






СОДЕРЖАНИЕ


Введение 6

ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ 7

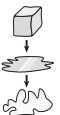
| | | |
|--|---|---|
|  | Физические явления и термины 8 | Единицы измерения физических величин 10 |
| | Физические явления 8 | Измерение физических величин 10 |
| | Физические термины 9 | Векторные величины. Действия с векторами 11 |
|  | Физические величины 9 | |
| | Виды физических величин 10 | |

МЕХАНИКА 13


| | | |
|--|---|--|
|  | Основные понятия 14 | Движение небесных тел и искусственных спутников 59 |
| | Разделы механики 14 | Деформация 63 |
|  | Кинематика 15 | Сила упругости 63 |
| | Механическое движение 15 | Вес тела 68 |
| | Материальная точка 17 | Сила трения 72 |
| | Радиус-вектор, траектория, перемещение, путь 19 | Законы Ньютона в решении задач 78 |
| | Скорость материальной точки 20 | Законы сохранения в механике 80 |
| | Ускорение материальной точки 21 | Основные понятия 80 |
| | Относительность движения 22 | Импульс материальной точки 81 |
| | Равномерное прямолинейное движение 23 | Импульс системы тел 84 |
| | Неравномерное прямолинейное движение 26 | Закон сохранения импульса 85 |
| | Равноускоренное прямолинейное движение 27 | Механическая работа 87 |
| | Ускорение свободного падения 31 | Мощность силы 92 |
| | Криволинейное движение 37 | Механическая энергия 94 |
| | Движение точки по окружности 37 | Закон изменения и сохранения механической энергии 98 |
|  | Динамика 41 | Статика 102 |
| | Масса тела 41 | Основные понятия 102 |
| | Плотность вещества 42 | Условия равновесия твёрдого тела в ИСО 105 |
| | Сила 43 | Механизмы 107 |
| | Принцип суперпозиции сил 46 | Давление твёрдых тел, жидкостей и газов 110 |
| | Явление инерции, инертность 46 | Давление твёрдых тел 110 |
| | Законы Ньютона 47 | Давление газа 112 |
| | Закон всемирного тяготения 54 | Гидростатика 113 |
| | Баллистика 58 | |

| | | | |
|---|------------|---------------------------------|-----|
| Атмосферное давление..... | 121 | Волны..... | 134 |
|  Механические колебания и волны..... | 123 | Звуковые волны..... | 137 |
| Механические колебания..... | 123 | Свойства механических волн..... | 140 |



МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА..... 145

| | | | |
|--|------------|--|------------|
|  Молекулярно-кинетическая теория..... | 146 | Термодинамика..... | 166 |
| Термины и понятия МКТ..... | 146 | Тепловое равновесие и температура..... | 166 |
| Основные положения МКТ..... | 149 | Внутренняя энергия..... | 166 |
| Строение вещества..... | 152 | Теплопередача..... | 168 |
| Модель идеального газа в МКТ... .. | 155 | Внутренняя энергия идеального газа..... | 171 |
| Средняя квадратичная скорость... .. | 156 | Элементарная работа в термодинамике..... | 173 |
| Основное уравнение МКТ..... | 156 | Первый закон термодинамики..... | 174 |
| Уравнение состояния идеального газа..... | 158 | Второй закон термодинамики. | |
| Смесь химически не взаимодействующих газов..... | 160 | Необратимость..... | 176 |
| Изопроцессы в разреженном газе..... | 161 | Принципы действия тепловых машин..... | 177 |
| Насыщенный пар..... | 164 | Изменение агрегатных состояний вещества..... | 180 |
| Влажность воздуха..... | 164 | Количество теплоты..... | 184 |

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА..... 187


| | | | |
|---|------------|---|-----|
|  Электростатика..... | 188 | Закон Ома для участка цепи..... | 210 |
| Электрический заряд..... | 188 | Соединение проводников..... | 211 |
| Электризация..... | 191 | Электродвижущая сила (ЭДС)..... | 213 |
| Электрическое поле..... | 192 | Действия электрического тока..... | 215 |
| Закон Кулона..... | 194 | Закон Ома для замкнутой цепи..... | 217 |
| Линии напряжённости электрического поля..... | 194 | Работа постоянного электрического тока. Закон Джоуля — Ленца..... | 218 |
| Напряжённость электрического поля..... | 196 | Мощность постоянного электрического тока..... | 219 |
| Потенциал электростатического поля..... | 197 | Электрический ток в средах... 220 | |
| Проводники, диэлектрики и полупроводники..... | 200 | Электрические свойства вещества... .. | 220 |
| Ёмкость..... | 204 | Электрический ток в проводниках..... | 222 |
| Конденсатор..... | 204 | Диэлектрики в электрическом поле..... | 223 |
| Законы постоянного тока..... 207 | | Полупроводники в электрическом поле..... | 224 |
| Характеристики электрического тока..... | 207 | Полупроводниковые приборы..... | 225 |



| | | | | |
|--|--|------------|---|------------|
|  | Магнитное поле | 226 | Правило Ленца..... | 242 |
| | Магнитное поле и его свойства... | 226 | Индуктивность. Самоиндукция..... | 244 |
| | Индукция магнитного поля..... | 229 | Вихревое электрическое поле..... | 247 |
| | Сила Ампера..... | 234 | Вихревые токи..... | 248 |
| | Сила Лоренца..... | 235 | Электромагнитные колебания | |
|  | Электромагнитная индукция ... | 237 | и волны | 248 |
| | Поток вектора магнитной индукции..... | 237 | Колебательный контур..... | 248 |
| | Явление электромагнитной индукции..... | 238 | Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток..... | 254 |
| | Закон электромагнитной индукции Фарадея..... | 239 | Электромагнитные волны..... | 259 |



ОПТИКА..... 265

| | | | | |
|--|--|------------|----------------------------------|------------|
|  | Геометрическая оптика | 266 | Глаз как оптическая система..... | 279 |
| | Прямолинейное распространение света..... | 266 | Волновая оптика | 280 |
| | Законы отражения света..... | 268 | Преломление световой волны..... | 280 |
| | Преломление света..... | 271 | Поляризация света..... | 281 |
| | Линзы..... | 273 | Интерференция света..... | 282 |
| | Построение изображения в линзах..... | 275 | Дифракция света..... | 283 |
| | | | Дисперсия света..... | 285 |



ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ..... 287

| | | | |
|--|-----|---|-----|
| Основные понятия специальной теории относительности..... | 288 | Следствия из постулатов теории относительности..... | 289 |
| Основные постулаты теории относительности..... | 288 | | |

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА..... 291

| | | | | |
|--|---|------------|-----------------------------------|------------|
|  | Основные положения. Корпускулярно-волновой дуализм | 292 | Спектры..... | 306 |
| | Гипотеза Планка о квантах..... | 293 | Модель атома водорода по Бору.. | 307 |
| | Фотоны..... | 294 | Физика атомного ядра | 309 |
| | Фотоэффект..... | 294 | Нуклонная модель ядра | |
| | Волновые свойства частиц. Волны де Бройля..... | 298 | Гейзенберга — Иваненко..... | 309 |
| | | | Ядерные силы..... | 311 |
|  | Физика атома | 302 | Радиоактивность..... | 313 |
| | Планетарная модель атома..... | 302 | Ядерные реакции..... | 315 |
| | Постулаты Бора..... | 304 | Деление тяжёлых ядер..... | 318 |

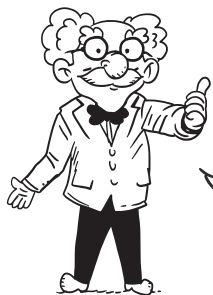


ВВЕДЕНИЕ

Перед вами справочник, который поможет обобщить, систематизировать и закрепить знания по физике за курс средней школы. В книге рассмотрены разделы курса: «Механика», «Молекулярная физика», «Электродинамика», «Специальная теория относительности», «Квантовая физика».

Весь теоретический материал систематизирован и сопровождается наглядными схемами и таблицами, поясняющими рисунками, примерами решения задач. Это обеспечит максимальную сконцентрированность внимания, эффективное повторение и качественную подготовку по предмету.

На страницах книги читателя встретят персонажи из современности и из истории развития физической науки: взрослые и дети, учёные и преподаватели, которые расскажут о себе, зададут актуальные вопросы, дадут интересные ответы и пояснения. Диалоги персонажей помогут проанализировать научные факты и физические явления, погрузиться в изучаемую проблему, сделают процесс усвоения материала более насыщенным и продуктивным.



Пособие поможет учащимся и выпускникам при подготовке к школьным занятиям, различным формам текущего и промежуточного контроля, а также к сдаче государственной итоговой аттестации.

Книга будет полезна школьникам, студентам и учителям, а также всем, кто интересуется физикой.



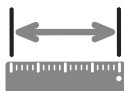
Желаем успехов!

ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ



ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

8



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

9



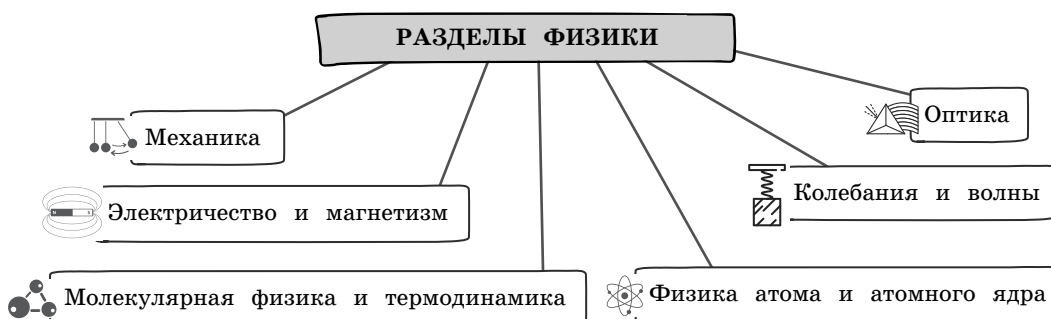
Кто первым предложил использо-
вать термин «физика»?



В IV в. до н. э. Аристотель ввёл понятие «фи-
зика», используя греческое слово «фюзис», что
означает «природа».

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

Физика — наука о наиболее общих закономерностях, определяющих строение и развитие окружающего мира. **Задачи физики** — открывать и изучать законы, которые связывают различные физические явления, происходящие в природе.



ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Физические явления — изменения в природе при сохранении состава вещества.

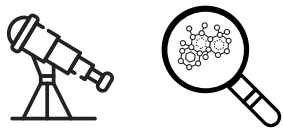
- ★ Механические.
- ✓ Движение и деформация тел.
- ★ Оптические.
- ✓ Отражение светового луча, радуга.
- ★ Магнитные.
- ✓ Притяжение булавок к магниту, северное сияние.
- ★ Электрические.
- ✓ Удар молнии, электризация тел.
- ★ Тепловые.
- ✓ Таяние снега, работа двигателя машины.
- ★ Акустические.
- ✓ Шелест листьев, УЗИ в медицине и технике.
- ★ Атомные.
- ✓ Процессы внутри звёзд, работа атомного реактора.



СПОСОБЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ

Наблюдение

Наблюдение — один из источников физических знаний.



Опыт

Опыты проводятся с определённой целью по заранее составленному плану, при этом выполняются измерения.



Гипотеза → эксперимент → вывод

ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

ФИЗИЧЕСКОЕ ТЕЛО

Физическое тело — любое из окружающих нас тел.

✓ Капля воды, гвозди, трактор, мяч, Солнце.



ВЕЩЕСТВО

Вещество — особый вид материи, из которой состоит тело.

✓ Вода, железо, резина, гелий.



МАТЕРИЯ

Материя — всё, что реально существует во Вселенной независимо от наших знаний о нём.

✓ Вещество, радиоволны, свет.



Когда в России начали изучать физику как науку?

В России изучением физики всерьёз занялись только в XVIII в. В русский язык этот термин ввёл Михаил Васильевич Ломоносов. Он же издал первый учебник физики.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Физическая величина — характеристика одного из свойств физического тела, явления, процесса (скорость, время, масса, температура).





ВИДЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- ★ **Скалярные величины.** Характеризуются только численным значением.
 - ✓ Время, масса, объём, плотность.
- ★ **Векторные величины.** Кроме численного значения, характеризуются направлением в пространстве.
 - ✓ Скорость, перемещение, ускорение, сила, импульс.




ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Единица измерения физической величины — физическая величина, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Длина — 1 м (метр).
Время — 1 с (секунда). 
Масса — 1 кг (килограмм).
Температура — 1 К (кельвин).
Сила тока — 1 А (ампер). 
Давление света — 1 кд (кандела).
Количество вещества — 1 моль.

ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Сила — 1 Н (ньютон). 
Давление — 1 Па (паскаль). 
Заряд — 1 Кл (кулон). 
Скорость — 1 м/с (метр в секунду).
Плотность — 1 кг/м³ (килограмм на метр в кубе).
Сопротивление — 1 Ом (ом).
Энергия — 1 Дж (джоуль).

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Измерить физическую величину — значит сравнить её с однородной физической величиной, принятой за единицу.

ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

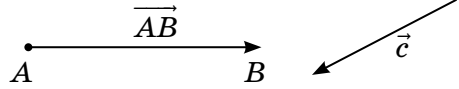
Позволяет получить искомое значение физической величины с использованием приборов.
✓ Длина — линейка, время — секундомер, скорость — спидометр, напряжение — вольтметр.

КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

Измерение, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, численное значение которых получено прямым измерением.
✓ Измерение плотности тела, площади поверхности, электрической мощности прибора.

ВЕКТОРНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ. ДЕЙСТВИЯ С ВЕКТОРАМИ

Вектор — направленный отрезок, для которого указано, какая его граничная точка является началом, а какая — концом, т. е. вектор имеет длину (модуль вектора) и направление.



Векторы обозначают парой заглавных латинских букв, характеризующих начало и конец вектора, со стрелкой над ними или одной прописной латинской буквой со стрелкой над ней.

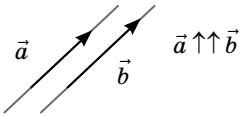
Любая точка плоскости является вектором, который называется **нулевым**. У нулевого вектора начало совпадает с концом.

$$C \quad \overline{CC} = 0$$

НАПРАВЛЕНИЕ ВЕКТОРОВ

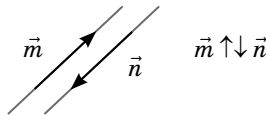
СОНАПРАВЛЕННЫЕ ВЕКТОРЫ

Сонаправленные векторы имеют одинаковое направление.



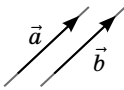
ПРОТИВОПОЛОЖНО НАПРАВЛЕННЫЕ ВЕКТОРЫ

Противоположно направленные векторы имеют разное направление.

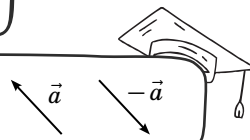


РАВНЫЕ ВЕКТОРЫ

Равные векторы сонаправлены, модули их равны.



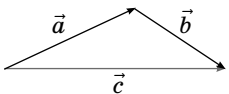
Противоположные векторы — векторы, модули которых равны, а направления противоположны.



СУММА ВЕКТОРОВ

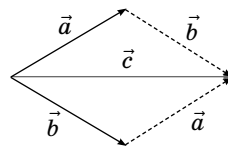
ПРАВИЛО ТРЕУГОЛЬНИКА

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$$



ПРАВИЛО ПАРАЛЛЕЛОГРАММА

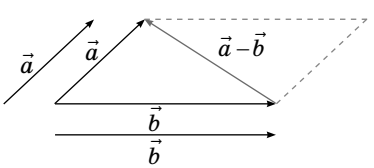
$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$$



РАЗНОСТЬ ВЕКТОРОВ

ПРАВИЛО ПАРАЛЛЕЛОГРАММА

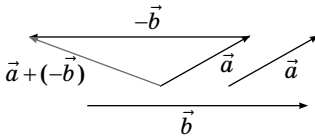
$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}$$



ПРАВИЛО ТРЕУГОЛЬНИКА

$$\vec{a} + (-\vec{b}) = \vec{c}$$

Вычесть из вектора \vec{a} вектор \vec{b} — значит прибавить к вектору \vec{a} вектор $-\vec{b}$.



ПРОЕКЦИЯ ВЕКТОРА

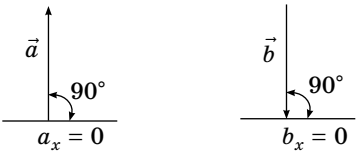
Проекция вектора на ось равна разности координат его конца и начала.

$$a_x = x_2 - x_1 = |\vec{a}| \cdot \cos \alpha, \quad a_y = y_2 - y_1 = |\vec{a}| \cdot \sin \alpha,$$

где α — угол, образованный вектором и осью координат.

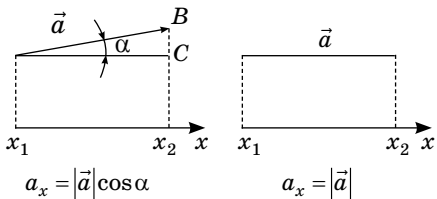
$$a_x = 0$$

Направление вектора перпендикулярно оси X.



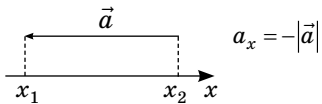
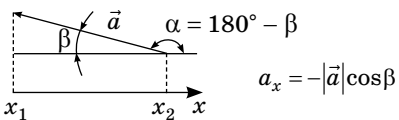
$$a_x > 0$$

Направление вектора совпадает с направлением оси X.



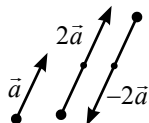
$$a_x < 0$$

Вектор направлен в сторону, противоположную направлению оси X.

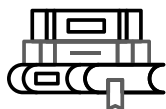


УМНОЖЕНИЕ НЕНУЛЕВОГО ВЕКТОРА НА ЧИСЛО

$\vec{b} = k \cdot \vec{a}$. Если $k > 0$, то $\vec{a} \uparrow \vec{b}$. Если $k < 0$, то $\vec{a} \downarrow \vec{b}$.

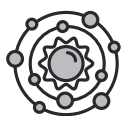


МЕХАНИКА



ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

14



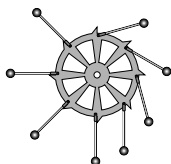
КИНЕМАТИКА

15



ДИНАМИКА

41



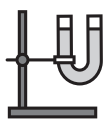
**ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ
В МЕХАНИКЕ**

80



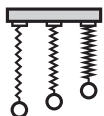
СТАТИКА

102



**ДАВЛЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ,
ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ**

110



**МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ
И ВОЛНЫ**

123

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

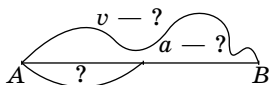
Механика — раздел физики, изучающий законы движения и взаимодействие материальных тел (или частей тела). Основная задача механики — определение положения тела в любой момент времени.



РАЗДЕЛЫ МЕХАНИКИ

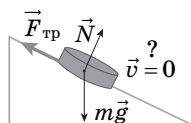
КИНЕМАТИКА

Описание движения тел.



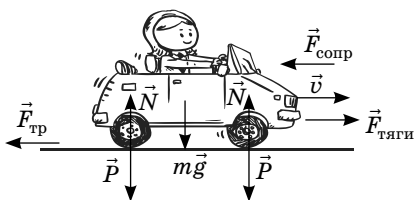
СТАТИКА

Условия равновесия тел.



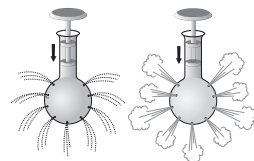
ДИНАМИКА

Причины возникновения движения.



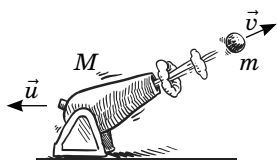
ДАВЛЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Передача давления в разных средах.



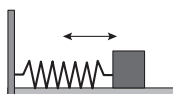
ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Превращение одного вида энергии в другой.



МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Причины возникновения и распространения колебаний в пространстве.



КИНЕМАТИКА

Кинематика изучает механическое движение тел и физические величины (скорость, время, пройденный путь, перемещение и т. п.), характеризующие это движение, и не рассматривает причины, которыми вызвано такое движение. Задача кинематики — дать математическое описание движения тел.



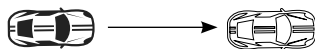
МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

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

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

ПО ТРАЕКТОРИИ

★ **Прямолинейное движение** — тело движется вдоль прямой линии.



★ **Криволинейное движение** — тело движется по окружности или дугам окружностей.



ПО СКОРОСТИ

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

✓ В таблице представлена зависимость координат тела от времени.

| | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|
| $t, \text{ с}$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $x, \text{ м}$ | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |



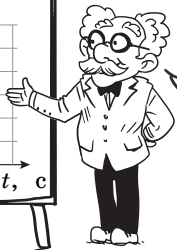
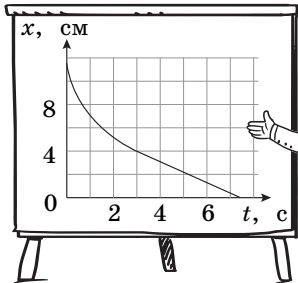
★ **Неравномерное движение** — движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит неодинаковое расстояние.

✓ 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 любые равные промежутки времени скорость тела изменяется на одну и ту же величину.

Как правильно изобразить график падения шарика в воду с некоторой высоты, если первые 3 с шарик двигался равноускоренно, а после 3 с движение продолжалось с постоянной скоростью?



Поскольку графики для равноускоренного и равномерного движения различаются, так будет выглядеть график изменения координаты шарика от времени, где x — координата шарика, t — время движения.

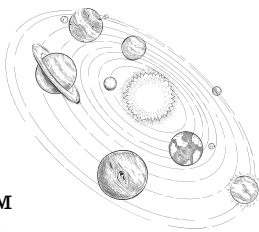
ПО ТРАЕКТОРИИ ТОЧЕК ТЕЛА



★ **Поступательное движение** — все точки тела движутся одинаково.

★ **Вращательное** — движение в одном направлении по плоской (или пространственной) замкнутой траектории.

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



Понятие «механическое движение» применяется не только в физике. В социально-экономической статистике механическое движение населения называется миграцией.

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА


Для описания движения тела необходимо задать способ определения его положения в пространстве в любой момент времени: **векторный** или **координатный**.

Для упрощения описания движения тела используется материальная точка — физическая модель реального тела.


Материальная точка — тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи. Существует два условия, при которых тело можно считать материальной точкой.

★ Тело, размерами (но не массой) которого в данных условиях можно пренебречь. Размеры тела во много раз меньше расстояния, которое оно проходит.

★ Тело движется **поступательно** (все точки тела движутся одинаково, поэтому для описания движения достаточно рассмотреть одну из них).

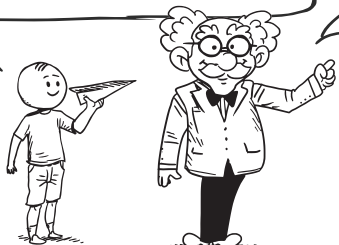


Воздушный шар при совершении на нём кругосветного путешествия можно считать материальной точкой, так как его размеры малы по сравнению с пройденным расстоянием.

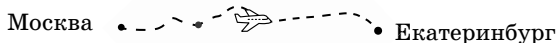


Кабинки колеса обозрения устроены таким образом, что в процессе движения остаются всегда вертикальными относительно Земли, поэтому все точки кабинки движутся одинаково, и можно считать такое движение поступательным.

Как я понял, одно и то же тело может считаться материальной точкой или не считаться таковой.



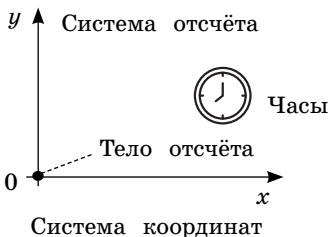
Всё зависит от условия задачи. Самолёт, совершающий разворот в небе, не является материальной точкой: важны его размеры, движение не поступательное. Самолёт, совершающий дальний перелёт, является материальной точкой: рассматривается большое расстояние.



Москва Екатеринбург

СИСТЕМА ОТСЧЁТА

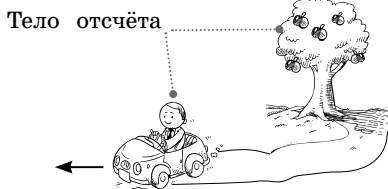
Система отсчёта — совокупность системы координат, связанной с телом отсчёта, и прибора для измерения времени (например, часов).



ТЕЛО ОТСЧЁТА

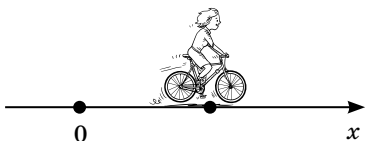
Тело отсчёта — произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки.

✓ Дорога, машина, Земля.



СИСТЕМА КООРДИНАТ, СВЯЗАННАЯ С ТЕЛОМ ОТСЧЁТА

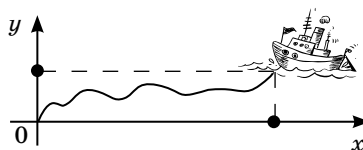
Одномерная



Тело движется вдоль прямой.

✓ Велосипедист, автомобиль на шоссе, лифт в шахте.

Двухмерная



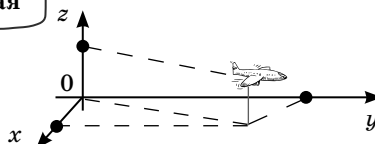
Тело движется по плоскости.

✓ Корабль в море, комбайн в поле.

Трёхмерная

Тело движется в пространстве.

✓ Самолёт, подводная лодка.



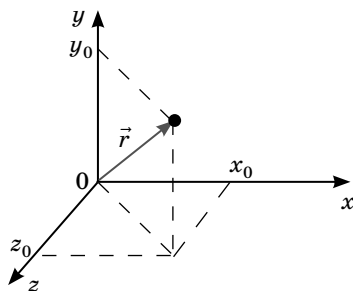
В прямоугольной системе координат положение точки в пространстве задаётся её проекциями на три взаимно перпендикулярные оси. Совокупность координат $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ в момент времени t определяет закон движения материальной точки в координатной форме.

При решении задач всегда выбирают **тело отсчёта**, **связанную с ним систему координат** и **прибор для измерения времени**. Тело отсчёта помещают в начало наиболее удобной системы координат, в которой описывать движение тела будет проще. Одну из осей (если надо выбрать систему координат, содержащую больше одной оси) проводят по направлению движения тела.

РАДИУС-ВЕКТОР, ТРАЕКТОРИЯ, ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, ПУТЬ

РАДИУС-ВЕКТОР

Для описания движения материальной точки в системе отсчёта надо задать **радиус-вектор** $\vec{r}(t)$, который соединяет начало координат с точкой, в которой находится тело. Поскольку положение тела в пространстве можно задать с помощью координат, радиус-вектор примет вид $\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$.



ТРАЕКТОРИЯ

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



ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Перемещение \vec{s} (м) — вектор, соединяющий начальное и конечное положение тела.

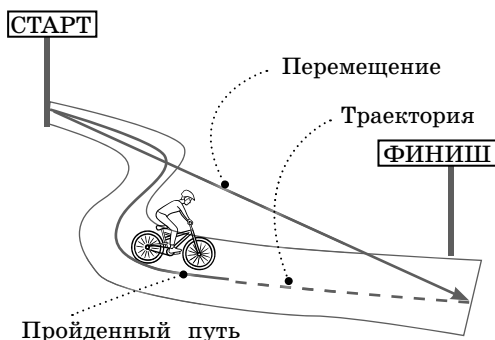
Модуль перемещения меньше пройденного пути или равен ему в зависимости от траектории движения. При замкнутой траектории перемещение равно нулю.



ПРОЙДЕННЫЙ ПУТЬ

Пройденный путь l (м) — длина участка траектории, пройденного материальной точкой за данный промежуток времени.

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



СКОРОСТЬ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Скорость материальной точки \vec{v} — векторная величина, показывающая, какое перемещение совершило тело за единицу времени.

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

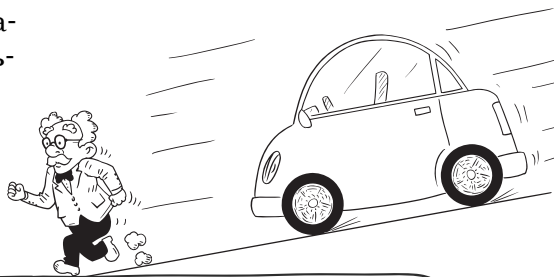
Единица измерения скорости — метр в секунду (м/с).

МГНОВЕННАЯ СКОРОСТЬ

При уменьшении промежутка времени, за которое совершается перемещение, до минимального значения (мгновения) можно определить **мгновенную скорость** $\vec{v}_{\text{МГН}}$ — скорость движения в данный момент времени — предел, к которому стремится средняя скорость на бесконечно малом промежутке времени Δt :

$$\vec{v}_{\text{МГН}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \vec{s}'_t = (v_x, v_y, v_z).$$

В любой точке криволинейной траектории она направлена по касательной к траектории в этой точке.



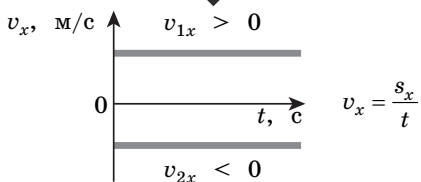
Обычно под скоростью понимают именно мгновенную скорость, т. е. скорость в определённый момент времени.



Мгновенная скорость определяется на бесконечно малом промежутке времени.

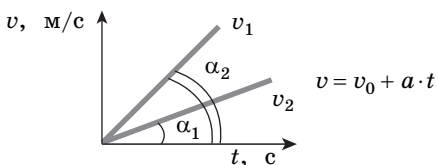
ГРАФИКИ СКОРОСТИ

При равномерном движении



\vec{v}_1 и \vec{v}_2 направлены противоположно.

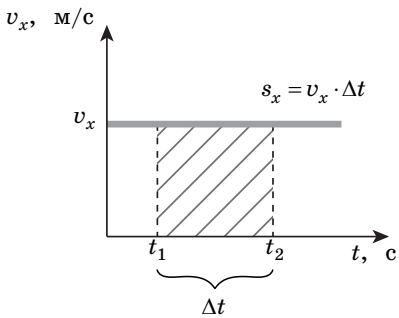
При равнопеременном движении



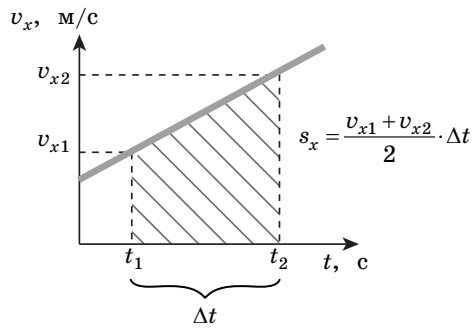
Чем больше угол наклона прямой скорости, тем больше ускорение тела.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТИ ПО ГРАФИКУ СКОРОСТИ

При равномерном движении



При равнопеременном движении



Площадь фигуры под графиком скорости равна пройденному пути

УСКОРЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Ускорение является физической величиной, характеризующей изменение скорости с течением времени.

Мгновенное ускорение \vec{a} (м/с^2) — векторная физическая величина, равная отношению изменения скорости к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t},$$

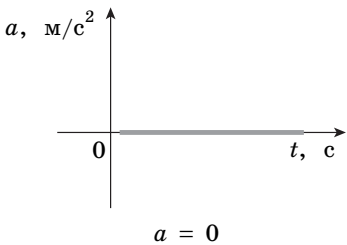
где \vec{v} — конечная скорость тела, \vec{v}_0 — начальная скорость.

Единица измерения ускорения — метр в секунду в квадрате (м/с^2).

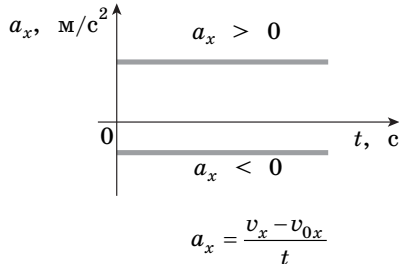
При прямолинейном ускоренном движении тела вектор ускорения параллелен (сонаправлен или противоположно направлен) вектору скорости: $\vec{a} \parallel \vec{v}$.

ГРАФИКИ И ФОРМУЛЫ УСКОРЕНИЯ

При равномерном движении



При равнопеременном движении



ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

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

ИНВАРИАНТНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Неизменные физические величины при движении в разных системах отсчёта со скоростью во много раз меньше скорости света.



Время



Масса



Сила



Ускорение

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Физические величины, которые изменяются при переходе из одной инерциальной системы отсчёта в другую.



Траектория движения



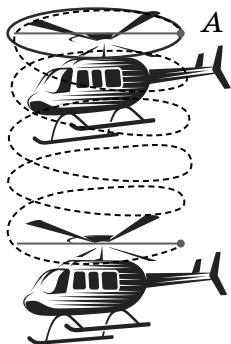
Скорость



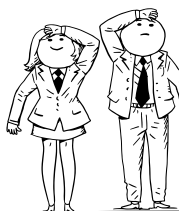
Перемещение



Пройденный путь



Автомобиль едет по прямой дороге. Относительно водителя скорость пассажира равна нулю, траектория — точка. Относительно Земли скорость пассажира равна скорости движения автомобиля, траектория — прямая линия.



Траектория, описываемая лопастью вертолёта, будет различной для пилота (окружность) и наблюдателя на Земле (винтовая линия).

ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ

Скорость тела в неподвижной системе отсчёта \vec{v} равна векторной сумме скорости тела в подвижной системе отсчёта \vec{v}_1 и скорости подвижной системы отсчёта относительно неподвижной \vec{u} :

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{u}.$$

Пловец движется по течению реки. Чему равна скорость пловца относительно берега реки, если его скорость относительно воды 1,5 м/с, а скорость течения реки 0,5 м/с?

Решение:

$$v_1 = 1,5 \text{ м/с} + 0,5 \text{ м/с} = 2 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v_1 = 2 \text{ м/с}$.



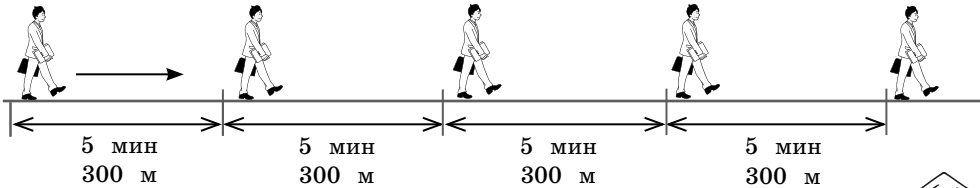
Относительно подвижной системы отсчёта модуль скорости пловца не зависит от направления движения и равен собственной скорости пловца.



РАВНОМЕРНОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Равномерное движение — движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния.

Равномерное прямолинейное движение — движение тела по прямой с постоянной скоростью.



Равномерным прямолинейным можно считать движение машины с постоянной скоростью на прямом участке дороги.



Международная система единиц (СИ) — система единиц физических величин, современный вариант метрической системы. Все расчёты в физике ведутся в СИ.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАВНОМЕРНОГО ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

★ Уравнение скорости:

$$v_x(t) = x'(t) = v_x = \text{const.}$$

★ Уравнение координаты:

$$x(t) = x_0 + v_x t,$$

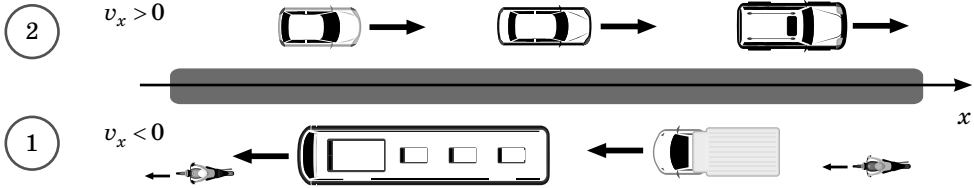
где x_0 — начальная координата тела, v_x — проекция скорости тела, t — время.

ПРОЕКЦИЯ СКОРОСТИ ТЕЛА

★ Если направление вектора скорости совпадает с направлением оси Ox , то $v_x = v > 0$.

★ Если вектор скорости направлен в противоположную сторону, то $v_x = -v < 0$.

Знак проекции скорости зависит от направления движения тела.



ФОРМУЛЫ И ГРАФИКИ РАВНОМЕРНОГО ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

Ускорение

$a_x = 0$

Скорость

$v_x = \text{const}$

$v_{x1} < 0$ $v_{x2} > 0$

$s_x > 0$ (2)

$s_x < 0$ (1)

Перемещение

$s_x = x - x_0$ $s_x = v_x t$

(2)

(1)

Путь

$l = |v_x t|$

(2)

(1)

Координата

$x = x_0 + s_x = x_0 + v_x t$

(2)

(1)

При движении тела путь не может уменьшаться, поэтому при определении пути берут модуль перемещения (при движении тела в одну сторону).

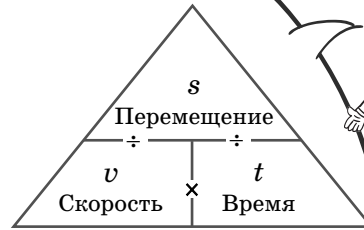


ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТЕЛА ПО ГРАФИКУ СКОРОСТИ

Площадь фигуры, ограниченной графиком скорости и осью времени, численно равна проекции перемещения тела (с учётом знака) за заданное время.

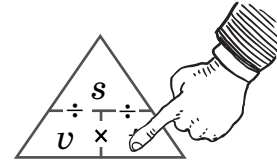
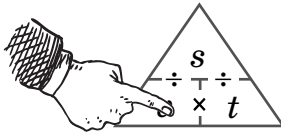
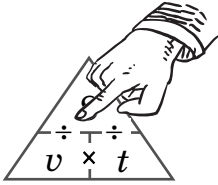
Если фигура расположена над осью времени, то проекция перемещения будет положительная, если под осью — отрицательная.

Я знаю интересный способ выучить формулы времени, скорости и перемещения при прямолинейном равномерном движении. Надо нарисовать треугольник, сверху обозначить s — перемещение, ниже v — скорость и t — время. Теперь, чтобы найти любой показатель, достаточно закрыть его пальцем — и формула окажется перед вами.



скорость = перемещение : время

$$v = s : t$$



перемещение = время × скорость
 $s = t \cdot v$

время = перемещение : скорость
 $t = s : v$

Координата тела меняется с течением времени согласно закону $x = 4 - 2t$, где все величины выражены в СИ. Начертите график изменения координаты тела и график скорости движения.

Решение:

Нарисуем график зависимости проекции скорости движения тела от времени. Сопоставляя коэффициенты в уравнении движения

$$\begin{cases} x = x_0 + v_x t, \\ x = 4 - 2t, \end{cases} \text{ имеем: } \begin{cases} x_0 = 4, \\ v_x = -2 \text{ м/с.} \end{cases}$$

Для построения графика изменения координаты можно начертить таблицу, как в алгебре.

| | | |
|-----|---|---|
| t | 0 | 2 |
| x | 4 | 0 |

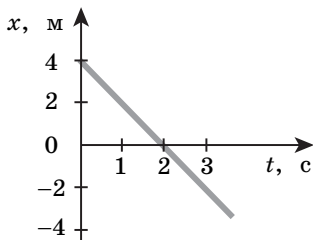


График движения

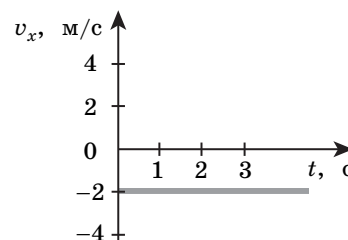
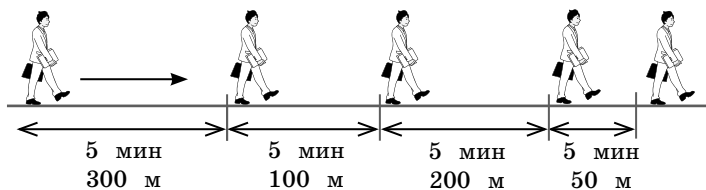


График скорости

Ответ: график движения — прямая линия: $x = 4 - 2t$ — убывающая функция; график скорости — прямая, параллельная оси t : $v_x = -2$.

НЕРАВНОМЕРНОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Неравномерное движение — движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит разные расстояния.



СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ

Средняя скорость по перемещению — векторная величина, равная отношению вектора перемещения к промежутку времени, в течение которого данное перемещение было совершено:

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

СРЕДНЯЯ (ПУТЕВАЯ) СКОРОСТЬ

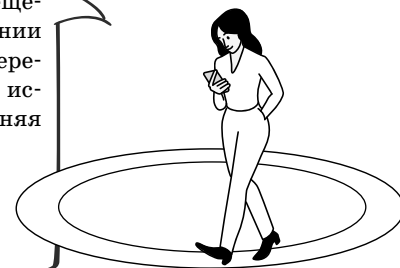
Средняя (путевая) скорость $v_{\text{ср}}$ (м/с) — скалярная величина, равная отношению пути к промежутку времени, за которое данный путь был пройден.

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t}$$

где l — пройденный путь, t — время, затраченное на его прохождение.

$$v_{\text{ср}} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Не следует путать среднюю скорость по перемещению и среднюю (путевую) скорость. При движении по замкнутой траектории средняя скорость по перемещению равна нулю, так как тело вернулось в исходную точку (перемещение равно нулю), а средняя (путевая) скорость отлична от нуля. При вычислении средней (путевой) скорости учитывается время остановки; путь, пройденный за это время, считаем равным нулю.



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

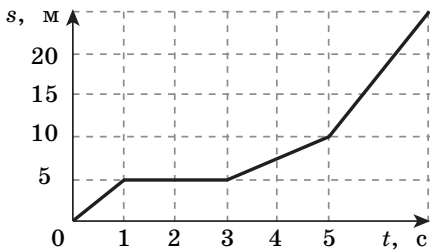


График движения велосипедиста

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:

$$v_3 = \frac{(25-10)\text{ м}}{2\text{ с}} = 7,5\text{ м/с.}$$

На всём интервале времени можно определить среднюю скорость:

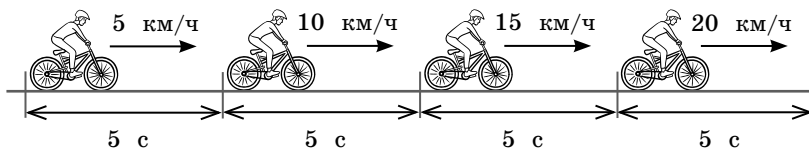
$$v_{\text{ср}} = \frac{25\text{ м}}{7\text{ с}} \approx 3,57\text{ м/с.}$$

РАВНОУСКОРЕННОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Равноускоренное движение — движение, при котором скорость тела за любые равные промежутки времени увеличивается на одну и ту же величину.

Равноускоренное прямолинейное движение — движение тела по прямой с постоянным ускорением.

Примеры равноускоренного движения: свободно падающее тело; пуля, движущаяся в стволе автомата после нажатия курка; запуск ракеты со спутниками; скейтбордист, спускающийся с горы.



УРАВНЕНИЯ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

Направим ось X вдоль прямой, по которой движется тело.

★ Уравнение ускорения: $a_x = \text{const.}$

★ Уравнение изменения координаты тела: $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$.

★ Уравнение изменения скорости тела: $v_x(t) = v_{0x} + a_x t$.

Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением $x = 8t - t^2$, где все величины выражены в СИ. В какой момент времени скорость тела равна нулю?

Решение:

Сопоставляя коэффициенты в уравнении движения

$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}, \\ x = 8t - t^2, \end{cases} \text{ имеем } \begin{cases} x_0 = 0, \\ v_0 = 8 \text{ м/с}, \\ \frac{a_x}{2} = -1 \text{ м/с}^2, a_x = -2 \text{ м/с}^2. \end{cases}$$

По определённым величинам запишем уравнение скорости $v_x = v_{0x} + a_x \cdot t = 8 - 2 \cdot t$ и приравняем её к нулю (по условию): $v_x = 8 - 2 \cdot t = 0$, откуда $t = 4 \text{ с}$.

Ответ: $t = 4 \text{ с}$.

Начальная скорость автомобиля, движущегося прямолинейно и равноускоренно, — 5 м/с. Конечная скорость через 10 с равна 25 м/с. Какой путь прошёл автомобиль за это время?

Дано:

$$\begin{array}{l} v_0 = 5 \text{ м/с} \\ v = 25 \text{ м/с} \\ t = 10 \text{ с} \end{array}$$

$$l = ?$$

Решение:

$$l = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot a}; a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a = \frac{25 \text{ м/с} - 5 \text{ м/с}}{10 \text{ с}} = 2 \text{ м/с}^2; l = \frac{(25 \text{ м/с})^2 - (5 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 2 \text{ м/с}^2} = 150 \text{ м}.$$

Ответ: $l = 150 \text{ м}$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАКА ПРОЕКЦИИ УСКОРЕНИЯ

ЗНАК ПРОЕКЦИИ УСКОРЕНИЯ БОЛЬШЕ НУЛЯ

Если направление ускорения совпадает с направлением оси Ox , то знак проекции ускорения больше нуля.

ЗНАК ПРОЕКЦИИ УСКОРЕНИЯ МЕНЬШЕ НУЛЯ

Если вектор ускорения направлен в противоположную сторону оси Ox , то знак проекции ускорения меньше нуля.

Характер изменения скорости тела зависит не только от знака проекции ускорения, он зависит от знаков проекций двух величин. Скорость тела увеличивается, если знаки проекций скорости и ускорения совпадают, и уменьшается, если знаки проекций противоположны.



Скорость тела увеличивается:

$$v = 5 + 3t, \quad v = -3 - 5t.$$

Скорость тела уменьшается:

$$v = -5 + 3t, \quad v = -3 + 5t.$$



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. У тел 1, 2 и 3 проекция ускорения положительная (тела разгоняются), причём с наименьшим ускорением разгоняется тело 3, с наибольшим — тело 1 (максимальный угол наклона графика). Проекция ускорения тела 4 отрицательная (тело тормозит). Наибольшее по модулю ускорение имеет тело 1.

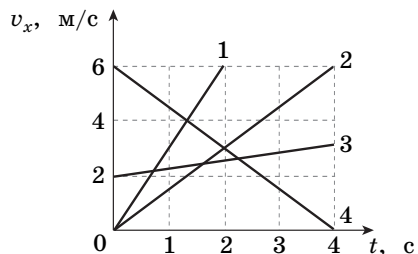


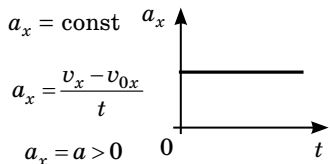
График движения четырёх тел

ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

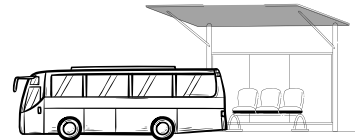
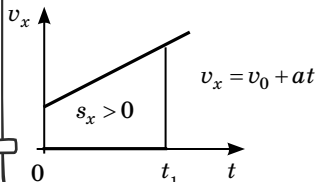
РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ $\vec{v}_0 \uparrow \vec{a}, v_{0x} = v_0 > 0$



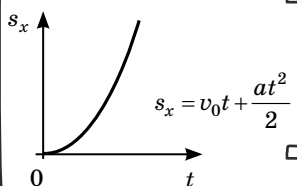
Ускорение



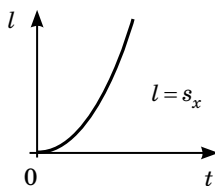
Скорость



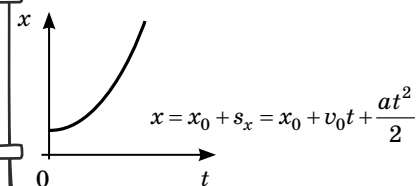
Перемещение



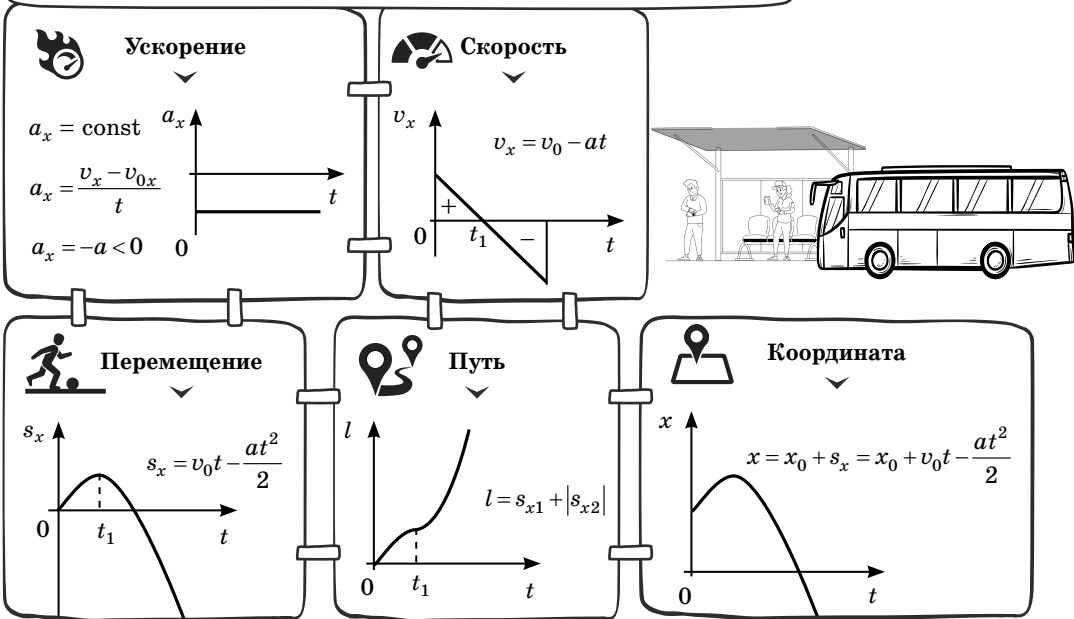
Путь



Координата



РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ $\vec{v}_0 \uparrow \vec{a}, v_{0x} = v_0 > 0$

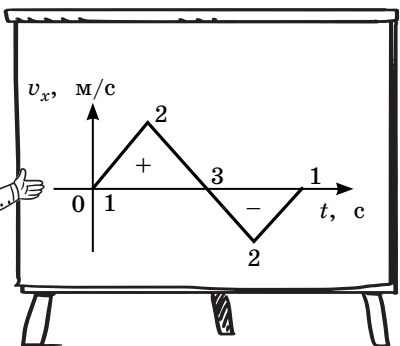


ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ГРАФИКУ

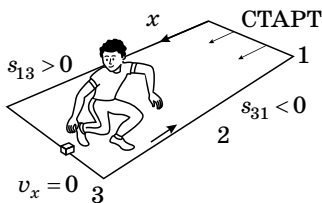
Площадь фигуры под графиком скорости численно равна перемещению тела.

При определении перемещения по графику скорости следует учитывать знаки проекций перемещения: проекция скорости положительная — проекция перемещения положительная, проекция скорости отрицательная — проекция перемещения отрицательная.

Придумай ситуацию, которая будет соответствовать условиям графика.



Возможно, это спортивная эстафета, когда участник начал движение на старте (в точке 1), увеличил скорость (до точки 2), затем начал останавливаться, остановился (точка 3) и продолжил аналогичное движение в противоположном направлении.



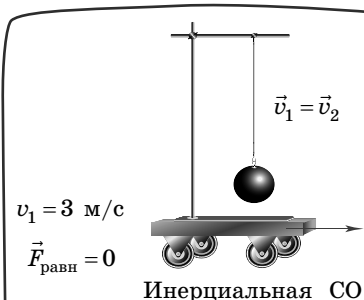
ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ГАЛИЛЕЯ

Принцип относительности Галилея был сформулирован для любых физических явлений. Это означает, что при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой математические формулы, описывающие законы механики, не изменяются. Все инерциальные системы отсчёта равноправны.

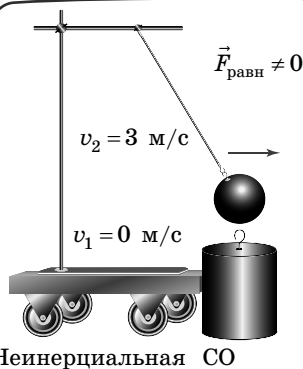
ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ГАЛИЛЕЯ

Во всех инерциальных системах отсчёта законы классической динамики имеют один и тот же вид.

Впервые принцип относительности установил итальянский учёный Галилео Галилей в 1636 г.

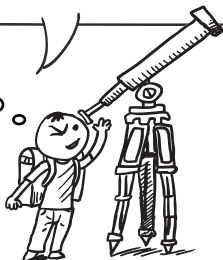
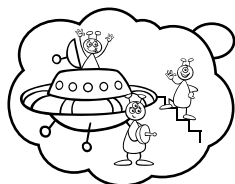
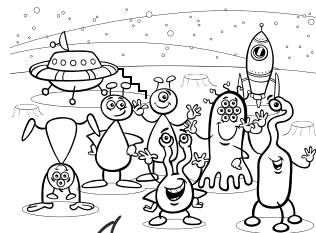


Скорости шарика и тележки относительно Земли одинаковые (выполняется закон сложения скоростей: $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{u}$).



Скорости шарика и тележки относительно Земли разные (не выполняется закон сложения скоростей).

Известно, что Земля движется относительно Солнца со скоростью 30 км/с. Марс движется вокруг Солнца со скоростью 25 км/с. Если бы существовала марсианская цивилизация, то её закон сохранения механической энергии совпадал бы с земным?



Если бы существовала марсианская цивилизация, то её учёные установили бы точно такие же законы сохранения механической энергии.