

Урок 2. Равномерное прямолинейное движение

Равномерное движение

Равномерным движением называется такое движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния.

Движение тела по прямой линии называется *прямолинейным*.

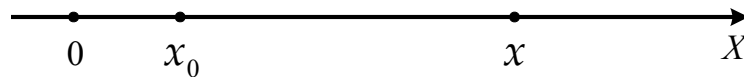
Равномерным прямолинейным движением называется такое движение вдоль прямой, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния.

Скорость

Скоростью равномерного прямолинейного движения называется векторная величина, равная отношению перемещения тела к промежутку времени, в течение которого произошло это перемещение:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$$

Закон движения и графики движения

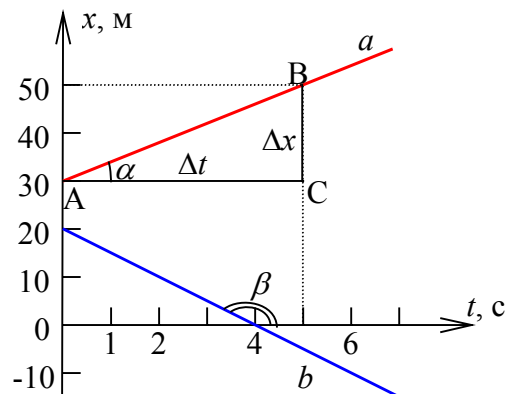


Рассмотрим движение тела вдоль оси OX . Пусть в начальный момент времени координата тела равна x_0 , найдем координату тела в момент времени t . По определению скорости можно записать, что ее проекция равна $v_x = s_x/t = (x-x_0)/t$. Тогда

$$x = x_0 + v_x t$$

Таким образом, получена зависимость координаты тела от времени, которая называется *законом движения* тела.

Зависимость координаты x от времени t линейная. Это означает, что графиком зависимости $x(t)$ будет прямая линия. На рисунке изображён график $x(t)$ при различных значениях параметров x_0 и v_x . Так как проекция скорости v_x может быть как положительной, так и отрицательной, то координата x может как возрастать со временем (при $v_x > 0$), так и убывать (при $v_x < 0$).



Для закона движения, который описывается прямой a (см. рис.), начальная координата x_0 точки была равна 30 м. А в момент времени, например, $t = 5$ с, координата стала равной 50 м. Таким образом,

$\Delta x = x - x_0 = 50 - 30 = 20$ м, $\Delta t = t - t_0 = 5 - 0 = 5$ с. Значит, проекция скорости точки $v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20 \text{ м}}{5 \text{ с}} = 4 \text{ м/с} > 0$, точка движется в положительном направлении оси OX . Отсюда сразу получим закон движения точки:

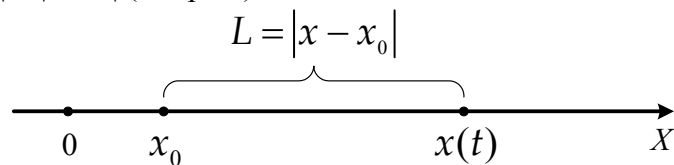
$$x = 4t + 30,$$

где время t выражено в секундах (с), а координата x – в метрах (м). Зная зависимость $x(t)$, можно найти координату точки в любой момент времени. Например, $x(8) = 62$, то есть в момент времени 8 с точка будет иметь координату 62 м.

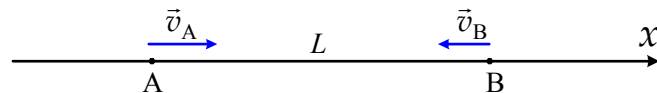
Аналогично, для прямой b получим $x_0 = 20$ м, проекция скорости $v_x = -5$ м/с. В данном случае тело движется в отрицательном направлении оси OX .

Чем больше модуль скорости тела (при $v_x > 0$), тем больше угол, который образует прямая $x(t)$ с осью времени. Действительно, для прямой a проекция скорости равна $v_x = \Delta x / \Delta t$ и пропорциональна $|BC|/|AC| = \operatorname{tg} \alpha$. Сказать, что скорость равна тангенсу угла наклона нельзя, поскольку тангенс угла есть безразмерная величина. При $\alpha = \pi/2$ скорость не определена. При $\pi/2 < \alpha < \pi$ тангенс отрицателен, что соответствует отрицательной проекции скорости.

Путь, пройденный точкой за время t , равен модулю перемещения точки: $L = |s_x| = |x - x_0|$ (см. рис.).



Пример. Из городов А и В, расстояние между которыми равно $L = 300$ км, одновременно навстречу друг другу выехали две машины: из города А со скоростью $v_A = 60$ км/ч и из города В со скоростью $v_B = 40$ км/ч (см. рис.). Определить место и время встречи машин.



Решение. Решим задачу двумя способами: аналитически и графически.

Аналитический способ

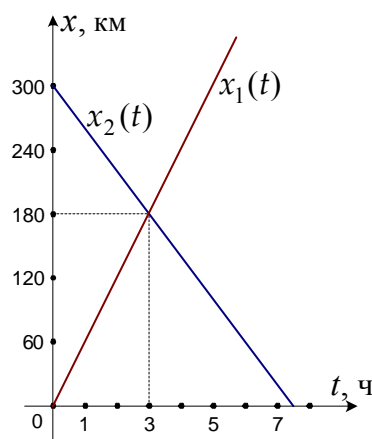
Пусть начальная координата 1^{ой} машины, движущейся из точки А, равна нулю. Тогда начальная координата другой машины $x_0 = L = 300$ км. Закон движения первой машины: $x_1 = v_A t$, а второй машины: $x_2 = L - v_B t$ (скорость второй машины направлена противоположно оси x). Машины встретятся тогда, когда будут равны их координаты: $x_1 = x_2$. Это произойдет по прошествии времени

$$t^* = \frac{L}{v_A + v_B} = 3 \text{ ч}$$

Место встречи будет находиться на расстоянии $x = x_1 = x_2 = v_A t^* = 180$ км от пункта А.

Графический способ

Зная законы движения машин: $x_1 = v_A t$ и $x_2 = L - v_B t$, можно построить графики зависимостей x_1 и x_2 от времени (см. рис.). Из графиков сразу легко определяются координата и время встречи машин.



Средняя скорость

Средней скоростью материальной точки называется отношение перемещения \vec{s} точки к промежутку времени Δt , в течение которого это перемещение произошло:

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\vec{s}}{\Delta t}$$

Средняя величина скорости (средняя скорость прохождения пути) – это отношение пути L , пройденного точкой, к промежутку времени t , в течение которого этот путь пройден:

$$v_{\text{ср}L} = \frac{L}{\Delta t}$$

Поскольку пройденный путь всегда не меньше, чем величина перемещения, то для введенных выше средних скоростей справедливо неравенство:

$v_{\text{ср}L} \geq v_{\text{ср}} = |\vec{v}_{\text{ср}}|$ – средняя величина скорости не меньше величины средней скорости.

Пример. Равномерно движущийся автомобиль проехал первую половину пути со скоростью $v_1 = 30$ м/с, а вторую – со скоростью $v_2 = 20$ м/с. Чему равна средняя скорость движения автомобиля?

Решение. Пусть L – пройденный путь. Тогда по определению $v_{\text{ср}L} = L/t$. Общее время движения t складывается из двух величин: времени t_1 преодоления первой половины пути, и времени t_2 – времени преодоления второй половины пути:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{L/2}{v_1} + \frac{L/2}{v_2} = \frac{L}{2} \left(\frac{v_1 + v_2}{v_1 v_2} \right)$$

Таким образом, получаем, что средняя скорость автомобиля за всё время движения равна

$$v_{\text{ср}L} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 24 \text{ м/с}$$

Задачи для самостоятельного решения.

1. Поезд прошёл путь $L = 200$ км. В течение времени $t_1 = 1$ ч он двигался со скоростью $v_1 = 100$ км/ч, затем сделал остановку на время $t_2 = 30$ мин. Оставшуюся часть пути он шел со скоростью $v_3 = 40$ км/ч. Какова средняя скорость движения поезда?

Ответ: [50 км/ч].

2. Автомобиль на прямолинейном участке дороги проехал три равных отрезка пути со скоростями v_1, v_2, v_3 . Найти среднюю скорость движения автомобиля.

Ответ: $[v_{\text{cp}} = \frac{3v_1v_2v_3}{v_2v_3 + v_1v_3 + v_1v_2}]$.