



В ПОМОЩЬ СТАРШЕКЛАССНИКУ

С. В. ВАХНИНА

ФИЗИКА

НАГЛЯДНЫЙ СПРАВОЧНИК



МОСКВА
2024

УДК 373.5:53
ББК 22.3я2
В22

Макет подготовлен при содействии ООО «Айдиономикс»

Вахнина, Светлана Васильевна.

В22 Физика / С. В. Вахнина. — Москва : Эксмо, 2025. — 192 с. —
(В помощь старшекласснику. Наглядный справочник).

ISBN 978-5-04-192859-9

В книге приводятся все основные темы школьного курса физики с 7 по 11 класс. Уникальная наглядная структура с активными полезными полями поможет оперативно найти и ознакомиться с необходимым материалом, повторить забытое и выучить новое.

Пособие содержит подробную информацию по теоретическим и практическим аспектам разделов «Физика — наука о природе», «Механика», «Молекулярная физика», «Электродинамика», «Оптика», «Основы специальной теории относительности», «Квантовая физика». Теоретические блоки сопровождаются примерами, схемами и таблицами для лучшей систематизации знаний и усвоения материала.

Наглядный справочник для старшеклассников станет незаменимым помощником при подготовке к урокам, текущим и итоговым формам контроля, а также будет полезен учителям при составлении планов занятий, контрольных работ и подготовке учащихся к ОГЭ и ЕГЭ.

УДК 373.5:53
ББК 22.3я2

ISBN 978-5-04-192859-9

© Вахнина С. В., 2024
© ООО «Айдиономикс», 2024
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ	7
МЕХАНИКА	9
Разделы механики	9
Кинематика	9
Механическое движение	9
Материальная точка	10
Характеристики механического движения	12
Равномерное прямолинейное движение	12
Относительность движения	14
Инерциальные системы отсчёта	14
Неравномерное прямолинейное движение	15
Равноускоренное прямолинейное движение	16
Ускорение свободного падения	19
Криволинейное движение	23
Движение точки по окружности	24
Динамика	27
Масса тела	27
Сила	28
Законы Ньютона	30
Гравитационные силы	33
Движение небесных тел и искусственных спутников	36
Электромагнитные силы	39
Сила упругости	39
Вес тела	42
Сила трения	44
Архимедова сила	48
Статика	51
Основные понятия	51
Условия равновесия твёрдого тела в ИСО	53
Механизмы	53
Давление твёрдых тел, жидкостей и газов	55
Давление твёрдых тел	55
Давление газа	56
Гидростатика	56
Атмосферное давление	59
Законы сохранения в механике	60
Основные понятия	60
Импульс	61
Механическая работа	63
Мощность силы	66
Механическая энергия	67
Закон изменения и сохранения механической энергии	69
Механические колебания и волны	71
Механические колебания	71
Волны	81
Звуковые волны	83
Свойства механических волн	85

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	88
Молекулярно-кинетическая теория	88
Термины и понятия МКТ	88
Основные положения МКТ	90
Строение вещества	92
Модель идеального газа в МКТ	93
Средняя квадратичная скорость	93
Основное уравнение МКТ	94
Смесь химически не взаимодействующих газов	95
Изопроцессы в идеальном газе	95
Изменение агрегатных состояний вещества	99
Насыщенный и ненасыщенный пар	101
Влажность воздуха	102
Давление насыщенного пара	103
Термодинамика	103
Тепловое равновесие и температура	103
Внутренняя энергия	104
Теплопередача	105
Количество теплоты	106
Внутренняя энергия идеального газа	108
Элементарная работа в термодинамике	109
Первый закон термодинамики	110
Второй закон термодинамики. Необратимость	112
Принципы действия тепловых машин	113
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	115
Электростатика	115
Электрический заряд	115
Электризация	116
Электрическое поле	117
Закон Кулона	118
Линии напряжённости электрического поля	119
Напряжённость электрического поля	120
Потенциал электростатического поля	121
Электрические свойства вещества	123
Электроёмкость	125
Конденсатор	126
Законы постоянного тока	127
Характеристики электрического тока	128
Закон Ома для участка цепи	130
Соединение проводников	130
Электродвижущая сила (ЭДС)	132
Закон Ома для замкнутой цепи	133
Работа постоянного электрического тока.	
Закон Джоуля — Ленца	134
Мощность постоянного электрического тока	135
Электрический ток в средах	136
Электрический ток в проводниках	136
Электрический ток в полупроводниках	137
Магнетизм	140
Магнитное поле и его свойства	140
Индукция магнитного поля	143
Сила Ампера	144

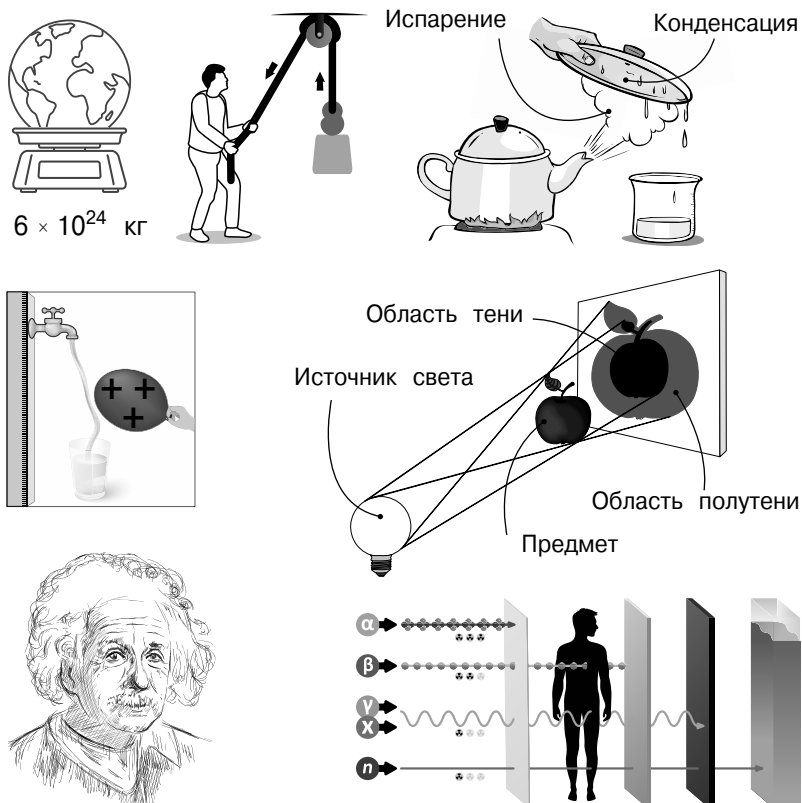
Сила Лоренца	145
Электромагнитная индукция	146
Поток вектора магнитной индукции	146
Явление электромагнитной индукции	146
Закон электромагнитной индукции Фарадея	147
Правило Ленца	148
Индуктивность. Самоиндукция	150
Электромагнитные колебания и волны	152
Колебательный контур	152
Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток	154
Электромагнитные волны	158
ОПТИКА	160
Геометрическая оптика	160
Прямолинейное распространение света	160
Законы отражения света	161
Преломление света	163
Линзы	164
Построение изображения в линзах	166
Волновая оптика	168
Преломление световой волны	169
Поляризация света	170
Интерференция света	170
Дифракция света	171
Дисперсия света	172
ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	173
Основные понятия специальной теории относительности	173
Основные постулаты теории относительности	173
Следствия из постулатов теории относительности	174
Элементы релятивистской динамики	175
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	176
Корпускулярно-волновой дуализм	176
Гипотеза Планка о квантах	176
Фотоны	176
Фотоэффект	177
Волновые свойства частиц. Волны де Бройля	179
Физика атома	181
Планетарная модель атома	181
Постулаты Бора	181
Спектры	183
Физика атомного ядра	184
Нуклонная модель ядра Гейзенберга — Иваненко	184
Ядерные силы	186
Радиоактивность	187
Ядерные реакции	189
Деление тяжёлых ядер	190

ВВЕДЕНИЕ

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

Теоретические блоки информации в пособии дополнены схемами и таблицами, проиллюстрированы примерами для запоминания и быстрого поиска материала. Книга содержит информацию по теоретическим и практическим аспектам разделов «Физика — наука о природе», «Механика», «Молекулярная физика», «Электродинамика», «Оптика», Основы специальной теории относительности», «Квантовая физика».

Темы, представленные в пособии, соответствуют программе средней школы и включены в образовательный стандарт базового и профильного уровней, т. е. присутствуют как в содержании государственного (итогового) контроля, так и в программах для поступающих в вузы.



ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ

	Физика	● Наука о наиболее общих закономерностях, определяющих строение и развитие окружающего мира. Задача физики — открывать и изучать законы, которые связывают различные физические явления, происходящие в природе.
	Разделы физики	● <ul style="list-style-type: none">◆ Механика.◆ Электричество и магнетизм.◆ Молекулярная физика и термодинамика.◆ Оптика.◆ Колебания и волны.◆ Физика атома и атомного ядра.◆ Специальная теория относительности.
	Физические явления	● Изменения в природе при сохранении состава вещества.
	Способы изучения в физике	● <ul style="list-style-type: none">◆ Наблюдение — восприятие физических явлений в том виде, в котором они существуют в природе.◆ Опыт. Опыты проводятся с определённой целью по заранее составленному плану, при этом выполняются измерения. <p>Наблюдение → гипотеза → эксперимент → вывод.</p>
	Физическая величина	● Характеристика одного из свойств физического тела, явления, процесса. <ul style="list-style-type: none">✓ Масса, скорость, время, температура.
	Виды физических величин	● <ul style="list-style-type: none">◆ Скалярные величины. Характеризуются только численным значением.<ul style="list-style-type: none">✓ Время, масса, объём, плотность.◆ Векторные величины. Кроме численного значения, характеризуются направлением в пространстве.<ul style="list-style-type: none">✓ Скорость, перемещение, ускорение, сила, импульс.
	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

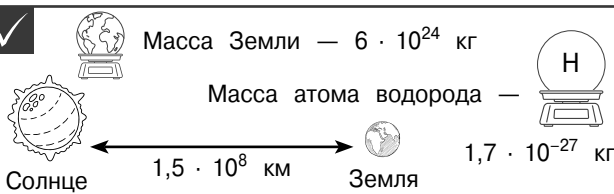
- ◆ Сила — 1 Н (ньютон).
- ◆ Давление — 1 Па (паскаль).
- ◆ Заряд — 1 Кл (кулон).
- ◆ Скорость — 1 м/с (метр в секунду).
- ◆ Плотность — 1 кг/м³ (килограмм на метр в кубе).
- ◆ Сопротивление — 1 Ом (ом).
- ◆ Энергия — 1 Дж (джоуль).

Запись численных значений

В физике для упрощения вычислений с очень большими или очень малыми величинами принято записывать численное значение физической величины в стандартном виде либо с помощью десятичных приставок и множителей.



Стандартный вид числа:
 $a \cdot 10^n$, где $1 \leq a < 10$, $n \in Z$.



Десятичные приставки к названиям единиц измерения

- ◆ **Кратные приставки** — увеличивают в 100, 1000 раз и т. д.:
 - г (гекто) — 10^2 (1 гПа = 100 Па);
 - к (кило) — 10^3 (1 кг = 1000 г);
 - М (мега) — 10^6 (1 МДж = 1 000 000 Дж);
 - Г (гига) — 10^9 (1 ГВт = 1 000 000 000 Вт).
- ◆ **Дольные приставки** — уменьшают в 10, 100, 1000 раз и т. д.:
 - д (деци) — 10^{-1} (1 дм = 0,1 м);
 - с (санци) — 10^{-2} (1 см = 0,01 м);
 - м (милли) — 10^{-3} (1 мг = 0,001 г);
 - мк (микро) — 10^{-6} (1 мкм = 0,000001 м).

Правила написания приставок

- ◆ Обозначение приставки пишется слитно с обозначением единицы измерения, к которой она присоединяется.
- ◆ Не разрешается использование двух приставок и более, идущих друг за другом (запись вида «ммкм — миллимикрометр» некорректна).

МЕХАНИКА

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.

Динамика

Причины возникновения движения.

Законы сохранения

Энергия не создаётся и не исчезает, а передаётся от одного тела другому, превращается из одного вида в другой.

Статика

Условия равновесия тел.

Давление твёрдых тел, жидкостей и газов

В разных средах давление передаётся по-разному: в твёрдых телах — в направлении действия силы, в жидкостях и газах — во всех направлениях без изменения.

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.

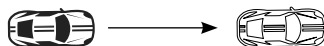
МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

Механическое движение

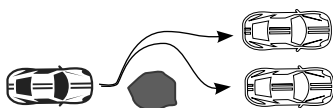
Изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

Классификация механического движения

- ◆ По траектории.
 - **Прямолинейное движение** — тело движется вдоль прямой линии.



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



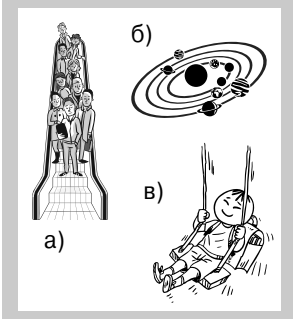
◆ По скорости.

- **Равномерное движение** — движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые расстояния. При равномерном движении скорость тела остаётся постоянной.
- **Неравномерное движение** — движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит неодинаковые расстояния.



◆ По траектории точек тела.

- **Поступательное движение** — все точки тела движутся одинаково (рис. а).
- **Вращательное движение** — движение в одном направлении по плоской (или пространственной) замкнутой траектории (рис. б).
- **Колебательное движение** — движение, которое полностью или практически полностью повторяется с течением времени (рис. в).



МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА



Описание движения тела

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.

Условия, при которых тело можно считать материальной точкой

◆ Размеры тела во много раз меньше расстояния, которое оно проходит.

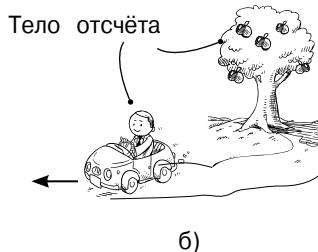
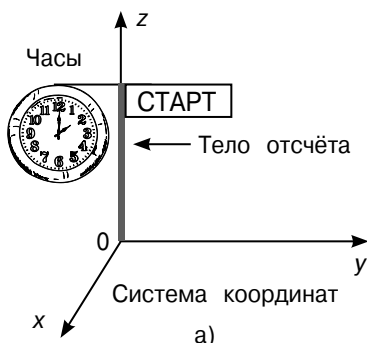
✓ Воздушный шар при совершении на нём кругосветного путешествия можно считать материальной точкой, т. к. его размеры малы по сравнению с пройденным расстоянием.

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

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

Система отсчёта

• Совокупность системы координат, связанной с телом отсчёта, и прибора для измерения времени (например, часов) (рис. а).



Тело отсчёта

• Произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки (или тела) (рис. б).

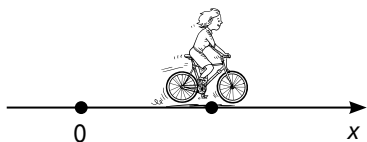
✓ Дорога, машина, Земля.

Система координат, связанная с телом отсчёта

Одномерная

Тело движется вдоль прямой.

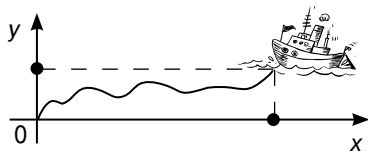
✓ Велосипедист, автомобиль на шоссе, лифт в шахте.



Двухмерная

Тело движется по плоскости.

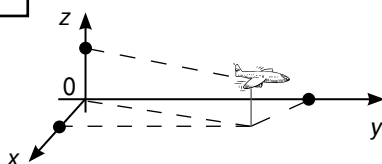
✓ Корабль в море, комбайн в поле.



Трёхмерная

Тело движется в пространстве.

✓ Самолёт, подводная лодка.

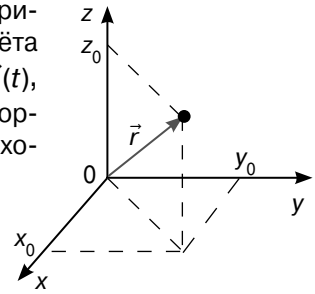




ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

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.

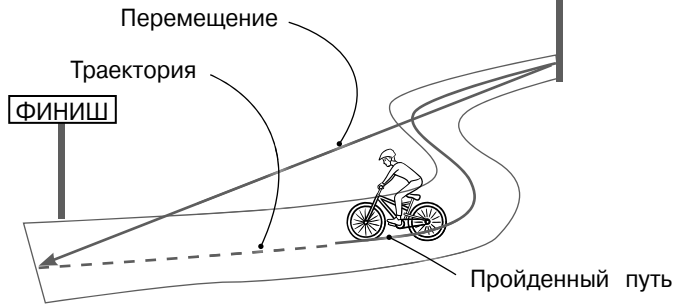


Траектория

Линия, которую описывает тело при своём движении.

Пройденный путь l (м)

Длина траектории.



Перемещение \vec{s} (м)

Вектор, соединяющий начальное и конечное положение тела.

НА ЗАМЕТКУ

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

Скорость материальной точки \vec{v} (м/с)

Скорость материальной точки: $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{r}'_t$, $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{\Delta t}$, где $\Delta \vec{r}$ — изменение радиус-вектора, Δt — время, в течение которого это изменение произошло, \vec{r}'_t — производная радиус-вектора по времени, \vec{s} — перемещение.



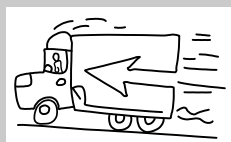
РАВНОМЕРНОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Равномерное движение

Движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния.

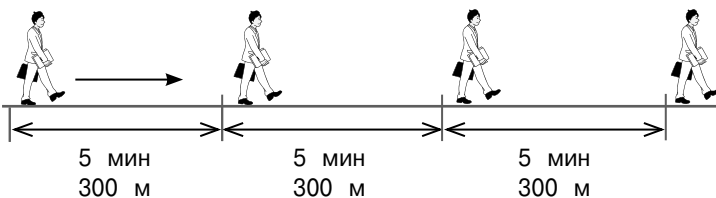
Равномерное прямолинейное движение

Движение тела по прямой с постоянной скоростью.



Кинематические уравнения для равномерного прямолинейного движения

Проекция скорости тела



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

◆ Уравнение скорости:

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

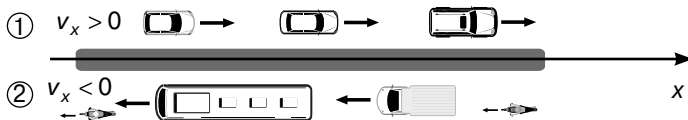
◆ Уравнение координаты:

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

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

◆ Если направление вектора скорости совпадает с направлением оси X , то $v_x = v > 0$ (1).

◆ Если вектор скорости направлен в противоположную сторону, то $v_x = -v < 0$ (2).

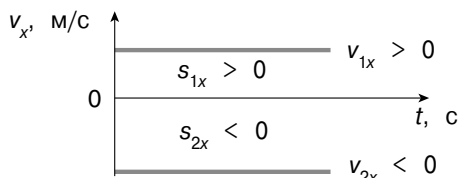


ФОРМУЛЫ И ГРАФИКИ РАВНОМЕРНОГО ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

Скорость

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

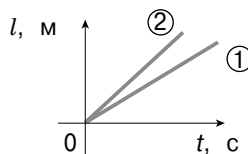
где \vec{s} — перемещение, t — время движения.



Путь

$$l = v \cdot t,$$

где l — пройденный путь, v — скорость, t — время движения.



v_x — проекция скорости, t — время, s_x — проекция перемещения.

$v_x > 0, s_x > 0$, если направление движения тела совпадает с направлением оси Ox (см. линию v_1).

$v_x < 0, s_x < 0$, если направление движения противоположно направлению оси Ox (см. линию v_2).

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 (см. график на с. 13).



НА ЗАМЕТКУ

При прямолинейном движении без смены направления модуль перемещения равен пройденному пути.



ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Инвариантные физические величины

Характеристики механического движения могут быть различными при рассмотрении движения тела относительно разных тел отсчёта.

Физические величины, остающиеся неизменными при движении в разных системах отсчёта со скоростью, которая во много раз меньше скорости света.

✓ Время, масса, сила, ускорение.

Относительные физические величины

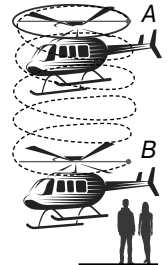
Физические величины, которые изменяются при переходе из одной инерциальной системы отсчёта в другую.

✓ Траектория движения, скорость, перемещение, пройденный путь.



НА ЗАМЕТКУ

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



ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА

Инерциальные системы отсчёта (ИСО)

Такие системы отсчёта, которые движутся равномерно и прямолинейно относительно друг друга.

Движение тела в двух системах отсчёта, движущихся относительно друг друга

Скорость точки относительно неподвижной системы отсчёта (СО) \vec{v} равна векторной сумме скорости

точки относительно подвижной СО (\vec{v}_1) и скорости самой подвижной СО относительно неподвижной (\vec{u}).

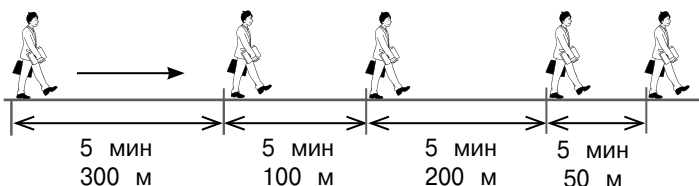
Закон сложения скоростей: $\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{u}$.

Закон сложения перемещений: $\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_0$.

НЕРАВНОМЕРНОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Неравномерное движение

Движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит разные расстояния.



Средняя скорость по перемещению

Средняя скорость по перемещению
 \vec{v} (м/с)

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_{cp} (м/с)

Скалярная величина, равная отношению пути к промежутку времени, за которое данный путь был пройден.

$$v_{\text{cp}} = \frac{l}{t}$$

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

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

НА ЗАМЕТКУ

Не следует путать среднюю скорость по перемещению и среднюю (путевую) скорость. При движении по замкнутой траектории средняя скорость по перемещению равна нулю, т. к. тело вернулось в исходную точку (перемещение равно нулю), а средняя (путевая) скорость отлична от нуля.

