

Урок 10. Тайны льда и металла. Плавление и отвердевание

Вступление: Загадочные превращения вокруг нас

Сегодня мы отправимся в удивительное путешествие в мир веществ, которые умеют превращаться.

Представьте: вы держите в руке кубик льда. Он твёрдый, холодный, его можно даже бросить.

Но через несколько минут в вашей ладони окажется лужица воды. Куда делся лёд? А если эту воду налить в формочку и поставить в морозилку, она снова станет льдом. Это магия?

Нет, это самые обычные, но от того не менее поразительные агрегатные превращения: плавление и отвердевание.

ЧАСТЬ 1: ТРИ Лица одного вещества. Агрегатные состояния

Любое вещество (вода, железо, воск) может существовать в трёх основных «личинах» или агрегатных состояниях:

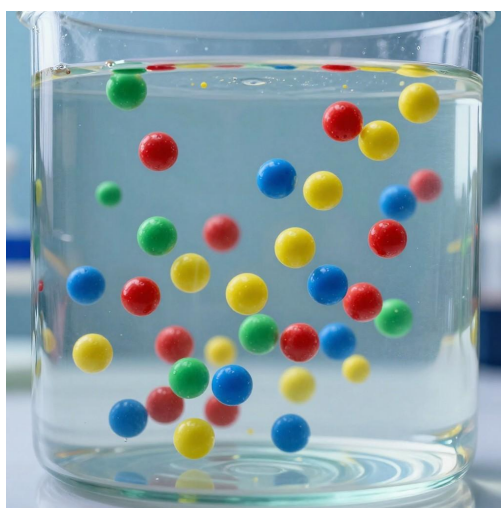
Твёрдое — имеет собственную форму и объем. Молекулы расположены в строгом порядке (в кристаллах) или хаотично (в аморфных телах), сильно притягиваются друг к другу и лишь немного колеблются на месте. Представьте строй солдат на параде.



Жидкое — имеет собственный объем, но принимает форму сосуда. Молекулы расположены близко, но порядок уже нарушен, они могут перемещаться, «перетекать» друг мимо друга. Это как толпа людей на концерте, которая медленно движется.



Газообразное — не имеет ни собственной формы, ни объёма, заполняет весь предоставленный сосуд. Молекулы летают далеко друг от друга с огромными скоростями, почти не притягиваясь. Как мячики, беспорядочно летающие в большом спортивном зале.



Интересный факт №1: Существует и четвёртое состояние — плазма. Это раскалённый ионизированный газ, из которого состоят звезды, в том числе наше Солнце, и молнии! Более 99% видимой материи во Вселенной — это плазма.

ЧАСТЬ 2: Ключевое различие: Кристаллические и Аморфные тела

Не все твердые тела плавятся одинаково. Это очень важно!

Кристаллические тела (лёд, железо, медь, поваренная соль, алмаз) имеют строгую, упорядоченную структуру — кристаллическую решётку. У них есть чёткая, постоянная температура плавления ($t_{пл}$). При этой температуре они плавятся, и при этой же температуре отвердевают.

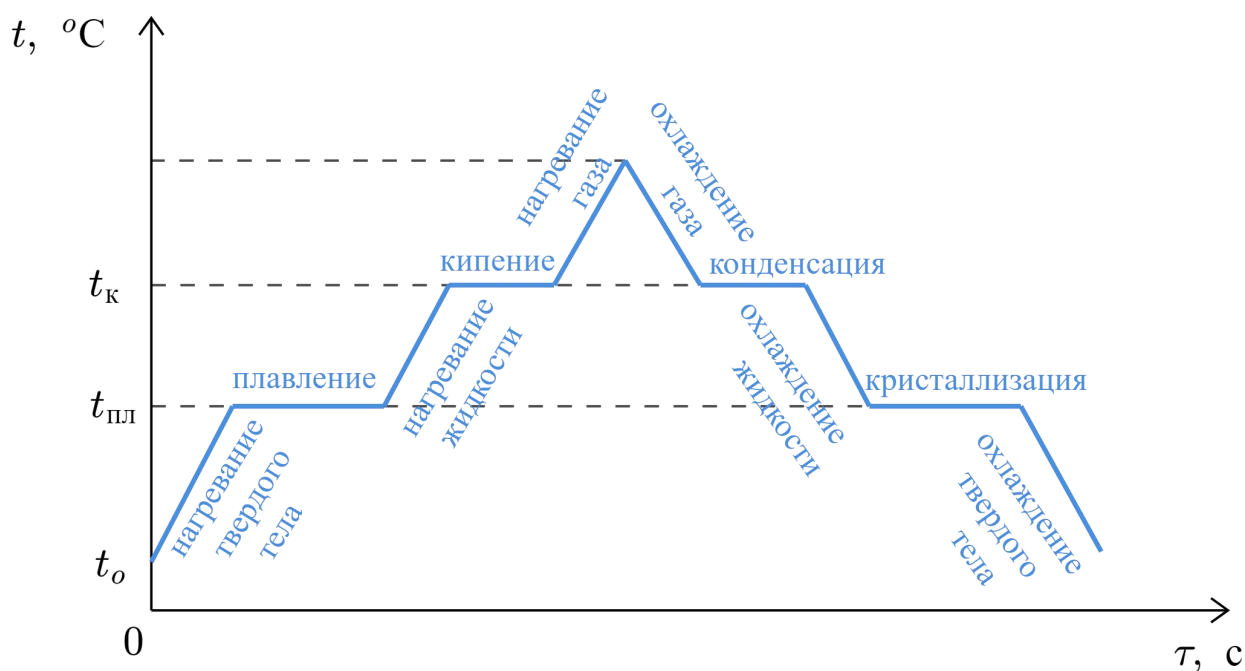
Аморфные тела (стекло, воск, пластилин, смола, пластмасса) не имеют строгого порядка. Они не плавятся, а размягчаются, постепенно становясь все более жидкими. У них нет определённой температуры плавления.

Сегодня мы говорим именно о кристаллических телах.

Интересный факт №2: Чистый лёд плавится при 0°C . А вот сплав Вуда, который используют пожарные для легкоплавких вставок, плавится при температуре $+68^{\circ}\text{C}$. Его можно расплавить в кипятке! А вольфрам в лампочке накаливания не плавится аж до 3422°C .

ЧАСТЬ 3: График плавления и отвердевания — история одного нагревания

Давайте проследим, что происходит с кристаллическим телом (например, со льдом), когда мы его непрерывно нагреваем, и построим график. По горизонтали — время нагрева, по вертикали — температура.



Участок АВ: Лёд нагревается от -20°C до 0°C . Температура растёт, лёд остаётся твёрдым. Вся энергия идёт на увеличение скорости движения молекул.

Участок ВС: Температура останавливается на отметке 0°C ! Но лёд продолжает получать тепло. Куда оно девается? Оно идёт на разрушение кристаллической решётки. Связи между молекулами рвутся, порядок нарушается. Лёд плавится, но

температура не меняется, пока весь лёд не превратится в воду. Это горизонтальный участок или «плато» плавления.

Участок CD: Вся масса стала жидкостью (водой). Теперь подводимая энергия снова начинает увеличивать скорость молекул, и температура воды растёт.

А теперь охладим воду до замерзания! График пойдёт справа налево.

Участок DC: Вода остывает от какой-то температуры до 0°C .

Участок CB (Снова!): При 0°C температура снова останавливается. Вода начинает кристаллизоваться, отдавая тепло в окружающую среду. Выделяется энергия, которая когда-то пошла на разрушение решётки. Температура не изменится, пока вся вода не превратится в лёд.

Участок BA: Лёд остывает ниже 0°C .

Вывод: Температура плавления и отвердевания для чистого кристаллического вещества одинакова! На графике это одна и та же горизонтальная линия.

ЧАСТЬ 4: Удельная теплота плавления (λ — греч. буква «лямбда») — «Цена» превращения

Сколько энергии нужно, чтобы расплавить 1 кг льда при 0°C ? А чтобы расплавить 1 кг свинца? Очевидно, что разное количество. Эта энергия называется удельной теплотой плавления.

Удельная теплота плавления (λ) — это количество теплоты, которое необходимо сообщить 1 кг кристаллического вещества, взятого при температуре плавления, чтобы полностью перевести его в жидкое состояние. Измеряется в Дж/кг.

Формула для расчёта количества теплоты Q при плавлении или кристаллизации:

$$Q = \lambda * m$$

где: Q — количество теплоты (Дж), λ (лямбда) — удельная теплота плавления (Дж/кг), m — масса вещества (кг).

При кристаллизации (отвердевании) вещество выделяет точно такое же количество теплоты.

Интересный факт №3: У воды одна из самых высоких удельных теплот плавления $\lambda = 3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг. Это огромная энергия! Именно поэтому:

Лёд тает медленно, охлаждая напиток.

При замерзании вода отдаёт много тепла, согревая окружающую среду (так растения зимой защищаются от мороза).

У свинца $\lambda \approx 0,25 \cdot 10^5$ Дж/кг — плавить его нужно энергии в 13,6 раз меньше!

ЧАСТЬ 5: Решаем задачи — применяем знания на практике

Задача 1 (простая): Какое количество теплоты нужно, чтобы расплавить 2 кг льда, взятого при температуре 0°C ?

Дано: $m = 2$ кг, $\lambda(\text{льда}) = 3.4 \cdot 10^5$ Дж/кг

Решение: $Q = \lambda \cdot m = 3.4 \cdot 10^5 \cdot 2 = 6.8 \cdot 10^5$ Дж (или 680 кДж).

Ответ: 680 кДж.

Задача 2 (сложнее): В кастрюлю положили 500 г льда при -10°C и начали нагревать. Сколько энергии потребуется, чтобы получить воду при 0°C ?

Здесь два процесса:

Нагревание льда от -10°C до 0°C . ($Q_1 = c(\text{льда}) \cdot m \cdot \Delta t$)

Плавление льда при 0°C . ($Q_2 = \lambda \cdot m$)

Общая энергия $Q = Q_1 + Q_2$.

(Числовое решение можно предложить в качестве самостоятельной работы, напомнив удельную теплоёмкость льда $c \approx 2100$ Дж/кг $^\circ\text{C}$).

Заключение:

Итак, мы раскрыли несколько тайн:

Кристаллические вещества плавятся и отвердевают при строго определённой температуре.

Во время самого процесса плавления/отвердевания температура не меняется, вся энергия идёт на перестройку молекулярного порядка.

Чтобы расплавить вещество, нужно не просто нагреть его до температуры плавления, но и передать дополнительную энергию, величина которой — удельная теплота плавления (λ).

Эти знания — не просто абстрактные формулы. Они объясняют, почему лёд охлаждает лимонад, как работает пайка металлов, и почему зимой посыпают дороги реагентами (чтобы понизить температуру плавления льда).

Вопрос на подумать: Почему в морозную погоду для фруктовых деревьев опаснее не сам мороз, а резкое оттепель с последующим заморозком? (Подсказка: подумайте об энергии, выделяющейся при замерзании воды в клетках растения).