

ЕГЭ В ТАБЛИЦАХ

ФИЗИКА

С. В. ВАХНИНА



Москва

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	9
ФИЗИКА — НАУКА О ПРИРОДЕ	10
—○ Измерение физических величин	12
Прямое и косвенное измерение физической величины	12
Погрешность	13
Десятичные приставки в названиях единиц измерения	14
Виды физических величин	15
—○ Проекция вектора	15
МЕХАНИКА	17
—○ Кинематика	18
Механическое движение	18
Материальная точка	19
Основные термины кинематики	20
Относительность движения	21
Равномерное прямолинейное движение тела	22
Равноускоренное движение	23
Изменение кинематических величин	24
Движение под действием силы тяжести	27
Криволинейное движение	31
—○ Динамика	33
Сила	33
Принцип суперпозиции сил	35
Система тел	36
Явление инерции, инертность	36
Законы Ньютона	37
Закон всемирного тяготения	38
Сила тяжести, ускорение свободного падения	39
Движение небесных тел и искусственных спутников	40
Различия силы тяжести и веса тела	41
Перегрузка и невесомость	42
Сила упругости	42
Сила трения	46
Архимедова сила	51
—○ Статика	55
Основные понятия	55
Механизмы	59
Гидростатика	60
Закон Паскаля и его проявления	61

—○ Законы сохранения.....	63
Основные понятия	63
Импульс.....	63
Механическая работа.....	67
Геометрический смысл работы силы	68
Механическая энергия.....	68
Изменение механической энергии.....	69
Закон сохранения энергии.....	70
—○ Механические колебания и волны.....	71
Механические колебания	71
Величины, характеризующие колебательное движение.....	72
Графики изменения физических величин при гармонических колебаниях.....	73
Маятники.....	74
Волны.....	78
Основные характеристики механических волн.....	79
Звук	80
Свойства механических волн.....	81

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.....84

—○ Молекулярно-кинетическая теория.....	84
Основные положения МКТ.....	84
Агрегатные состояния вещества	85
Количественные характеристики вещества.....	86
Тепловое движение атомов и молекул вещества.....	86
Идеальный газ.....	87
Основное уравнение МКТ	87
Законы идеального газа.....	89
Изопроцессы в газах.....	90
Насыщенные и ненасыщенные пары	91
Влажность воздуха	92
Изменение агрегатных состояний вещества.....	93
Преобразование энергии в фазовых переходах. Внутренняя энергия.....	95
Способы изменения внутренней энергии	96
Количество теплоты, удельная теплоёмкость вещества	97
Уравнение теплового баланса.....	99
—○ Термодинамика.....	100
Температура и тепловое равновесие	100
Шкалы температур.....	101
Внутренняя энергия идеального газа.....	101
Элементарная работа в термодинамике	102
Графическое определение работы.....	103
Первый закон термодинамики	104
Первое начало термодинамики для процессов.....	105
Второй закон термодинамики.....	106
Принцип действия тепловых машин. КПД.....	107

Идеальная тепловая машина. Цикл Карно	108
---	-----

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА.112

—○ Электрическое поле	112
Электрический заряд	112
Электризация тел и её проявление	113
Действие электрического поля на электрические заряды	114
Закон Кулона	114
Электрическое поле	115
Напряжённость электрического поля	116
Энергия и потенциал электростатического поля	119
Проводники, диэлектрики и полупроводники	120
Емкость. Конденсатор	123
—○ Законы постоянного тока	126
Характеристики тока	127
Соединение проводников	128
Источники тока	129
ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока	130
Работа и мощность электрического тока	131
КПД источника тока	132
Электрический ток в средах	132
—○ Магнитное поле	135
Вектор магнитной индукции	136
Основные свойства магнитного поля	137
Опыт Эрстеда	139
Силовые линии магнитного поля	139
Определение направления линий магнитного поля (направления тока в проводах)	140
Сила Ампера, её направление и величина	140
Сила Лоренца, её направление и величина	142
—○ Электромагнитная индукция	145
Поток вектора магнитной индукции	145
Явление электромагнитной индукции	146
Правило Ленца	148
ЭДС индукции	149
Индуктивность. Самоиндукция	150
Направление тока самоиндукции	151
—○ Электромагнитные колебания и волны	153
Колебательный контур	153
Гармонические колебания заряда, силы тока и напряжения в колебательном контуре	154
Сравнение механических и электромагнитных колебаний	158
Вынужденные электромагнитные колебания	160
Переменный ток	160
Резонанс	163
Трансформатор	164

Электромагнитные волны и их характеристики.....	165
Применение электромагнитных волн в технике и быту.....	167
ОПТИКА.....	169
Прямолинейное распространение света.....	169
Основные понятия геометрической оптики.....	170
Закон отражения света.....	170
Плоское зеркало.....	171
Закон преломления света.....	172
Линзы.....	174
Основные типы линз.....	175
Свойства преломления лучей, проходящих через линзу.....	176
Построение изображения в линзах.....	177
Тонкая линза.....	180
Фотоаппарат как оптический прибор.....	181
Глаз как оптическая система.....	182
Интерференция света.....	183
Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух синфазных когерентных источников.....	184
Дифракция света.....	185
Дисперсия света.....	189
СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.....	191
Основные понятия специальной теории относительности.....	191
Принцип относительности Эйнштейна.....	192
Следствия из постулатов теории относительности.....	192
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА.....	195
—○ Основные положения. Корпускулярно-волновой дуализм.....	195
Гипотеза Планка о квантах.....	195
Фотоны.....	196
Фотоэффект.....	196
Опыты А. Г. Столетова.....	197
Законы фотоэффекта.....	198
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.....	199
Волновые свойства частиц.....	202
Корпускулярно-волновой дуализм.....	203
Дифракция электронов на кристаллах.....	205
Давление света.....	205
—○ Физика атома.....	206
Планетарная модель атома.....	206
Постулаты Бора.....	207
Модель атома водорода по Бору.....	209
Линейчатые и полосатые спектры.....	211
Лазер.....	213
—○ Физика атомного ядра.....	214

Нуклонная модель ядра Гейзенберга — Иваненко.....	214
Энергия связи нуклонов в ядре	215
Радиоактивность	216
Основные виды излучений различной физической природы.....	217
Закон радиоактивного распада	219
Ядерные реакции	221
Деление тяжёлых ядер.....	221

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ223

— 1. Кинематика.....	223
— 2. Динамика	224
— 3. Законы сохранения	225
— 4. Статика, гидростатика.....	227
— 5. Механика. Анализ физических явлений и процессов, выбор верных утверждений	228
— 6. Механика. Анализ физических явлений, установление характера изменения физических величин	230
— 7. Молекулярно-кинетическая теория	232
— 8. Термодинамика	234
— 9. Молекулярная физика. Анализ физических явлений и процессов, выбор верных утверждений	235
— 10. Молекулярная физика. Установление характера изменения физических величин.....	236
— 11. Электрическое поле, законы постоянного тока	238
— 12. Магнитное поле, электромагнитная индукция.....	239
— 13. Оптика.....	240
— 14. Электродинамика. Анализ физических явлений и процессов, выбор верных утверждений	241
— 15. Электродинамика. Установление характера изменения физических величин.....	242
— 16. Квантовая физика	244
— 17. Квантовая физика. Анализ физических явлений, установление характера изменения физических величин	245
— 18. Выбор правильных формулировок физических величин, законов и закономерностей.....	247
— 19. Определение показаний измерительных приборов с учётом погрешности.....	247
— 20. Планирование эксперимента.....	248
— 21. Качественная задача.....	249
— 22—26. Расчётные задачи	250

ПРИЛОЖЕНИЕ	255
—○ Что необходимо помнить при решении задач	255
Кинематика	255
Динамика	256
Законы сохранения	257
Статика, гидростатика, колебания и волны	258
Молекулярно-кинетическая теория	259
Термодинамика	260
Относительная влажность, количество теплоты	261
Электродинамика	262
Электромагнитные явления	263
Геометрическая и волновая оптика	264
Квантовая физика	265
—○ Формулы, физические величины и определения, необходимые для успешного выполнения заданий на ЕГЭ	266
Задание 1. Кинематика	266
Задание 2. Динамика	267
Задание 3. Законы сохранения	268
Задание 4. Статика, гидростатика. Механические колебания и волны	268
Задания 5, 6, 9, 10. Анализ физических явлений	269
Задание 7. Молекулярно-кинетическая теория	270
Задание 8. Термодинамика	271
Задание 11. Электрическое поле. Законы постоянного тока	272
Задание 12. Магнитное поле. Электромагнитная индукция	273
Задание 13. Электромагнитные колебания и волны. Оптика	274
Задания 14, 15. Анализ физических явлений	275
Задания 16, 17. Квантовая физика	275
Задание 18. Формулировки физических законов, определения физических величин	276
Задание 19. Определение значения физической величины методом прямого или косвенного измерения	280
Задание 20. Планирование эксперимента	281
Задания с развёрнутым ответом	281
Задание 21. Качественная задача (механика, молекулярная физика, термодинамика, электродинамика)	282
Задания 22, 23. Механика, молекулярная физика, термодинамика, электродинамика	283
Задания 24, 25. Молекулярная физика, термодинамика, электродинамика, оптика	284
Задание 26. Задача с обоснованием применения законов, используемых для решения	284
—○ Справочные данные	286

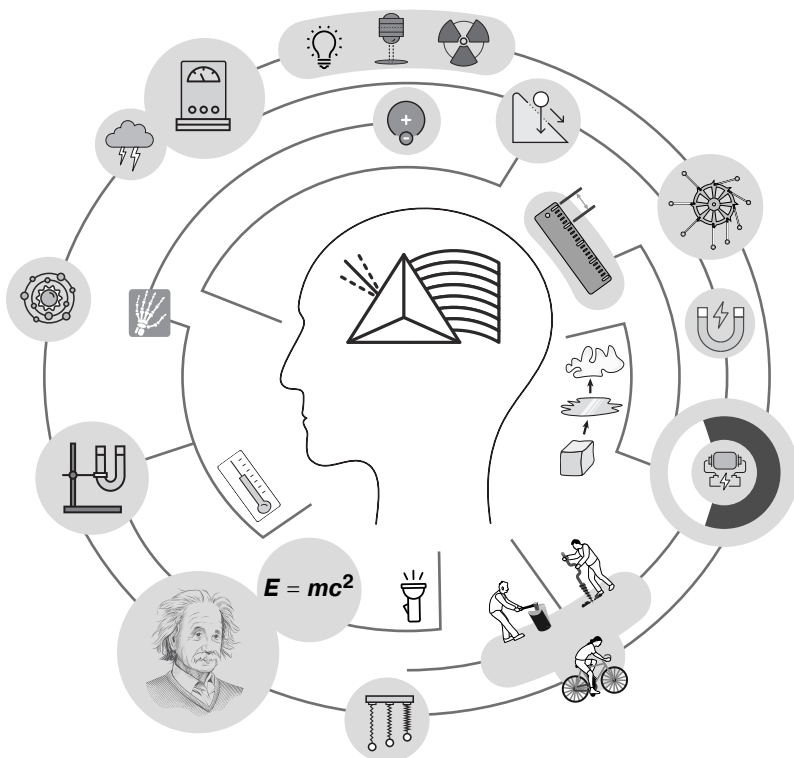
Введение

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

Пособие включает разделы «Физика — наука о природе», «Механика», «Молекулярная физика», «Электродинамика», «Оптика», «Специальная теория относительности», «Квантовая физика», «Примеры решения задач». Темы, представленные в пособии, соответствуют Федеральным государственным образовательным стандартам основного общего и среднего общего образования и включены в Федеральную образовательную программу по физике, то есть присутствуют в содержании государственного (итогового) контроля.

Учебный материал изложен в виде таблиц с примерами, рисунками и схемами по основным разделам школьного курса физики. Это позволит выделить главное, будет способствовать систематизации и закреплению знаний, лучшему усвоению и запоминанию информации, а также поможет качественно подготовиться к ЕГЭ в условиях дефицита времени.

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



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.

Физические явления — изменения в природе при сохранении состава вещества.

Способ изучения физических явлений	Описание
Наблюдение	Один из основных источников физических знаний, который позволяет получать первичную информацию о сущности явлений путём их целенаправленного восприятия
Опыт	Включает гипотезу, практический эксперимент, выводы. Опыты проводятся с определённой целью по заранее составленному плану, при этом выполняются измерения
Эксперимент	Один из методов познания, целью которого является подтверждение или опровержение гипотезы. В ходе эксперимента устанавливаются закономерности физического явления, зависимость физических величин друг от друга

Обратите внимание

В КИМ ЕГЭ есть задание, которое проверяет умение выбирать оборудование и планировать эксперимент. Приведём основные положения, которые необходимо учитывать при выполнении данного задания.

Выбор оборудования для эксперимента

Из предложенного перечня необходимо выбрать оборудование для проведения эксперимента по определению плотности алюминия. У учащегося в наличии есть стакан с водой и алюминиевый шар с крючком. Предложенный перечень допол-

>>>

нительного оборудования: мензурка, секундомер, пружина, медный цилиндр, динамометр.

Задание кажется достаточно простым, но, чтобы выбрать нужное оборудование,

надо не только знать формулу для определения плотности тела $\rho = \frac{m}{V}$, но и по-

нимать, как можно получить (измерить) физические величины для применения данной формулы. Чтобы измерить объём тела, нужна мензурка, в которую переливают воду из стакана и погружают тело (по изменению объёма жидкости вычисляется объём тела). Чтобы определить массу тела, необходимы весы, но они не всегда есть в перечне предлагаемого оборудования, поэтому следует помнить, что массу можно найти, используя динамометр ($F = mg$). Таким образом, из предложенного списка нужно выбрать мензурку и весы (или динамометр).

Следует понимать, что стакан и мензурка выполняют разные функции. В стакан можно только налить воду для эксперимента, а с помощью мензурки — измерить объём погружённого в неё тела, так как на мензурке проставлена мерная шкала. Пружина и динамометр также являются разными приборами, так как динамометр имеет шкалу и позволяет определить силу.

Планирование эксперимента

Необходимо провести эксперимент по установлению зависимости одной величины в физическом явлении от другой. При выполнении заданий данного типа важно понимать следующее: если требуется проанализировать изменение физической величины, то в эксперименте может изменяться только одна величина, а остальные должны быть неизменными, в противном случае будет непонятно, какая именно физическая величина вызвала указанное изменение. Рассмотрим данное утверждение на конкретном примере.

При изучении силы Архимеда, действующей на полностью погружённое в жидкость тело, провели несколько опытов и занесли результаты в таблицу.

№ опыта	Жидкость, налитая в сосуд	Объём тела, см ³	Материал, из которого сделано тело
1	Вода	40	Железо
2	Нефть	30	Железо
3	Подсолнечное масло	30	Медь
4	Нефть	30	Медь
5	Вода	50	Железо

Анализируя данные таблицы, можно сделать следующие выводы.

1) Опыты 1 и 5 показывают зависимость силы Архимеда, действующей на полностью погружённое в жидкость тело, от объёма тела (жидкости, налитые в сосуд, и материалы тел одинаковые, объёмы тел разные).

>>>

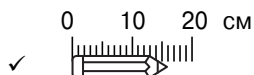
2) Опыты 2 и 4 показывают зависимость силы Архимеда, действующей на полностью погружённое в жидкость тело, от материала, из которого изготовлено тело (жидкости, налитые в сосуд, и объёмы тел одинаковые, материалы тел разные), или от массы тела.

3) Опыты 3 и 4 показывают зависимость силы Архимеда, действующей на полностью погружённое в жидкость тело, от рода жидкости, налитой в сосуд (материалы тел и их объёмы одинаковые, жидкости, налитые в сосуды, разные).

Измерение физических величин

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

Цена деления прибора показывает, какому значению величины соответствует самое малое деление шкалы. Для определения цены деления надо разделить разность двух ближайших числовых значений на числовой шкале на количество делений между ними.



Цена деления: $\frac{10-0}{10} = \frac{10}{10} = 1 \text{ см}$

Прямое и косвенное измерение физической величины

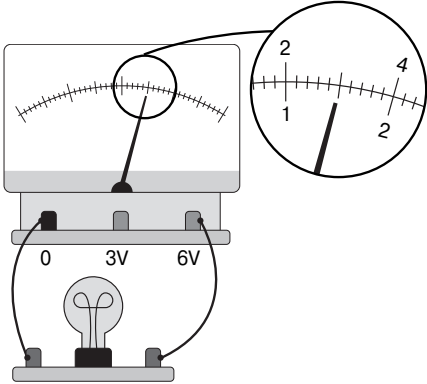
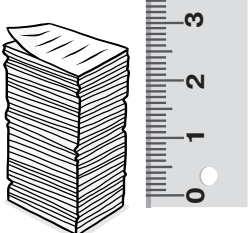
Определение	Примеры
Прямое измерение физической величины	
Если измеряемая величина непосредственно сравнивается с мерой, то измерения называются прямыми. Прямое измерение позволяет получить искомое значение физической величины, используя приборы	Измерение линейных размеров тел с помощью масштабной линейки, объёма жидкости с помощью мензурки, времени — секундомером, скорости — спидометром, напряжения — вольтметром

Определение	Примеры
Косвенное измерение физической величины	
Если измеряется не сама искомая величина, а некоторые другие величины, связанные с ней функциональной зависимостью, то измерения называются косвенными	Измерения объёма с использованием плотности или массы, размера одной дробины, определяемого методом рядов, и т. д.

● — Погрешность

Определение	Необходимые условия
Погрешность измерения прибора равна половине цены деления измерительного прибора (если нет иных указаний, как, например, «равна цене деления прибора»): $A = a \pm \Delta a,$ где A — измеряемая величина, a — результат измерения, Δa — погрешность измерения. ✓ $16,0 \pm 0,5$ (см) — погрешность равна половине цены деления прибора. 16 ± 1 (см) — погрешность равна цене деления прибора	• Погрешность и измеряемая величина должны быть выражены в одних единицах измерения. • В конечном выражении при округлении погрешности следует оставлять одну значащую цифру. • Погрешность и вычисляемая величина должны даваться с одинаковой точностью (количество знаков после запятой должно быть одинаковым)



Определение погрешности прямых измерений	Определение погрешности косвенных измерений
Определите напряжение на лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна половине цены деления вольтметра. В ответе запишите показания вольтметра с учётом погрешности измерений.  Решение В данном случае предел измерения — 6 В, значит, снимать показания надо по верхней шкале. Определим цену деления: $(4 - 2) : 10 = 0,2$ В. Прибор показывает 3 В. Погрешность равна половине цены деления, то есть 0,1 В. Ответ: $(3,0 \pm 0,1)$ В. Запишем в бланке ответов результат измерения напряжения на лампочке с учётом погрешности: 3,00,1	С помощью ученической линейки измерили толщину пачки бумаги, состоящей из 250 листов. Толщина оказалась равна 2,5 см. Чему равна толщина одного листа, если погрешность линейки составляет 1 мм? Запишите, чему равна толщина одного листа бумаги с учётом погрешности.  Решение Толщина пачки листов: $L \pm \Delta L$, где ΔL — погрешность линейки. Погрешность измерения всех листов определяется как сумма погрешностей при измерении толщины одного листа. Отсюда следует: $L \pm \Delta L = N \cdot l \pm N \cdot \Delta l$, где l и Δl — толщина и погрешность измерения одного листа соответственно. Тогда толщина одного листа бумаги (с учётом количества знаков после запятой в погрешности) равна: $l \pm \Delta l = \frac{L}{N} \pm \frac{\Delta L}{N} = \frac{25}{250} \pm \frac{1}{250} = 0,100 \pm 0,004$ (мм). Ответ: $(0,100 \pm 0,004)$ мм. В бланке ответов запишем: 0,1000,004

— Десятичные приставки в названиях единиц измерения

- Приставка пишется слитно с единицей, к которой она присоединяется.
- Не разрешается использовать две приставки и более, идущие друг за другом (запись вида «ммкм — миллимикрометр» некорректна).

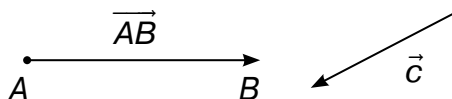
Обозначение (наименование)	Множитель (пример)
Кратные приставки Увеличивают в 100, 1000 раз и т. д.	
г (гекто) к (кило) М (мега) Г (гига)	10^2 (1 гПа = 100 Па) 10^3 (1 кг = 1000 г) 10^6 (1 МДж = 1 000 000 Дж) 10^9 (1 ГВт = 1 000 000 000 Вт)
Дольные приставки Уменьшают в 10, 100, 1000 раз и т. д.	
д (деци) с (санти) м (милли) мк (микро) н (нано)	10^{-1} (1 дм = 0,1 м) 10^{-2} (1 см = 0,01 м) 10^{-3} (1 мг = 0,001 г) 10^{-6} (1 мкм = 0,000001 м) 10^{-9} (1 нм = 0,000000001 м)

• — Виды физических величин

Характеристика	Примеры
Скалярные величины	
Характеризуются только численным значением	Время, масса, объём, плотность
Векторные величины	
Кроме численного значения, характеризуются направлением в пространстве	Скорость, перемещение, ускорение, сила, импульс

○ Проекция вектора ○

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



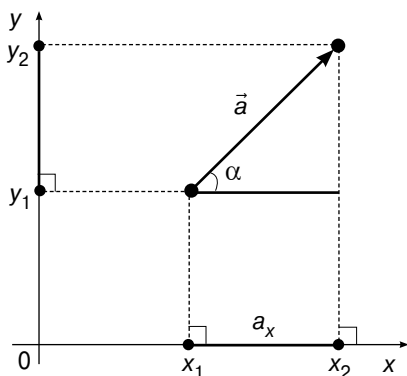
i

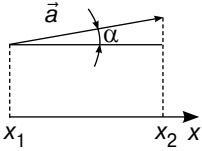
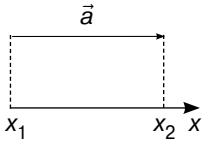
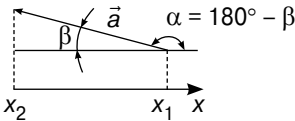
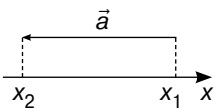
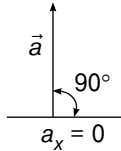
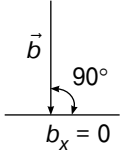
Проекция вектора на ось равна разности координат его конца и начала.

$$a_x = x_2 - x_1 = |\vec{a}| \cdot \cos \alpha,$$

$$a_y = y_2 - y_1 = |\vec{a}| \cdot \sin \alpha,$$

где α — угол, образованный вектором и осью координат.



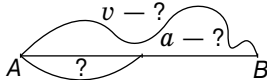
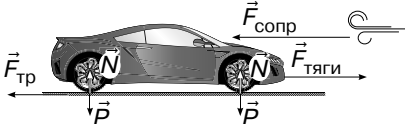
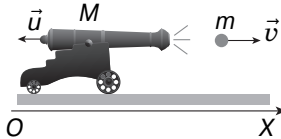
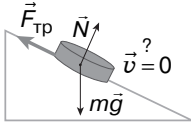
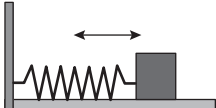
Определение проекции вектора на ось Ox	Пример, формула	
$a_x > 0$, если направление вектора совпадает с направлением оси Ox	 $a_x = \vec{a} \cos \alpha$	 $a_x = \vec{a} $
$a_x < 0$, если вектор направлен в сторону, противоположную направлению оси Ox	 $a_x = - \vec{a} \cos \beta$	 $a_x = - \vec{a} $
$a_x = 0$, если направление вектора перпендикулярно оси Ox	 $a_x = 0$	 $b_x = 0$

Механика

Механика — раздел физики, изучающий законы движения и взаимодействие материальных тел (или частей тела).

Основная задача механики — определение положения тела в любой момент времени.

i

Области исследований по разделам механики	Пример
Кинематика	
Способы математического описания движения тел	
Динамика	
Причины возникновения движения	
Законы сохранения	
Превращение одного вида энергии в другой	
Статика и гидростатика	
Условия равновесия тел	
Механические колебания и волны	
Причины возникновения и распространения колебаний в пространстве	

Кинематика изучает механическое движение тел и физические величины, характеризующие это движение, и не рассматривает причины, которыми вызвано такое движение.

● — Механическое движение

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

● Классификация механического движения ●

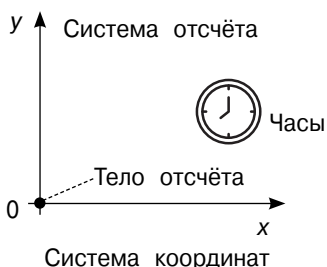
Вид механического движения	Описание
По траектории	
Прямолинейное	Тело движется вдоль прямой линии
Криволинейное	Тело движется по окружности или дугам окружности
По скорости	
Равномерное	Тело за любые равные промежутки времени проходит равные расстояния
Неравномерное	Тело за равные промежутки времени проходит разные расстояния
По траектории движения точек тела	
Поступательное	Все точки тела движутся одинаково
Вращательное	Все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной прямой (оси вращения)
Колебательное	Повторяющийся во времени процесс движения около точки равновесия

Один из видов неравномерного движения — **равнопеременное движение**, при котором за любые равные промежутки времени скорость тела изменяется на одну и ту же величину.

● — Материальная точка

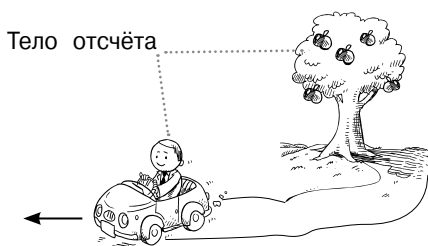
Модель	Примеры
Тело, размерами (но не массой) которого в данных условиях можно пренебречь	Материальная точка: самолёт совершает перелёт Москва — Екатеринбург. Не материальная точка: самолёт совершает разворот в небе, пассажир идёт по салону самолёта
Тело, которое движется поступательно (все точки тела движутся одинаково)	Материальная точка: машина движется по прямолинейному участку дороги. Не материальная точка: машина совершает поворот на перекрёстке

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

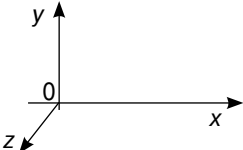
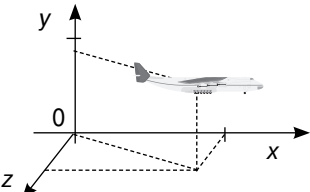


Тело отсчёта — произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение движущейся материальной точки (или тела).

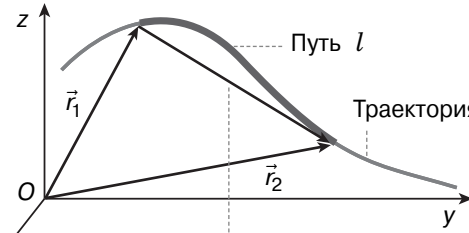
✓ Дорога, машина, Земля.



Система координат, связанная с телом отсчёта	Примеры
Одномерная 	 Тело движется вдоль прямой (велосипедист, автомобиль на шоссе, лифт в шахте)
Двухмерная 	 Тело движется по плоскости (корабль в море, комбайн в поле)

Система координат, связанная с телом отсчёта	Примеры
Трёхмерная 	 Тело движется в пространстве (самолёт, подводная лодка)

— Основные термины кинематики

Определение	Формулы, примеры
Радиус-вектор $\vec{r}$ (м) — вектор, соединяющий начало координат с точкой, в которой находится тело	 Путь l Траектория Перемещение $\vec{s}$ $\vec{s} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1) = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = \Delta \vec{r}$
Перемещение $\vec{s}$ (м) — вектор, соединяющий начальное и конечное положения материальной точки	
Траектория — линия, которую описывает тело при движении	
Пройденный путь l (м) — длина участка траектории, пройденного материальной точкой за данный промежуток времени	
Скорость материальной точки $\vec{v}$ (м/с) — векторная величина, показывающая, какое перемещение совершило тело за единицу времени	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{r}'_t = (v_x, v_y, v_z);$ $v_x = \frac{x - x_0}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = x'_t, \text{ где } x_0 — \text{начальная координата тела, } x — \text{конечная координата тела;}$ аналогично для v_y и v_z
Средняя (путевая) скорость $v_{\text{ср}}$ (м/с) — скалярная величина, равная отношению пути к промежутку времени, за который данный путь пройден	$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t},$ где l — пройденный путь, t — время, затраченное на его прохождение. $v_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$

Определение	Формулы, примеры
Ускорение $\vec{a}$ (м/с ²) — физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости по модулю и направлению	$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{v}'_t = (a_x, a_y, a_z);$ $a_x = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = v'_{xt}, \text{ где } \vec{v} \text{ — конечная скорость тела, } \vec{v}_0 \text{ — начальная скорость тела;}$ аналогично для a_y и a_z

— Относительность движения

Виды физических величин	Примеры
Инвариантные — неизменные физические величины при движении в разных инерциальных системах отсчёта со скоростью, которая во много раз меньше скорости света	Время, масса, ускорение
Относительные — физические величины, которые изменяются при переходе из одной инерциальной системы отсчёта в другую	Скорость, импульс. Траектория, описываемая лопастью вертолётa, будет различной для пилота вертолётa и наблюдателей на земле

При движении тела в двух системах отсчёта, движущихся относительно друг друга, его скорость относительно неподвижной системы отсчёта (СО) $\vec{v}$ равна векторной сумме скорости тела относительно подвижной СО ($\vec{v}_1$) и собственной скорости подвижной СО относительно неподвижной ($\vec{u}$).

ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ:

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

ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ:

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}_1 + \Delta \vec{r}_0.$$