



§ 18.

Неравномерное (переменное) движение. Средняя скорость

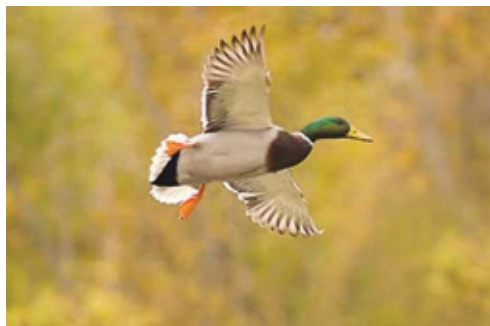


Рис. 103



Рис. 104



Рис. 105

Проанализируем движение автобуса. Он уменьшает скорость движения перед остановкой. Затем в течение какого-то времени стоит на остановке, т. е. скорость его движения равна нулю, после чего скорость увеличивается. Значит, скорость движения автобуса изменяется, т. е. является переменной величиной.

Движение, при котором скорость изменяется, называется неравномерным (переменным).

Практически все движения, наблюдаемые в природе и технике, — неравномерные. С изменяющейся скоростью движутся, например, люди, птицы (рис. 103), дельфины (рис. 104), поезда, падают яблоки (рис. 105). Но как же тогда характеризовать это движение?

Неравномерное движение характеризуется *средней скоростью*. Как определить среднюю скорость? Рассмотрим пример. Вы едете на экскурсию в Брест поездом. Поезд проходит от Минска до Бреста путь $s = 330$ км. На прохождение этого пути затрачивается время $t = 4,5$ ч. В течение данного времени поезд стоит на станциях, движется то с увеличивающейся, то с уменьшающейся скоростью.

Среднюю скорость находят путем деления всего пути на все время, за которое этот путь пройден. Обозначим среднюю скорость $\langle v \rangle$ и запишем формулу:

$$\langle v \rangle = \frac{s}{t}.$$

Тогда поезд «Минск — Брест» движется со средней скоростью

$$\langle v \rangle = \frac{330 \text{ км}}{4,5 \text{ ч}} \approx 73 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Вас не удивило, что мы использовали формулу равномерного движения? Да, действительно,

формально мы нашли среднюю скорость так, как будто поезд весь путь $s = 330$ км двигался равномерно с постоянной скоростью $v = 73 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Это, конечно же, не означает, что он на самом деле двигался равномерно. На отдельных участках пути скорость движения поезда была как значительно большей ($120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$), так и меньшей, чем $73 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, и даже равной нулю (рис. 106).

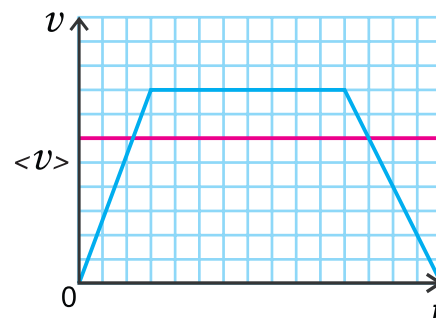


Рис. 106

▼ Для любознательных

Средняя скорость дает лишь приблизительное представление о быстроте движения тела. Описание переменного движения более сложно по сравнению с описанием равномерного.

Например, если скорость поезда на участке разгона возрастает от 0 до $90 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, то в различных точках траектории она принимает различные значения из этого промежутка. Таким образом, можно говорить не только о средней скорости на данном участке траектории, но и о скорости в данной точке траектории или в данный момент времени. Такую скорость называют в физике *мгновенной скоростью*.

■ Главные выводы

1. Характеристикой неравномерного движения является средняя скорость.
2. Для вычисления средней скорости нужно путь разделить на все время, затраченное на прохождение этого пути.

? Контрольные вопросы

1. Чем отличается неравномерное движение тела от равномерного?
2. Как найти среднюю скорость неравномерного движения?
3. Можно ли применять понятие «средняя скорость» для равномерного движения?
4. Зависит ли средняя скорость неравномерного движения от величины выбранного времени? Приведите пример.
5. Камень упал с высоты $h = 2$ м. Одинакова ли его средняя скорость на первом, втором метрах падения и на всем пути?





Примеры решения задач

1. Катя прошла путь $s_1 = 1,20$ км за время $t_1 = 25$ мин. Затем остановилась и в течение времени $t_2 = 20$ мин разговаривала с подругой, после чего прошла путь $s_2 = 0,80$ км за время $t_3 = 15$ мин. Определите среднюю скорость движения Кати.

Дано:

$$s_1 = 1,20 \text{ км}$$

$$s_2 = 0,80 \text{ км}$$

$$t_1 = 25 \text{ мин}$$

$$t_2 = 20 \text{ мин}$$

$$t_3 = 15 \text{ мин}$$

$$\langle v \rangle = ?$$

Решение

Весь путь, который прошла Катя:

$$s = s_1 + s_2.$$

Все затраченное время:

$$t = t_1 + t_2 + t_3.$$

Средняя скорость движения Кати:

$$\langle v \rangle = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t_1 + t_2 + t_3}.$$

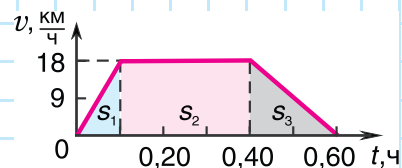
Вычислим $\langle v \rangle$:

$$\langle v \rangle = \frac{1,20 \text{ км} + 0,80 \text{ км}}{25 \text{ мин} + 20 \text{ мин} + 15 \text{ мин}} = \frac{2,0 \text{ км}}{60 \text{ мин}} = \frac{2,0 \text{ км}}{1,0 \text{ ч}} = 2,0 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Ответ: $\langle v \rangle = 2,0 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$



2. По графику скорости (рис. 107) определите путь и среднюю скорость движения велосипедиста за время $t = 0,60$ ч.



Решение

Рис. 107

Искомый путь численно равен площади фигуры под графиком скорости. Путь s_1 велосипедист проехал за время $t_1 = 0,10$ ч. Он численно равен площади прямоугольного треугольника, закрашенного в голубой цвет:

$$s_1 = S_{\text{треуг}} = \frac{1}{2} v_1 t_1 = \frac{1}{2} \cdot 18 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 0,10 \text{ ч} = 0,90 \text{ км}.$$

Аналогично можно найти пути s_2 и s_3 :

$$s_2 = S_{\text{прямоуг}} = 18 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 0,30 \text{ ч} = 5,4 \text{ км}; s_3 = S_{\text{треуг}} = \frac{1}{2} \cdot 18 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 0,20 \text{ ч} = 1,8 \text{ км}.$$

Весь путь: $s = s_1 + s_2 + s_3 = 0,90 \text{ км} + 5,4 \text{ км} + 1,8 \text{ км} = 8,1 \text{ км}.$

Средняя скорость движения велосипедиста:

$$\langle v \rangle = \frac{s}{t} = \frac{8,1 \text{ км}}{0,60 \text{ ч}} = 13,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \approx 14 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Ответ: $\langle v \rangle = 14 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$

Упражнение 5

1. Яблоко падало с высоты $h = 2,2$ м в течение времени $t = 0,67$ с. Была ли скорость падения постоянной? Найдите ее среднее значение.

2. По данным графика (рис. 108) опишите движение мухи.

3. Группа туристов прошла путь $s_1 = 4$ км за время $t_1 = 0,8$ ч, затем в течение времени $t_2 = 0,7$ ч отдыхала. Оставшиеся $s_2 = 2$ км пути она прошла за время $t_3 = 0,5$ ч. Определите среднюю скорость движения группы.

4. График скорости движения шарика по наклонному желобу представлен на рисунке 109. Найдите среднюю скорость движения шарика за время $t = 4$ с.

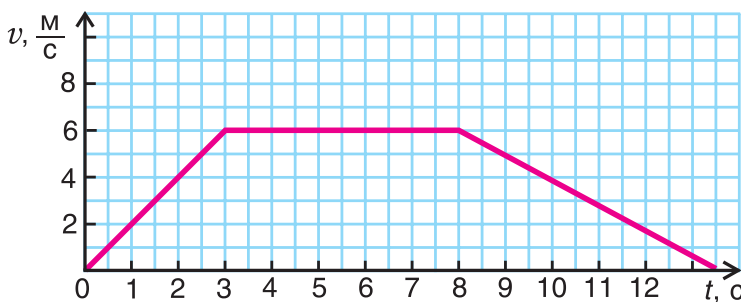


Рис. 108

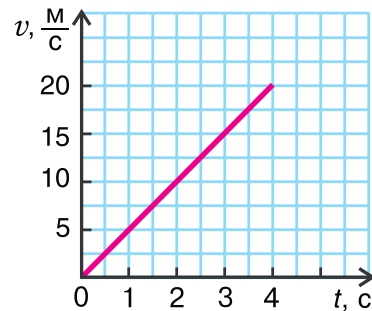


Рис. 109

5. Турист приближается к Национальной библиотеке на расстояние $s = 120$ м за время $t = 2,0$ мин. С какой средней скоростью относительно туриста и в каком направлении «движется» здание библиотеки?

6. Путь $s = 1,8$ км от дома до парка спортсменов пробежал со скоростью $v_1 = 4,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а обратный путь прошел быстрым шагом со скоростью $v_2 = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Какова средняя скорость движения спортсмена? Найдите второе решение, в котором не требуется данное $s = 1,8$ км.

7. По графику скорости (рис. 108) определите путь и среднюю скорость движения мухи.

8. Путь от Минска до городов Республики Беларусь отсчитывают от специального знака (рис. 110), находящегося на Октябрьской площади в городе Минске. Определите, во сколько прибудет в город Гродно турист, выехавший из Минска с Октябрьской площади в 12.00 ч, если он едет со средней скоростью $\langle v \rangle = 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Путь до города Гродно $s = 270$ км.



Рис. 110