ЕГЭНИЙ · ФИЗИКА · КИНЕМАТИКА

Равноускоренное движение

Занятие 90 минут: от простого к сложному + домашнее задание

ЕГЭНИЙ egeniy.ru

Ученик: _____ Дата: _____

1 · 8 мин Разминка: км/ч → м/с, знаки проекций	**2 · 15 мин** Ускорение и скорость	**3 · 17 мин** Уравнения x(t) и v(t)	**4 · 15 мин** Перемещение через время	**5 · 15 мин** Формула без времени	**6 · 20 мин** Графики и комбинированные задачи

Справочник формул

$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ — ускорение — изменение скорости за 1 с	$[a] = \frac{м}{с^2}$ — единица ускорения
$v_x = v_{0x} + a_x t$ — скорость в момент t	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ — координата (уравнение движения)
$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ — перемещение $s_x = x - x_0$	$s_x = \frac{(v_{0x} + v_x)\cdot t}{2}$ — перемещение через среднюю скорость
$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$ — перемещение, когда время не дано	$s = \frac{a\,t^2}{2},\ v = at$ — старт из покоя ($v_0 = 0$)

Знаки. Выбираем ось Ox. Проекция вектора положительна, если вектор направлен по оси, и отрицательна, если против оси. **Разгон:** $\vec{a}$ направлено так же, как $\vec{v}$ ($a\uparrow\uparrow v$). **Торможение:** $\vec{a}$ направлено против $\vec{v}$ ($a\uparrow\downarrow v$).
Перевод: чтобы перевести км/ч в м/с, делим на 3,6: $72\ км/ч = 72 : 3{,}6 = 20\ м/с$.
Путь по графику: перемещение равно площади фигуры под графиком $v_x(t)$ (участки ниже оси t берём со знаком «−»).

Ловушки. 1) В уравнении x(t) коэффициент при t² равен $\frac{a_x}{2}$: из $x = 18 - 5t - 6t^2$ следует $a_x = -12$. 2) В уравнении все слагаемые зависят от t: запись «x = 12 + 5x − 2t²» ошибочна. 3) Если тело развернулось, путь больше модуля перемещения: путь считают по участкам до и после остановки.

1 Разминка: единицы и направления — 8 мин

1.1 Переведите в м/с: 36 км/ч; 72 км/ч; 54 км/ч; 90 км/ч; 108 км/ч.

1.2 Куда направлено ускорение: а) у поезда, который начинает тормозить; б) у поезда, который отходит от станции; в) у мяча, брошенного вертикально вверх, пока он поднимается?

1.3 Ось Ox направлена вправо. Определите знаки v_x и a_x: а) тело движется вправо и разгоняется; б) тело движется вправо и тормозит; в) тело движется влево и разгоняется; г) тело движется влево и тормозит.

1.4 Ускорение автомобиля равно 2 м/с². Объясните своими словами, что означает это число. Какой станет скорость через 3 с, если сейчас она 4 м/с и автомобиль разгоняется?

2 Ускорение и скорость — 15 мин

Основные формулы: $a_x = \dfrac{v_x - v_{0x}}{t}$ и $v_x = v_{0x} + a_x t$. Из второй формулы выражаем время: $t = \dfrac{v_x - v_{0x}}{a_x}$.

Пример 1 · разгон

Скорость автомобиля за 40 с возросла от 5 м/с до 15 м/с. Найдите ускорение.

Дано: $v_{0x} = 5\ м/с$, $v_x = 15\ м/с$, $t = 40\ с$.

$a_x = \dfrac{v_x - v_{0x}}{t} = \dfrac{15 - 5}{40} = 0{,}25\ м/с^2$. Ответ: 0,25 м/с².

Пример 2 · торможение

Мотоциклист ехал со скоростью 72 км/ч, притормозил и через 20 с достиг скорости 36 км/ч. Найдите ускорение.

Переводим: 72 км/ч = 20 м/с, 36 км/ч = 10 м/с.

$a_x = \dfrac{10 - 20}{20} = -0{,}5\ м/с^2$. Знак «−»: ускорение направлено против скорости (торможение). Ответ: модуль 0,5 м/с².

2.1 Автобус, трогаясь с места стоянки, развил скорость 15 м/с за 50 с. С каким ускорением он двигался?

2.2 Поезд подходит к станции со скоростью 21,6 км/ч и останавливается через минуту после начала торможения. Найдите ускорение поезда.

2.3 Троллейбус, трогаясь с места, движется с ускорением 1,5 м/с². Через какое время он приобретёт скорость 54 км/ч?

2.4 Начальная скорость автобуса 20 м/с, при торможении ускорение по модулю равно 1,25 м/с². Через какое время автобус остановится?

2.5 Автомобиль ехал со скоростью 72 км/ч и начал тормозить с ускорением 0,5 м/с². Какой будет его скорость через 10 с?

2.6 Тело двигалось на север со скоростью 5 м/с. Через 50 с оно двигалось на юг со скоростью 15 м/с. Считая движение прямолинейным равноускоренным, найдите ускорение (модуль и направление).

2.7 ★ Санки тормозят на горизонтальном участке с ускорением 0,2 м/с², их начальная скорость 2 м/с. Какой будет скорость санок через 30 с? Будьте внимательны.

3 Уравнения движения x(t) и v(t) — 17 мин

Уравнение $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x}{2}\cdot t^2$ читаем «по слагаемым»: свободный член — x_0, коэффициент при t — v_{0x}, коэффициент при t^2 — **половина** a_x.

Пример 1 · от v(t) к x(t)

Проекция скорости тела меняется по закону $v_x = 5 - 4t$, начальная координата $x_0 = 12$ м. Запишите уравнение движения x(t).

Сравниваем с $v_x = v_{0x} + a_x t$: $v_{0x} = 5$ м/с, $a_x = -4$ м/с².

Подставляем в $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$: $x = 12 + 5t + \frac{-4\cdot t^2}{2} = 12 + 5t - 2t^2$.

Пример 2 · чтение уравнения

Дано уравнение $x = 18 - 5t - 6t^2$. Найдите x_0, v_{0x}, a_x и запишите $v_x(t)$.

Сопоставляем слагаемые: $x_0 = 18$ м; $v_{0x} = -5$ м/с; $\frac{a_x}{2} = -6 \Rightarrow a_x = -12$ м/с².

$v_x = -5 - 12t$. Тело движется против оси и разгоняется: знаки v_x и a_x совпадают.

3.1 $x = 4 + 2t + 3t^2$. Найдите x_0, v_{0x}, a_x, запишите $v_x(t)$.

3.2 $x = -10 + 8t - t^2$. Найдите x_0, v_{0x}, a_x, запишите $v_x(t)$.

3.3 $x = 5t^2$. Найдите x_0, v_{0x}, a_x, запишите $v_x(t)$.

3.4 Скорость тела $v_x = -3 + 2t$, начальная координата $x_0 = 7$ м. Запишите уравнение x(t).

3.5 $x = 20 - 4t + 0{,}5t^2$. Найдите координату и скорость тела через 4 с. Что происходит с телом в этот момент?

3.6 ★ $x = 6 + 12t - 2t^2$. Когда тело остановится и какова его координата в этот момент? Найдите перемещение и путь тела за 5 с.

4 Перемещение, когда известно время

15 мин

Если известны начальная скорость, ускорение и время — используем $s = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. Если известны обе скорости и время — короче через среднюю скорость $s = \frac{(v_{0x} + v_x)}{2} \cdot t$.

Пример 1 · торможение до остановки

Тело движется равнозамедленно с начальной скоростью 10 м/с и ускорением 2 м/с². Найдите перемещение за 5 с.

Ось — по скорости: $v_{0x} = 10$, $a_x = -2$. Скорость через 5 с: $10 - 2 \cdot 5 = 0$ — тело остановилось ровно в конце, разворота нет.

$s = 10 \cdot 5 + \frac{-2 \cdot 5^2}{2} = 50 - 25 = 25$ м. Проверка через среднюю скорость: $s = \frac{10 + 0}{2} \cdot 5 = 25$ м.

Пример 2 · разгон из покоя

Гоночный автомобиль после старта достиг скорости 360 км/ч за 25 с. Какое расстояние он прошёл?

360 км/ч = 100 м/с. Время и обе скорости известны, удобнее средняя скорость:

$s = \frac{0 + 100}{2} \cdot 25 = 1250$ м.

4.1 Тело начинает движение из состояния покоя с ускорением 3 м/с². Какой путь оно пройдёт за 4 с?

4.2 При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, остановился через 5 с. Найдите тормозной путь.

4.3 Хоккейная шайба пересекла ледяное поле длиной 60 м за 3 с и остановилась. Какую скорость сообщил шайбе хоккеист?

4.4 За какое время автомобиль, двигаясь из состояния покоя с ускорением 0,6 м/с², пройдёт 30 м?

4.5 Поезд после начала торможения движется с ускорением 0,4 м/с² и через 15 с имеет скорость 10 м/с. Найдите пройденный за это время путь.

4.6 ★ Автомобиль движется прямолинейно с постоянным ускорением 2 м/с² и в данный момент имеет скорость 10 м/с. Где он был 4 с назад?

5 Формула без времени — 15 мин

Вывод формулы (как на уроке)

Исключим время из двух уравнений движения.

Из $v_x = v_{0x} + a_x t$: $t = \dfrac{v_x - v_{0x}}{a_x}$. Подставляем в $s = \dfrac{(v_{0x} + v_x)}{2} \cdot t$:

$$s = \frac{(v_{0x} + v_x)}{2} \cdot \frac{v_x - v_{0x}}{a_x} = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$

Пример · торможение поезда

Поезд тормозит с ускорением 0,2 м/с². На каком расстоянии от места включения тормоза его скорость уменьшится с 54 км/ч до 5 м/с?

54 км/ч = 15 м/с; $a_x = -0{,}2$ м/с².

$$s = \frac{5^2 - 15^2}{2 \cdot (-0{,}2)} = \frac{-200}{-0{,}4} = 500 \text{ м}.$$

5.1 Шарик скатывается из состояния покоя по жёлобу длиной 1,25 м с ускорением 1,6 м/с². Какова скорость шарика в конце жёлоба?

5.2 Автобус движется со скоростью 36 км/ч. На каком наименьшем расстоянии от остановки водитель должен начать тормозить, если ускорение по модулю не должно превышать 1,25 м/с²?

5.3 Тормоз автомобиля исправен, если при скорости 36 км/ч тормозной путь не превышает 10 м. Найдите соответствующее тормозное ускорение.

5.4 Самолёт при отрыве от земли имеет скорость 252 км/ч и пробегает по взлётной полосе 700 м. Найдите ускорение и время разбега.

5.5 Тело, разгоняясь равноускоренно, на пути 30 м увеличило скорость с 5 м/с до 25 м/с. Найдите ускорение и время разгона.

5.6 ★ Тело движется равноускоренно; в начале участка его скорость 2 м/с, в конце 14 м/с. Какова скорость тела в середине участка?

6 Графики и комбинированные задачи (формат ОГЭ/ЕГЭ) — 20 мин

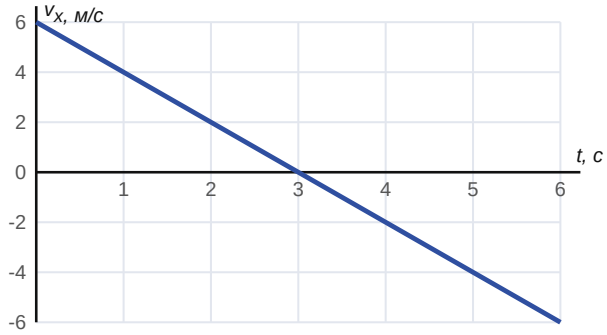
Подсказки: перемещение = площадь под графиком $v_x(t)$; для задач «догонит» запишите $x(t)$ для каждого тела и приравняйте координаты; путь за n-ю секунду = путь за n секунд − путь за (n − 1) секунду.

Пример · график v(t)

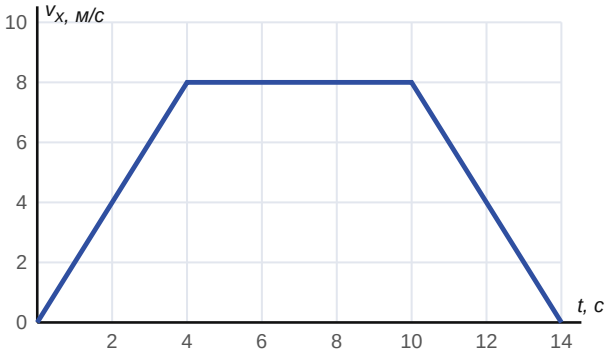
По графику (справа) найдите перемещение тела за 6 с и путь за 6 с.

Ускорение: $a_x = \frac{-6-6}{6} = -2$ м/с². Скорость равна нулю при t = 3 с — тело разворачивается. Площадь над осью (0–3 с): $\frac{6\cdot 3}{2} = 9$ м. Под осью (3–6 с): -9 м.

Перемещение: $9 - 9 = 0$. Путь: $9 + 9 = 18$ м.



6.1 По графику скорости найдите ускорение на каждом участке и путь, пройденный телом за 14 с.



6.2 Из пункта А из состояния покоя стартует автомобиль с ускорением 2 м/с². В тот же момент мимо пункта А в том же направлении проезжает мотоциклист с постоянной скоростью 10 м/с. Через какое время и на каком расстоянии от А автомобиль догонит мотоциклиста? Какая у автомобиля будет скорость в этот момент?

6.3 Тело движется из состояния покоя равноускоренно и за пятую секунду проходит 18 м. Найдите ускорение и путь за первые 5 с.

6.4 Лифт заканчивает движение (тормозит до остановки), пройдя 49 м за 14 с. Найдите начальную скорость и ускорение лифта.

6.5 ★ Поезд при торможении прошёл 500 м и уменьшил скорость с 15 м/с до 5 м/с. Какой путь он пройдёт до полной остановки при том же ускорении?

ДЗ Домашнее задание · около 60–75 минут

16 задач

Порядок работы: записать «Дано», перевести единицы в СИ, выбрать ось, записать формулу в общем виде, только потом подставлять числа. Задачи со звёздочкой ★ — повышенной сложности.

Д1 Переведите в м/с: 18 км/ч; 45 км/ч; 126 км/ч.

Д2 Мотоцикл из состояния покоя за 6 с развил скорость 24 м/с. Найдите ускорение.

Д3 Автомобиль, движущийся со скоростью 90 км/ч, тормозит с ускорением 5 м/с². Найдите время торможения и тормозной путь.

Д4 $x = 3 - 6t + 2t^2$. Найдите x_0, v_{0x}, a_x, запишите $v_x(t)$. Когда тело остановится и где оно будет в этот момент?

Д5 Скорость тела $v_x = 10 - 2t$, начальная координата $x_0 = -5$ м. Запишите x(t) и найдите координату через 5 с.

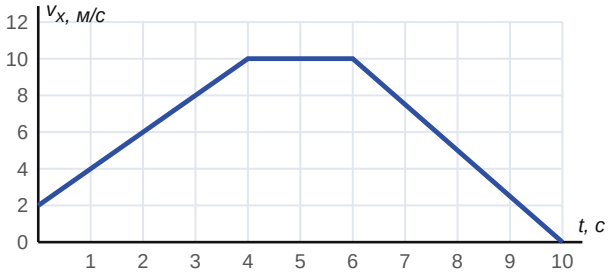
Д6 Лыжник съезжает с горы с ускорением 0,5 м/с², начальная скорость 2 м/с, спуск длится 10 с. Найдите скорость в конце спуска и длину склона.

Д7 Автомобиль на пути 100 м разогнался с 10 м/с до 30 м/с. Найдите ускорение и время разгона.

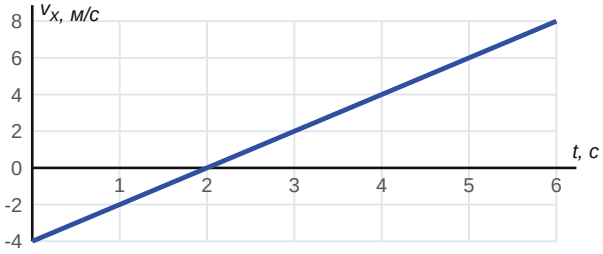
Д8 Пуля, летящая со скоростью 600 м/с, застревает в земляном валу на глубине 36 см. Найдите ускорение пули (по модулю) и время её движения в валу.

Д9 Тело движется из покоя равноускоренно и за третью секунду проходит 10 м. Найдите ускорение и путь за первые 3 с.

Д10 По графику найдите ускорение на каждом из трёх участков и путь за 10 с.



Д11 По графику $v_x(t)$ найдите: момент разворота, перемещение и путь тела за 6 с.



Д12 Движение двух тел задано уравнениями $x_1 = 4t + t^2$ и $x_2 = 75 - 6t$. Найдите время и координату их встречи.

Д13 Шайбу толкнули вверх по наклонной плоскости со скоростью 6 м/с; ускорение 2 м/с² направлено вниз вдоль плоскости. Через какое время шайба вернётся в начальную точку? Найдите её координату и путь через 5 с.

Д14 ★ Тело движется равноускоренно. Два последовательных участка по 30 м оно прошло за 3 с и за 2 с. Найдите ускорение и скорость в начале первого участка.

Д15 ★ Тело движется равноускоренно; в начале участка его скорость 1 м/с, в конце 7 м/с. Найдите скорость в середине участка.

Д16 ★ Задача из сборника: «При какой начальной скорости поезд пройдёт путь 1260 м за 60 с, замедляя ход с ускорением 1,5 м/с²?» Решите формально, а затем проверьте, имеет ли ответ физический смысл: когда поезд остановится и сколько он к тому моменту пройдёт?