

БОЛЬШОЙ НАГЛЯДНЫЙ
СПРАВОЧНИК
ШКОЛЬНИКА

ФИЗИКА

ВСЕ ТЕМЫ ШКОЛЬНОГО КУРСА
8–11 КЛАССЫ



Сдаём ОГЭ и ЕГЭ!



УДК 373.5:53
ББК 22.3я721
В22

Макет подготовлен при содействии ООО «Аудиономикс»

Вахнина, Светлана Васильевна.
В22 Физика / С. В. Вахнина. — Москва : Эксмо, 2023. — 320 с. —
(Большой наглядный справочник школьника).

ISBN 978-5-04-159895-2

В справочнике представлены основные разделы школьного курса физики: «Механика», «Молекулярная физика», «Электродинамика», «Оптика», «Теория относительности», «Квантовая физика». Материал сгруппирован по коротким рубрикам, таблицам и схемам. В книге множество иллюстраций, важная информация подаётся через вопросно-ответную форму с элементами комиксов, что способствует её лучшему усвоению. Приводятся задания с ответами и подробными решениями.

Книга будет полезна ученикам средней и старшей школы при подготовке к урокам, ОГЭ, ЕГЭ и другим формам контроля, а учителям поможет составить план занятий.

УДК 373.5:53
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-04-159895-2

© Вахнина С.В., 2023
© ООО «Аудиономикс», 2023
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2023

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

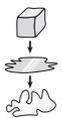
	Основные понятия 14	Движение небесных тел и искусственных спутников... 59
	Разделы механики..... 14	Деформация..... 63
	Кинематика 15	Сила упругости..... 63
	Механическое движение..... 15	Вес тела..... 68
	Материальная точка..... 17	Сила трения..... 72
	Радиус-вектор, траектория, перемещение, путь..... 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



Механические колебания и волны..... 123
Механические колебания..... 123

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА..... 145



Молекулярно-кинетическая теория..... 146
Термины и понятия МКТ..... 146
Основные положения МКТ..... 149
Строение вещества..... 152
Модель идеального газа в МКТ... 155
Средняя квадратичная скорость... 156
Основное уравнение МКТ..... 156
Уравнение состояния идеального газа..... 158
Смесь химически не взаимодействующих газов..... 160
Изопроцессы в разреженном газе..... 161
Насыщенный пар..... 164
Влажность воздуха..... 164

Волны..... 134
Звуковые волны..... 137
Свойства механических волн..... 140

Термодинамика..... 166
Тепловое равновесие и температура..... 166
Внутренняя энергия..... 166
Теплопередача..... 168
Внутренняя энергия идеального газа..... 171
Элементарная работа в термодинамике..... 173
Первый закон термодинамики..... 174
Второй закон термодинамики..... 176
Необратимость..... 176
Принципы действия тепловых машин..... 177
Изменение агрегатных состояний вещества..... 180
Количество теплоты..... 184



ЭЛЕКТРОДИНАМИКА..... 187



Электростатика..... 188
Электрический заряд..... 188
Электризация..... 191
Электрическое поле..... 192
Закон Кулона..... 194
Линии напряжённости электрического поля..... 194
Напряжённость электрического поля..... 196
Потенциал электростатического поля..... 197
Проводники, диэлектрики и полупроводники..... 200
Ёмкость..... 204
Конденсатор..... 204
Законы постоянного тока..... 207
Характеристики электрического тока..... 207

Закон Ома для участка цепи..... 210
Соединение проводников..... 211
Электродвижущая сила (ЭДС)..... 213
Действия электрического тока..... 215
Закон Ома для замкнутой цепи... 217
Работа постоянного электрического тока. Закон Джоуля — Ленца... 218
Мощность постоянного электрического тока..... 219

Электрический ток в средах... 220
Электрические свойства вещества... 220
Электрический ток в проводниках..... 222
Диэлектрики в электрическом поле..... 223
Полупроводники в электрическом поле..... 224
Полупроводниковые приборы..... 225





	Магнитное поле.....	226
	Магнитное поле и его свойства ..	226
	Индукция магнитного поля	229
	Сила Ампера	234
	Сила Лоренца	235
	Электромагнитная индукция ..	237
	Поток вектора магнитной индукции	237
	Явление электромагнитной индукции	238
	Закон электромагнитной индукции Фарадея	239

	Правило Ленца	242
	Индуктивность. Самоиндукция	244
	Вихревое электрическое поле	247
	Вихревые токи	248

	Электромагнитные колебания и волны	248
	Колебательный контур	248
	Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток	254
	Электромагнитные волны	259



ОПТИКА..... 265

	Геометрическая оптика	266
	Прямолинейное распространение света	266
	Законы отражения света	268
	Преломление света	271
	Линзы	273
	Построение изображения в линзах	275

	Глаз как оптическая система	279
--	-----------------------------------	-----

	Волновая оптика.....	280
	Преломление световой волны	280
	Поляризация света	281
	Интерференция света	282
	Дифракция света	283
	Дисперсия света	285



ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ..... 287

	Основные понятия специальной теории относительности	288
	Основные постулаты теории относительности	288

	Следствия из постулатов теории относительности	289
--	--	-----

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА..... 291

	Основные положения. Корпускулярно-волновой дуализм	292
	Гипотеза Планка о квантах	293
	Фотоны	294
	Фотоэффект	294
	Волновые свойства частиц. Волны де Бройля	298
	Физика атома	302
	Планетарная модель атома	302
	Постулаты Бора	304

	Спектры	306
	Модель атома водорода по Бору ..	307

	Физика атомного ядра.....	309
	Нуклонная модель ядра Гейзенберга — Иваненко	309
	Ядерные силы	311
	Радиоактивность	313
	Ядерные реакции	315
	Деление тяжёлых ядер	318

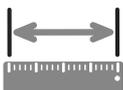


ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ



ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

8



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

9



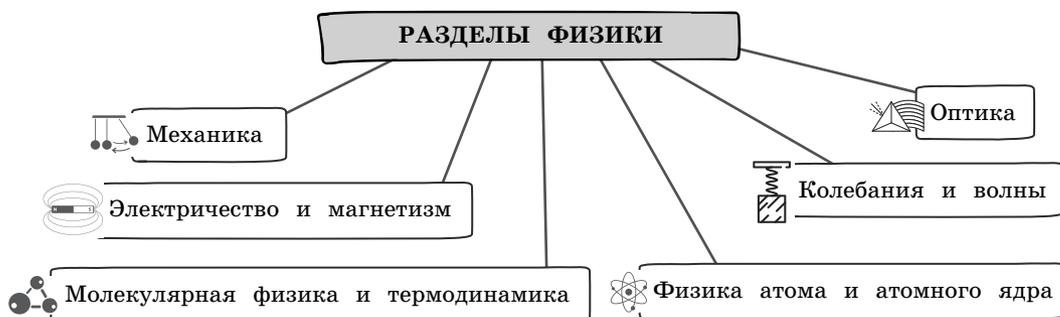
Кто первым предложил использо-
вать термин «физика»?



В IV в. до н. э. Аристотель ввёл понятие «фи-
зика», использовав 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.

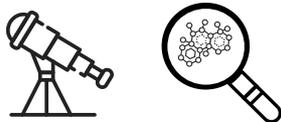
- ★ Механические.
- ✓ Движение и деформация тел.
- ★ Оптические.
- ✓ Отражение светового луча, радуга.
- ★ Магнитные.
- ✓ Притяжение булавок к магниту, северное сияние.
- ★ Электрические.
- ✓ Удар молнии, электризация тел.
- ★ Тепловые.
- ✓ Таяние снега, работа двигателя машины.
- ★ Акустические.
- ✓ 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).
Сопrotивление — 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.

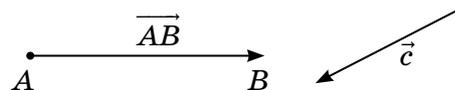
КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

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.

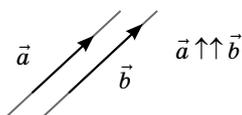
Любая точка плоскости является вектором, который называется **нулевым**. У нулевого вектора начало совпадает с концом.

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

НАПРАВЛЕНИЕ ВЕКТОРОВ

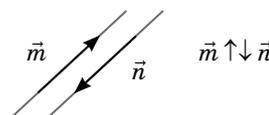
СОНАПРАВЛЕННЫЕ ВЕКТОРЫ

Сонаправленные векторы имеют одинаковое направление.



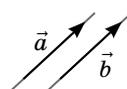
ПРОТИВОПОЛОЖНО НАПРАВЛЕННЫЕ ВЕКТОРЫ

Противоположно направленные векторы имеют разное направление.

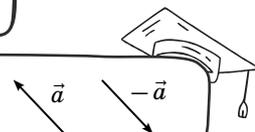


РАВНЫЕ ВЕКТОРЫ

Равные векторы сонаправлены, модули их равны.



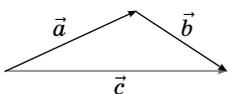
Противоположные векторы — векторы, модули которых равны, а направления противоположны.



СУММА ВЕКТОРОВ

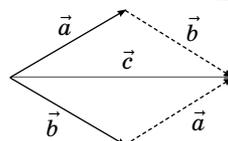
ПРАВИЛО ТРЕУГОЛЬНИКА

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



ПРАВИЛО ПАРАЛЛЕЛОГРАММА

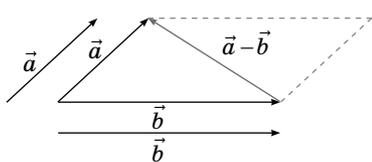
$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$$



РАЗНОСТЬ ВЕКТОРОВ

ПРАВИЛО ПАРАЛЛЕЛОГРАММА

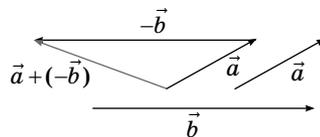
$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{c}$$



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

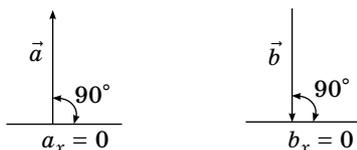
Проекция вектора на ось равна разности координат его конца и начала.

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

где α — угол, образованный вектором и осью координат.

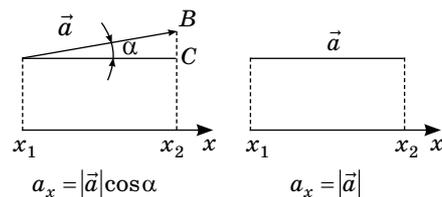
$$a_x = 0$$

Направление вектора перпендикулярно оси X.



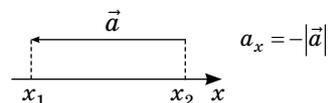
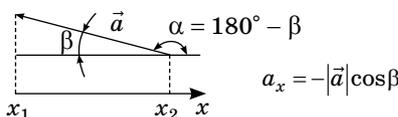
$$a_x > 0$$

Направление вектора совпадает с направлением оси X.



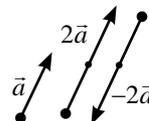
$$a_x < 0$$

Вектор направлен в сторону, противоположную направлению оси X.

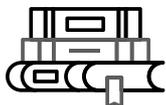


УМНОЖЕНИЕ НЕНУЛЕВОГО ВЕКТОРА НА ЧИСЛО

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



МЕХАНИКА



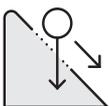
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

14



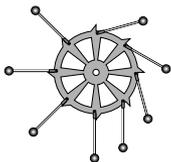
КИНЕМАТИКА

15



ДИНАМИКА

41



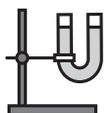
ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

80



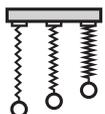
СТАТИКА

102



ДАВЛЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

110



МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

123

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

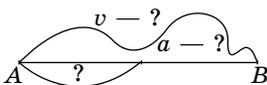
Механика — раздел физики, изучающий законы движения и взаимодействие материальных тел (или частей тела). Основная задача механики — определение положения тела в любой момент времени.



РАЗДЕЛЫ МЕХАНИКИ

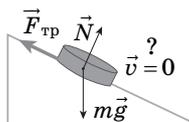
КИНЕМАТИКА

Описание движения тел.



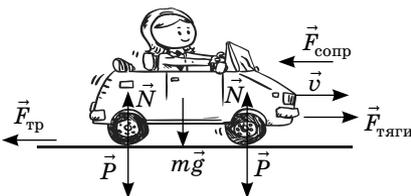
СТАТИКА

Условия равновесия тел.



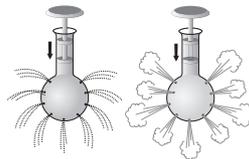
ДИНАМИКА

Причины возникновения движения.



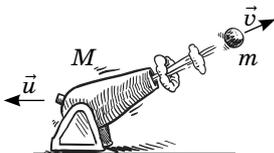
ДАВЛЕНИЕ ТВЁРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Передача давления в разных средах.



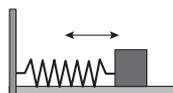
ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

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.



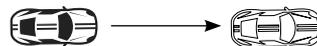
МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

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

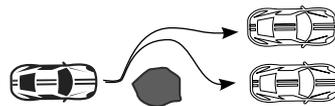
КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

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



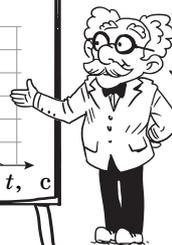
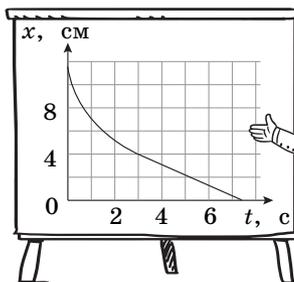
★ **Неравномерное движение** — движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит неодинаковое расстояние.

✓ 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?



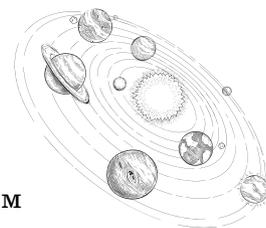
Поскольку графики для равноускоренного и равномерного движения различаются, так будет выглядеть график изменения координаты шарика от времени, где x — координата шарика, t — время движения.

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.

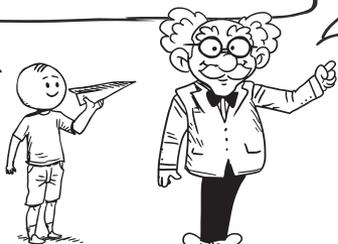
★ Тело, размерами (но не массой) которого в данных условиях можно пренебречь. Размеры тела во много раз меньше расстояния, которое оно проходит.

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

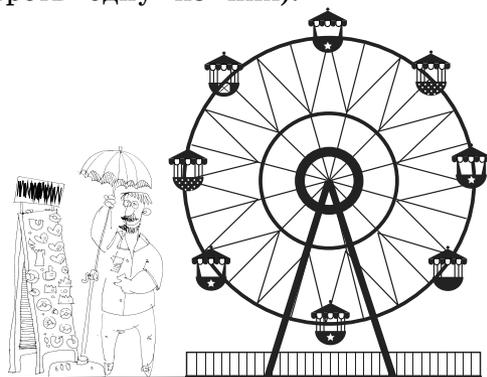
Воздушный шар при совершении на нём кругосветного путешествия можно считать материальной точкой, так как его размеры малы по сравнению с пройденным расстоянием.



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



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.



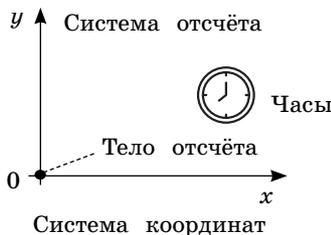
Всё зависит от условия задачи. Самолёт, совершающий разворот в небе, не является материальной точкой: важны его размеры, движение не поступательное. Самолёт, совершающий дальний перелёт, является материальной точкой: рассматривается большое расстояние.



Москва — — — — — Екатеринбург

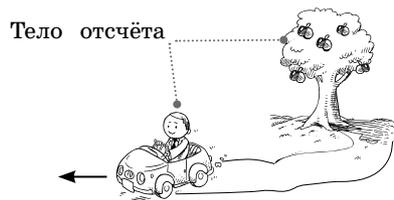
СИСТЕМА ОТСЧЁТА

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 (или тела).
✓ Дорога, машина, Земля.



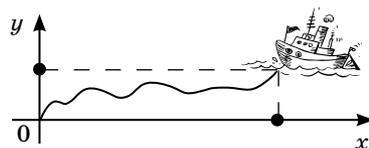
СИСТЕМА КООРДИНАТ, СВЯЗАННАЯ С ТЕЛОМ ОТСЧЁТА

Одномерная



Тело движется вдоль прямой.
✓ Велосипедист, автомобиль на шоссе, лифт в шахте.

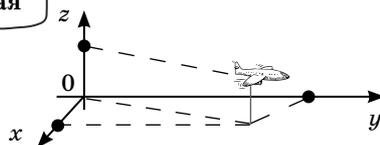
Двухмерная



Тело движется по плоскости.
✓ Корабль в море, комбайн в поле.

Трёхмерная

Тело движется в пространстве.
✓ Самолёт, подводная лодка.



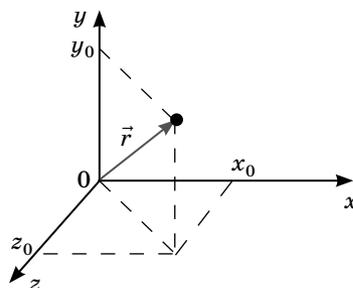
В прямоугольной системе координат положение точки в пространстве задаётся её проекциями на три взаимно перпендикулярные оси. Совокупность координат $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ в момент времени t определяет закон движения материальной точки в координатной форме.

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

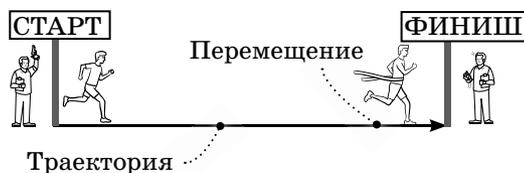
РАДИУС-ВЕКТОР

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.

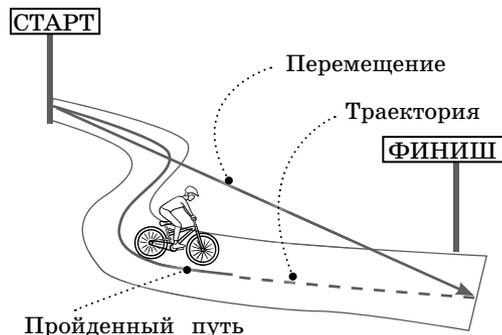
Модуль перемещения меньше пройденного пути или равен ему в зависимости от траектории движения. При замкнутой траектории перемещение равно нулю.



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).

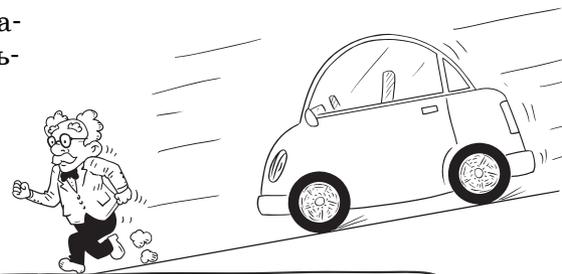
МГНОВЕННАЯ СКОРОСТЬ

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.

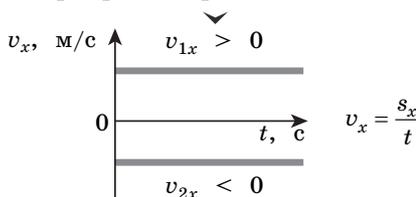
Обычно под скоростью понимают именно мгновенную скорость, т. е. скорость в определённый момент времени.



Мгновенная скорость определяется на бесконечно малом промежутке времени.

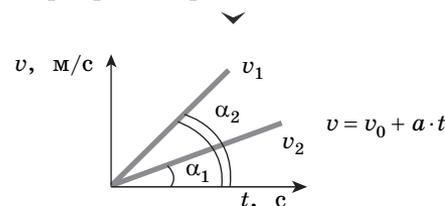
ГРАФИКИ СКОРОСТИ

При равномерном движении



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

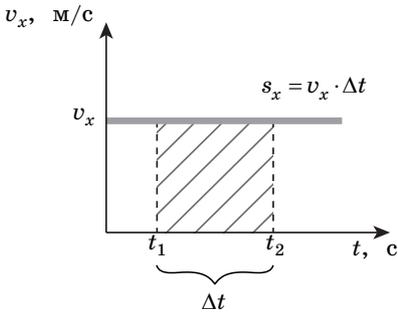
При равнопеременном движении



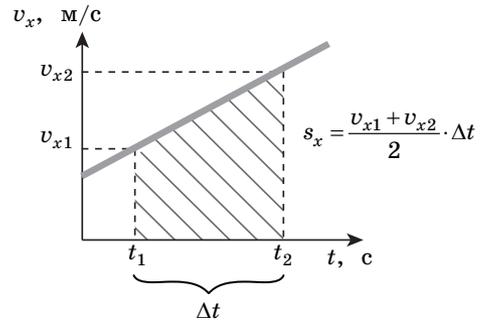
Чем больше угол наклона прямой скорости, тем больше ускорение тела.

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:

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

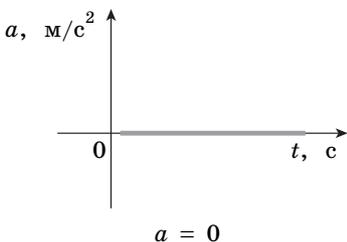
где \vec{v} — конечная скорость тела, \vec{v}_0 — начальная скорость.

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

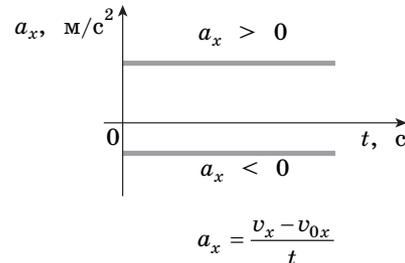
При прямолинейном ускоренном движении тела вектор ускорения параллелен (сонаправлен или противоположно направлен) вектору скорости: $\vec{a} \parallel \vec{v}$.

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: $v_1 = 2 \text{ м/с}$.



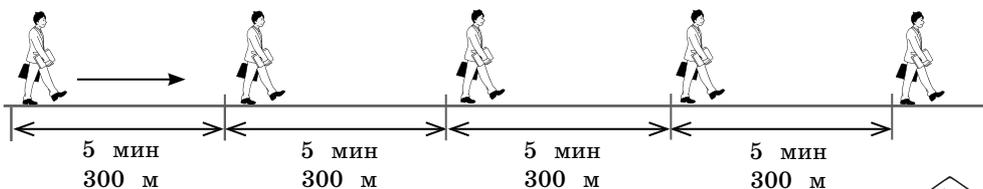
Относительно подвижной системы отсчёта модуль скорости пловца не зависит от направления движения и равен собственной скорости пловца.



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:

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

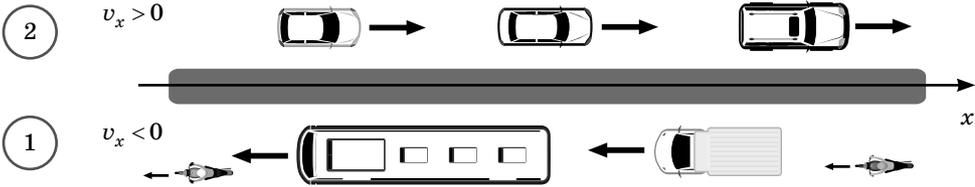
где x_0 — начальная координата тела, v_x — проекция скорости тела, t — время.

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

$v_x = \text{const}$

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

Перемещение

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

Путь

$l = |v_x t|$

Координата

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

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.

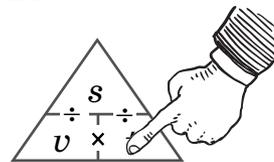
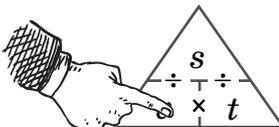
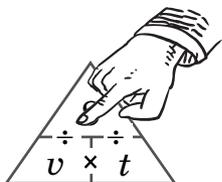
Если фигура расположена над осью времени, то проекция перемещения будет положительная, если под осью — отрицательная.

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 \times 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

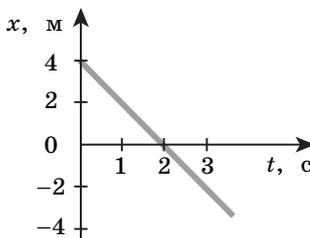


График движения

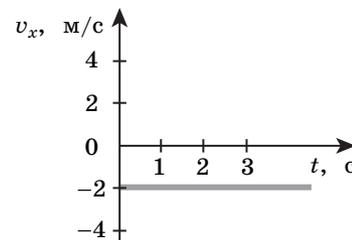
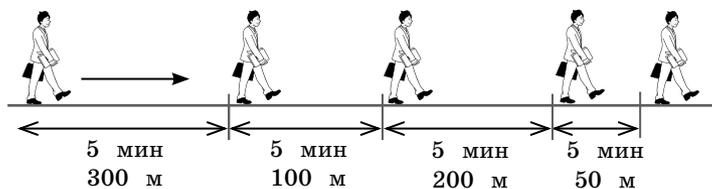


График скорости

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.

