

Задание №17 ЕГЭ: физическое содержание

Методика подготовки: с чего начать и на что обратить внимание

Что на самом деле проверяет задание №17

Формально — умение решать задачу с прикладным содержанием.

По сути — четыре отдельных умения, каждое из которых может «сломаться» независимо:

1. **Прочитать модель.** Понять, что формула описывает, какие величины заданы, какая — искомая.
2. **Построить функцию.** Выразить искомую величину через одну переменную, упростить.
3. **Исследовать функцию.** Найти экстремум (производная, замена, квадратичная функция).
4. **Интерпретировать результат.** Проверить ОДЗ, отобрать нужный корень, записать с единицами.

Методический вывод

Ученик, уверенно берущий производные, но не понимающий условие, теряет балл на шаге 1 или 4. Подготовка не сводится к «натаскиванию на производную».

Пять типов задач и их распределение по вариантам

Тип	Сюжет	Варианты
1	Механические колебания (круизный лайнер)	1, 2, 9, 10, 17, 18, 29, 30
2	Постоянный ток (солнечные панели)	3, 4, 13, 14, 23, 24, 31, 32
3	Переменный ток (амплитуда на катушке)	5, 6, 19, 20, 33, 34
4	Распределение Максвелла	7, 8, 11, 12, 15, 16, 25–28
5	Переправа через реку	21, 22, 35, 36

Что это значит для учителя:

- На одном уроке все пять типов не разобрать. Выбирайте 1–2 типа за занятие.
- Тип 4 (Максвелл) встречается чаще остальных — с него логично начать.
- Типы 2 и 4 — самые «математичные», типы 1 и 5 — самые «физичные».

Типичные ошибки: классификация и причины

Тип ошибки	Как проявляется	Причина
Содержательная	Путает, какую величину искать: минимум вместо максимума, T вместо t	Не прочитал вопрос до конца, не перевёл условие на язык математики
Модельная	Неверно упростил формулу; потерял слагаемое при возведении в квадрат	Слабый навык тождественных преобразований
Техническая	Ошибка в производной; забыл правило произведения или цепочку	Не отработан навык дифференцирования сложной функции
Интерпретационная	Не проверил ОДЗ; взял корень, не входящий в отрезок	Нет привычки анализировать результат
Оформительская	Не обосновал, что найденная точка — именно максимум	Не знает критериев оценивания

Приём диагностики

Дайте ученику задачу и попросите *вслух* проговорить план. Ошибка обнаружится на этапе планирования, а не при вычислениях.

Методическая карта №1. Круизный лайнер

Формула

$$A(t) = k\theta_0 \frac{t^2}{\sqrt{(T^2 - t^2)^2 + n t^2 T^2}}, \quad T = 14,4 \text{ с.}$$

Опорные знания

Физика: вынужденные колебания, резонанс, смысл T , n , θ_0 .

Математика: производная, замена $x = t^2$, квадратичная функция.

Ключевая идея

Дробь вида $\frac{x^2}{\dots}$ — исследуем не саму A , а её квадрат или обратную величину.

Приём объяснения

Спросить: «При каком t знаменатель минимален, если числитель растёт?» — это и есть идея оптимума.

Ловушка

Ученик берёт производную от A , получает громоздкое выражение и тонет в вычислениях. Замена $x = t^2$ превращает задачу в квадратичную.

Свёртка

$$f'(x) = 0 \Rightarrow x = \frac{2T^2}{2-n} \Rightarrow t = T\sqrt{\frac{2}{2-n}}.$$

Методическая карта №2. Солнечные панели

Формула

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}, \quad P = I^2 R, \quad \varepsilon = 30 \text{ В}, \quad r = 0,4 \text{ Ом}.$$

Опорные знания

Физика: закон Ома, закон Джоуля — Ленца, смысл ЭДС и внутреннего сопротивления.

Математика: производная дроби, исследование на максимум.

Ключевая идея

P зависит от R как $\frac{R}{(r+R)^2}$. Это классическая функция, максимум которой — при $R = r$.

Приём объяснения

Показать график: при $R \rightarrow 0$ мощность падает (короткое замыкание), при $R \rightarrow \infty$ тоже падает (ток уходит в ноль). Значит, есть оптимум.

Ловушка

Ученик подставляет $R = 0$ или $R = r$ наугад. Нужен аргумент: производная.

Свёртка

$$P'(R) = 0 \Leftrightarrow R = r; \quad P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = 562,5 \text{ Вт}.$$

Формула

$$U_L(\omega) = \frac{UL\omega}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}, \quad L = 0,045 \text{ Гн}, \quad C = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}, \quad R = 20 \text{ Ом}.$$

Опорные знания

Физика: резонанс в RLC-контуре, импеданс, роль каждого элемента.

Математика: замена $x = 1/\omega^2$, вершина параболы.

Ключевая идея

Максимум дроби — там, где знаменатель минимален.

Подкоренное выражение становится квадратичным относительно $x = 1/\omega^2$.

Приём объяснения

Аналогия с качелями: пик резонанса — когда «толкаешь в такт». Математически это вершина параболы.

Ловушка

Пытаются дифференцировать по ω «в лоб» — получают громоздкое выражение и теряют знак. Замена спасает.

Свёртка

$$x_0 = \frac{2LC - R^2C^2}{2}, \quad \omega_0 = 1/\sqrt{x_0} = 1000 \text{ с}^{-1}.$$

Методическая карта №4. Распределение Максвелла

Формула

$$f(v) = 4\pi v^2 \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{3/2} e^{-\frac{Mv^2}{2RT}}, \quad M = 0,032 \text{ кг/моль}, \quad T = 400 \text{ К}.$$

Опорные знания

Физика: распределение молекул по скоростям, наиболее вероятная скорость v_p .

Математика: логарифмирование, производная сложной функции.

Ключевая идея

Экстремум f и $\ln f$ совпадают. Логарифм превращает произведение степеней в сумму — дифференцировать проще.

Приём объяснения

«Мы не любим экспоненту, но любим её логарифм».

Показать, что $\ln$ — монотонная функция, значит, экстремумы сохраняются.

Ловушка

Забывают про v^2 перед экспонентой; получают $v = 0$ или теряют корень.

Свёртка

$$\frac{d}{dv} \ln f = \frac{2}{v} - \frac{Mv}{RT} = 0 \Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \approx 456 \text{ м/с}.$$

Методическая карта №5. Переправа через реку

Формула

$$l = h \cdot \frac{u + v \cos \alpha}{v \sin \alpha}, \quad h = 60 \text{ м}, \quad u = 1,3 \text{ м/с}, \quad v = 1,2 \text{ м/с}.$$

Опорные знания

Физика: сложение скоростей, снос течением, траектория.

Математика: тригонометрия, производная дроби, критические точки.

Ключевая идея

Минимизируем $f(\alpha)$; в формуле есть $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$ — производная даст линейное уравнение относительно $\cos \alpha$.

Приём объяснения

Нарисовать схему: вектор $\vec{u}$ вдоль берега, $\vec{v}$ под углом α .

Оптимум — когда траектория лодки почти параллельна берегу.

Ловушка

Забывают про условие $v < u$; если $v > u$, задача теряет смысл и оптимум лежит на границе.

Свёртка

$$\cos \alpha^* = -\frac{v}{u}, \quad l_{\min} = h \cdot \frac{\sqrt{u^2 - v^2}}{v} = 25 \text{ м}.$$

Сценарий занятия (45 минут)

Этап	Содержание	Время
Актуализация	Диагностический вопрос: «Что в этой формуле непонятно?» — фронтальная работа с одной формулой из карты №1.	5 мин
Разбор одного типа	Методическая карта №2 (панели): от физики к математике, решение в общем виде.	12 мин
Самостоятельная работа	Учителя в парах решают задачу типа 4 (Максвелл) на время.	10 мин
Обсуждение решений	Разбор ошибок, сверка со «свёрткой».	8 мин
Система упражнений	Как выстроить линию задач по одному типу.	7 мин
Рефлексия	3 вопроса учителю (см. следующий слайд).	3 мин

Домашнее задание учителю: решить 2 задачи разных типов и принести на следующий семинар.

Система упражнений на одном типе

Пример: тип «переправа». Четыре задачи, нарастающие по сложности.

1. **Прямое вычисление.** Даны h, u, v, α . Найти l . *(Тренирует подстановку в формулу.)*
2. **Обратная задача.** Даны h, u, v . При каком α лодка попадёт точно в точку Б ($l = 0$)? *(Учит решать уравнение.)*
3. **Оптимизация.** Даны h, u, v . Найти минимально возможное l . *(Учит исследовать функцию.)*
4. **Обобщение.** Доказать, что $l_{\min} = h\sqrt{u^2 - v^2}/v$ при любых $u > v > 0$. *(Учит работать с параметром.)*

Методический смысл

Ученик должен пройти все четыре ступени *на одном сюжете* — тогда формируется не «решение конкретной задачи», а *навык работы с классом задач*.

Что эксперт считает обоснованным решением

Обязательные элементы

- Функция одной переменной **построена явно** (например, $P(R) = \dots$).
- Указана **область определения** (например, $R > 0$).
- Найдена **производная**, приравнена к нулю.
- Показано, что найденная точка — **именно максимум** (знаки производной или сравнение значений).
- Получен **числовой ответ с единицами измерения**.

За что снимают балл

- Ответ без обоснования экстремума.
- Отсутствие проверки, что точка лежит в ОДЗ.
- Арифметическая ошибка при верной логике (штраф — 1 балл, не 2).

После каждого занятия по подготовке к №17 задайте себе четыре вопроса.

1. Что мои ученики **уже умеют** из того, что нужно для этой задачи?
2. Какая **одна мысль** была сегодня центральной? Смогу ли я её сформулировать одной фразой?
3. Какой **тип задачи** мы отработали: тот, что чаще встречается, или тот, что легче объяснить?
4. Что я задам на дом, чтобы проверить **перенос** навыка на другой сюжет?

Главный принцип

Подготовка к заданию №17 — это не «ещё один урок алгебры». Это урок о том, как **увидеть математику в тексте задачи** и выбрать инструмент.