

СОДЕРЖАНИЕ

Механика	9
1.1. Кинематика	10
1.1.1. Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчета.	10
1.1.2. Материальная точка	11
1.1.3. Скорость материальной точки. Сложение скоростей.	15
1.1.4. Ускорение материальной точки.	17
1.1.5. Равномерное прямолинейное движение	18
1.1.6. Равноускоренное прямолинейное движение	20
1.1.7. Свободное падение. Ускорение свободного падения	21
1.1.8. Равномерное движение точки по окружности	24
1.1.9. Твердое тело. Поступательное и вращательное движение твердого тела	25
1.2. Динамика	27
1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея	28
1.2.2. Масса вещества. Плотность вещества.	32
1.2.3. Взаимодействие. Сила. Принцип суперпозиции сил	33
1.2.4. Второй закон Ньютона (основной закон динамики).	37
1.2.5. Третий закон Ньютона	38
1.2.6. Закон всемирного тяготения	39
1.2.7. Космические скорости	44
1.2.8. Сила упругости. Закон Гука	45
1.2.9. Сила трения	47
1.2.10. Давление	50
1.3. Статика	50
1.3.1. Момент силы	51
1.3.2. Равновесие механической системы (абсолютно твердого тела).	53
1.3.3. Закон Паскаля	54

1.3.4. Давление в жидкости, покоящейся в ИСО	54
1.3.5. Закон Архимеда. Условия плавания тел.	56
1.4. Законы сохранения в механике	58
1.4.1. Импульс тела (материальной точки)	58
1.4.2. Импульс системы тел. Закон изменения импульса	58
1.4.3. Закон сохранения импульса	59
1.4.4. Работа силы	61
1.4.5. Мощность силы.	63
1.4.6. Кинетическая энергия. Закон изменения кинетической энергии	63
1.4.7. Потенциальная энергия	64
1.4.8. Закон изменения и сохранения механической энергии	65
1.4.9. Простые механизмы. КПД механизмов	66
1.4.10. Столкновение тел. Упругий и неупругий удары.	69
1.5. Механические колебания и волны	69
1.5.1. Гармонические колебания	70
1.5.2. Свободные колебания математического и пружинного маятников	72
1.5.3. Вынужденные колебания. Резонанс	74
1.5.4. Упругие волны (механические волны)	76
1.5.5. Звук (звуковые волны)	81
Молекулярная физика. Термодинамика	84
2.1. Молекулярная физика	84
2.1.1. Модели строения газов, жидкостей и твердых тел	85
2.1.2. Тепловое движение атомов и молекул вещества.	89
2.1.3. Взаимодействие частиц вещества.	90
2.1.4. Броуновское движение. Диффузия.	91
2.1.5. Модель идеального газа в МКТ	94
2.1.6. Основное уравнение МКТ (давление газа)	95
2.1.7. Абсолютная температура. Температура как мера кинетической энергии	96
2.1.8. Уравнение $p = nkT$	97
2.1.9. Уравнение состояния идеального газа	97

2.1.10. Изопроцессы в газах	98
2.1.11. Насыщенные и ненасыщенные пары	99
2.1.12. Влажность воздуха.	101
2.1.13. Изменение агрегатных состояний вещества: испарение и конденсация, кипение жидкости	103
2.1.14. Изменение агрегатных состояний вещества: плавление и кристаллизация	104
2.1.15. Преобразование энергии в фазовых переходах.	105
2.2. Термодинамика	113
2.2.1. Тепловое равновесие и температура	114
2.2.2. Внутренняя энергия.	115
2.2.3. Теплопередача как способ изменения внутренней энергии без совершения работы. Конвекция, теплопроводность, излучение.	117
2.2.4. Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества.	118
2.2.5. Удельная теплота парообразования. Удельная теплота плавления. Удельная теплота сгорания.	119
2.2.6. Работа в термодинамике.	120
2.2.7. Первый закон термодинамики	121
2.2.8. Второй закон термодинамики, необратимость.	123
2.2.9. Принцип действия тепловых двигателей	125
2.2.10. Цикл Карно	125
2.2.11. Уравнение теплового баланса	127
Электродинамика	128
3.1. Электростатика	128
3.1.1. Электрические заряды. Закон сохранения зарядов	128
3.1.2. Закон Кулона	130
3.1.3. Электрическое поле. Действие электрического поля на электрические заряды	131
3.1.4. Напряженность электрического поля.	132

3.1.5. Принцип суперпозиции электрических полей	133
3.1.6. Потенциальность электростатического поля.	134
3.1.7. Проводники в электрическом поле	138
3.1.8. Диэлектрики в электрическом поле	140
3.1.9. Электрическая емкость конденсатора.	142
3.1.10. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.	143
3.1.11. Энергия поля конденсатора.	144
3.2. Законы постоянного тока	144
3.2.1. Сила тока, условия его существования	144
3.2.2. Закон Ома для участка цепи.	145
3.2.3. Электрическое сопротивление	146
3.2.4. Электродвижущая сила. Внутреннее сопротивление источника тока	148
3.2.5. Закон Ома для полной электрической цепи.	150
3.2.6. Параллельное и последовательное соединение проводников.	153
3.2.7. Работа электрического тока. Закон Джоуля — Ленца	153
3.2.8. Мощность электрического тока	154
3.2.9. Свободные носители электрического заряда в металлах, жидкостях и газах. Полупроводники	154
3.3. Магнитное поле	162
3.3.1. Естественные и искусственные магниты. Взаимодействие магнитов.	162
3.3.2. Взаимодействие тока и магнита. Взаимодействие токов	165
3.3.3. Магнитная индукция.	166
3.3.4. Сила Ампера.	170
3.3.5. Сила Лоренца	172
3.4. Электромагнитная индукция	179
3.4.1. Магнитный поток	179
3.4.2. Явление электромагнитной индукции	179
3.4.3. Правило Ленца	181

3.4.4. Закон электромагнитной индукции Фарадея	182
3.4.5. ЭДС индукции в движущихся проводниках	184
3.4.6. Индуктивность. Самоиндукция. ЭДС самоиндукции	185
3.4.7. Энергия магнитного поля	187
3.5. Электромагнитные колебания и волны	187
3.5.1. Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре	188
3.5.2. Закон сохранения энергии в колебательном контуре	189
3.5.3. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс	191
3.5.4. Переменный ток. Производство, передача и потребление электрической энергии.	192
3.5.5. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны	200
3.5.6. Шкала электромагнитных волн. Применение электромагнитных волн	203
3.6. Оптика	209
3.6.1. Геометрическая оптика	210
3.6.2. Элементы волновой оптики.	224
Основы специальной теории относительности	238
4.1. Скорость света и ее измерение	238
4.2. Постулаты СТО и их следствия	240
4.3. Энергия и импульс свободной частицы	243
4.4. Основные уравнения релятивистской механики. Связь массы и энергии	243
Квантовая физика	245
5.1. Гипотеза Планка о квантах. Фотоны	245
5.1.1. Фотоэффект. Опыты А. Г. Столетова. Законы фотоэффекта	245
5.1.2. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.	248
5.1.3. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де Бройля.	248

5.2. Физика атома	252
5.2.1. Планетарная модель атома	252
5.2.2. Постулаты Бора	253
5.2.3. Оптические спектры	255
5.2.4. Лазер	258
5.3. Физика атомного ядра	260
5.3.1. Состав ядра. Нуклонная модель Гейзенберга — Иваненко	260
5.3.2. Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы	261
5.3.3. Дефект массы ядра	263
5.3.4. Радиоактивность	263
5.3.5. Закон радиоактивного распада. Период полураспада	265
5.3.6. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер	268

Механика — наука о механическом движении материальных тел и происходящих при этом взаимодействиях между ними.

Релятивистская механика, или **специальная теория относительности Эйнштейна**, изучает движение тел при скоростях v , сравнимых со скоростью света c :

$$v \approx c.$$

Классическая механика, или **механика Ньютона**, изучает движение любых тел (кроме элементарных частиц) при скоростях v , намного меньших скорости света c :

$$v \ll c.$$

Квантовая механика изучает движение элементарных частиц и внутриатомные явления.

Модели классической механики

Модель в физике — это упрощенная версия физической системы (процесса), сохраняющая ее (его) главные черты.

- ▶ **Материальная точка** — объект пренебрежимо малых размеров, имеющий массу. Это понятие можно использовать, когда тело движется поступательно или когда в изучаемом движении можно пренебречь вращением тела вокруг его центра масс.
- ▶ **Абсолютно твердое тело** — тело, расстояние между двумя любыми точками которого не меняется. Это понятие применимо, когда можно пренебречь деформацией тела.
- ▶ **Сплошная изменяемая среда** — это понятие применимо, когда можно пренебречь молекулярной структурой тела. Его используют при изучении движения жидкостей, газов, деформируемых твердых тел.

Окончание таблицы

- Движение тел происходит в пространстве, свойства которого описываются геометрией Евклида, а *ход времени одинаков во всех системах отсчета*.

Разделы механики

- 1) механика материальной точки;
- 2) механика абсолютно твердого тела;
- 3) механика сплошной среды, в которую, в свою очередь, входят:
 - а) теория упругости;
 - б) теория пластичности;
 - в) гидродинамика;
 - г) аэродинамика;
 - д) газовая динамика.

Кинематика — это учение о геометрических свойствах движения тел.

Динамика — это учение о движении тел под действием сил.

Статика — это учение о равновесии тел под действием сил (греч. слово *statos* означает «стоящий»).

1.1. Кинематика

Кинематика (от греч. *kinematos* — движение) — раздел механики, в котором изучаются геометрические свойства движения тел без учета их массы и действующих на них сил.

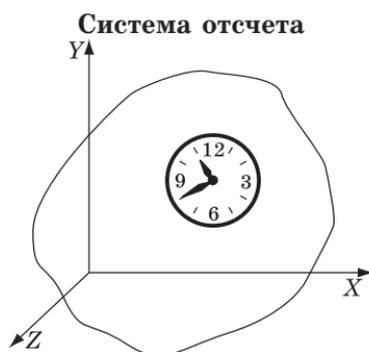
1.1.1. Механическое движение. Относительность механического движения. Система отсчета

Под **механическим движением** понимают изменение с течением времени взаимного расположения тел или их частей в пространстве.

Тело, **относительно** которого рассматривается изменение положения других тел в пространстве, называется **телом отсчета**.

Ясно, что без указания тела отсчета говорить о механическом движении не имеет смысла: так, например, человек, сидящий в лодке, которая плывет по реке, *движется относительно берегов реки* вместе с лодкой, но *неподвижен относительно лодки*.

Система координат X, Y, Z , тело отсчета, с которым она связана, и прибор для измерения времени (часы) образуют систему отсчета, относительно которой рассматривается движение тела.



Систему отсчета можно выбрать произвольно. При кинематических исследованиях все системы отсчета равноправны. В задачах динамики также можно использовать любые произвольно движущиеся системы отсчета, но удобнее всего использовать инерциальные системы отсчета, так как характеристики движения имеют в них более простой вид. Ход времени во всех системах отсчета в Ньютоновой механике одинаков.

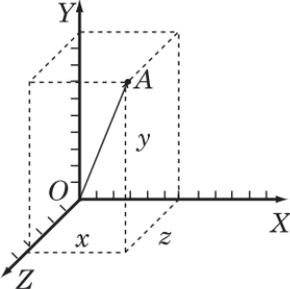
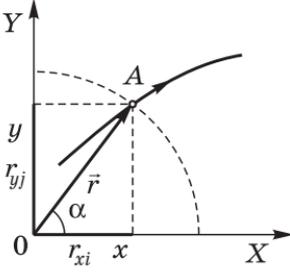
При изучении механического движения в качестве тела отсчета, как правило, принимается Земля. Связанная с ней система отсчета называется **лабораторной** (или **земной**).

1.1.2. Материальная точка

Понятие «**материальная точка**» вводится для описания (с помощью математических формул) механического движения тел.

Определение	Допустимость представления
<p>Материальная точка — объект пренебрежимо малых размеров, имеющий массу.</p>	<p>Тело, размерами которого в условиях рассматриваемой задачи можно пренебречь, допустимо считать материальной точкой.</p>

Материальной точкой правомерно считать самолет, если требуется, например, определить среднюю скорость его движения на пути из Москвы в Новосибирск. Но при вычислении силы сопротивления воздуха, действующей на летящий самолет, считать его материальной точкой нельзя, поскольку сила сопротивления зависит от размеров и формы самолета.

Способы задания положения точки и описание ее движения	
1) с помощью координат	2) с помощью радиус-вектора
	
<p>Положение точки с помощью координат задается тремя проекциями точки x, y, z на оси декартовой системы координат OX, OY, OZ. Записывается это так: $A(x, y, z)$.</p>	<p>Радиус-вектор — это вектор, соединяющий начало отсчета с положением точки в произвольный момент времени.</p>

Окончание таблицы

<p>Для конкретного случая, изображенного на рисунке:</p> <p style="text-align: center;">$A(6; 10; 4,5)$.</p> <p>Если точка движется в пределах некоторой плоскости, то через выбранное на теле отсчета начало координат O достаточно провести две координатные оси: OX и OY. Тогда положение точки на плоскости определяют двумя координатами x и y.</p> <p>Если точка движется вдоль прямой, достаточно задать одну координатную ось OX и направить ее вдоль линии движения.</p>	<p>Точка задана радиус-вектором \vec{r}, если известны его длина (модуль \vec{r}) и направление в пространстве, т. е. значения его проекций r_x, r_y, r_z на оси координат OX, OY, OZ, либо углы между радиус-вектором и осями координат. Для случая движения на плоскости:</p> $x = r_x = r \cos a,$ $y = r_y = r \sin a.$ <p>и:</p> $\vec{r} = \vec{r}_{xi} + \vec{r}_{yj}.$
--	--

Кинематические уравнения движения точки

<p>в координатной форме:</p> $x = x(t),$ $y = y(t),$ $z = z(t).$	<p>в векторной форме:</p> $\vec{r} = \vec{r}(t).$
--	---

Характеристики движения материальной точки

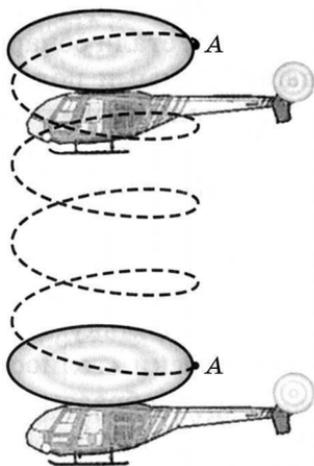
<p>Траектория — это линия (или, как принято говорить, кривая), которую описывает тело при движении относительно выбранного тела отсчета.</p>	<p>Говорить о траектории имеет смысл лишь в том случае, когда тело можно представить в виде материальной точки.</p>
---	---

Окончание таблицы

Форма траектории зависит от выбора тела отсчета. Так, любая точка на вращающемся пропеллере спускающегося на землю вертолета описывает окружность относительно оси пропеллера и гораздо более сложную кривую — винтовую линию относительно Земли.

Путь (s) — это длина участка траектории, пройденного материальной точкой за данный промежуток времени.

Например, на рисунке — это длина пунктирной спирали от верхней до нижней точки A .



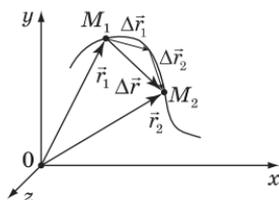
Перемещение в механике — это вектор, соединяющий положения движущейся точки в начале и в конце некоторого промежутка времени.

Если точка M_1 задана радиус-вектором \vec{r}_1 , а точка M_2 — радиус-вектором \vec{r}_2 , то, как видно из рисунка, вектор перемещения $\Delta\vec{r}$, равен разности этих двух векторов, т. е. изменению радиус-вектора за время $\Delta t = t_2 - t_1$:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1.$$

Сложение перемещений $\Delta\vec{r}_1$ и $\Delta\vec{r}_2$ (например, на двух соседних участках траектории) осуществляется по правилу сложения векторов:

$$\Delta\vec{r} = \Delta\vec{r}_1 + \Delta\vec{r}_2.$$



Перемещение и путь

Модуль вектора перемещения в общем случае не равен длине пути, пройденного точкой за время Δt . (Траектория может быть криволинейной, и, кроме того, точка может менять направление движения.) Модуль вектора перемещения равен пути только при прямолинейном движении в одном направлении. Если направление прямолинейного движения меняется, модуль вектора перемещения меньше пути. При криволинейном движении модуль вектора перемещения также меньше пути, т. к. хорда всегда меньше длины дуги, которую она стягивает (см. рисунок на с. 14).

1.1.3. Скорость материальной точки. Сложение скоростей

Скоростью \vec{v} точки называется предел отношения перемещения $\Delta \vec{r}$ к промежутку времени Δt , в течение которого это перемещение произошло, при стремлении Δt к нулю (т. е. производной \vec{r} по t):

Составляющие вектора скорости по осям X , Y , Z определяются аналогично:

$$\vec{v}_x = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = x';$$

$$v_y = y'; \quad v_z = z'.$$

Определенное таким образом понятие скорости называют также **мгновенной скоростью**.

Вектор мгновенной скорости \vec{v} всегда направлен по касательной к траектории движения. Он указывает направление, по которому происходило бы движение тела, если бы с момента времени t на него прекратилось действие любых других тел.



Окончание таблицы

Средняя скорость точки вводится для характеристики неравномерного движения (т. е. движения с переменной скоростью) и определяется двояко.

1. **Средняя скорость** точки $v_{\text{ср}}$ равна отношению всего пройденного телом пути Δs ко всему времени движения Δt :

$$v_{\text{ср}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

При таком определении средняя скорость — скаляр, т. к. пройденный путь (расстояние) и время — величины скалярные. Такой способ определения дает представление о *средней скорости движения на участке траектории (средней путевой скорости)*.

2. **Средняя скорость** точки равна отношению перемещения точки к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло:

$$\bar{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Средняя скорость перемещения — величина *векторная*. Для неравномерного криволинейного движения такое определение средней скорости не всегда позволяет определить даже приблизительно реальные скорости на пути движения точки. Например, если точка двигалась по замкнутой траектории в течение некоторого времени, то перемещение ее равно нулю (но скорость явно отличалась от нуля). В этом случае лучше пользоваться первым определением средней скорости. В любом случае следует различать эти два определения средней скорости и знать, о какой из них идет речь.

