

РАЗДЕЛ 2

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

- Вы знаете, как найти путь, пройденный телом, а узнаете, как вычислить перемещение тела
- Вы представляете, что такое точка, а узнаете о материальной точке
- Вы можете описать движение тела, наблюдая за ним, а сможете рассказать, как двигалось тело, изучив график его движения
- Вы знаете, что самолет заправляют во время стоянки, а узнаете, как это можно сделать в воздухе, во время полета
- Вы знаете, что во многих часах используют маятник, а узнаете о свойствах маятника, благодаря которым такое использование стало возможным



§ 6. МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ. ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ. СИСТЕМА ОТСЧЕТА. МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА

Вспомните: вы сидите в вагоне поезда и смотрите на поезд, стоящий рядом. Вдруг вам показалось, что ваш поезд тронулся с места, ведь за окном начали проплывать вагоны соседнего поезда. И тут вы смотрите в окно напротив и... понимаете, что ваш поезд по-прежнему стоит на перроне, а движется поезд, который стоял рядом. А если бы окна напротив не было, смогли бы вы определить, какой поезд тронулся — ваш или соседний?



Рис. 6.1. Все в мире движется: и огромные галактики, и окружающие нас тела, и микроскопические организмы

1 Знакомимся с механическим движением

Все в мире находится в движении (рис. 6.1): миллиарды лет, которые существует Вселенная, разлетаются в разные стороны галактики; Земля вращается вокруг Солнца, делая один оборот за год; за несколько часов самолет перелетает из Киева в Мадрид; в капле воды множество микробов ежесекундно передвигаются с места на место; все время движутся молекулы.

Несмотря на разнообразие примеров движения, у них есть общее: во-первых, *все движущиеся тела изменяют свое положение в пространстве относительно других тел*; во-вторых, *изменение положения тел происходит с течением времени*.

Простейшей разновидностью движения является *механическое движение*.

Механическое движение — это изменение со временем положения тела или частей тела в пространстве относительно других тел.

2 Даем определение системы отсчета

Когда тело движется, его положение в пространстве изменяется. Для определения положения тела в пространстве используют *систему координат*, которую связывают с *телом отсчета*.

Тело отсчета — это тело, относительно которого рассматривают положение движущегося тела.

Выбор тела отсчета является произвольным. За тело отсчета можно взять любое тело исходя из соображений удобства. Это может

быть как вагон поезда, так и платформа вокзала, как дерево на обочине дороги, так и мчащийся автомобиль. Телом отсчета могут быть и планета Земля, и Солнце, и далекая галактика.

? Какое тело, по вашему мнению, целесообразно принять за тело отсчета, исследуя ваше движение на перемене; на уроке физкультуры; во время путешествия?

После того как тело отсчета выбрано, с ним связывают *систему координат*, которую задают с помощью одной, двух или трех *координатных осей*. Вдоль осей откладывают расстояния в выбранном масштабе, например в километрах или метрах (рис. 6.2, 6.3).

Изменение положения тела происходит не мгновенно, а в течение некоторого времени, поэтому для исследования механического движения необходим *прибор для отсчета времени* — часы.

Тело отсчета, связанная с ним система координат и часы образуют **систему отсчета**.

3 Выясняем, когда тело можно считать материальной точкой

Обычно во время движения тела каждая его точка движется по-разному. На практике исследовать движение всех точек тела довольно сложно и, как правило, нет необходимости. Описывая движение тела, размеры которого намного меньше, чем расстояния, которые оно преодолевает, тело заменяют физической моделью — *материальной точкой*. Материальная точка не имеет размеров, а ее масса равна массе данного тела.

Материальная точка — это физическая модель тела, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

Одно и то же тело в условиях одной задачи можно считать материальной точкой, а в условиях другой — нельзя.

Представьте автомобиль, который движется по трассе из Одессы в Киев, и этот же автомобиль, когда он паркуется на автостоянке. В первом случае, исследуя движение автомобиля, его размерами можно пренебречь.

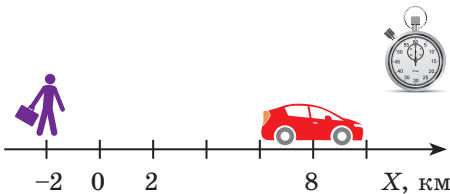


Рис. 6.2. Чтобы выяснить положение пешехода и автомобиля на прямолинейном участке дороги в данный момент времени, достаточно одной координаты: $x_{\text{п}} = -2$ км; $x_{\text{а}} = 8$ км

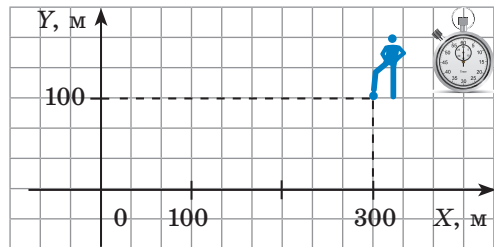


Рис. 6.3. Чтобы выяснить положение футболиста на поле в данный момент времени, нужно знать две координаты: $x = 300$ м; $y = 100$ м

То есть можно не учитывать, что при движении автомобиля его отдельные точки двигались по-разному, ведь расстояние, которое проехал автомобиль, было намного больше, чем, скажем, его длина. А вот во втором случае пренебречь размерами автомобиля нельзя.

? Попробуйте привести аналогичные примеры, взяв в качестве исследуемых тел человека, Землю, карандаш, дерево.

Обратите внимание! Когда мы определяем *координаты тела*, то считаем это тело материальной точкой. Далее, когда будем говорить о движении тела, будем считать, что речь идет о движении материальной точки.

i 4 **Узнаем об относительности движения и покоя**

То, что тело отсчета выбирается произвольно, означает, что *состояние движения и состояние покоя относительны*.

Представьте пассажира, который сидит в вагоне движущегося поезда (рис. 6.4). Относительно сиденья и вагона пассажир не изменяет своего положения со временем, то есть находится в состоянии покоя, а относительно деревьев за окном — движется.

? Читая этот текст, вы, скорее всего, сидите в классе за партой или дома за столом. Назовите тела, относительно которых вы движетесь, и тела, относительно которых вы пребываете в состоянии покоя.

Относительность движения дает возможность «остановить» движущийся автомобиль. Для этого нужен еще один автомобиль, который будет ехать рядом с первым, не отставая и не обгоняя его. В таком случае автомобили относительно друг друга будут пребывать в состоянии покоя. Вспомните, как каскадеры пересаживаются с одного мчащегося автомобиля на другой, который движется рядом! Тот же принцип используют и для заправки самолета топливом во время полета (рис. 6.5).



Рис. 6.4. Пассажир движется относительно деревьев за окном поезда и остается неподвижным относительно вагона



i **Рис. 6.5.** Заправка самолета в воздухе: самолеты находятся в состоянии покоя относительно друг друга



Подводим итоги

Механическое движение — изменение со временем положения тела или частей тела в пространстве относительно других тел. Тело, относительно которого рассматривают положение движущегося тела, называется телом отсчета.

Тело отсчета, связанная с ним система координат и часы образуют систему отсчета. Состояния движения и покоя зависят от выбора системы отсчета, то есть являются относительными.

В физике для упрощения описания движения тела используют физическую модель — материальную точку. Материальная точка — это тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.



Контрольные вопросы

1. Дайте определение механического движения. Приведите примеры.
2. Что такое тело отсчета? 3. Как задают систему координат? 4. Какие объекты образуют систему отсчета? 5. В каких случаях движущееся тело можно рассматривать как материальную точку? 6. Как вы понимаете выражение «механическое движение относительно»?



Упражнение № 6

1. Определите, относительно каких тел рассматривается движение в следующих примерах: а) кусок пенопласта неподвижно лежит на поверхности воды в реке; б) мимо автомобиля «пролетают» придорожные столбы; в) Солнце утром встает на востоке, а вечером садится на западе.
2. Яков Исидорович Перельман (1882–1942) в своей книге «Занимательная физика» описывает случай, который произошел с пилотом самолета в начале XX в. (самолеты тогда летали сравнительно медленно, а кабина пилота была открытой). Поднявшись на высоту 2 км, пилот заметил у своего лица какой-то предмет. Подумав, что это насекомое, пилот поймал предмет рукой. Но «насекомое» оказалась ружейной пулей. Почему пилот смог поймать пулю?
3. Можно ли считать космический корабль материальной точкой, когда он: а) осуществляет перелет Земля — Марс? б) совершает посадку на поверхность Марса?
4. Координаты дерева, камня и светофора, расположенных на обочине прямолинейного участка дороги, соответственно таковы: $x_d = -1$ км; $x_k = 2$ км; $x_c = 3,5$ км. Начертите ось координат, обозначьте на ней начало координат и положения указанных тел. Определите расстояния между телами.



Экспериментальное задание

Свяжите с вашим столом двухмерную систему координат, приняв за начало координат любой угол стола, а в качестве осей координат — края стола, прилегающие к этому углу. Определите координаты ластика, настольной лампы или других предметов на столе. Представьте отчет в виде рисунка в определенном масштабе. На рисунке укажите масштаб, оси координат, расположение предметов и их координаты.

§ 7. ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ. ПУТЬ. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Возьмите лист бумаги и карандаш. Поставьте на листе точки *A* и *B* и соедините их кривой линией (рис. 7.1). Эта линия совпадает с траекторией движения кончика карандаша, то есть линией, в каждой точке которой последовательно побывал кончик карандаша во время своего движения. Подробнее о траектории движения, а также о многом другом вы узнаете из этого параграфа.

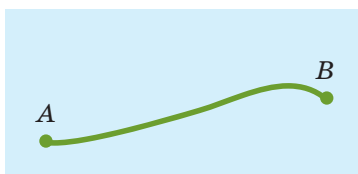


Рис. 7.1. На бумаге кончик карандаша оставляет линию, по которой двигался



Рис. 7.2. Иногда по следам легко восстановить траекторию движения тела

1 Узнаем о траектории движения

Траектория движения — это воображаемая линия, которую описывает в пространстве движущаяся точка.

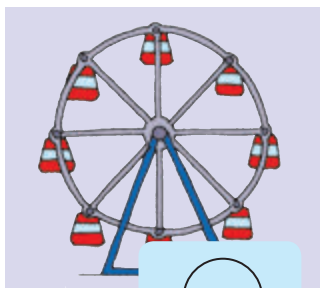
Обычно мы не видим траектории движения тел, но иногда бывают исключения. Так, в безоблачную погоду высоко в небе можно увидеть белый след, который во время своего движения оставляет самолет*. По этому следу можно определить траекторию движения самолета.

? Траектории движения каких тел можно восстановить по следам, изображенным на рис. 7.2? В каких случаях траекторию движения «заготавливают» заранее?

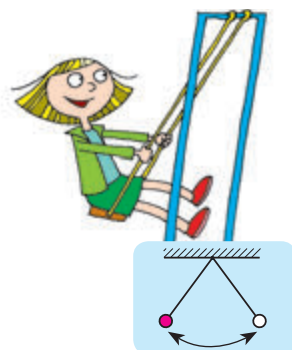
Форма траектории может быть разной: прямая, окружность, дуга, ломаная и т. д. В зависимости от формы траектории различают прямолинейное и криволинейное движение тел (рис. 7.3).



a



б



в

Рис. 7.3. Движение поезда на станции метро (*a*) — пример прямолинейного движения; движение кабинки колеса обозрения (*б*) и движение качелей (*в*) — примеры криволинейного движения. Стрелками показано направление движения

* Почему возникает такой след и что он собой представляет, вы узнаете из курса физики 8 класса.

i Форма траектории движения тела зависит от того, относительно какой системы отсчета рассматривают движение.

Приведем пример. У мальчика, едущего в автобусе, упало из рук яблоко (рис. 7.4). Для девочки, сидящей напротив, траектория движения яблока — короткий отрезок прямой. В этом случае система отсчета, относительно которой рассматривается движение яблока, связана с салоном автобуса. Но все время, пока яблоко падало, оно «ехало» вместе с автобусом, поэтому для человека, стоящего на обочине дороги, траектория движения яблока абсолютно другая. Система отсчета в таком случае связана с дорогой.

2 Выясняем, чем путь отличается от перемещения

Вернемся к началу параграфа (см. рис. 7.1). Чтобы найти путь, который прошел конец карандаша, рисуя кривую линию, необходимо измерить длину этой линии, то есть найти длину траектории (рис. 7.5).

Путь — это физическая величина, равная длине траектории.

Путь обозначают символом l .

Единица пути в СИ — метр:

$$[l] = \text{м}.$$

Используют также дольные и кратные единицы пути, например *миллиметр* (мм), *сантиметр* (см), *километр* (км):

$$\begin{aligned} 1 \text{ мм} &= 0,001 \text{ м}; & 1 \text{ см} &= 0,01 \text{ м} \\ 1 \text{ км} &= 1000 \text{ м} \end{aligned}$$

Путь, пройденный телом, будет разным относительно разных систем отсчета. Вспомним яблоко в автобусе (см. рис. 7.4): для пассажиров яблоко прошло путь около полуметра, а для человека на обочине дороги — несколько метров.

Вернемся к рис. 7.1. Соединив точки A и B отрезком прямой со стрелкой, получим направленный отрезок, который покажет, в каком направлении и на какое расстояние переместился конец карандаша (рис. 7.6).

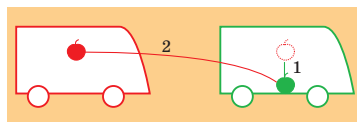


Рис. 7.4. Траектория движения яблока для пассажиров автобуса — короткий отрезок прямой (на схеме — линия 1), для человека на обочине дороги — кривая линия (на схеме — линия 2)

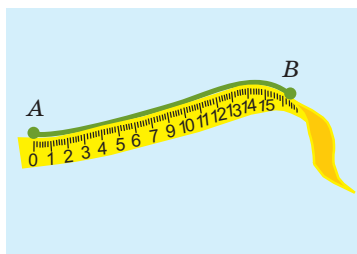


Рис. 7.5. Измерение длины траектории

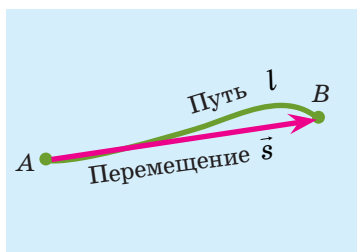


Рис. 7.6. Перемещение показывает, в каком направлении и на какое расстояние переместилось тело за некоторый интервал времени

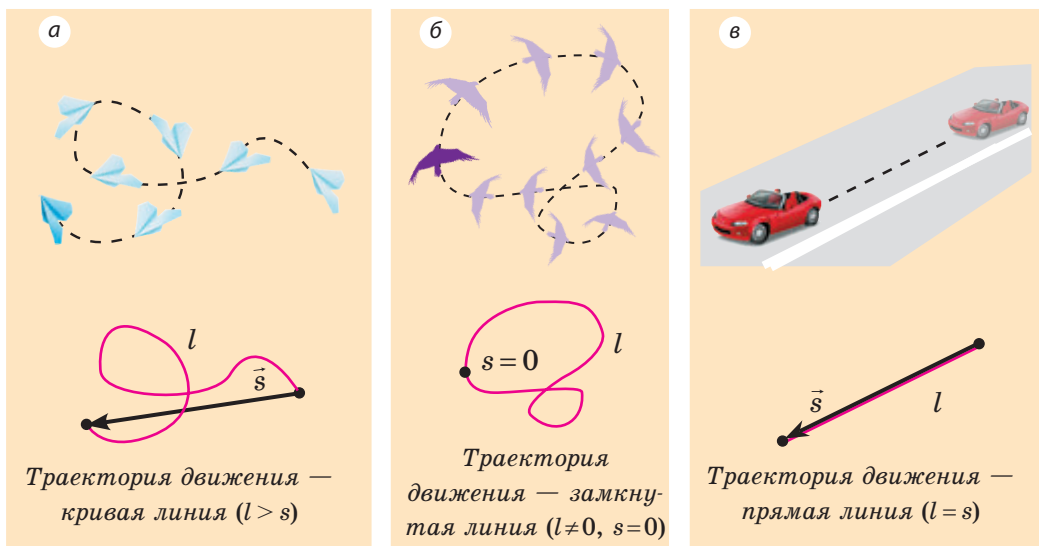


Рис. 7.7. Сравнение пути l и модуля перемещения s тела

Направленный отрезок прямой, соединяющий начальное и конечное положения тела, называют **перемещением**.

Перемещение обозначают символом \vec{s} .

Стрелка над символом показывает, что *перемещение* — это *векторная физическая величина**. Чтобы правильно задать перемещение, необходимо указать не только его значение (модуль), но и направление.

Модуль перемещения, то есть расстояние, на которое переместилось тело в определенном направлении, также обозначают символом s , но без стрелки.

Единица перемещения в СИ такая же, как и единица пути, — **метр**:

$$[s] = \text{м.}$$

В общем случае перемещение не совпадает с траекторией движения тела (рис. 7.7, а, б), поэтому путь, пройденный телом, обычно больше модуля перемещения. Путь и модуль перемещения равны только в том случае, когда тело движется вдоль прямой в неизменном направлении (рис. 7.7, в).



Подводим итоги

Воображаемая линия, которую описывает в пространстве движущаяся точка, называется траекторией. В зависимости от формы траектории различают прямолинейное и криволинейное движения тел.

* Физические величины, имеющие значение и направление, называется *векторными*, а имеющие только значение — *скалярными*.

Путь l — это физическая величина, равная длине траектории. Перемещение \vec{s} — это направленный отрезок прямой, соединяющий начальное и конечное положения тела. Единица пути и перемещения в СИ — метр (м).



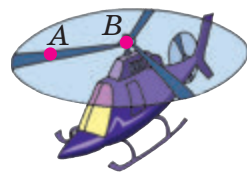
Контрольные вопросы

1. Дайте определение траектории движения.
2. Дайте определение пути.
3. Назовите единицу пути в СИ.
4. Почему, зная только путь и начальное положение тела, нельзя определить конечное положение тела?
5. Дайте определение перемещения.
6. Как перемещение обозначают на рисунках?
7. В каком случае модуль перемещения равен пройденному пути?
8. Зависят ли траектория движения тела, путь и перемещение от выбора системы отсчета? Приведите примеры.



Упражнение № 7

1. Футболист пробегает за матч около 10 км. 10 км — это путь или модуль перемещения футболиста? Каким может оказаться минимальный модуль перемещения футболиста за матч?
2. Вертолет поднимается вертикально вверх (см. рисунок). Изобразите траекторию движения точек A и B , расположенных на лопастях винта вертолета: а) относительно пилота; б) относительно Земли.
3. Пассажир поезда прошел по вагону от первого до четвертого купе, расстояние между которыми равно 7,5 м. За это время вагон проехал 400 м. Определите, какой путь преодолел пассажир относительно поезда; относительно земли, если пассажир двигался: а) в направлении движения поезда; б) в направлении, противоположном направлению движения поезда.
4. В начальный момент времени тело находилось в точке A с координатами $x_0 = 4$ м, $y_0 = -3$ м. Через некоторый интервал времени тело переместилось в точку B с координатами $x = -4$ м, $y = 3$ м. Постройте систему координат, отметьте точки A и B , изобразите вектор перемещения тела, определите модуль перемещения. Можно ли, используя данные задачи, определить путь, пройденный телом?
5. Мотоциклист, двигаясь по арене цирка, проезжает окружность радиусом 13 м за 8 с. Определите путь и модуль перемещения мотоциклиста: а) за 4 с движения; б) за 8 с движения.
6. Воспользовавшись картой города (села), в котором вы живете, постройте траекторию вашего движения от дома до школы. Определите путь, который вы преодолеваете, и модуль перемещения.



7. Решите уравнения: а) $5 = 2t$; б) $4 + x = 2x$; в) $1,8 = \frac{27}{y}$.

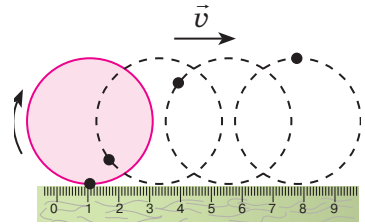


Экспериментальное задание

«Циклоида». Постройте *циклоиду* — траекторию движения точки на ободе колеса во время прямолинейного движения транспортного средства. Для этого:

- 1) сделайте бумажный круг диаметром 2–3 см — «колесо», на «ободе» которого поставьте точку;
- 2) положите линейку на лист бумаги, «колесо» разместите над линейкой так, чтобы оно ее касалось;
- 3) перекатывая «колесо» вдоль линейки, как можно чаще отмечайте на бумаге положение указанной точки (см. рисунок);
- 4) соедините полученные отметки плавной линией.

Выберите другие точки, проколов в «колесе» 2–3 отверстия, одно из которых сделайте в центре колеса. Постройте траекторию движения каждой точки.



§ 8. РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ. СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

В репортажах с автомобильных гонок, сообщениях о погоде можно, например, услышать: «Скорость движения автомобиля-победителя перед финишем достигла 250 километров в час»; «Скорость ветра достигала 25 метров в секунду» и т. п. Что это значит? Как сравнить эти скорости?

1

Знакомимся с равномерным движением

Слово «скорость» вы знаете давно. Поэтому, когда слышите, что скорость движения автомобиля составляет 20 метров в секунду, то понимаете: автомобиль, двигаясь с такой скоростью, каждую секунду проходит расстояние 20 м.

? Подумайте, какое расстояние проедет этот автомобиль за 10 секунд; за полсекунды; за 0,1 секунды.

Скорее всего, большинство из вас ответили так: за 10 с автомобиль проедет 200 м, за полсекунды — 10 м, за 0,1 с — 2 м. И эти ответы правильны, если считать, что за *любые* (малые или большие) *равные интервалы времени* автомобиль проезжает *одинаковый путь*. То есть если автомобиль движется *равномерно*.

Равномерное движение — это механическое движение, при котором тело за любые равные интервалы времени проходит одинаковый путь.

Обратите внимание на слова «*любые равные интервалы времени*». Иногда, рассматривая даже *неравномерное* движение тела, можно выделить такие равные интервалы времени, за которые тело проходит одинаковые расстояния. Например, каждые 30 с пловец проплывает дорожку в бассейне (25 м), но нельзя утверждать, что он движется равномерно, ведь при развороте он замедляет движение.

2 Изучаем равномерное прямолинейное движение

Если автомобиль равномерно движется по прямолинейному участку дороги, то за равные интервалы времени он совершает одинаковые перемещения (рис. 8.1), то есть проходит одинаковый путь и не изменяет направления своего движения. Такое движение называют равномерным прямолинейным.

Равномерное прямолинейное движение — это механическое движение, при котором за любые равные интервалы времени тело совершает одинаковые перемещения.

Равномерное прямолинейное движение — простейший вид движения, который в жизни встречается редко. Примерами такого движения могут быть движение автомобиля на прямолинейном участке дороги (без разгона и торможения), падение металлического шарика в растительном масле, полет парашютиста через некоторое время после раскрытия парашюта.

3 Даем определение скорости равномерного движения

Полагаем, вам несложно определить скорость равномерного движения, например, пешехода, который прошел 30 м за 20 с. Из курса

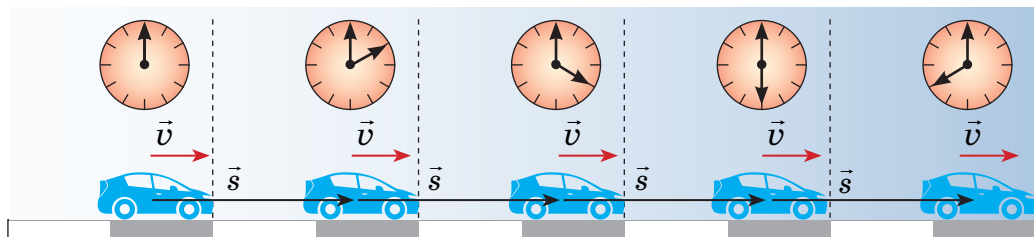


Рис. 8.1. Автомобиль, движущийся равномерно прямолинейно, за любые равные интервалы времени совершает одинаковые перемещения.

математики вы хорошо знаете, что для этого нужно путь, который прошел пешеход ($l = 30$ м), разделить на время его движения ($t = 20$ с).

Скорость равномерного движения (v) — это физическая величина, равная отношению пути l , пройденного телом, к интервалу времени t , в течение которого этот путь был пройден:

$$v = \frac{l}{t}$$

Обратите внимание! В ходе равномерного прямолинейного движения модуль перемещения равен пути ($s = l$), поэтому значение скорости движения можно определить по любой из формул:

$$v = \frac{s}{t} \text{ или } v = \frac{l}{t}.$$

В Международной системе единиц путь измеряют в метрах, время — в секундах, поэтому *единица скорости движения в СИ — метр в секунду*:

$$[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ равен скорости такого равномерного движения, при котором тело за 1 с проходит путь 1 м.

Прибором для прямого измерения скорости движения служит *спидометр*.

4 Характеризуем скорость движения

Скорость движения — векторная величина: она имеет не только значение, но и направление. На рисунках направление скорости движения тела показывают стрелкой (см. [рис. 8.1](#), [8.2](#)). Если тело движется равномерно прямолинейно, то значение и направление скорости движения остаются неизменными (см. [рис. 8.1](#)). Если тело движется равномерно по криволинейной траектории, значение скорости движения остается неизменным, а направление все время изменяется ([рис. 8.2](#)).

i *Направление и значение скорости движения зависят от того, относительно какого тела рассматривают движение.* Представьте, что вы стоите в вагоне поезда, движущегося на восток ([рис. 8.3](#)). Поезд проезжает мимо станции со скоростью $v_{\text{п}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. В это время другой пассажир идет по вагону со скоростью $v_{\text{пас}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, двигаясь в направлении, противоположном движению поезда.

Как вы считаете, одинаковой ли будет скорость движения пассажира для вас и для людей, стоящих на перроне? Конечно, нет! Для вас пассажир движется на запад со скоростью $0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а для людей на перроне он вместе с поездом движется на восток со скоростью $4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

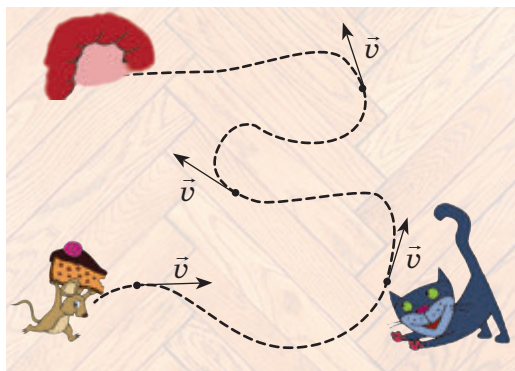


Рис. 8.2. При криволинейном движении направление скорости движения все время изменяется

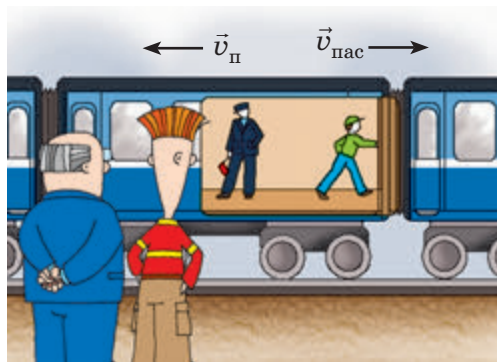


Рис. 8.3. Направление и значение скорости движения зависят от того, где находится наблюдатель

Значение скорости движения может быть выражено не только в метрах в секунду, но и в других единицах. Например, автомобиль движется со скоростью 36 километров в час $\left(v_{\text{авт}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}\right)$, ракета мчится со скоростью 8 километров в секунду $\left(v_{\text{р}} = 8 \frac{\text{км}}{\text{с}}\right)$, улитка ползет со скоростью 18 сантиметров в минуту $\left(v_{\text{ул}} = 18 \frac{\text{см}}{\text{мин}}\right)$ и т. д.

Для решения задач нужно научиться представлять скорость движения, данную в одних единицах, в других единицах. Например, скорость движения автомобиля — 36 км/ч. Чтобы представить эту скорость в метрах в секунду, вспомним, что 1 ч = 3600 с, а 1 км = 1000 м. Тогда:

$$36 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{36 \text{ км}}{1 \text{ ч}} = \frac{36 \cdot 1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

? Попробуйте представить в метрах в секунду скорости движения ракеты и улитки (приведены выше).

Сложнее переводить в другие единицы скорость движения, данную в метрах в секунду, но последовательность действий остается той же.

Например, скорость движения самолета — 250 м/с. Представим ее в километрах в час, вспомнив, что 1 м = 0,001 км; 1 с = $\frac{1}{3600}$ ч:

$$250 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{250 \text{ м}}{1 \text{ с}} = \frac{250 \cdot 0,001 \text{ км}}{\frac{1}{3600} \text{ ч}} = 250 \cdot 0,001 \cdot 3600 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 250 \cdot 3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 900 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

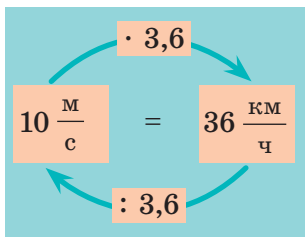
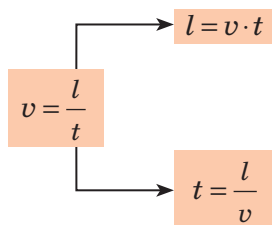


Рис. 8.4. Схема перевода скорости движения, выраженной в метрах в секунду, в скорость, выраженную в километрах в час, и наоборот



Чтобы скорость движения, представленную в метрах в секунду, выразить в километрах в час (и наоборот), можно воспользоваться схемой, приведенной на [рис. 8.4](#).

5 Определяем путь и время движения тела

Из курса математики вы знаете: если известны скорость и время движения тела, то можно найти путь, который прошло тело. Для этого нужно скорость движения умножить на время:

$$l = vt,$$

где l — путь; v — скорость движения; t — время движения с данной скоростью.

Если известны путь и скорость движения тела, можно найти время движения тела. Для этого необходимо путь разделить на скорость движения:

$$t = \frac{l}{v}.$$

Иногда для определения пути, скорости или времени движения тела удобно пользоваться «волшебным треугольником» ([рис. 8.5](#)).



Подводим итоги

Равномерное движение — это механическое движение, при котором за любые равные интервалы времени тело проходит одинаковый путь.

Равномерное прямолинейное движение — это механическое движение, при котором за любые равные интервалы времени тело совершает одинаковые перемещения.

Скорость равномерного движения — это физическая величина, равная отношению пути, который прошло тело, к интервалу времени, в течение которого этот путь был пройден: $v = \frac{l}{t}$.

Единица скорости движения в СИ — метр в секунду (м/с). Спидометр — прибор для прямого измерения скорости движения тела.

Кроме значения скорость движения имеет направление. Направление и значение скорости движения тела зависят от выбора системы отсчета.

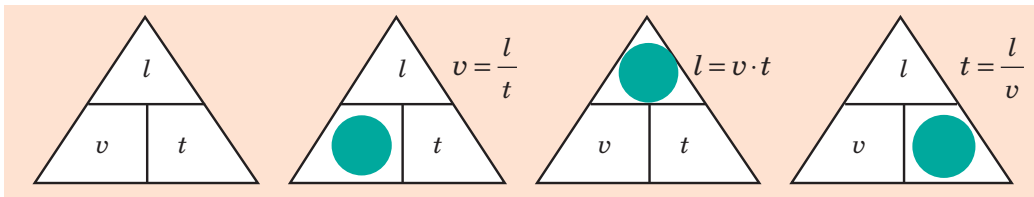


Рис. 8.5. Закрыв пальцем символ искомой величины (обозначение пути, времени или скорости движения), получаем формулу для ее вычисления



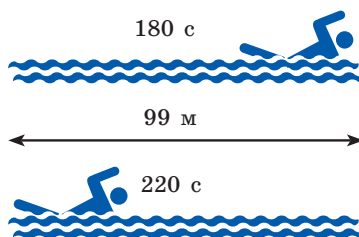
Контрольные вопросы

1. Какое движение называют равномерным? 2. Какое движение называют равномерным прямолинейным? Приведите примеры. 3. Как найти скорость равномерного движения тела? 4. Назовите единицы скорости движения. 5. Спидометры автомобилей проградуированы в километрах в час. Как скорость, измеренную спидометром, выразить в метрах в секунду? 6. Как вычислить путь, пройденный телом, если известны скорость и время его движения? 7. Как вычислить время движения тела, если известны путь и скорость его движения?



Упражнение № 8

1. Стадо антилоп может длительное время сохранять скорость движения 80 км/ч . Какой путь преодолет стадо за полчаса, двигаясь с такой скоростью?
2. Считая движение пловцов равномерным (см. рисунок), определите скорость движения каждого из них.
3. Определите, какая скорость движения больше: 16 м/с или 54 км/ч .
4. Представьте в метрах в секунду: 18 км/ч ; 108 км/мин ; 72 см/мин .
5. Представьте в километрах в час: 2 м/с ; 30 км/мин ; 20 см/с .
6. В астрономии существует единица длины *световой год*, которую применяют для определения межзвездных расстояний. Один световой год равен расстоянию, которое проходит свет в вакууме за 1 год. Представьте это расстояние в километрах, считая, что скорость распространения света в вакууме равна $300\,000 \text{ км/с}$.
7. Воспользуйтесь дополнительными источниками информации и подготовьте презентацию о скорости движения в живой природе или о скорости движения современных транспортных средств. Подготовьте краткое сообщение.



Экспериментальное задание

«Автомобильные гонки». Устройте с друзьями гонки игрушечных автомобилей. Для этого к каждому игрушечному автомобилю привяжите нитку. Другой конец нитки закрепите на карандаше. Двигайте автомобили, вращая карандаш (см. рисунок). Кто быстрее пройдет трассу? Какова скорость движения каждого автомобиля? Какие приборы вам нужны, чтобы это определить? Представьте результаты гонок в виде таблицы соревнований.



§ 9. УЧИМСЯ РЕШАТЬ ЗАДАЧИ

Может, вы будете удивлены, но в повседневной жизни вы уже встречались с физическими задачами и даже решали их. Приведем несколько примеров физических задач, прокомментируем основные этапы их решения, и в дальнейшем вы будете подходить к решению таких задач как настоящие физики.

Задача 1. Предположим, что до начала уроков остается 15 минут, а вы знаете, что расстояние от вашего дома до школы равно 1800 м. Придете ли вы вовремя, если будете идти со скоростью $3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$? С какой наименьшей скоростью вы должны идти, чтобы не опоздать?

Анализ физической проблемы. В задаче нужно найти:

1) время t_1 движения до школы с указанной скоростью v_1 ;

2) наименьшую скорость v_2 , с которой следует идти, чтобы затратить на путь не более 15 мин ($t_2 = 15$ мин).

Движение будем считать равномерным.

Скорость движения дана в $\frac{\text{км}}{\text{ч}}$, а путь — в единицах СИ. Представим время и значение скорости движения в единицах СИ:

$$15 \text{ мин} = 15 \cdot 60 \text{ с} = 900 \text{ с};$$

$$3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = \frac{3,6 \cdot 1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Закончив анализ, запишем краткое условие задачи.

Дано:

$$l = 1800 \text{ м}$$

$$v_1 = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_2 = 15 \text{ мин} = 900 \text{ с}$$

Найти:

$$t_1 \text{ — ?}$$

$$v_2 \text{ — ?}$$

Поиск математической модели.

Движение равномерное, поэтому воспользуемся формулой для расчета скорости равномерного движения:

$$v = \frac{l}{t}.$$

1-й этап

Анализ физической проблемы

1. Внимательно читаем условие задачи, определяем, какая физическая ситуация рассматривается, о каких физических величинах идет речь.

2. Определяем, в каких единицах будем решать задачу. Обычно задачи решают в единицах СИ.

3. При необходимости выполняем пояснительный рисунок. Часто именно рисунок помогает лучше разобраться в задаче.

4. Записываем краткое условие задачи. Ниже слова «Дано» записываем символы данных в условии физических величин и их значения в выбранных единицах. Ниже слова «Найти» записываем символы физических величин, которые следует найти.

2-й этап

Поиск математической модели

1. В физике любому расчету предшествует запись формулы, поэтому справа от слова «Дано» записываем уравнения, которые связывают физические величины, характеризующие описываемое в задаче физическое явление или физическое тело.

2. Учитываем конкретные условия физической ситуации, описанной в задаче, ищем дополнительные параметры.

Решение. Найдем выражения для расчета искомых величин t_1 и v_2 :

$$v_1 = \frac{l}{t_1}, \text{ поэтому } t_1 = \frac{l}{v_1}; v_2 = \frac{l}{t_2}.$$

Проверим единицы искомых величин:

$$[t_1] = \text{м} : \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{с}; [v_2] = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Найдем числовые значения искомых величин:

$$t_1 = \frac{1800}{1} = 1800 \text{ (с)}; t_1 = 30 \text{ мин};$$

$$v_2 = \frac{1800}{900} = 2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right); v_2 = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Обратите внимание! Для получения ответа в выражение для искомой величины можно сразу подставлять и числовые значения, и единицы известных величин. В этом случае запись будет такой:

$$t_1 = \frac{1800 \text{ м}}{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{1800 \text{ м} \cdot \text{с}}{1 \text{ м}} = 1800 \text{ с} = 30 \text{ мин};$$

$$v_2 = \frac{1800 \text{ м}}{900 \text{ с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Анализ результатов. Поскольку $t_1 > t_2$, то, двигаясь со скоростью $v_1 = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, вы не успеете к началу уроков. Чтобы не опоздать, нужно двигаться со скоростью, значение которой больше $3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Именно такое значение получено в ходе решения. Следовательно, полученные значения искомых величин вполне правдоподобны.

$$\text{Ответ: } t_1 = 30 \text{ мин}; v_2 = 7,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

3-й этап

Решение. Анализ полученных результатов

1. Решаем уравнение относительно неизвестной величины.

2. Проверяем единицы искомой величины. Для этого в полученную формулу подставляем только единицы, без числовых значений. Если получена совсем другая единица (например, получилось, что время измеряется в килограммах), ищем ошибку.

3. Выполняем необходимые вычисления и анализируем результат, прежде всего — на уровне здравого смысла (к примеру, путь от школы домой вряд ли будет занимать сутки или 1 с).

4-й этап

Запись ответа



Задача 2. По озеру навстречу друг другу равномерно прямолинейно движутся два катера. На начало наблюдения расстояние между катерами составляло 1500 м. Скорость движения первого катера равна $36 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, второго — $54 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. Через какое время катера встретятся? Какое расстояние пройдет до встречи первый катер?

Анализ физической проблемы. Катера движутся навстречу друг другу. Это значит, что они приближаются друг к другу со скоростью $v = v_1 + v_2$ и с этой же скоростью проходят расстояние $l = 1500$ м.

Задачу будем решать в единицах СИ.

Дано:

$$v_1 = 36 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 54 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$l = 1500 \text{ м}$$

Найти:

$$t \text{ — ?}$$

$$l_1 \text{ — ?}$$

Поиск математической модели, решение.

По определению скорости движения:

$$v = \frac{l}{t} \Rightarrow t = \frac{l}{v} \text{ (*)}$$

Так как $v = v_1 + v_2$, то $t = \frac{l}{v_1 + v_2}$.

Зная время t и скорость движения v_1 , определим путь l_1 , который пройдет первый катер до встречи:

$$l_1 = v_1 \cdot t.$$

Проверим единицы искомых величин:

$$[t] = \frac{\text{м}}{\frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{м}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{с}; [l_1] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{м}.$$

Определим числовые значения искомых величин:

$$t = \frac{1500}{10 + 15} = \frac{1500}{25} = 60 \text{ (с)}; l_1 = 10 \cdot 60 = 600 \text{ (м)}.$$

Анализ результатов. Так как первый катер движется медленнее второго, то до момента встречи он пройдет меньший путь. Такой результат и получен: $l_1 = 600$ м, а l_2 соответственно $1500 \text{ м} - 600 \text{ м} = 900 \text{ м}$. Поэтому результаты вполне реальны.

Ответ: $t = 60$ с; $l_1 = 600$ м.



Упражнение № 9

- Крейсерская скорость движения** самолета АН-158 равна 820 км/ч. За какое время этот самолет пролетит 410 км?

* Символ \Rightarrow используют для упрощения и сокращения записи текста. Здесь он означает: поскольку $v = \frac{l}{t}$, то $t = \frac{l}{v}$.

** *Крейсерская скорость движения* — скорость движения самолета или судна при наименьших затратах топлива.

2. Судно движется равномерно со скоростью $7,5$ м/с. Какой путь оно пройдет за 2 часа?
3. Мальчик, двигаясь с неизменной скоростью, преодолел расстояние от своего дома до школьного стадиона за $1,5$ мин. На обратный путь он затратил 70 с. Куда мальчик двигался быстрее — до стадиона или домой? Во сколько раз быстрее?
4. Автопогрузчик движется равномерно вдоль ряда контейнеров. Контейнеры, длиной 12 м каждый, стоят вплотную друг к другу. С какой скоростью движется автопогрузчик, если мимо 5 контейнеров он проезжает за 1 мин?
5. Во время соревнований по бегу первый школьник пробежал 10 мин со скоростью 12 км/ч, второй — 5 км за полчаса, третий — 4 км со скоростью $12,5$ км/ч. Кто из школьников двигался быстрее всех? Кто преодолел наибольшее расстояние? Кто бежал дольше всех?
6. Поезд едет со скоростью 20 м/с, а навстречу ему по соседнему пути движется другой поезд со скоростью 36 км/ч. Сколько времени поезда будут проезжать мимо друг друга, если длина первого поезда равна 900 м, а второго — 600 м?
7. Представьте, что во время путешествия вы увидели вспышки молнии и услышали вдалеке раскаты грома. Вы хотите узнать: приближается ли гроза? Какие измерения и расчеты вам следует произвести, чтобы ответить на этот вопрос? *Подсказка:* считайте, что свет от вспышки молнии достигает ваших глаз мгновенно, а скорость распространения звука в воздухе приблизительно равна 340 м/с.

§ 10. ГРАФИКИ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

Велосипедист едет по трассе (рис. 10.1). Скорость движения, которую показывает спидометр велосипеда в любой момент времени, равна 5 м/с. Как описать движение велосипедиста и вообще любого тела с помощью графиков? Вспомним, ведь графики движения тел вы изучали в курсе математики 6 класса.

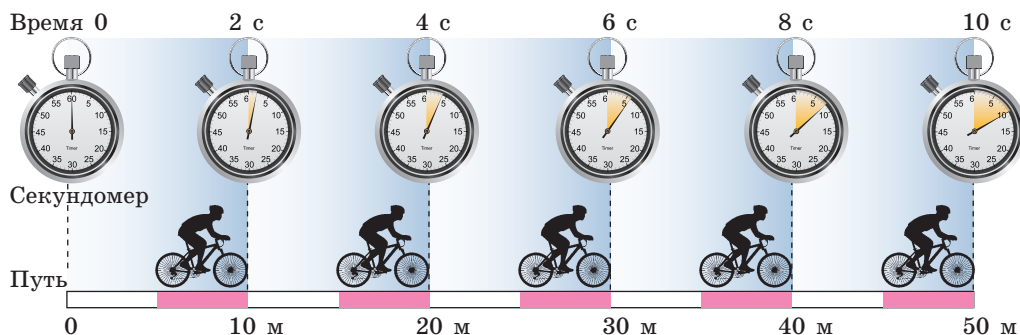


Рис. 10.1. Велосипедист движется равномерно прямолинейно: за любые равные интервалы времени он проезжает одинаковый путь

1 Строим график зависимости пути от времени для равномерного движения тела

Построим *график зависимости пути*, который проезжает велосипедист (см. рис. 10.1), *от времени наблюдения — график пути*.

Для построения графика выполним следующие действия.

1. Заполним таблицу соответствующих значений времени t движения спортсмена и пути l , который он преодолевает за это время.

Понятно, что в момент начала наблюдения ($t=0$) путь равен нулю ($l=0$). За время $t=2$ с велосипедист преодолеет расстояние 10 м: $l=vt=5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \text{ с} = 10 \text{ м}$. Рассуждая аналогично, получим:

$t, \text{ с}$	0	2	4	6	8	10
$l, \text{ м}$	0	10	20	30	40	50

2. Проведем две взаимно перпендикулярных оси.

На горизонтальной оси — оси абсцисс — отложим время движения велосипедиста в секундах ($t, \text{ с}$) так, что одной клетке будет соответствовать интервал времени 2 с.

На вертикальной оси — оси ординат — отложим путь в метрах ($l, \text{ м}$) так, что одной клетке будет соответствовать путь, равный 10 м (рис. 10.2, а).

3. Построим точки с координатами: (0; 0), (2; 10), (4; 20), (6; 30), (8; 40), (10; 50).

Абсциссы данных точек соответствуют времени движения спортсмена, ординаты соответствуют пути, который он проехал за это время (рис. 10.2, б).

4. Соединим построенные точки линией (рис. 10.2, в). Полученный отрезок прямой — *график пути* велосипедиста.

Обратите внимание! Велосипедист движется равномерно, поэтому путь, который он проезжает, можно определить по формуле $l=vt$, в любой момент времени $v=5 \text{ м/с}$; поэтому можно записать: $l=5t(\text{м})$, где время t дано в секундах. Равенство $l=5t$ — *уравнение зависимости пути*, который проезжает велосипедист, *от времени наблюдения*.

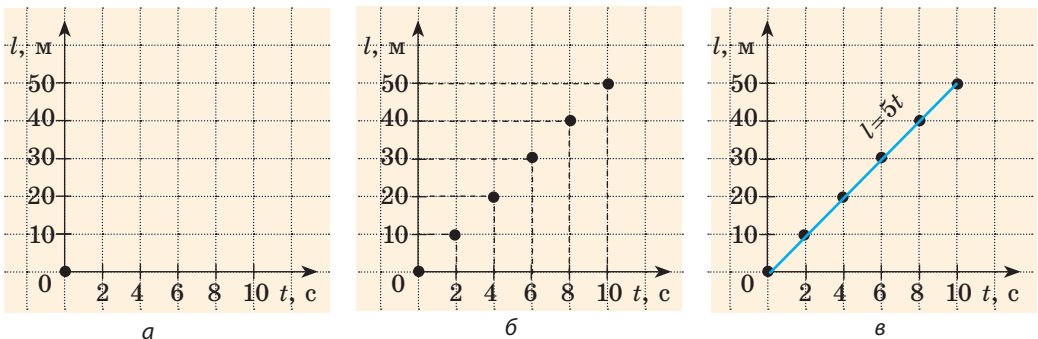


Рис. 10.2. Построение графика пути велосипедиста, равномерно движущегося со скоростью $v=5 \text{ м/с}$

При равномерном движении график пути — это всегда отрезок прямой, наклоненной под определенным углом к оси времени. Поэтому для построения графика пути достаточно определить путь l для двух значений времени t и через полученные две точки провести отрезок прямой. Например, чтобы построить график пути велосипедиста, можно взять время начала наблюдения ($t = 0$) и время окончания наблюдения ($t = 10$ с) (рис. 10.3).

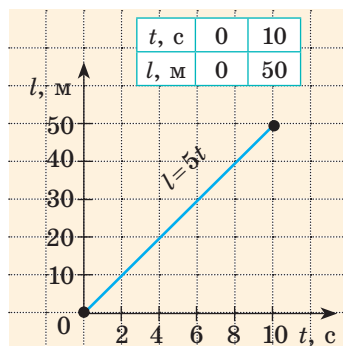


Рис. 10.3. График пути для тела, движущегося с постоянной скоростью 5 м/с

2 Выясняем, что можно узнать по графику пути

График пути дает много полезной информации. По графику пути можно:

- 1) выяснить характер движения тела;
- 2) определить путь, который проходит тело за определенный интервал времени;
- 3) определить скорость движения тела;
- 4) сравнить скорости движения тел: чем больше скорость движения тела, тем больше угол между графиком пути и осью времени (рис. 10.4).

Рассмотрим пример.

Задача. По графику пути, представленному на рис. 10.5, узнайте: 1) как двигалось тело; 2) какой путь прошло тело за первый час; за следующие два часа; 3) какой была скорость движения тела на каждом участке.

Решение

По графику видим, что весь путь состоит из трех участков, на каждом из которых тело двигалось равномерно (график пути тела — отрезки прямых).

Участок I. По графику видим, что путь, пройденный телом за первый час, равен 20 км, поэтому скорость движения тела составляла:

$$v_I = \frac{l_I}{t_I} = \frac{20 \text{ км}}{1 \text{ ч}} = 20 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Участок II. За следующие два часа тело прошло путь $l_{II} = 30 \text{ км} - 20 \text{ км} = 10 \text{ км}$. Соответственно скорость движения тела была равна:

$$v_{II} = \frac{l_{II}}{t_{II}} = \frac{10 \text{ км}}{2 \text{ ч}} = 5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

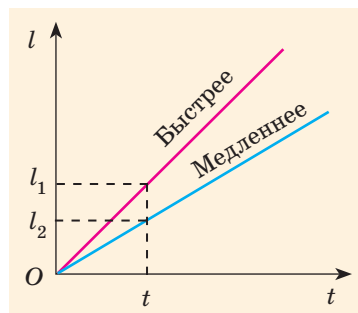


Рис. 10.4. За одно и то же время тело, имеющее большую скорость движения, проходит больший путь ($l_1 > l_2$)

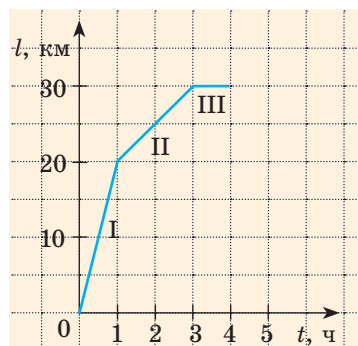


Рис. 10.5. К задаче в § 10

Участок III. Последний час путь не изменялся, значит, тело остановилось: $l_{III} = 30 \text{ км} - 30 \text{ км} = 0$; $v = 0$.

Анализ результатов. По графику видим, что участок I графика образует с осью времени больший угол, чем участок II. Поэтому участок I соответствует большей скорости движения тела.

3 Строим график скорости равномерного движения тела

Вернемся к велосипедисту, движущемуся равномерно со скоростью $v = 5 \text{ м/с}$ (см. рис. 10.1). Построим график зависимости скорости его движения от времени наблюдения — *график скорости движения*.

Для построения графика выполним следующие действия.

1. Заполним таблицу соответствующих моментов времени t движения велосипедиста и скорости движения v , которую он имел в эти моменты времени:

$t, \text{ с}$	0	2	4	6	8	10
$v, \text{ м/с}$	5	5	5	5	5	5

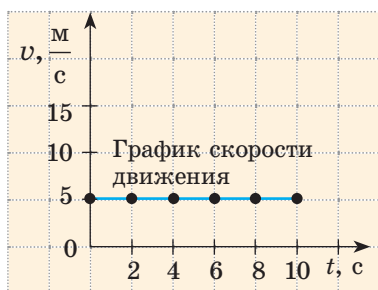


Рис. 10.6. График скорости движения велосипедиста, движущегося равномерно со скоростью $v = 5 \text{ м/с}$. Время наблюдения $t = 10 \text{ с}$

Велосипедист двигался равномерно, поэтому скорость его движения оставалась неизменной в течение всего времени наблюдения.

2. Проведем две взаимно перпендикулярных оси. На оси абсцисс отложим время движения велосипедиста в секундах ($t, \text{ с}$), на оси ординат — скорость движения в метрах в секунду $\left(v, \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ (рис. 10.6).

3. Построим точки с координатами $(0; 5)$, $(2; 5)$, $(4; 5)$, $(6; 5)$, $(8; 5)$, $(10; 5)$. Абсциссы указанных точек соответствуют времени движения спортсмена, ординаты — скорости его движения.

4. Соединим точки линией. Полученный отрезок прямой — *график скорости движения велосипедиста*.

При равномерном движении график скорости движения тела — отрезок прямой, параллельной оси времени.

4 Выясняем, что можно узнать по графику скорости движения тела

Рассмотрим график скорости движения некоторого тела (рис. 10.7, а) и узнаем о движении данного тела как можно больше.

1. В течение интервалов времени от 0 до 5 с и от 5 до 15 с тело двигалось равномерно, поскольку соответствующие участки графика скорости его движения — отрезки прямых, параллельных оси времени.

2. Скорость движения тела в течение последних 10 с наблюдения больше, чем в течение первых 5 с, поскольку второй участок графика расположен дальше от оси времени, чем первый участок (рис. 10.7, б).

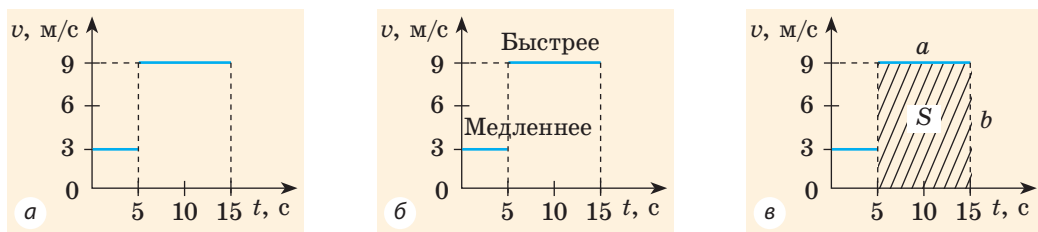


Рис. 10.7. Исследование графика скорости движения тела

В данном случае: $v_1 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — на интервале времени от 0 до 5 с;
 $v_2 = 9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — на интервале времени от 5 до 15 с.

3. Можно определить путь l , который прошло тело (вспомните: $l=vt$). Так, за интервал времени от 5 до 15 с тело прошло путь 90 м:

$$l_2 = v_2 t_2 = 9 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (15 \text{ с} - 5 \text{ с}) = 90 \text{ м}.$$

Этот путь *численно* равен площади заштрихованного прямоугольника (рис. 10.7, в):

$$S = a \cdot b = 10 \cdot 9 = 90; l = 90 \text{ м}.$$

Обратите внимание! Для любого движения числовое значение пути, который прошло тело, равно числовому значению площади фигуры под графиком скорости движения этого тела.



Подводим итоги

При равномерном движении тела график пути — это всегда отрезок прямой, наклоненной под определенным углом к оси времени, а график скорости движения — это отрезок прямой, параллельной оси времени.

По графику пути можно: 1) узнать, как двигалось тело; 2) вычислить путь, который прошло тело за определенный интервал времени; 3) вычислить и сравнить скорости движения тел: чем больше скорость движения тела, тем больше угол между графиком пути и осью времени.

По графику скорости движения можно: 1) узнать, как двигалось тело; 2) вычислить путь, который прошло тело за определенный интервал времени; 3) вычислить и сравнить скорости движения тел: чем больше скорость движения тела, тем дальше от оси времени расположен график скорости его движения.



Контрольные вопросы

1. Какой вид имеет график пути при равномерном движении тела?
2. Как по графикам путей двух тел сравнить скорости движения этих тел?
3. Какой вид имеет график скорости при равномерном движении тела?
4. Как по графикам скоростей движения двух тел сравнить скорости движения этих тел?
5. Как по графику скорости движения тела определить путь, пройденный телом?



Упражнение № 10

- По графикам скоростей движения трех тел (рис. 1) определите, как двигались эти тела; какое тело двигалось быстрее остальных.
- Ягуар может некоторое время двигаться со скоростью 25 м/с. Постройте график скорости движения ягуара за 5 с наблюдения. Покажите на графике путь, который преодолевает ягуар за это время, и вычислите этот путь.
- На рис. 2 представлены графики путей пешехода, велосипедиста и трактора, движущихся со скоростями 4, 12 и 24 км/ч соответственно. Какой из изображенных графиков какому телу соответствует? Постройте график скорости движения для каждого тела.
- Рассмотрите график полета орла (рис. 3) и определите: а) какой путь преодолел орел за время наблюдения; б) сколько времени орел отдыхал; в) какое расстояние преодолел орел за первые 25 с наблюдения. Постройте график скорости движения орла.
- Рассмотрите график скорости движения тела (рис. 4) и выясните: а) как двигалось тело; б) какой была скорость движения тела на каждом участке пути; в) какой путь преодолело тело. Постройте график пути данного тела.
- Придумайте графическую задачу на движение из жизни ваших любимых героев мультфильмов, решите ее и оформите на отдельном листе.



7. Из уравнения $v = \frac{l_1 + l_2}{t}$ найдите:

- v , если $l_1 = 15$ м, $l_2 = 20$ м, $t = 10$ с;
- t , если $l_1 = 1$ км, $l_2 = 9$ км, $v = 4$ км/ч;
- l_1 , если $l_2 = 100$ м, $t = 5$ мин, $v = 25$ м/мин.

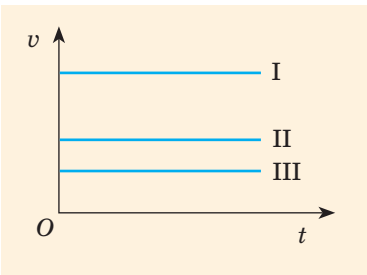


Рис. 1

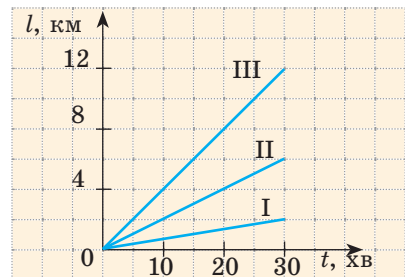


Рис. 2

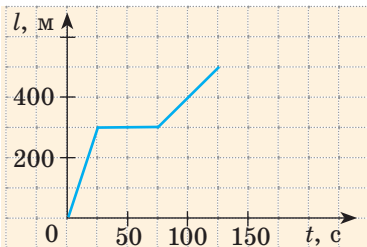


Рис. 3

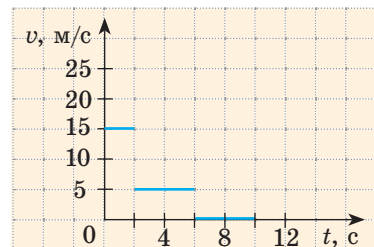


Рис. 4

§ 11. НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ. СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ НЕРАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

Наверняка вам случалось ехать на автобусе или автомобиле из одного города в другой. Вспомните: транспортное средство время от времени тормозит, останавливается, потом снова набирает скорость... Стрелка спидометра все время колеблется и только иногда замирает на месте. Можно ли назвать такое движение равномерным? Конечно, нет. А как называют такое движение? Как его описывают?

1 Наблюдаем неравномерное движение

В повседневной жизни мы обычно имеем дело с *неравномерным движением*. Так, неравномерным является движение автобуса (рис. 11.1) и других транспортных средств, движение падающих тел, движение спортсменов на беговой дорожке. А еще вспомните, например, как катится мяч, как вы движетесь во время прогулки, на уроках физкультуры и т. д.

Неравномерное движение — это движение, при котором тело за равные интервалы времени проходит разный путь.

Обратите внимание! При неравномерном движении значение скорости движения тела со временем изменяется.

? Попробуйте привести примеры неравномерного движения.

i Теперь мы можем классифицировать *виды механического движения* (см. таблицу):

- по форме траектории — прямолинейное, криволинейное;
- по характеру движения тела — равномерное, неравномерное.



i Рис. 11.1. Автобус движется неравномерно, время от времени замедляясь, останавливаясь и снова разгоняясь

Виды механического движения





по форме траектории		по характеру движения тела	
прямолинейное	криволинейное	равномерное	неравномерное
			
Траектория движения — прямая линия	Траектория движения — кривая линия	Значение скорости движения тела не изменяется со временем	Значение скорости движения тела изменяется со временем



Рис. 11.2. Средняя скорость движения поезда — отношение расстояния между начальной и конечной станциями ко всему времени движения

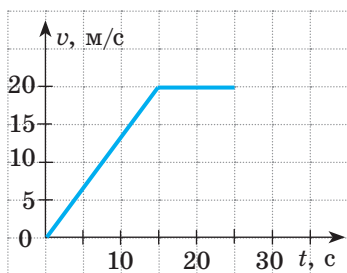


Рис. 11.3. График скорости некоторого тела, движущегося неравномерно

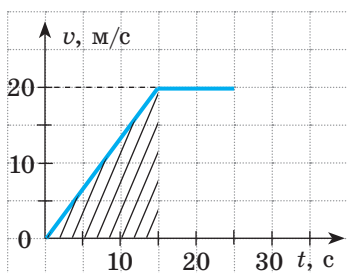


Рис. 11.4. Путь, пройденный телом за первые 15 с наблюдения, численно равен площади заштрихованного треугольника

2 Вычисляем среднюю скорость движения тела

Предположим, что поезд прошел 150 км (расстояние между двумя станциями) за 2,5 ч. Если разделить 150 км на 2,5 ч, получим скорость движения поезда — 60 км/ч. Но ведь поезд двигался неравномерно! В таком случае говорят, что получена *средняя скорость движения поезда* (рис. 11.2).

Средняя скорость движения тела $v_{\text{ср}}$ — это физическая величина, равная отношению всего пути l , который прошло тело, к интервалу времени t , за который этот путь пройден:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t}$$

Обратите внимание! В данном случае t — это сумма времени движения тела и времени, потраченного на возможные остановки.

3 Анализируем график скорости неравномерного движения тела

Рассмотрим график скорости неравномерного движения некоторого тела (рис. 11.3) и определим: как двигалось тело; какой путь прошло тело за 25 с наблюдения; какой была средняя скорость движения тела на данном пути.

По графику видим, что скорость движения тела в течение первых 15 с равномерно увеличивалась от 0 до 20 м/с.

Чтобы вычислить путь, пройденный телом за это время, вспомним: *числовое значение пути, которое прошло тело, равно числовому значению площади фигуры под графиком скорости движения этого тела*. Итак, определим площадь заштрихованного треугольника (рис. 11.4).

Из рисунка видим, что площадь заштрихованного треугольника равна половине площади прямоугольника с «длиной» 20 м/с и «шириной» 15 с. Площадь прямоугольника, в свою очередь, равна произведению его длины и ширины. Таким образом, путь l_1 , пройденный телом за 15 с, равен:

$$l_1 = \frac{1}{2} \left(20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 15 \text{ с} \right) = \frac{300 \text{ м}}{2} = 150 \text{ м}.$$

Следующий интервал времени $t_2 = 10$ с тело двигалось равномерно со скоростью $v_2 = 20$ м/с, поэтому путь l_2 , пройденный телом за это время, равен:

$$l_2 = v_2 t_2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 \text{ с} = 200 \text{ м}.$$

Весь путь l , пройденный телом за 25 с наблюдения, составил 350 м:

$$l = 150 \text{ м} + 200 \text{ м} = 350 \text{ м}.$$

Зная весь путь l и все время t движения тела, найдем среднюю скорость его движения:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t} = \frac{350 \text{ м}}{25 \text{ с}} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

График пути для данного движения приведен на [рис. 11.5](#).

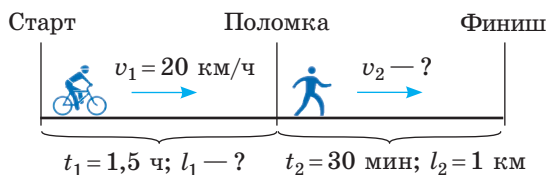
Обратите внимание! Путь не может уменьшаться, поэтому график пути либо поднимается, либо остается горизонтальным, но никогда не опускается.

4

Учимся решать задачи

Задача. Полтора часа мальчик ехал на велосипеде со скоростью 20 км/ч. Потом велосипед сломался, и последний километр пути мальчик шел пешком. Какой была средняя скорость движения мальчика на всем пути, если пешком он шел полчаса?

Анализ физической проблемы. Выполним пояснительный [рисунок](#). Для определения средней скорости движения нужно найти путь, который преодолел мальчик, и время его движения. Время движения выражено в часах, путь — в километрах, поэтому среднюю скорость движения найдем в километрах в час.



Дано:

$$t_1 = 1,5 \text{ ч}$$

$$t_2 = 0,5 \text{ ч}$$

$$v_1 = 20 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$l_2 = 1 \text{ км}$$

$$v_{\text{ср}} - ?$$

Поиск математической модели, решение.

По определению: $v_{\text{ср}} = \frac{l}{t}$.

Путь l , который преодолел мальчик, равен: $l = l_1 + l_2$, где $l_1 = v_1 t_1$ — путь, который он проехал на велосипеде; l_2 — путь, пройденный пешком.

Все время, затраченное на путешествие: $t = t_1 + t_2$.

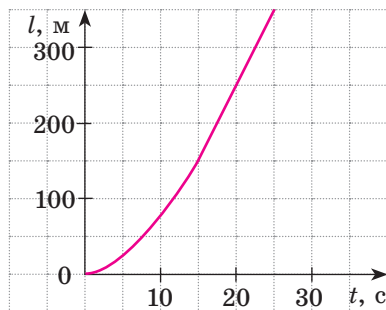


Рис. 11.5. График пути некоторого тела, движущегося неравномерно (соответствует графику скорости движения, представленному на [рис. 11.3](#))

Подставив выражения для l и t в формулу средней скорости движения, получим:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2} = \frac{v_1 \cdot t_1 + l_2}{t_1 + t_2}.$$

Проверим единицу, найдем значение искомой величины:

$$\left[v_{\text{ср}} \right] = \frac{\frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot \text{ч} + \text{км}}{\text{ч} + \text{ч}} = \frac{\text{км}}{\text{ч}}; \quad v_{\text{ср}} = \frac{1,5 \cdot 20 + 1}{1,5 + 0,5} = \frac{31}{2} = 15,5 \left(\frac{\text{км}}{\text{ч}} \right).$$

Анализ результатов. Мальчик ехал на велосипеде со скоростью 20 км/ч, шел пешком со скоростью $v_2 = \frac{l_2}{t_2} = 2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$; найденная средняя скорость его движения меньше 20 км/ч и больше 2 км/ч. Результат правдоподобен.

Ответ: $v_{\text{ср}} = 15,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.



Подводим итоги

Неравномерное движение — это движение, при котором тело за равные интервалы времени проходит разный путь.

Виды механического движения: по форме траектории — прямолинейное и криволинейное; по зависимости скорости движения от времени — равномерное и неравномерное.

Средняя скорость движения тела равна отношению всего пути, пройденного телом, к интервалу времени, за который этот путь пройден:

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t}.$$



Контрольные вопросы

1. Какое движение называют неравномерным? Приведите примеры.
2. Назовите виды механического движения. Приведите примеры.
3. Дайте определение средней скорости движения тела. Как ее вычислить?
4. Как по графику скорости движения тела вычислить путь, пройденный телом за определенный интервал времени?



Упражнение № 11

1. Приведите примеры: а) прямолинейного равномерного движения; б) прямолинейного неравномерного движения; в) криволинейного равномерного движения; г) криволинейного неравномерного движения.
2. Мальчик вышел из школы и пошел домой. Первый километр пути он прошел за 0,2 ч, а оставшиеся 2 км его подвез на велосипеде друг, затратив на это 0,1 ч. С какой средней скоростью двигался мальчик?
3. Поезд за 1 ч прошел 60 км. Затем он ехал еще 30 мин со скоростью 90 км/ч. Определите среднюю скорость движения поезда.

4. По графику пути тела (см. [рис. 11.5](#)) определите среднюю скорость движения тела: а) за первые 15 с наблюдения; б) за первые 20 с наблюдения; в) за последние 10 с наблюдения.
5. Первую половину времени полета самолет двигался со скоростью 600 км/ч, а остальное время — со скоростью 800 км/ч. Найдите среднюю скорость движения самолета.
6. Первую половину пути автомобиль двигался со скоростью 60 км/ч, а вторую половину — со скоростью 100 км/ч. Найдите среднюю скорость движения автомобиля.
7. На [рис. 1](#) представлен график скорости движения автомобиля.
 - а) опишите, как двигался автомобиль;
 - б) определите путь, который проехал автомобиль;
 - в) узнайте, сколько времени автомобиль двигался с постоянной скоростью;
 - г) определите среднюю скорость движения автомобиля за первую минуту наблюдения; за все время наблюдения;
 - д) приведите примеры такого движения автомобиля.
8. Найдите карту железных дорог вашей области и расписание движения любой пригородной электрички. Воспользовавшись этими данными, определите средние скорости движения электрички в обоих направлениях; между несколькими промежуточными станциями.
9. Определите длину круговой орбиты искусственного спутника Земли, воспользовавшись данными [рис. 2](#).

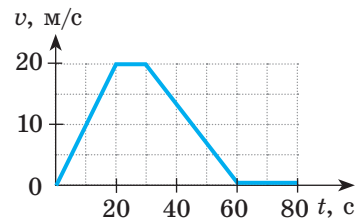


Рис. 1

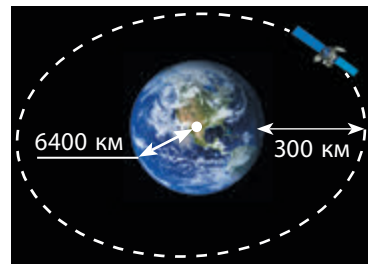


Рис. 2



Экспериментальные задания

1. «Мое движение». Определите среднюю скорость, с которой вы обычно двигаетесь из дома в школу.
2. «Резиновый двигатель». Сделайте «резиновый двигатель» (см. [рисунок](#)). С помощью карандаша закрутите резинку и положите катушку на горизонтальную поверхность. Опишите наблюдаемое движение. Что можно «прочитать» по следу карандаша? Определите среднюю скорость движения катушки во время работы «резинового двигателя».

