:



где α — **температурный коэффициент объёмного расширения жидкости**. Его единицей является 1 град-1 или 1 К-1.

Значения температурного коэффициента объёмного расширения для разных жидкостей различны и лежат в пределах от 10-3 до 10-4 град-1. Он примерно в 103 раз больше, чем температурный коэффициент объёмного расширения твёрдых тел. Например, температурный коэффициент объёмного расширения ртути 0,18 • 10-3 град-1, эфира — 1,7 • 10-3 град-1, воды (при 20 °С) — 2,1 • 10-4 град-1.

Сравнив значения температурного коэффициента объёмного расширения ртути и эфира, можно заметить, что для ртути он примерно в 10 раз меньше. Это означает, что при изменении температуры на 1 °С относительное изменение объёма ртути в 10 раз меньше, чем объёма эфира.

Сравнение значений температурного коэффициента объёмного расширения жидкостей и твёрдых тел показывает, что для эфира он примерно в 100 раз больше, чем для алюминия.

8. Тепловое расширение жидкостей, так же как и твёрдых тел, учитывают и в технике, и в быту. Если жидкость, доверху заполняющая закрытый сосуд, нагревается, то из-за высокого давления сосуд может разорваться. Поэтому баки, в которых нагревают жидкости, делают из материала с большим температурным коэффициентом расширения. Цистерны, в которых перевозят жидкости, не заполняют доверху.

9. Все жидкости достаточно равномерно расширяются с повышением температуры. Исключение составляет вода. Вода расширяется только при нагревании до температуры выше 4 °С. При нагревании от 0 до 4 °С она сжимается, её объём уменьшается, а плотность увеличивается. Наибольшую плотность вода имеет при 4 °С. На рисунке 87 приведён график зависимости плотности воды от температуры.



Пусть вода имеет низкую температуру. Под действием солнечных лучей верхние слои воды нагреваются, предположим, до температуры 2 °С. Плотность воды в этом слое больше, чем в слое, лежащем ниже и имеющем температуру О °С. Нагретая вода опускается вниз. Её место занимает вода, имеющая более низкую температуру. Таким образом, происходит непрерывная смена слоёв воды и равномерное прогревание всей её толщи. Это будет происходить, пока температура воды не станет равной 4 °С. При дальнейшем нагревании верхние слои становятся менее плотными и остаются вверху.

Поэтому большие толщи воды прогреваются быстро лишь до 4 °С, дальнейшее прогревание нижних слоёв идёт медленно из-за плохой теплопроводности и отсутствия конвекции. Охлаждение воды до 4 °С идёт быстро, а дальнейшее охлаждение замедляется по той же причине. Это приводит к тому, что глубокие водоёмы, начиная с некоторой глубины, имеют температуру 2—3 °С. Даже зимой вода в водоёмах не промерзает до дна. Верхние более холодные слои воды опускаются вниз, а тёплые занимают их место. Такое перемещение происходит до тех пор, пока температура воды не станет равной 4 °С. При дальнейшем охлаждении верхние слои не будут опускаться вниз и постепенно замёрзнут.

**Вопросы для самопроверки**

1. Что происходит с твёрдыми телами и жидкостями при нагревании?

2. Какая величина характеризует свойство различных веществ, из которых сделаны тела, по-разному расширяться при нагревании?

3. Что такое биметаллическая пластина? Как она действует? Где применяется?

4. Как учитывают тепловое расширение жидкостей?

**Задание**

1. Приведите примеры учёта теплового расширения твёрдых тел в технике и в быту.

2. Почему колёса поезда стучат при движении по рельсам? Когда этот стук сильнее — зимой или летом?

3\*. Предложите конструкцию терморегулятора с использованием би- металлической пластины.

4\*. На сколько градусов нужно нагреть медный стержень длиной 2 м, чтобы он удлинился на 1 мм? Температурный коэффициент линейного