Равномерное прямолинейное движение

Темы кодификатора ЕГЭ: виды механического движения, скорость.

Равномерное прямолинейное движение материальной точки — это движение с постоянной скоростью $\vec{v}$. Обратите внимание, что речь идёт о постоянстве *вектора* скорости; это значит, что скорость неизменна как по модулю, так и по направлению.

Траекторией тела при равномерном прямолинейном движении служит прямая (или часть прямой — например, отрезок или луч). Вдоль данной прямой тело движется равномерно, то есть с постоянной по модулю скоростью.

Закон движения

Предположим, что тело, двигаясь равномерно и прямолинейно со скоростью $\vec{v}$, переместилось за время t из точки M_0 в точку M (рис. 1). Вектор перемещения есть $\vec{s} = \overrightarrow{M_0M}$.

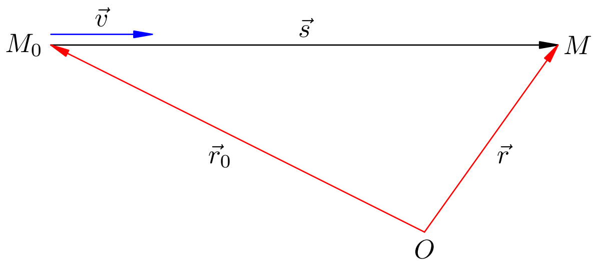

Рис. 1. Равномерное прямолинейное движение

Путь, пройденный телом, равен длине s вектора перемещения. Очевидно, что выполнено соотношение:

$$s = vt, \tag{1}$$

где v — модуль вектора скорости.

Формула (1) справедлива для любого равномерного движения (не обязательно прямолинейного). Но в случае прямолинейного равномерного движения эта формула становится соотношением между векторами. В самом деле, поскольку векторы $\vec{s}$ и $\vec{v}$ сонаправлены, формула (1) позволяет записать:

$$\vec{s} = \vec{v}t. \tag{2}$$

Как обычно, движение тела рассматривается в некоторой системе отсчёта, связанной с телом отсчёта O (рис. 1; координатные оси не изображаем). Пусть $\vec{r}_0$ — радиус-вектор начальной точки M_0 и $\vec{r}$ — радиус-вектор конечной точки M. Тогда, очевидно, $\vec{s} = \vec{r} - \vec{r}_0$. Подставим эту разность в формулу (2):

$$\vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}t.$$

Отсюда получаем *закон движения*, то есть зависимость радиус-вектора тела от времени:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t. \tag{3}$$

Закон движения решает основную задачу механики, то есть позволяет найти зависимость координат тела от времени. Делается это просто.

Координаты точки M_0 обозначим (x_0, y_0, z_0). Они же являются координатами вектора $\vec{r}_0$. Координаты точки M (и вектора $\vec{r}$) обозначим (x, y, z). Тогда векторная формула (3) приводит к трём координатным соотношениям:

$$x = x_0 + v_x t, \tag{4}$$

$$y = y_0 + v_y t, \tag{5}$$

$$z = z_0 + v_z t. \tag{6}$$

Формулы (4)—(6) представляют координаты тела как функции времени и потому служат решением основной задачи механики для равномерного прямолинейного движения.

Интегрирование

Ключевая формула (3), описывающая равномерное прямолинейное движение, может быть получена из несколько иных соображений. Вспомним, что производная радиус-вектора есть скорость точки:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}. \tag{7}$$

В случае равномерного прямолинейного движения имеем $\vec{v} = \text{const}$. Что нужно продифференцировать, чтобы получить постоянный вектор $\vec{v}$? Очевидно, функцию $\vec{v}t$. Но не только: к величине $\vec{v}t$ можно прибавить любой постоянный вектор $\vec{c}$ (это не изменит производную, поскольку производная константы равна нулю). Таким образом:

$$\vec{r} = \vec{c} + \vec{v}t. \tag{8}$$

Каков смысл константы $\vec{c}$? Если $t = 0$, то радиус-вектор $\vec{r}$ равен своему начальному значению $\vec{r}_0$. Поэтому, полагая $t = 0$ в формуле (8), получим:

$$\vec{r}_0 = \vec{c}.$$

Итак, вектор $\vec{c}$ есть начальное значение радиус-вектора, и теперь из (8) мы снова приходим к формуле (3):

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t.$$

Мы, таким образом, *проинтегрировали* равенство (7) при условии, что $\vec{v} = \text{const}$. Интегрирование — это операция, обратная дифференцированию. Интегрировать в физике приходится на каждом шагу, так что привыкайте :-)