

Тепловые явления · 1

Нагревание и охлаждение

$$Q = cm\Delta T$$

$$c = Q/(m\Delta T); m = Q/(c\Delta T); \Delta T = Q/(cm); T_2 = T_1 + Q/(cm); T_1 = T_2 - Q/(cm)$$

Q — теплота, Дж; c — удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); m — масса, кг; $\Delta T = T_2 - T_1$ — изменение температуры, К или °С.

Одно агрегатное состояние, постоянная c . При охлаждении $Q < 0$. В обратных расчетах знаменатель не равен нулю.

Плавление и кристаллизация

$$|Q| = \lambda m$$

$$m = |Q|/\lambda; \lambda = |Q|/m$$

λ — удельная теплота плавления, Дж/кг; m — масса перешедшего в другое состояние вещества, кг.

Вещество уже при температуре плавления. Плавление получает теплоту; кристаллизация отдает. Нагрев до перехода считают отдельно.

Парообразование и конденсация

$$|Q| = Lm$$

$$m = |Q|/L; L = |Q|/m$$

L (также r) — удельная теплота парообразования, Дж/кг; m — масса пара, кг.

L берут при температуре процесса. При кипении температура определяется давлением. Конденсация отдает теплоту.

Сгорание топлива

$$Q = qm$$

$$m = Q/q; q = Q/m$$

q — удельная теплота сгорания, Дж/кг; m — масса сгоревшего топлива, кг.

Полное сгорание. Это выделенная энергия, а полезная теплота нагрева обычно меньше из-за потерь.

Тепловые явления · 2

Тепловой баланс

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

Для двух тел: $Q_{\text{получ}} = |Q_{\text{отдан}}|$

Каждое Q — теплота, полученная выбранным телом, Дж; для отдающего тела Q отрицательно.

Теплоизолированная система без неучтенной работы. Учитывают сосуд и все фазовые переходы, если они существенны.

Смешивание воды

$$T = (m_1 T_1 + m_2 T_2) / (m_1 + m_2)$$

$$m_2 / m_1 = (T_1 - T) / (T - T_2); T_1 = (T(m_1 + m_2) - m_2 T_2) / m_1; T_2 = (T(m_1 + m_2) - m_1 T_1) / m_2$$

m_1, m_2 — массы, кг; T_1, T_2 — начальные температуры; T — температура смеси.

Одинаковая теплоемкость, нет потерь, переходов и нагрева сосуда. Для обратной записи $T_1 > T > T_2$.

КПД нагревателя

$$\eta = Q_{\text{полезн}} / E_{\text{затрач}}$$

$$Q_{\text{полезн}} = \eta E_{\text{затрач}}; E_{\text{затрач}} = Q_{\text{полезн}} / \eta$$

η — доля; для процентов умножить на 100. Обе энергии — в одинаковых единицах.

$E_{\text{затрач}} > 0$; для пассивного нагрева $0 \leq \eta \leq 1$. Деление на η допустимо при $\eta > 0$.

КПД теплового двигателя

$$\eta = A / Q_1 = (Q_1 - Q_2) / Q_1$$

$$A = \eta Q_1; Q_2 = Q_1(1 - \eta)$$

Q_1 — полученная теплота; Q_2 — модуль отданной теплоты; A — результирующая работа за цикл, Дж.

Полный цикл: изменение внутренней энергии равно нулю. $Q_1 > 0$; Q_2 учитывается как положительный модуль.

Электрические цепи · 1

Сила тока и заряд

$$I = q/t$$

$$q = It; t = q/I$$

I — сила тока, А; q — прошедший через сечение заряд, Кл; t — время, с.

$t > 0$. Для постоянного тока — его значение; для переменного за интервал — среднее с учетом направления.

Напряжение

$$U = A/q$$

$$A = Uq; q = A/U$$

U — напряжение, В; A — работа электрического поля, Дж; q — переносимый заряд, Кл.

$q \neq 0$. Направление переноса и знаки согласованы. Заряд q не путать с удельной теплотой сгорания.

Закон Ома

$$I = U/R$$

$$U = IR; R = U/I$$

I — ток, А; U — напряжение на участке, В; R — сопротивление, Ом.

Омический участок при фиксированных условиях; $R > 0$. Для поиска R ток не равен нулю.

Сопротивление проводника

$$R = \rho l/S$$

$$\rho = RS/l; l = RS/\rho; S = \rho l/R$$

ρ — удельное сопротивление, Ом·м; l — длина, м; S — площадь сечения, м².

Однородный проводник постоянного сечения и температуры. 1 мм² = 10⁻⁶ м². Не путать ρ с плотностью.

Электрические цепи · 2

Последовательное соединение

$$R = R_1 + R_2; I = I_1 = I_2; U = U_1 + U_2$$

$$R_2 = R - R_1; U_2 = U - U_1$$

Индексы 1 и 2 обозначают участки; без индекса — всю цепочку.

Между резисторами нет разветвления. Через оба проходит один ток.

Параллельное соединение

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2; R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$I = I_1 + I_2; U = U_1 = U_2; R_2 = R R_1 / (R_1 - R)$$

R — общее сопротивление двух ветвей; R_1, R_2 — сопротивления ветвей, Ом.

Ветви подключены к одной паре узлов. $R_1, R_2 > 0$; R меньше каждого из них. Для обратной записи $R_1 > R$.

Работа и мощность тока

Мощность тока

$$P = UI = A/t$$

$$U = P/I; I = P/U; A = Pt; t = A/P$$

P — мощность, Вт; A — энергия, Дж; t — время, с; U — В; I — А.

Постоянные U и I . Для переменного тока произведение действующих U и I не всегда равно активной мощности.

Мощность резистора

$$P = I^2 R = U^2 / R$$

$$I = \sqrt{P/R}; |U| = \sqrt{PR}; R = P/I^2 = U^2/P$$

P — мощность нагрева, Вт; I — ток, А; U — напряжение, В; R — сопротивление, Ом.

Резистивный участок, $R > 0$. Корень дает модуль величины; направление тока определяется отдельно.

Работа тока

$$A = UIt = Pt$$

$$t = A/(UI); U = A/(It); I = A/(Ut)$$

A — переданная энергия, Дж; U — В; I — А; t — с. 1 кВт·ч = 3,6 МДж.

Постоянная мощность в рассматриваемое время; при изменениях расчет делят на интервалы.

Закон Джоуля — Ленца

$$Q = I^2 R t$$

$$|I| = \sqrt{Q/(Rt)}; R = Q/(I^2 t); t = Q/(I^2 R)$$

Q — выделенная теплота, Дж; R — Ом; t — с; I — А.

Постоянные ток и сопротивление. В электрическом двигателе это нагрев сопротивления, а не вся потребленная энергия.

Оптика · дополнительный раздел

Тонкая линза

$$1/F = 1/d + 1/f$$

$$f = Fd/(d - F); d = Ff/(f - F); F = df/(d + f)$$

F — фокусное расстояние; d — расстояние до действительного предмета; f — расстояние до изображения, м.

Тонкая линза, малые углы к оси. $F > 0$ для собирающей, $F < 0$ для рассеивающей; $f > 0$ для действительного, $f < 0$ для мнимого изображения. $d = F$ не дает конечного f .

Оптическая сила

$$D = 1/F$$

$$F = 1/D$$

F — фокусное расстояние в метрах; D — оптическая сила, дптр = м^{-1} .

Знак D совпадает со знаком F . Перед вычислением сантиметры переводят в метры; $F \neq 0$.

Линейное увеличение

$$\Gamma = H/h = |f|/d$$

$$H = \Gamma h; h = H/\Gamma; |f| = \Gamma d; d = |f|/\Gamma$$

H и h — положительные размеры изображения и предмета; Γ — увеличение по модулю, без единиц.

Действительный предмет $d > 0$. Ориентацию изображения описывают отдельно; знаковое увеличение $\beta = -f/d$.

Показатель преломления

$$n = c/v$$

$$v = c/n$$

c — скорость света в вакууме; v — фазовая скорость в среде, м/с; n — безразмерная величина.

Для указанной длины волны и среды. В школьных задачах с прозрачными обычными средами $n \geq 1$.

Обозначения и единицы

Q и q

Q — количество теплоты (Дж); q — заряд (Кл) в электричестве или удельная теплота сгорания (Дж/кг) в тепловых задачах. Смысл определяется формулой.

t и T

В электрических задачах t обычно время (с); в тепловых — температура (°C). Здесь ΔT — изменение температуры, одинаковое численно в К и °C.

A и P

A — работа, энергия (Дж); P — мощность (Вт = Дж/с). Работа накапливается за время, мощность характеризует скорость передачи энергии.

ρ, R и r

ρ — удельное сопротивление в $R = \rho l/S$, но плотность в $m = \rho V$. R — сопротивление; r в некоторых учебниках обозначает удельную теплоту парообразования.

λ и L

λ — удельная теплота плавления (Дж/кг) в тепловой задаче; длина волны (м) в оптике. L в $Q = Lm$ — теплота парообразования на килограмм.

η

КПД: отношение полезной энергии к затраченной. $75\% = 0,75$. В формуле без множителя 100% используют долю.

I, U и S

I — сила тока (А), U — напряжение (В), S — площадь поперечного сечения (м²). Площадь не заменяют диаметром провода.

F, f, d и D

В принятой записи линзы F — фокус, f — расстояние до изображения, d — до предмета; D — оптическая сила. В другом учебнике буквы могут отличаться: сначала читайте определения.

Перевод единиц

1 мА = 0,001 А; 1 кОм = 1000 Ом

1 мин = 60 с; 1 ч = 3600 с

1 г = 0,001 кг; 1 кДж = 1000 Дж

1 кВт = 1000 Вт; 1 кВт·ч = 3 600 000 Дж

1 см² = 10^{-4} м²; 1 мм² = 10^{-6} м²

$\Delta T = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответствует $\Delta T = 1\text{ K}$

Границы памяти

Тепловые и электрические расчеты; оптика приведена отдельно для учебников, где она изучается в 8 классе. Краткая памятка не заменяет объяснения и лабораторные работы.

Источники и пояснения: OpenStax College Physics 2e, разделы 14, 15, 20, 21, 25; федеральная рабочая программа по физике 2025. Конкретные ссылки, задачи и разборы доступны в подборке на сайте.