

Тепловые явления

Нагревание, фазовые переходы, тепловой баланс, КПД и расширение тел.

$$Q = cm(T_2 - T_1)$$

Количество теплоты зависит от вещества, массы и изменения температуры.

5 КОРОТКИХ ГЛАВ

Что внутри

Смысл величин, условия применения формул, тепловой баланс, два подробных разбора и типичные ошибки.

10-15 МИНУТ НА ПОВТОРЕНИЕ

Как работать

Прочитай модель, закрой формулы и попробуй восстановить их по смыслу. Затем реши примеры без подсказок.

НЕ ЗУБРИ ФОРМУЛУ

Главный принцип

Сначала определи, меняется ли температура или агрегатное состояние. Только после этого выбирай формулу для количества теплоты.

ГЛАВА 02

Температура, внутренняя энергия и количество теплоты

Температура показывает состояние теплового равновесия, внутренняя энергия относится к микроскопическому движению и взаимодействию частиц, а Q описывает передачу энергии.

СОСТОЯНИЕ

Температура T

В задачах изменение температуры можно считать и в градусах Цельсия, и в кельвинах: 1 °C изменения равен 1 K.

ПРОЦЕСС

Количество теплоты Q

Энергия, переданная при теплообмене. Единица в СИ - джоуль. Q не является запасом внутри тела.

$Q = cm\Delta T$

c - удельная теплоемкость, Дж/(кг·K); m - масса, кг; ΔT = T2 - T1.

Величина	Смысл	Единица СИ
c	Сколько энергии нужно для нагрева 1 кг вещества на 1 K	Дж/(кг·K)
Q	Энергия, полученная или отданная при теплообмене	Дж
m	Масса тела	кг
ΔT	Изменение температуры	K или °C

ЗНАКИ

Как выбрать знак Q

- При нагревании внутренняя энергия растет: Q > 0.
- При охлаждении тело отдает энергию: Q < 0.
- В школьных задачах часто считают модули полученной и отданной теплоты, а затем приравнивают их.

ПРОВЕРЬ ЕДИНИЦЫ

Типичная ошибка

Подставлять массу в граммах. В формулу Q = cmΔT массу подставляют в килограммах, если c дано в Дж/(кг·K).

ГЛАВА 03

Фазовые переходы и график нагревания

Во время плавления и кипения подводимая энергия идет на изменение структуры вещества. Для чистого вещества при постоянном давлении температура на этом участке не меняется.

Плавление: $Q = \lambda m$ · Парообразование: $Q = Lm$

λ - удельная теплота плавления; L - удельная теплота парообразования. Обе величины измеряются в Дж/кг.

Процесс	Что происходит с T	Формула	Обратный процесс
Нагревание	Растет	$Q = cm\Delta T$	Охлаждение
Плавление	Постоянна	$Q = \lambda m$	Кристаллизация
Кипение	Постоянна	$Q = Lm$	Конденсация

АЛГОРИТМ

Задача с несколькими этапами

- Разбей процесс на участки: нагрев твердого тела, плавление, нагрев жидкости и так далее.
- Для каждого участка отдельно запиши Q .
- Сложи энергии: $Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + \dots$

ЧИТАЕМ ГРАФИК

Горизонтальный участок

На графике $T(Q)$ означает фазовый переход: энергия передается, но температура остается постоянной.

СРАВНИВАЕМ

Наклон участка

При одинаковой массе более пологий рост T соответствует большей удельной теплоемкости.

ВАЖНО

Не путай кипение и испарение

Кипение идет во всем объеме жидкости при температуре кипения. Испарение идет с поверхности при любой температуре.

ГЛАВА 04

Тепловой баланс, топливо и КПД

В теплоизолированной системе энергия не исчезает: сколько горячие тела отдали, столько холодные получили. Потери учитывают через КПД.

$$Q_1 + Q_2 + \dots = 0$$

Удобная запись со знаками. Эквивалентно: сумма модулей отданной теплоты равна сумме полученной.

3 ШАГА

Алгоритм теплового баланса

- Выбери конечную температуру T и определи, кто нагревается, а кто охлаждается.
- Для каждого тела запиши Q с учетом процесса и температурных границ.
- Составь баланс, реши уравнение и проверь: итоговая T должна лежать между начальными температурами.

ПРИМЕР 1

Разбор: смешали воду

200 г воды при 20 °С смешали с 300 г воды при 60 °С. Потерь нет. Для одного вещества сокращается: $0,2(T - 20) = 0,3(60 - T)$. Отсюда $0,5T = 22$ и $T = 44$ °С.

$$Q_{\text{топл}} = qm \cdot \eta = Q_{\text{пол}} / Q_{\text{зат}}$$

q - удельная теплота сгорания, Дж/кг. КПД выражают долей или процентами.

ЗДРАВЫЙ СМЫСЛ

Быстрая проверка

44 °С ближе к 60 °С, потому что горячей воды больше. Если ответ вышел выше 60 °С или ниже 20 °С, в уравнении есть ошибка.

ГЛАВА 05

Тепловое расширение и итоговый алгоритм

При нагревании размеры большинства твердых тел увеличиваются. В небольшом диапазоне температур изменение длины пропорционально исходной длине и нагреву.

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

α - коэффициент линейного расширения, 1/K; l_0 - начальная длина; Δl - изменение длины.

ПРИМЕР 2

Разбор: железнодорожный рельс

Дано: $l_0 = 20 \text{ м}$, $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$, $\Delta l = 9 \text{ мм} = 0,009 \text{ м}$. Выражаем $\Delta T = \Delta l / (\alpha l_0)$. Подстановка: $0,009 / (20 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}) = 37,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Шаг	Контрольный вопрос
1. Модель	Температура меняется, идет фазовый переход или тела смешиваются?
2. Границы	Нужно ли разбить процесс на этапы?
3. СИ	Масса в кг, энергия в Дж, длина в м?
4. Уравнение	Сначала выражена неизвестная, затем подставлены числа?
5. Проверка	Ответ физически возможен и имеет нужную размерность?

МИНИ-ЧЕКЛИСТ

Что помнить перед ЕГЭ

- Разность температур в К и $^\circ\text{C}$ численно одинакова.
- При фазовом переходе температура чистого вещества постоянна.
- Конечная температура смеси без источника энергии лежит между начальными.
- В задачах с потерями полезная энергия меньше затраченной.