

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5	Работа силы на малом перемещении.....	95
▣ МЕХАНИКА.....	6	Мощность силы.....	98
Кинематика	6	Кинетическая энергия материальной точки.....	99
Механическое движение	6	Потенциальная энергия.....	101
Материальная точка.....	10	Закон изменения и сохранения механической энергии	104
Скорость материальной точки.....	12	Механические колебания и волны.....	107
Ускорение материальной точки.....	18	Важные понятия.....	107
Равномерное прямолинейное движение.....	20	Период и частота колебаний.....	107
Равноускоренное прямолинейное движение.....	23	Гармонические колебания. Кинематическое описание	111
Свободное падение.....	26	Вынужденные колебания.....	119
Движение точки по окружности.....	32	Поперечные и продольные волны.....	122
Динамика.....	35	Звук. Скорость звука.....	126
Инерциальные системы отсчёта	35	☛ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.....	129
Первый закон Ньютона	36	Молекулярно-кинетическая теория.....	129
Принцип относительности Галилея	38	Основные положения	129
Масса тела.....	39	Модели строения твёрдых тел, жидкостей и газов.....	130
Плотность вещества.....	39	Тепловое движение атомов и молекул вещества.....	132
Сила	41	Взаимодействие частиц вещества.....	132
Второй закон Ньютона.....	43	Броуновское движение.....	133
Третий закон Ньютона для материальных точек.....	45	Диффузия.....	134
Закон всемирного тяготения.....	48	Модель идеального газа в МКТ.....	135
Движение небесных тел.....	51	Основное уравнение МКТ.....	136
Деформация.....	54	Абсолютная температура.....	137
Различия силы тяжести и веса тела.....	60	Температура — мера средней кинетической энергии молекул.....	138
Векторная разность.....	61	Уравнение $p = n \cdot k \cdot T$	138
Сила трения	64	Модель идеального газа в термодинамике.....	141
Законы Ньютона в решении задач.....	68	Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов.....	142
Давление.....	71	Изопроцессы в разреженном газе.....	145
Статика	73	Насыщенные и ненасыщенные пары	147
Основные понятия.....	73	Влажность воздуха.....	150
Момент силы относительно оси вращения.....	74	Изменение агрегатных состояний вещества	151
Условия равновесия твёрдого тела.....	76	Преобразование энергии в фазовых переходах	155
Давление в жидкости.....	79	Термодинамика.....	157
Атмосферное давление.....	82	Тепловое равновесие и температура.....	157
Закон Паскаля.....	83	Внутренняя энергия	157
Сообщающиеся сосуды.....	83	Теплопередача.....	162
Закон Архимеда	84	Количество теплоты. Удельная теплоёмкость вещества.....	164
Законы сохранения в механике.....	88	Элементарная работа в термодинамике.....	167
Важные понятия.....	88	Первый закон термодинамики	169
Импульс материальной точки.....	88		
Импульс системы тел.....	91		
Закон изменения и сохранения импульса	92		

Второй закон термодинамики. Необратимость.....	170	Энергия магнитного поля катушки с током.....	244
Принципы действия тепловых машин. КПД.....	171	Электромагнитные колебания и волны.....	246
Уравнение теплового баланса.....	173	Колебательный контур.....	246
⊖ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА.....	175	Вынужденные электромагнитные колебания.....	253
Электрическое поле.....	175	Переменный ток.....	256
Электризация тел и её проявления.....	175	Электромагнитные волны.....	260
Взаимодействие зарядов.....	178	Оптика.....	265
Электрическое поле.....	180	Прямолинейное распространение света.....	265
Принцип суперпозиции электрических полей.....	182	Закон отражения света.....	266
Потенциальность электростатического поля.....	185	Построение изображений в плоском зеркале.....	267
Проводники в электростатическом поле.....	188	Преломление света.....	269
Диэлектрики в электростатическом поле.....	191	Полное внутреннее отражение.....	271
Конденсатор.....	192	Линзы.....	273
Законы постоянного тока.....	197	Фотоаппарат как оптический прибор.....	279
Сила тока.....	197	Глаз как оптическая система.....	280
Условия существования электрического тока.....	199	Интерференция света.....	282
Закон Ома для участка цепи.....	199	Дифракция света.....	285
Электрическое сопротивление.....	200	Дисперсия света.....	286
Источники тока.....	203	⚡ СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.....	289
Закон Ома для полной (замкнутой) электрической цепи.....	204	Понятия СТО.....	289
Соединение проводников.....	205	Принцип относительности Эйнштейна.....	290
Работа электрического тока.....	208	Следствия постулатов Эйнштейна.....	291
Мощность электрического тока.....	210	Энергия свободной частицы. Импульс частицы.....	292
Свободные носители электрических зарядов в проводниках.....	214	Связь массы и энергии свободной частицы. Энергия покоя.....	293
Полупроводники.....	215	⚡ КВАНТОВАЯ ФИЗИКА.....	294
Магнитное поле.....	220	Корпускулярно-волновой дуализм.....	294
Механическое взаимодействие магнитов.....	220	Гипотеза Планка о квантах.....	294
Магнитное поле проводника с током. Опыт Эрстеда.....	225	Фотоны.....	295
Сила Ампера: направление, величина.....	226	Фотоэффект.....	297
Сила Лоренца: направление, величина.....	229	Волновые свойства частиц.....	300
Электромагнитная индукция.....	234	Давление света.....	301
Поток вектора магнитной индукции.....	234	Физика атома.....	303
Явление электромагнитной индукции.....	234	Планетарная модель атома.....	303
Закон электромагнитной индукции Фарадея.....	237	Постулаты Бора.....	305
ЭДС индукции в прямом проводнике длиной L , движущемся со скоростью v в однородном магнитном поле B	238	Линейчатые спектры.....	307
Правило Ленца.....	240	Лазер.....	308
Индуктивность.....	242	Физика атомного ядра.....	310
		Нуклонная модель ядра Гейзенберга — Иваненко.....	310
		Энергия связи нуклонов в ядре.....	311
		Дефект массы ядра.....	312
		Радиоактивность.....	313
		Закон радиоактивного распада.....	316
		Ядерные реакции.....	318

ВВЕДЕНИЕ



Перед вами самый удобный справочник, который поможет школьнику систематизировать и закрепить знания по физике за курс средней школы.



Пособие содержит основную и самую важную информацию из курсов механики, молекулярной физики, электродинамики, специальной теории относительности и квантовой физики.

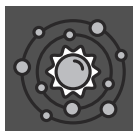
Материал книги представлен в виде таблиц, схем, рисунков, упорядочен и систематизирован, изложен доступным для усвоения языком. Это обеспечит максимальную сконцентрированность внимания, эффективное повторение и подготовку школьника по предмету.

Теоретический материал каждой темы сопровождается блоком практических заданий, куда вошли как стандартные классические задачи, так и упражнения, составленные в соответствии с форматом требований ЕГЭ. Приведённые примеры с развёрнутыми разъяснениями позволят детально разобраться в темах школьного курса, отработать навыки выполнения различных заданий и освоить применение основных законов и формул.

Справочник предназначен учащимся средней школы для самоподготовки к различным видам контроля, сдаче ОГЭ и ЕГЭ, а также может использоваться учителями физики для работы на уроке.

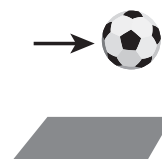
Желаем успехов!

МЕХАНИКА



КИНЕМАТИКА

Кинематика (от греч. *kinematos* — движение) изучает механическое движение тел, не рассматривая причины, которыми это движение вызывается. Задача кинематики — дать математическое описание движения тел.



МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Механическим движением тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

Виды движения

Движение может быть двух видов: прямолинейным и криволинейным.

Прямолинейное движение

Равномерное — движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит одинаковое расстояние. При равномерном движении скорость тела остаётся постоянной.

✓ В таблице представлена зависимость координат тела от времени.

<i>t</i> , с	0	1	2	3	4
<i>x</i> , м	0	2	4	6	8

Неравномерное — движение, при котором тело **за равные промежутки времени** проходит **неодинаковое расстояние**.

✓ Тело за первые 10 мин проходит 30 м, а за следующие 10 мин — 40 м.

Один из видов неравномерного движения: **равнопеременное** — движение, при котором за равные про-

межутки времени скорость тела изменяется на одну и ту же величину.

✓ Шарик уронили в воду с некоторой высоты. Первые 3 с шарик двигался равноускоренно, а после 3 с движение продолжалось с постоянной скоростью.

На рисунке показан график изменения координаты шарика с течением времени.

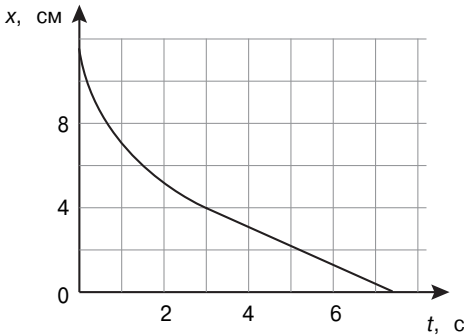
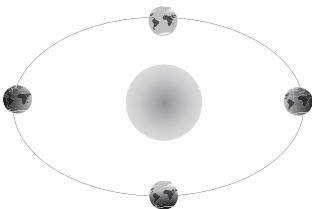


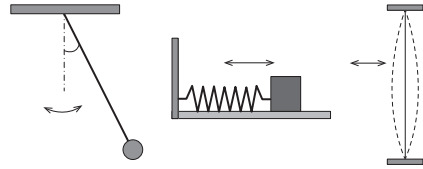
График изменения координаты шарика с течением времени, где x — координата тела, t — время движения

Криволинейное движение

Вращательное — движение в одном направлении **по плоской** (или пространственной) **замкнутой** траектории. Примером может служить движение Земли вокруг Солнца.



Колебательное — это движение, которое полностью или практически полностью повторяется с течением времени.



Колебательное движение

Относительность механического движения

Относительность механического движения — это зависимость траектории движения тела, пройденного пути, перемещения и скорости от выбора системы отсчёта.

Система отсчёта

Тело отсчёта — произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки (или тела).

Система отсчёта — совокупность системы координат и часов, связанных с телом отсчёта. В прямоугольной системе координат положение точки в пространстве задаётся её проекциями на три взаимно перпендикулярные оси. Совокупность координат $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ в момент времени t определяет закон движения материальной точки в координатной форме.



Практические задания

- 1** Четыре объекта двигались по шоссе (ось Ox). В таблице представлена зависимость их координат от времени.

t , с	0	1	2	3	4	5
x_1 , м	0	2	4	6	8	10
x_2 , м	0	0	0	0	0	0
x_3 , м	0	1	4	9	16	25
x_4 , м	0	2	0	-2	0	2

У какого из тел скорость могла быть постоянной и отлична от нуля?

Решение:

Способ 1

Рассмотрим каждый объект.

Объект x_1 за каждую секунду изменял координату на 2 м, значит, $s=2$ м, $t=1$ с. Тогда его скорость постоянна и равна:

$$v = \frac{s}{t}; \quad v = \frac{2 \text{ м}}{1 \text{ с}} = 2 \text{ м/с.}$$

Объект x_2 не изменял координату, значит, оставался на месте.

Объект x_3 изменял координату неравномерно, значит, его скорость непостоянна.

Объект x_4 изменял координату периодически от 2 до -2 и обратно, то есть это колебательное движение.

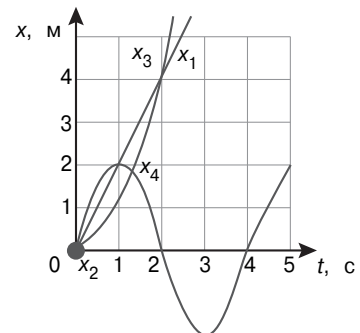
Таким образом, скорость постоянна и отлична от нуля только у объекта x_1 .

Способ 2

Начертим графики каждого объекта.

Графику равномерного движения (с постоянной скоростью) соответствует только движение объекта x_1 .

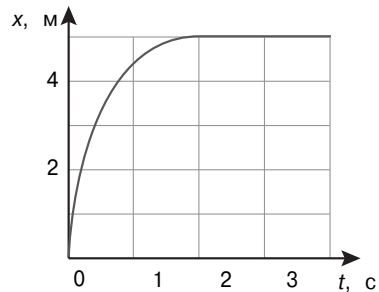
Ответ: x_1 .



- 2 Мячик катится по горке. Изменение его координаты с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. Охарактеризуйте движение мячика на каждом участке.

Решение:

На участке 1—2 с изображена парабола, то есть график равнопеременного движения, причём со временем движение замедляется (за каждую следующую секунду мячик проходит меньшее расстояние). На участке 2—4 с координата мячика не изменяется, значит, мячик остановился и остаётся неподвижным.



Ответ: на участке 1 движение равнозамедленное, на участке 2 мячик покоится.

- 3 Эскалатор метро поднимается со скоростью 1 м/с. Может ли человек, находящийся на нём, быть в покое в системе отсчёта, связанной с землёй?

- 1) Может, если движется в противоположную сторону со скоростью 1 м/с.
- 2) Может, если движется в ту же сторону со скоростью 1 м/с.
- 3) Может, если стоит на эскалаторе.
- 4) Не может ни при каких условиях.

Решение:

Скорость человека относительно земли v_3 будет равна нулю, если:

$$V_3 = v_э - v_ч = 0,$$

где $v_э$ — скорость эскалатора относительно земли, $v_ч$ — скорость человека относительно эскалатора, то есть если эти скорости равны по модулю и направлены противоположно друг другу.

Ответ: 1.

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА

Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется **материальной точкой**.

✓ Решаются две задачи: рассчитать манёвр стыковки двух космических кораблей и вычислить период обращения космических кораблей вокруг Земли.

Только во втором случае космические корабли можно рассматривать как материальные точки, так как для стыковки кораблей важны их размеры.

■ Радиус-вектор, траектория, перемещение, путь

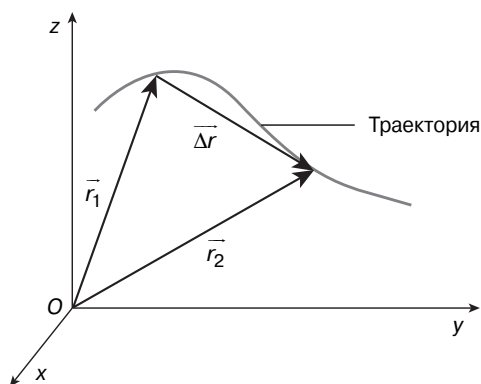
Радиус-вектор \vec{r} — вектор, соединяющий начало отсчёта с положением материальной точки в произвольный момент времени.

Координаты x и y связаны (см. рисунок) с r и α следующими соотношениями:

$$\begin{cases} x = r \cos \alpha \\ y = r \sin \alpha \end{cases}$$

Траектория — линия, которую описывает тело (материальная точка) с течением времени, перемещаясь из одной точки в другую.

Перемещение — вектор, проведённый из начального положения материальной точки в конечное.



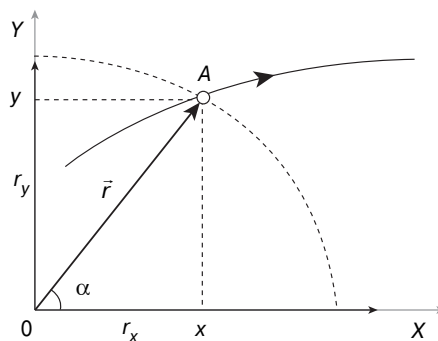
Траектория и перемещение:

\vec{r}_1 и \vec{r}_2 — радиус-векторы материальной точки в двух положениях;

$\Delta \vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ — перемещение;

$\vec{r} = (x(t), y(t), z(t))$ — координаты радиус-вектора;

$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ — модуль (длина) радиус-вектора



Связь радиус-вектора с координатами точки: r_x и r_y — проекции радиус-вектора на координатные оси; α — угол наклона радиус-вектора к оси Ox ; x , y — координаты точки A и радиус-вектора \vec{r}

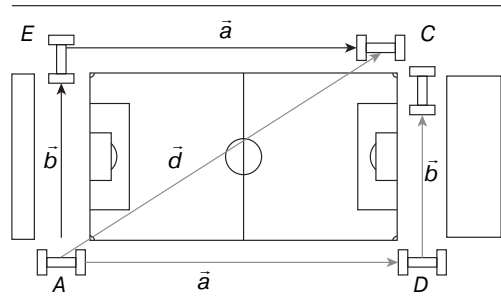
Пройденный путь S — длина участка траектории, пройденного материальной точкой за данный промежуток времени.

Для разных видов движения перемещение и пройденный путь вычисляются разными способами.

■ Сложение перемещений

Сложение перемещений — результирующее перемещение, равное **векторной сумме** последовательных перемещений:

$$\vec{d} = \vec{a} + \vec{b}.$$



Сложение перемещений:

- \vec{a} — перемещение из точки A в точку D;
- \vec{b} — перемещение из точки D в точку C;
- \vec{d} — результирующее перемещение



Практические задания

4 Вертолёт поднимается вертикально вверх. Какова траектория движения точки на конце лопасти винта вертолёт в системе отсчёта, связанной с человеком, стоящим на земле?

- | | |
|-----------|-------------------|
| 1) точка | 3) окружность |
| 2) прямая | 4) винтовая линия |

Решение:

Точка на конце лопасти винта вертолёт вращается относительно человека, стоящего на земле, и одновременно удаляется от него, образуя винтовую линию.

Ответ: 4.

5 Сколько секунд пассажир, сидящий у окна в вагоне поезда, идущего со скоростью 12 м/с, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого 9 м/с, а длина 168 м?

Решение:

Время движения встречного поезда относительно пассажира, сидящего в первом поезде:

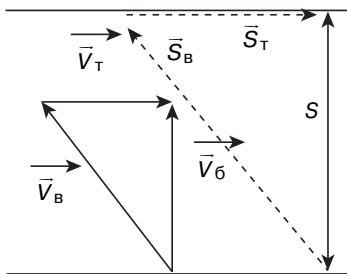
$$t = \frac{S}{v_1 + v_2},$$

где v_1 — скорость первого поезда, v_2 — скорость встречного поезда. Тогда

$$t = \frac{168 \text{ м}}{12 \text{ м/с} + 9 \text{ м/с}} = 8 \text{ с.}$$

Ответ: 8 с.

- 6 Лодка переплывает реку шириной 600 м, причём рулевой держит курс таким образом, что лодка всё время плывёт перпендикулярно берегам. Скорость лодки относительно воды 5 м/с, скорость течения реки 3 м/с. Через какое время лодка достигнет противоположного берега?



Результирующее перемещение:
 \vec{V}_B — скорость лодки относительно воды;
 \vec{V}_T — скорость течения;
 \vec{V}_6 — скорость лодки относительно берега;
 \vec{S}_B — перемещение лодки относительно воды;
 \vec{S}_T — перемещение течения;
 \vec{S}_6 — перемещение лодки относительно берега

Решение:

Треугольник скоростей подобен треугольнику перемещений, поэтому

$$t = \frac{S}{V_6} = \frac{S}{\sqrt{V_B^2 - V_6^2}} = \frac{600 \text{ м}}{\sqrt{(5 \text{ м/с})^2 - (3 \text{ м/с})^2}} = 150 \text{ с.}$$

Ответ: через 150 с.

СКОРОСТЬ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Средняя путевая скорость — скалярная величина, равная отношению пути к промежутку времени, затраченному на его прохождение:

$V_{\text{ср}} = \frac{S}{t}$, где $V_{\text{ср}}$ — средняя путевая

скорость, S — пройденный путь, t — время, затраченное на его прохождение.

Единица скорости — метр в секунду (**м/с**).

✓ На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . Рассмотрим характер движения велосипедиста на каждом участке.

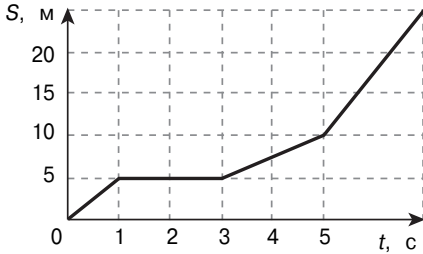


График движения велосипедиста

От 0 до 1 с — движение равномерное со скоростью:

$$V_1 = \frac{5\text{ м}}{1\text{ с}} = 5\text{ м/с.}$$

От 1 до 3 с — велосипедист неподвижен.

От 3 до 5 с — движение равномерное со скоростью:

$$V_2 = \frac{(10-5)\text{ м}}{2\text{ с}} = 2,5\text{ м/с.}$$

От 5 до 7 с — движение равномерное со скоростью:

$$V_3 = \frac{(25-10)\text{ м}}{2\text{ с}} = 12,5\text{ м/с.}$$

На всём интервале времени можно определить среднюю скорость:

$$V_{\text{ср}} = \frac{25\text{ м}}{7\text{ с}} \approx 3,57\text{ м/с.}$$



Скалярная величина — величина, которая не имеет направления и характеризуется только числовым значением (например, масса, мощность, температура).

■ Мгновенная скорость

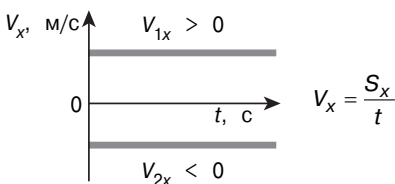
При уменьшении промежутка времени, за которое совершается пере-

мещение, до минимального значения (мгновения) можно определить **мгновенную скорость** \vec{V} — скорость движения в данный момент времени — предел, к которому стремится средняя скорость на бесконечно малом промежутке времени Δt :

$$\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}.$$

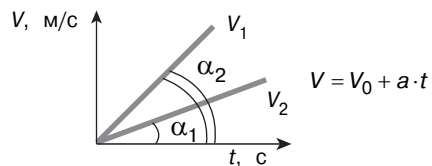
Графики скорости

При равномерном движении

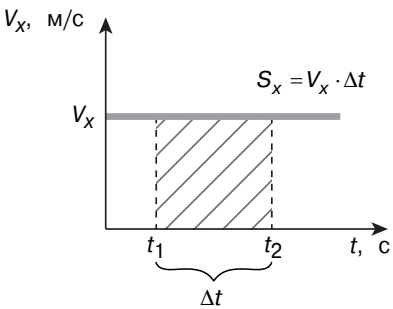
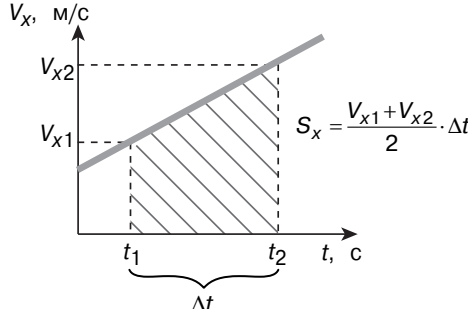


\vec{V}_1 и \vec{V}_2 направлены противоположно

При равнопеременном движении



Чем больше угол наклона прямой скорости, тем больше ускорение тела

Определение пути по графику скорости	
При равномерном движении	При равнопеременном движении
 <p style="text-align: center;">$S_x = V_x \cdot \Delta t$</p>	 <p style="text-align: center;">$S_x = \frac{V_{x1} + V_{x2}}{2} \cdot \Delta t$</p>
Площадь фигуры под графиком скорости равна пройденному пути	

✓ Четыре тела движутся вдоль оси Ox . На рисунке изображены графики зависимости проекций скоростей V_x от времени t для этих тел.

Рассмотрим характер движения каждого тела. Тела 1, 2 и 3 движутся с положительным ускорением (разгоняются), причём с наименьшим ускорением разгоняется тело 3, с наибольшим — тело 1. Тело 4 движется с отрицательным ускорением (тормозит).

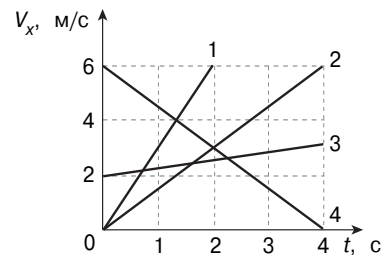


График движения четырёх тел

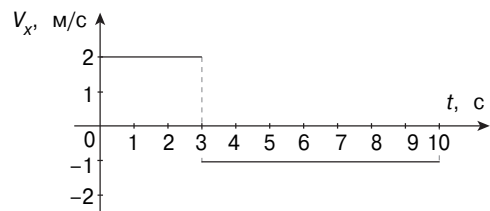
Наибольшее по модулю ускорение имеет тело 1.

✓ На графике изображена зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени. Чему равен модуль перемещения тела к моменту времени $t = 10$ с?

Решение:

Модуль перемещения тела равен площади фигуры под (над) графиком скорости:

$$s = |2 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с} - 1 \text{ м/с} \cdot 7 \text{ с}| = 1 \text{ м.}$$



Ответ: $s = 1 \text{ м.}$

■ Относительная скорость

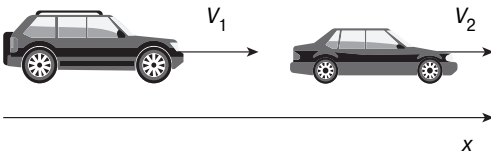
Относительная скорость — скорость одной материальной точки в системе отсчёта, связанной с другой. Относительная скорость равна векторной разности скоростей этих тел:

$$\vec{V}_{21} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1.$$

Частные случаи определения относительной скорости

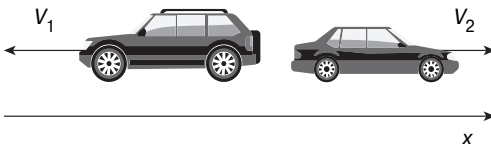
При движении тел в одном направлении модуль относительной скорости равен разности скоростей:

$$V_{21} = V_2 - V_1.$$



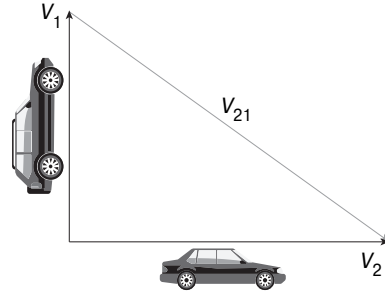
При движении тел в противоположных направлениях они удаляются или сближаются с относительной скоростью, равной сумме их скоростей:

$$V_{21} = V_2 + V_1.$$



При движении под прямым углом относительная скорость вычисляется по теореме Пифагора:

$$V_{21} = \sqrt{V_2^2 + V_1^2}.$$



■ Сложение скоростей

Правило сложения скоростей: скорость тела в неподвижной системе отсчёта \vec{V}_1 равна векторной сумме скорости тела в подвижной системе отсчёта \vec{V}_2 и скорости подвижной системы отсчёта относительно неподвижной \vec{V}_{21} :

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_2 + \vec{V}_{21}.$$

✓ Два автомобиля движутся по прямому шоссе в противоположных направлениях со скоростями $v_1 = v$ и $v_2 = 3v$. Определите модуль скорости второго автомобиля относительно первого.

Решение:

Случай встречного движения:
 $V_{21} = V_2 + V_1 = v + 3v = 4v.$

Ответ: $V_{21} = 4v.$