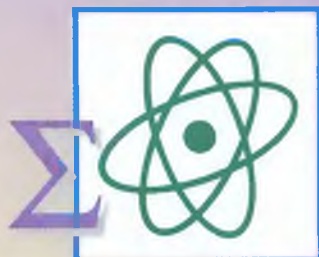


СРЕДНЕЕ (ПОЛНОЕ) ОБЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В.Л. Моркотун



Φ

ФИЗИКА ВСЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ В ТАБЛИЦАХ

χ

>

Ω

τ

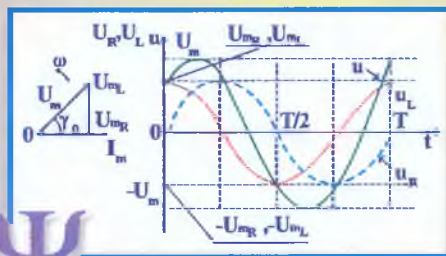
Ψ

γ

ω

μ

η



Δ

π

7-11

ВЛАДОС

СРЕДНЕЕ (ПОЛНОЕ) ОБЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В.Л. МОРКОТУН

ФИЗИКА

**ВСЕ ЗАКОНЫ
И ФОРМУЛЫ
В ТАБЛИЦАХ**

7–11 классы

Москва



2007

УДК 373.167.1:53*07/11
ББК 22.3я721
М79

Моркотун В.Л.
М79 **Физика. Все законы и формулы в таблицах. 7–11 кл. / В.Л. Моркотун. — М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2007. — 160 с. — (Среднее (полное) общее образование). ISBN 978-5-691-01145-0.**

УДК 373.167.1:53*07/11
ББК 22.3я721

- © Моркотун В.Л., 2004
- © ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2004
- © Оформление. ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2004

ISBN 978-5-691-01145-0

Учебное издание

Моркотун Владимир Леонтьевич

ФИЗИКА

**Все законы и формулы в таблицах
7–11 классы**

Зав. редакцией С.В. Платонов
Зав. художественной редакцией И.А. Пшеничников
Компьютерная верстка Р.Н. Королева
Корректор Т.С. Кудинова

Отпечатано с диапозитивов, изготовленных
ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС».

Лицензия ИД № 03185 от 10.11.2000.
Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.24.953.Д.006900.08.06 от 08.08.2006 г.
Сдано в набор 21.09.04. Подписано в печать 20.11.04.
Формат 60×90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 10,0. Тираж 3 500 экз. Заказ № 2428

Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС.
119571, Москва, просп. Вернадского, 88,
Московский педагогический государственный университет.
Тел. 437-11-11, 437-25-52, 437-99-98; тел./факс 735-66-25.
E-mail: vlados@dol.ru <http://www.vlados.ru>

ООО «Полиграфист».
160001, Россия, г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
ВВЕДЕНИЕ	11
ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА	12
Основные положения	12
МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	13
1. Взаимодействие тел	13
Начальные сведения и определения	13
Физические величины и их единицы	14
Связи физических величин	16
2. Давление твердых тел, жидкостей и газов	17
Начальные сведения и определения	17
Физические величины и их единицы	17
Связи физических величин	18
3. Работа и мощность. Энергия	19
Начальные сведения и определения	19
Физические величины и их единицы	20
Связи физических величин	21
ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	23
1. Теплопередача и работа	23
Начальные сведения и определения	23
Физические величины и их единицы	24
Связи физических величин	25
2. Агрегатные состояния вещества	26
Начальные сведения и определения	26
Физические величины и их единицы	27
Связи физических величин	27

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	28
Начальные сведения и определения	28
Физические величины и их единицы	30
Связи физических величин	31
СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	35
Начальные сведения и определения	35
Физические величины и их единицы	36
Связи физических величин	37
МЕХАНИКА	38
Начальные сведения и определения	38
I. КИНЕМАТИКА	42
Начальные сведения и определения	42
1. Прямолинейное движение	44
Начальные сведения и определения	44
Физические величины и их единицы	44
Связи физических величин	46
2. Криволинейное движение. Равномерное движение по окружности	54
Начальные сведения и определения	54
Физические величины и их единицы	55
Связи физических величин	56
3. Описание механического движения	59
А. Прямолинейное движение тела в вертикальном направлении с ускорением свободного падения	59
Физические величины	59
а) Движение тела, брошенного вертикально вниз	59
Связи физических величин	60
б) Движение тела, брошенного вертикально вверх	61
Связи физических величин	62
Б. Движение тела по кривой траектории	63
а) Движение тела, брошенного горизонтально	63
Физические величины	64
Связи физических величин	65
б) Движение тела, брошенного под углом к горизонту	65
Физические величины	65
Связи физических величин	66

II. ДИНАМИКА	67
Начальные сведения и определения	67
Физические величины и их единицы	69
Связи физических величин	70
Применение законов Ньютона	72
A. Расчет веса тела, движущегося с вертикально ориентированным ускорением	72
Физические величины	72
Связи физических величин	73
Б. Учет трения при движении тела в горизонтальном направлении	75
Физические величины	75
Связи физических величин	75
В. Движение тела по наклонной плоскости	76
Физические величины	76
Связи физических величин	77
III. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ	79
Начальные сведения и определения	79
Физические величины и их единицы	79
Связи физических величин	80
A. Иллюстрация закона сохранения импульса	82
Б. Иллюстрация закона сохранения энергии	82
IV. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	83
Начальные сведения и определения	83
Физические величины и их единицы	85
Связи физических величин	86
V. СТАТИКА	88
Начальные сведения и определения	88
1. Равновесие тела, не имеющего возможности вращаться ..	90
A. Равновесие кронштейна	90
Начальные сведения и определения	90
Физические величины и их единицы	91
Связи физических величин	91
Б. Примеры разложения сил на составляющие в случаях равновесия тел, не имеющих возможности вращаться ...	92
2. Равновесие тела, имеющего возможность вращаться ...	93
Начальные сведения и определения	93

Физические величины и их единицы	93
Связи физических величин	93
Примеры равновесия рычага	94
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	95
Начальные сведения и определения	95
I. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	96
1. Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества. Идеальный газ	96
Начальные сведения и определения	96
Физические величины и их единицы	97
Связи физических величин	98
2. Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы ..	99
Начальные сведения и определения	99
Физические величины и их единицы	99
Связи физических величин	100
3. Реальные газы, жидкости и твердые тела	101
А. Превращения жидкостей и газов	101
Начальные сведения и определения	101
Физические величины и их единицы	102
Связи физических величин	102
Б. Свойства жидкостей	103
Начальные сведения и определения	103
Физические величины и их единицы	103
Связи физических величин	104
В. Свойства твердых тел	104
Начальные сведения и определения	104
Физические величины и их единицы	105
Связи физических величин	105
II. ТЕРМОДИНАМИКА	106
Начальные сведения и определения	106
Физические величины и их единицы	106
Связи физических величин	107
ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	109
Начальные сведения и определения	109
I. ЭЛЕКТРОСТАТИКА	110
Начальные сведения и определения	110

Физические величины и их единицы	111
Связи физических величин	112
II. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК	119
Начальные сведения и определения	119
Физические величины и их единицы	120
Связи физических величин	122
III. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ	127
Начальные сведения и определения	127
Физические величины и их единицы	129
Связи физических величин	130
IV. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	131
Начальные сведения и определения	131
Физические величины и их единицы	132
Связи физических величин	133
V. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ	133
Начальные сведения и определения	133
1. Свободные электромагнитные колебания	134
Начальные сведения и определения	134
Физические величины	134
Связи физических величин	135
2. Вынужденные электромагнитные колебания (переменный ток)	135
Начальные сведения и определения	135
Физические величины	137
Связи физических величин	138
VI. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ	145
Начальные сведения и определения	145
Физические величины	145
Связи физических величин	145
ОПТИКА	146
Начальные сведения и определения	146

I. СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	146
Начальные сведения и определения	146
Физические величины	151
Связи физических величин	151
II. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	154
Начальные сведения и определения	154
Физические величины	154
Связи физических величин	155
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	156
I. СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ	156
Начальные сведения и определения	156
Физические величины	156
Связи физических величин	157
II. АТОМНАЯ ФИЗИКА	157
Начальные сведения и определения	157
Физические величины	158
Связи физических величин	158
III. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА	158
Начальные сведения и определения	158
Физические величины	159
Связи физических величин	160
ЛИТЕРАТУРА	161

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемый читатель!

В настоящий момент Вы держите в руках один из многих справочников по физике. Предлагаемый справочник отличается от всех остальных, прежде всего, своим назначением: его цель - помощь в работе со школьными учебниками. В значительном большинстве учебники по физике написаны языком, отличающимся от литературного особыми выражениями, иногда условными, понятными только специалистам в данной области. К сожалению, в ряде случаев это обстоятельство является причиной не совсем правильного понимания содержания школьного курса физики. Автор и первый редактор данного справочника предприняли попытку изложить основные положения курса без применения сленга, т.е. «перевести» на обычный язык материал, изложенный в учебниках (именно поэтому в отдельных случаях формулировки справочника несколько отличаются от общепринятых).

Кроме этого, справочник в определенной мере поможет Вам научиться правильно называть соответствующие обозначения, читать формулы, формулировать законы. Весь необходимый для этого материал наиболее подробно представлен для учащихся 7, 8 и 9-х классов. Адекватное речевое оформление изучаемого содержания чрезвычайно важно для его усвоения.

Конечно же, в справочнике содержится и дополнительный материал, не предусмотренный школьной программой (например, «Основы статики»). Отдельные темы курса изложены более детально, чем в школьных учебниках (например, «Механические колебания», «Переменный ток» и другие). В ряде случаев основные теоретические положения иллюстрируются материалом прикладного характера.

В заключение считаю необходимым выразить искреннюю признательность всем коллегам, принявшим участие в обсуждении идей и содержания справочника: в первую очередь Ивановой Ольге Геннадиевне, учителю физики и английского языка московской школы №751 Боднюк Анне Родионовне, учителю математики московской школы №1102 Горобцовой Лидии Геннадиевне, учителю математики московской гимназии №1512 Ермаковой Татьяне Семеновне, учителям частной школы «Максима» Коневой Ирине Владимировне и Мастюгиной Елене Александровне. Особую благодарность за неоценимый вклад в работу выражаю своему младшему сыну – Моркотуну Александру Владимировичу – аспиранту кафедры общей и экспериментальной физики физического факультета МПГУ и Видову Андрею Анатольевичу, без поддержки и конкретной помощи которого этот справочник не был бы издан.

Данное издание посвящаю светлой памяти моих дорогих друзей и коллег:

Авдюховой Нины Ивановны,
Вульфсона Федора Александровича,
Громова Сергея Васильевича,
Ивановой Лидии Александровны
Овчинникова Олега Юрьевича
Митина Андрея Николаевича,
Шуваевой Ирины Павловны.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

ФИЗИКА – одна из наук о природе

Природа – весь окружающий нас материальный мир.

Явления природы – изменения, происходящие в природе.

Человечество познает окружающий мир в целях:

- сохранения жизни, предвидения и учета опасных для человека явлений природы (землетрясений, извержения вулканов, цунами, грозových разрядов);
- использования явлений природы (сжигание топлива для обогрева, использование течения рек для получения электрической энергии);
- создания материалов и технических устройств, облегчающих жизнь людей и делающих ее более комфортной (полимеры, телефонный аппарат, видеомангнитофон, компьютер).

Физические явления можно разделить на механические, тепловые, электрические и световые.

Начальные физические термины (специальные слова):

- **материя** – все, что есть во Вселенной (звезды, планеты, предметы на Земле, видимое и невидимое излучение звезд...);
- **вещество** – вид материи; то, из чего состоят тела (пластмасса, древесина, алюминий...);
- **поле** – вид материи (радиоволны, свет, магнитное поле Земли...);
- **физическое тело** – любой предмет (линейка, стол, чайник...);

Человечество познает окружающий мир, **наблюдая явления природы и проводя эксперименты**, то есть воссоздавая и изучая явления природы в специальных условиях.

Для описания тел, полей, явлений используются **физические величины** (длина, площадь, скорость, напряженность, время...).

Физическую величину можно **измерить**, то есть сравнить ее с однородной величиной, принятой за единицу этой величины.

Для проведения экспериментов и измерения физических величин необходимы различные **физические приборы**.

Большинство измерительных приборов имеет **шкалу** – штриховые деления на отсчетном устройстве прибора. Расстояния между соседними штрихами, около которых написаны числовые значения, могут быть дополнительно разделены другими штрихами, не обозначенными числами.

Цена деления шкалы измерительного прибора c рассчитывается так:

- находят два ближайших оцифрованных штриха a и b ;

- из большего значения b вычитается меньшее значение a ;
- полученная разность $b - a$ делится на число промежутков n , находящихся между оцифрованными штрихами a и b :

$$c = \frac{b - a}{n}.$$

Физика является основой техники.

Физика, как и другие науки, создается и развивается благодаря деятельностью ученых.

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОЕНИИ ВЕЩЕСТВА

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Все тела состоят из мельчайших частиц, между которыми существуют промежутки.

Опытные доказательства:

- при смешивании разнородных жидкостей объем полученной смеси меньше суммы объемов жидкостей до смешивания;
- при нагревании и охлаждении тел их размеры изменяются.

Примеры частиц вещества: молекулы, атомы.

Молекулы – мельчайшие частицы вещества, сохраняющие его химические свойства. Молекулы одного и того же вещества одинаковы и не зависят от состояния вещества.

Атомы – частицы, из которых состоят молекулы.

2. Частицы вещества непрерывно движутся.

Опытные доказательства:

- частицы одного вещества могут самопроизвольно проникать в промежутки между частицами другого вещества (явление **диффузии**);
- движение очень мелких твердых частиц, находящихся в жидкости или газе, под воздействием невидимых частиц жидкости или газа (**броуновское движение**);
- при более высоких температурах диффузия протекает быстрее и броуновское движение становится более интенсивным (чем быстрее движутся частицы тела, тем выше температура тела).

3. Частицы вещества непрерывно взаимодействуют друг с другом, одновременно притягиваясь и отталкиваясь.

Опытные доказательства:

- смачивание твердого тела жидкостью;
- слипание кусочков пластилина или замазки.

Тела могут находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном.

Твердое тело сохраняет объем и форму. Частицы в твердых телах, например кристаллических, расположены в определенном порядке, они совершают колебательные движения около определенных положений.

Жидкость сохраняет объем, но легко меняет свою форму, принимая форму сосуда, в который она налита. Частицы в жидкости «упакованы» так, что расстояние между соседними частицами меньше самих частиц, сами частицы могут перемещаться по всему занимаемому жидкостью объему сосуда.

Газ не имеет постоянного объема и собственной формы, он занимает полностью предоставленную емкость. Расстояние между частицами газа превышает размеры самих частиц, поэтому они свободно двигаются во всех направлениях, слабо взаимодействуя друг с другом.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЕЛ

Начальные сведения и определения

Механическое движение – изменение положения тела относительно других тел (в пространстве) с течением времени.

Траектория – линия, по которой движется (или может двигаться) тело.

Путь (пройденный путь) – длина траектории, по которой движется тело в течение некоторого промежутка времени.

Равномерное движение – движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути.

Скорость – величина, характеризующая быстроту изменения положения тела по отношению к другим телам с течением времени.

Средняя скорость – скорость неравномерного движения на данном участке пути или за данный промежуток времени.

Инерция – явление сохранения телом состояния относительного покоя или прямолинейного равномерного движения при отсутствии или компенсации действий на него других тел.

Масса тела – величина, описывающая инертные свойства тела.

Сила – величина, описывающая действие одного тела на другое или поля на тело.

Сила – векторная величина, характеризующаяся численным значением, направлением и точкой приложения.

Примеры сил:

- **сила всемирного тяготения** – сила описывающая притяжения всех тел во Вселенной;
- **сила тяжести** – сила описывающая притяжение Землей или другим небесным телом какого-либо находящегося вблизи него тела;
- **сила упругости** – сила, описывающая деформации тела;
- **вес тела** – сила, характеризующая действие тела на опору или подвес в результате притяжения тела Землей или другим небесным телом;
- **сила трения (скольжения или качения)** – сила, описывающая препятствующее движению воздействие со стороны поверхности, по которой тело скользит либо катится;
- **сила трения покоя** – сила, характеризующая препятствующее началу движения воздействие со стороны поверхности, по которой тело могло бы начать двигаться.

Физические величины и их единицы

Величина			Единица	
Название	Обозначение	Чтение обозначения	Наименование	Обозначение
Путь	s	эс	метр	м
Время	t	тэ	секунда	с
Скорость	v	вэ	метр в секунду	$\frac{м}{с}$
Масса	m	эм	килограмм	кг
Площадь	S	эс	квадратный метр	м ²
Объём	V	вэ	кубический метр	м ³
Плотность	ρ	ро	килограмм, деленный на кубический метр	$\frac{кг}{м^3}$
Сила	F	эф	ньютон	Н
Сила тяжести	F _т	эф-тэ	ньютон	Н
Ускорение свободного падения	g	жэ (ge)	ньютон, деленный на килограмм	$\frac{Н}{кг}$
Вес	P	пэ	ньютон	Н

Соотношения между единицами

Единицы длины

1 метр – 1 м (СИ)

1 километр – 1 км

1 км = 1000 м

1 дециметр – 1 дм

1 дм = 0,1 м

1 сантиметр – 1 см

1 см = 0,01 м

1 миллиметр – 1 мм

1 мм = 0,001 м

Единицы площади

1 квадратный метр – 1 м² (СИ)

1 квадратный километр – 1 км²

1 км² = 1 000 000 м²

1 гектар – 1 га

1 га = 10 000 м²

1 ар – 1 ар

1 ар = 100 м²

1 квадратный дециметр – 1 дм²

1 дм² = 0,01 м²

1 квадратный сантиметр – 1 см²

1 см² = 0,000 1 м²

1 квадратный миллиметр – 1 мм²

1 мм² = 0,000 001 м²

Единицы объема

1 кубический метр – 1 м³ (СИ)

1 кубический километр – 1 км³

1 км³ = 1 000 000 000 м³

1 кубический дециметр – 1 дм³

1 дм³ = 0,001 м³

1 кубический сантиметр – 1 см³

1 см³ = 0,000 001 м³

1 кубический миллиметр – 1 мм³

1 мм³ = 0,000 000 001 м³

1 литр – 1 л

1 л = 1 дм³ = 0,001 м³

1 миллилитр – 1 мл

1 мл = 0,001 л = 0,000 001 м³

Единицы скорости

1 метр в секунду – 1 $\frac{м}{с}$ (СИ)

1 километр в час – 1 $\frac{км}{ч}$

1 $\frac{км}{ч}$ = 0,28 $\frac{м}{с}$

1 километр в секунду – 1 $\frac{км}{с}$

1 $\frac{км}{с}$ = 1000 $\frac{м}{с}$

1 сантиметр в секунду – 1 $\frac{см}{с}$

1 $\frac{см}{с}$ = 0,01 $\frac{м}{с}$

Единицы массы

1 килограмм – 1 кг (СИ)

1 тонна – 1 т

1 т = 1000 кг

1 центнер – 1 ц

1 ц = 100 кг

1 грамм – 1 г

1 г = 0,001 кг

1 миллиграмм – 1 мг

1 мг = 0,000 001 кг

Единицы плотности

1 килограмм, деленный на кубический метр – $1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ (СИ)

1 тонна, деленная на кубический метр – $1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ $1 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

1 грамм, деленный на кубический сантиметр – $1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ $1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Единицы силы

1 ньютон – 1 Н (СИ)

1 меганьютон – 1 МН

1 МН = 1 000 000 Н

1 килоньютон – 1 кН

1 кН = 1000 Н

1 миллиньютон – 1 мН

1 мН = 0,001 Н

Наименование единицы силы дано по имени ученого
Исаака Ньютона (1643 – 1727, Англия) – 1 Н

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Скорость тела при равномерном движении	$v = \frac{s}{t}$	Скорость тела при равномерном движении равна отношению пути ко времени, за которое этот путь пройден
Пройденный путь при равномерном движении	$s = vt$	Путь, пройденный телом при равномерном движении, равен произведению скорости тела на время его движения
Время равномерного движения	$t = \frac{s}{v}$	Время равномерного движения тела равно отношению пройденного пути к скорости движения
Средняя скорость тела	$v_{\text{cp}} = \frac{s}{t}$	Средняя скорость при неравномерном движении тела равна отношению пути ко времени, за которое этот путь пройден
Пройденный путь при неравномерном движении	$s = v_{\text{cp}} \cdot t$	Путь, пройденный телом при неравномерном движении, равен произведению средней скорости на время его движения
Время неравномерного движения	$t = \frac{s}{v_{\text{cp}}}$	Время неравномерного движения тела равно отношению пройденного пути к средней скорости движения
Площадь	$S = ab$	Площадь прямоугольника равна произведению его длины на ширину

Величина	Формула	Чтение формулы
Объем	$V = Sh$	Объем параллелепипеда равен произведению площади его основания на высоту Объем цилиндра равен произведению площади его основания на высоту
Плотность	$\rho = \frac{m}{V}$	Плотность равна отношению массы тела к его объему
Масса	$m = \rho V$	Масса тела равна произведению плотности вещества на объем этого тела
Объем	$V = \frac{m}{\rho}$	Объем тела равен отношению массы тела к плотности вещества
Сила тяжести	$F_T = mg$	Сила тяжести равна произведению массы тела на ускорение свободного падения
Нормальный вес	$P_o = F_T$	Нормальный вес тела по своему числовому значению равен силе тяжести

2. ДАВЛЕНИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Начальные сведения и определения

Давление – величина, характеризующая распределение воздействия по площади поверхности, перпендикулярной воздействию.

Физические величины и их единицы

Величина			Единица	
Название	Обозначение	Чтение обозначения	Наименование	Обозначение
Давление	p	пэ	паскаль	Па
Сила давления	F_d	эф-дэ	ньютон	Н
Высота	h	аш	метр	м
Архимедова сила	F_A	эф-а	ньютон	Н

Соотношения между единицами

Единицы давления

1 паскаль – 1 Па (СИ)

1 мегапаскаль – 1 МПа

1 килопаскаль – 1 кПа

1 гектопаскаль – 1 гПа

1 миллиметр ртутного столба – 1 мм рт. ст. 1 мм рт. ст. = 133 Па

1 МПа = 1 000 000 Па

1 кПа = 1000 Па

1 гПа = 100 Па

Наименование единицы давления дано по имени ученого
Блеза Паскаля (1623 – 1662, Франция) – 1 Па.

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Давление	$p = \frac{F}{S} \Delta$	Давление равно отношению силы, описывающей перпендикулярное воздействие на поверхность, к площади этой поверхности
Сила давления	$F_{\Delta} = pS$	Сила давления равна произведению давления и площади поверхности, на которую оказано воздействие
Площадь	$S = \frac{F}{p} \Delta$	Площадь поверхности, на которую оказано воздействие, равна отношению силы давления к давлению
Весовое (гидростатическое) давление жидкости	$p = \rho gh$	Гидростатическое давление жидкости равно произведению плотности жидкости, ускорения свободного падения и высоты столба жидкости

Закон Паскаля (закон передачи давления жидкостями и газами): давление, оказываемое на жидкость или газ, передается ими без изменения по всем направлениям.

Закон гидравлической машины: гидравлическая машина дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько различаются площади ее поршней:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Закон Архимеда: сила, описывающая выталкивающее воздействие жидкости (или газа) на погруженное в них тело (архимедова сила), равна нормальному весу жидкости (или газа), вытесненной телом:

$$F_a = P_o.$$

Архимедова сила равна произведению плотности вытесненной телом жидкости, ее объема и ускорения свободного падения:

$$F_a = \rho_{ж} V_{ж} g.$$

3. РАБОТА И МОЩНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ

Начальные сведения и определения

Механическая работа совершается тогда, когда тело движется в результате оказываемого на него воздействия.

Мощность описывает быстроту выполнения работы.

Простые механизмы – приспособления, служащие для преобразования сил.

Примеры простых механизмов: рычаг (неподвижный блок, подвижный блок), ворот, наклонная плоскость (клин, винт).

Рычаг – твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной оси (опоры).

Плечо силы – кратчайшее расстояние между точкой опоры и линией, вдоль которой на рычаг оказывается воздействие.

Момент силы – величина, описывающая воздействие на тело, имеющее возможность вращаться.

Полезная работа – работа, совершаемая в идеальных условиях (при отсутствии трения и т.п.).

Полная (затраченная) работа – работа, совершаемая в реальных условиях (с учетом трения и т.п.).

Коэффициент полезного действия – величина, характеризующая эффективность работы механизма.

Тело или несколько взаимодействующих тел (система тел) **обладают энергией**, если они могут совершить работу. Чем большую работу может совершить тело (система тел), тем большей энергией оно обладает. **Совершенная работа равна изменению энергии.**

Потенциальная энергия – энергия, которая определяется взаимным положением взаимодействующих тел или частей одного и того же тела.

Кинетическая энергия – энергия, которой обладает тело вследствие своего движения.

Механическая энергия – энергия, определяемая общим состоянием тела или системы тел.

Физические величины и их единицы

Величина			Единица	
Название	Обозначение	Чтение обозначения	Наименование	Обозначение
Работа	A	а	джоуль	Дж
Мощность	N	эн	ватт	Вт
Плечо силы	ρ	эль	метр	м
Момент силы	M	эм	ньютон, умноженный на метр	Н·м
Коэффициент полезного действия	η	эта	процент	%
Полная механическая энергия	E_m	е-эм	джоуль	Дж
Потенциальная энергия	E_p	е-пэ	джоуль	Дж
Кинетическая энергия	E_k	е-ка	джоуль	Дж

Соотношения между единицами

Единицы работы и энергии

1 джоуль – 1 Дж (СИ)

1 гигаджоуль – 1 ГДж

1 мегаджоуль – 1 Мдж

1 килоджоуль – 1 кДж

1 миллиджоуль – 1 мДж

1 микроджоуль – 1 мкДж

1 ГДж = 1 000 000 000 Дж

1 МДж = 1 000 000 Дж

1 кДж = 1000 Дж

1 мДж = 0,001 Дж

1 мкДж = 0,000 001 Дж

Единицы мощности

1 ватт – 1 Вт (СИ)

1 гигаватт – 1 ГВт

1 мегаватт – 1 МВт

1 киловатт – 1 кВт

1 милливатт – 1 мВт

1 ГВт = 1 000 000 000 Вт

1 МВт = 1 000 000 Вт

1 кВт = 1000 Вт

1 мВт = 0,001 Вт

Наименования единиц работы, энергии и мощности даны по именам ученых:

Джеймса Прескотта Джоуля (1818 – 1889, Англия) – 1 Дж,
Джеймса Уатта (1736 – 1819, Англия) – 1 Вт.

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Механическая работа	$A = FS$	Механическая работа равна произведению силы на путь, пройденный телом
Мощность	$N = \frac{A}{t}$	Мощность равна отношению работы ко времени, в течение которого эта работа была совершена
Механическая работа	$A = Nt$	Совершенная работа равна произведению мощности на время, в течение которого эта работа была совершена
Время совершения работы	$t = \frac{A}{N}$	Время совершения работы равно отношению работы к мощности
Момент силы	$M = F\ell$	Момент силы равен произведению силы на ее плечо
Коэффициент полезного действия	$\eta = \frac{A_n}{A_z}$	Коэффициент полезного действия механизма равен отношению полезной работы к затраченной
Полезная работа	$A_n = \eta A_z$	Полезная работа, совершенная при использовании механизма, равна произведению затраченной работы на коэффициент полезного действия
Затраченная работа	$A_z = \frac{A_n}{\eta}$	Затраченная работа равна отношению полезной работы к коэффициенту полезного действия механизма
Потенциальная энергия	$E_p = mgh$	Потенциальная энергия тела в поле тяготения равна произведению массы тела на ускорение свободного падения и расстояние до начального уровня отсчета потенциальной энергии
Кинетическая энергия	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	Кинетическая энергия тела равна половине произведения его массы и квадрата скорости движения
Полная механическая энергия	$E_m = E_p + E_k$	Полная механическая энергия тела равна сумме его потенциальной и кинетической энергий

Закон рычага: рычаг находится в равновесии, когда силы, описывающие действия на рычаг, обратно пропорциональны плечам этих сил:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{\ell_1}{\ell_2},$$

рычаг находится в равновесии, если моменты сил, описывающих поворот рычага по часовой стрелке, равны моментам сил, описывающих поворот рычага против часовой стрелки:

$$\sum_{i=1}^N M_{i, \downarrow} = \sum_{i=1}^N M_{i, \uparrow}$$

«Золотое правило» механики: при использовании простых механизмов выигрыша в работе нет: во сколько раз выигрывают в силе, во столько же раз проигрывают в расстоянии:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{s_1}{s_2}.$$

Закон сохранения механической энергии: полная механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной при любых процессах, происходящих в этой системе. Энергия не исчезает и не создается; она лишь превращается из одного вида в другой:

$$E_m = \text{const} \text{ («const» – постоянная величина)}.$$

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

1. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА И РАБОТА

Начальные сведения и определения

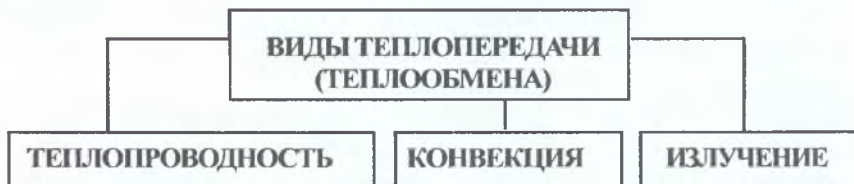
Внутренняя энергия тела – энергия движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело (суммарная и кинетическая энергия частиц, из которых состоит тело).



Внутренняя энергия тела увеличивается при совершении работы над ним. Внутренняя энергия тела уменьшается при совершении работы самим телом.

Теплопередача – процесс изменения внутренней энергии без совершения работы над телом или самим телом.

Внутренняя энергия тела увеличивается при его нагревании, плавлении или парообразовании. Внутренняя энергия тела уменьшается при его остывании, отвердевании или конденсации.



Теплопроводность – вид теплопередачи, при котором внутренняя энергия тела изменяется постепенно в различных соседних частях тела без перемещения вещества в результате теплового движения и взаимодействия частиц вещества. Теплопроводность возможна во всех веществах, находящихся в различных состояниях.

Конвекция – вид теплопередачи, при котором изменение внутренней энергии тела обусловлено перемещением струй и пото-

ков движущегося вещества. Естественная конвекция возможна в жидкостях и газах.

Излучение – вид теплопередачи, осуществляемый с помощью лучей и возможный не только в веществе, но и в вакууме.

Работа - количественная мера изменения внутренней энергии в процессе совершения работы.

Количество теплоты - количественная мера изменения внутренней энергии в процессе теплопередачи.

Теплоемкость тела – величина, характеризующая изменение внутренней энергии тела при изменении его температуры на единицу.

Удельная теплоемкость вещества – величина, описывающая изменение внутренней энергии тела единичной массы при изменении его температуры на единицу.

Удельная теплота сгорания топлива – величина, показывающая изменение внутренней энергии топлива единичной массы при полном его сгорании.

Горение – химический процесс, то есть процесс преобразования состава частиц.

Физические величины и их единицы

Величина			Единица	
Название	Обозначение	Чтение обозначения	Наименование	Обозначение
Количество теплоты	Q	ку-большое	джоуль	Дж
Температура	t°	тэ-градус	градус Цельсия	°С
Изменение температуры	Δt°	дэльта-тэ-градус	градус Цельсия	°С
Удельная теплоемкость вещества	c	цэ-малое	джоуль, деленный на произведение килограмма на градус Цельсия	$\frac{Дж}{кг^{\circ}С}$
Теплоемкость тела	C	цэ-большое	джоуль, деленный на градус Цельсия	$\frac{Дж}{^{\circ}С}$
Удельная теплота сгорания топлива	q	ку-малое	джоуль, деленный на килограмм	$\frac{Дж}{кг}$

Наименование единицы температуры дано по имени Андерса Цельсия (1701 – 1744, Швеция) – 1°С

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии тела при изменении его температуры (нагревании или охлаждении)	$Q = cm\Delta t^\circ,$ $Q = cm(t_2^\circ - t_1^\circ)$	Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии тела при изменении его температуры, равно произведению удельной теплоемкости вещества на массу тела и изменение температуры (разность конечной и начальной температур)
Удельная теплоемкость	$c = \frac{Q}{m\Delta t^\circ},$ $c = \frac{Q}{m(t_2^\circ - t_1^\circ)}$	Удельная теплоемкость равна отношению количества теплоты к произведению массы и изменения температуры (разности конечной и начальной температур)
Масса тела	$m = \frac{Q}{c\Delta t^\circ},$ $m = \frac{Q}{c(t_2^\circ - t_1^\circ)}$	Масса тела равна отношению количества теплоты к произведению удельной теплоемкости и изменения температуры (разности конечной и начальной температур)
Изменение температуры (разность конечной и начальной температур)	$\Delta t^\circ = \frac{Q}{cm},$ $t_2^\circ - t_1^\circ = \frac{Q}{cm}$	Изменение температуры (разность конечной и начальной температур) равно отношению количества теплоты к произведению удельной теплоемкости и массы тела
Количество теплоты, описывающее сгорание топлива	$Q = qm$	Количество теплоты, описывающее сгорание топлива, равно произведению удельной теплоты сгорания топлива на его массу
Удельная теплота сгорания топлива	$q = \frac{Q}{m}$	Удельная теплота сгорания топлива равна отношению количества теплоты к массе топлива
Масса топлива	$m = \frac{Q}{q}$	Масса топлива равна отношению количества теплоты к удельной теплоте сгорания топлива

2. АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

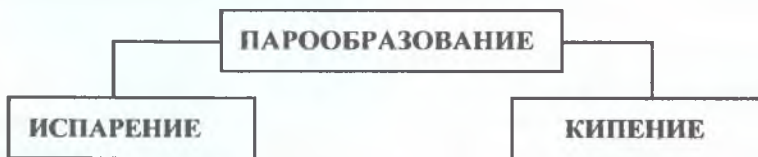
Начальные сведения и определения

Тела могут находиться в **трех агрегатных состояниях**: твердом, жидком и газообразном. Молекулы одного и того же вещества в различных агрегатных состояниях одинаковые, изменяется лишь характер их взаимодействия (и скорости движения).

Плавление – переход вещества из твердого состояния в жидкое.

Отвердевание (кристаллизация) – переход вещества из жидкого состояния в твердое (кристаллическое).

Парообразование – превращение жидкости в пар.



Испарение – парообразование, происходящее со свободной поверхности.

Кипение – интенсивное парообразование, при котором внутри жидкости увеличиваются и поднимаются вверх пузырьки пара, то есть при кипении интенсивное парообразование происходит не только со свободной поверхности жидкости, но и из глубинных ее слоев.

Конденсация – переход вещества из газообразного состояния в жидкое.

Температура плавления (отвердевания) – температура, при которой вещество либо плавится – переходит из твердого состояния в жидкое, либо затвердевает – переходит из жидкого состояния в твердое (или кристаллизуется).

Удельная теплота плавления (отвердевания) – величина, описывающая изменение внутренней энергии тела единичной массы, находящегося при температуре плавления (отвердевания), при его полном плавлении (отвердевании).

Температура кипения (конденсации) – температура, при которой все вещество из жидкого состояния интенсивно переходит в газообразное (жидкое или твердое состояние).

Удельная теплота парообразования (конденсации) – величина, характеризующая изменение внутренней энергии тела единичной массы, находящегося при температуре кипения (конденсации), при полном его парообразовании (конденсации).

Тепловые двигатели – машины, в которых внутренняя энергия топлива преобразуется в механическую энергию.

Виды тепловых двигателей:

- паровая машина;
- двигатель внутреннего сгорания (карбюраторный двигатель, двигатель Дизеля, двигатель Ванкеля);
- турбина (паровая, газовая);
- реактивный двигатель.

Такты работы четырехтактного двигателя внутреннего сгорания:

- всасывание горючей смеси (впуск);
- сжатие горючей смеси;
- рабочий ход;
- выхлоп (выпуск).

Физические величины и их единицы

Величина			Единица	
Название	Обозначение	Чтение обозначения	Наименование	Обозначение
Температура плавления	$t^{\circ}_{пл}$	тэ-пэ-эл-градус	градус Цельсия	$^{\circ}\text{C}$
Удельная теплота плавления	λ	лямбда (лямда)	джоуль, деленный на килограмм	$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Температура кипения	$t^{\circ}_к$	тэ-ка-градус	градус Цельсия	$^{\circ}\text{C}$
Удельная теплота парообразования	L	эль-большое	джоуль, деленный на килограмм	$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии тела при его полном плавлении (отвердевании) при температуре плавления	$Q = \lambda m$	Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии тела при полном его плавлении (отвердевании) при температуре плавления, равно произведению удельной теплоты плавления вещества тела на массу тела

Величина	Формула	Чтение формулы
Удельная теплота плавления	$\lambda = \frac{Q}{m}$	Удельная теплота плавления равна отношению количества теплоты к массе
Масса тела	$m = \frac{Q}{\lambda}$	Масса тела равна отношению количества теплоты к удельной теплоте плавления
Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии тела при его полном парообразовании (конденсации) при температуре кипения	$Q = L m$	Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии тела при полном его парообразовании (конденсации) при температуре кипения, равно произведению удельной теплоты парообразования вещества тела на массу тела
Удельная теплота парообразования	$L = \frac{Q}{m}$	Удельная теплота парообразования равна отношению количества теплоты к массе
Масса тела	$m = \frac{Q}{L}$	Масса тела равна отношению количества теплоты к удельной теплоте парообразования
Коэффициент полезного действия теплового двигателя	$\eta = \frac{A}{Q}$	Коэффициент полезного действия теплового двигателя равен отношению работы, совершаемой двигателем, к энергии, полученной при сгорании топлива

Закон сохранения и превращения энергии для тепловых процессов: при теплообмене между телами, образующими замкнутую систему, количество теплоты $Q_{ум}$, характеризующее уменьшение внутренней энергии остывающих, отвердевающих и конденсирующихся тел, равно количеству теплоты $Q_{ув}$, характеризующему увеличение внутренней энергии нагревающихся, плавящихся и парообразующихся тел

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Начальные сведения и определения

Электрический заряд – величина, характеризующая возможность тел или частиц вступать в особого рода взаимодействия, состоящие, например, в том, что электрически заряженные тела могут взаимно притягиваться или отталкиваться.

Существуют два вида электрических зарядов, условно названные положительными и отрицательными.

Тела и частицы, имеющие одноименные заряды, отталкиваются друг от друга; тела и частицы, имеющие разноименные электрические заряды, притягиваются друг к другу.

Электроскоп – прибор, при помощи которого выясняют, наэлектризовано тело или нет.

Проводники электричества – вещества, хорошо пропускающие электрически заряженные частицы.

Непроводники электричества (диэлектрики, изоляторы) – вещества и тела, слабо (практически не) пропускающие электрически заряженные частицы.

Электрическое поле – поле, существующее в пространстве около электрически заряженного тела или частицы.

Электрическая сила описывает действие электрического поля на внесенное в него электрически заряженное тело или частицу.

Электрон – частица, являющаяся носителем минимального отрицательного электрического заряда.

Протон – частица, являющаяся носителем минимального положительного электрического заряда, по модулю равного заряду электрона.

Нейтрон – частица, входящая в состав ядра и не являющаяся носителем электрического заряда.

Строение атома: в центре атома расположено ядро, состоящее из нуклонов (протонов и нейтронов), а около ядра расположена оболочка из вращающихся вокруг него электронов.

Электрический ток – упорядоченное движение электрически заряженных тел или частиц.

Условия возникновения электрического тока:

- наличие электрически заряженных частиц, имеющих возможность свободно перемещаться;
- наличие внешнего воздействия, обуславливающего упорядоченное движение заряженных тел или частиц (в проводнике необходимо создание электрического поля).

Электрический ток в металлах - упорядоченное движение «свободных» электронов.

Электрический ток в электролитах - упорядоченное движение положительно и отрицательно заряженных ионов.

Сила электрического тока – величина, характеризующая протекание электрически заряженных частиц через поперечное сечение проводника электрического тока.

Электрическое напряжение – величина, описывающая электрическое поле, приводящее в движение электрически заряженные частицы в проводнике.

Электрическое сопротивление – величина, являющаяся собственной характеристикой проводника и описывающая противодействие проводника протеканию по нему электрического тока.

Последовательное соединение проводников (потребителей электрической энергии) – соединение, при котором конец одного проводника является началом другого проводника.

Параллельное соединение проводников (потребителей электрической энергии) – соединение, при котором одни концы проводников соединены в один узел, а другие – в другой узел.

Работа электрического тока – работа, которую совершает электрическое поле при протекании тока по цепи.

Мощность электрического тока – величина, характеризующая энергетические возможности электрического устройства.

Физические величины и их единицы

Величина			Единица	
Название	Обозначение	Чтение обозначения	Наименование	Обозначение
Электрический заряд (количество электричества)	q	ку-малое	кулон	Кл
Электрический заряд электрона	q_e, e	ку-малое-е, е	кулон	Кл
Сила электрического тока	I	и	ампер	А
Электрическое напряжение	U	у	вольт	В
Электрическое сопротивление	R	эр	ом	Ом
Удельное электрическое сопротивление	ρ	ро	ом, умноженный на метр (СИ); ом, умноженный на квадратный миллиметр и деленный на метр	Ом · м, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
Работа электрического тока	A	а	джоуль	Дж
Мощность электрического тока	P	пэ	ватт	Вт

Наименования единиц электрического заряда, силы электрического тока, электрического напряжения и электрического сопротивления даны по именам следующих ученых:

Шарля Огюстена Кулона (1763 – 1806, Франция) – 1 Кл,
 Андре Мари Ампера (1775 – 1836, Франция) – 1 А,
 Алессандро Вольты (1745 – 1827, Италия) – 1 В,
 Георга Симона Ома (1787 – 1854, Германия) – 1 Ом.

Связи физических величин

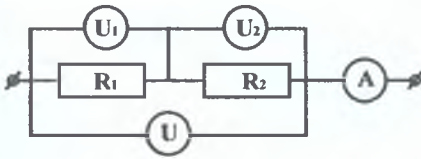
Величина	Формула	Чтение формулы
Сила тока	$I = \frac{q}{t}$	Сила тока равна отношению электрического заряда, перенесенного заряженными частицами через поперечное сечение проводника, ко времени переноса этого заряда
Электрический заряд (количество электричества)	$q = It$	Электрический заряд, перенесенный заряженными частицами через поперечное сечение проводника, равен произведению силы тока на время переноса заряда
Время переноса электрического заряда через поперечное сечение проводника	$t = \frac{q}{I}$	Время переноса электрического заряда через поперечное сечение проводника равно отношению электрического заряда (количества электричества) к силе тока, протекающего по проводнику
Электрическое напряжение	$U = \frac{A}{q}$	Электрическое напряжение равно отношению работы, совершенной электрическим полем в процессе перемещения заряженных частиц в проводнике, к величине перенесенного электрического заряда
Работа электрического поля	$A = Uq$	Работа электрического поля, совершенная в процессе перемещения электрически заряженных частиц в проводнике, равна произведению электрического напряжения на перенесенный электрический заряд

Величина	Формула	Чтение формулы
Электрический заряд	$q = \frac{A}{U}$	Электрический заряд, перенесенный заряженными частицами в проводнике, равен отношению работы электрического поля, совершенной при перемещении частиц в проводнике, к электрическому напряжению
Электрическое сопротивление (проводника с постоянной площадью поперечного сечения)	$R = \rho \frac{\ell}{S}$	Электрическое сопротивление проводника равно отношению произведения удельного сопротивления вещества и длины проводника к площади его поперечного сечения
Удельное сопротивление вещества	$\rho = \frac{RS}{\ell}$	Удельное сопротивление вещества проводника равно отношению произведения электрического сопротивления проводника и площади его поперечного сечения к длине проводника
Длина проводника	$\ell = \frac{RS}{\rho}$	Длина проводника равна отношению произведения электрического сопротивления проводника и площади его поперечного сечения к удельному сопротивлению вещества проводника
Площадь поперечного сечения	$S = \frac{\rho \ell}{R}$	Площадь поперечного сечения проводника равна частному от деления произведения удельного сопротивления вещества проводника и его длины на электрическое сопротивление проводника
Закон Ома для участка цепи без источника электрического тока	$I = \frac{U}{R}$	Сила тока, протекающего по участку цепи, прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению
Электрическое напряжение	$U = IR$	Электрическое напряжение на концах участка цепи равно произведению силы тока, протекающего по участку, на его сопротивление

Величина	Формула	Чтение формулы
Электрическое сопротивление	$R = \frac{U}{I}$	Электрическое сопротивление участка цепи равно отношению напряжения на концах участка к силе тока, протекающего по участку
Работа электрического тока	$A = IUt$ $A = \frac{U^2}{R} t$ $A = I^2Rt$	Работа электрического тока на участке цепи равна: <ul style="list-style-type: none"> • произведению силы протекающего тока, напряжения на концах участка на время совершения работы; • отношению произведения квадрата напряжения на концах участка и времени совершения работы к электрическому сопротивлению участка; • произведению квадрата силы тока, протекающего по участку, электрического сопротивления участка и времени совершения работы
Мощность электрического тока	$P = \frac{A}{t}$ $P = IU$ $P = \frac{U^2}{R}$ $P = I^2R$	Мощность электрического тока равна отношению совершенной работы ко времени ее совершения. Мощность электрического тока на участке цепи равна: <ul style="list-style-type: none"> • произведению силы протекающего тока на напряжение на концах участка; • отношению квадрата напряжения на концах участка к электрическому сопротивлению участка; • произведению квадрата силы тока, протекающего по участку, на электрическое сопротивление участка
Изменение внутренней энергии проводника при протекании по нему электрического тока	$Q = A$	Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии проводника при протекании по нему электрического тока, равно работе, совершенной электрическим током
Закон Джоуля и Ленца		Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии проводника при протекании по нему электрического тока, равно:

Величина	Формула	Чтение формулы
	$Q = I^2 R t$ $Q = I U t$ $Q = \frac{U^2}{R} t$	<ul style="list-style-type: none"> произведению квадрата силы тока, протекающего по участку, электрического сопротивления участка и времени протекания тока; произведению силы протекающего тока, напряжения на концах участка, времени протекания тока; отношению произведения квадрата напряжения на концах участка на время протекания тока к электрическому сопротивлению участка

Соединение проводников

Величина	Формула	Чтение формулы
Последовательное соединение		
Сила тока	$I = I_1 = I_2$	Сила тока, протекающего по участку цепи, равна силе тока, протекающего через каждый из проводников
Напряжение	$U = U_1 + U_2$	Напряжение на участке цепи равно сумме напряжений на всех проводниках участка
Сопротивление	$R = R_1 + R_2$	Сопротивление участка цепи равно сумме сопротивлений всех проводников, включенных в участок

Величина	Формула	Чтение формулы
Параллельное соединение		
Сила тока	$I = I_1 + I_2$	Сила тока, протекающего по участку цепи, равна сумме сил токов, протекающих по всем проводникам
Напряжение	$U = U_1 = U_2$	Напряжение на концах участка цепи равно напряжению на каждом из проводников
Сопротивление	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	Величина, обратная сопротивлению участка, равна сумме величин, обратных сопротивлениям всех проводников, включенных в участок
Частный случай: сопротивление двух параллельно соединенных проводников	$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$	Сопротивление участка из двух параллельно соединенных проводников равно отношению произведения сопротивлений этих проводников к их сумме

СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Начальные сведения и определения

Источники света делятся на естественные и искусственные, холодные и горячие, излучающие и отражающие.

Луч света – линия, описывающая направление распространения света.

Отражение света – изменение направления распространения света при встрече его с непрозрачной преградой при условии, что свет продолжает распространяться в той же среде, в которой он находился до встречи с преградой.



Зеркальное отражение – отражение, при котором лучи света, падающие на отражающую поверхность параллельным пучком, после отражения остаются параллельными.

Диффузное (рассеянное) отражение – отражение, при котором лучи света, падающие на отражающую поверхность параллельным пучком, после отражения становятся непараллельными.

Преломление света – изменение направления распространения света при встрече его с прозрачной преградой при условии, что свет проникает в тело преграды.

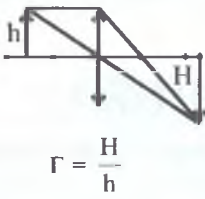
Фокус – точка на оптической оси линзы, в которой линза собирает пучок лучей, параллельных этой оптической оси.

Фокусное расстояние – расстояние от оптического центра линзы до фокуса.

Физические величины и их единицы

Величина			Единица	
Название	Обозначение	Чтение обозначения	Наименование	Обозначение
Угол падения	α	альфа	градус (рад)	$^{\circ}$ (рад)
Угол отражения	β	бета	градус (рад)	$^{\circ}$ (рад)
Угол преломления	γ	гамма	градус (рад)	$^{\circ}$ (рад)
Показатель преломления	n	эн	–	–
Фокусное расстояние линзы	F	эф	метр	м
Оптическая сила линзы	D	дэ	диоптрия	дптр
Высота предмета	h	аш-малое	метр	м
Высота изображения	H	аш-большое	метр	м
Увеличение	G	гэ	–	–

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы, комментарий
Показатель преломления	$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$	Показатель преломления равен отношению синуса угла падения к синусу угла преломления
Оптическая сила	$D = \frac{1}{F}$	Оптическая сила – величина, обратная фокусному расстоянию
Фокусное расстояние	$F = \frac{1}{D}$	Фокусное расстояние – величина, обратная оптической силе
Увеличение	 $\Gamma = \frac{H}{h}$	Увеличение равно отношению размеров изображения к размерам предмета. Если увеличение больше единицы, то размеры изображения превышают размеры предмета; если увеличение меньше единицы, то размеры изображения меньше размеров предмета; если увеличение равно единице, то размеры изображения и предмета равны

Первый закон отражения (закон единой плоскости): луч отраженный лежит в плоскости, заданной лучом падающим и перпендикуляром, восстановленным к отражающей поверхности в точке падения луча.

Второй закон отражения (закон углов): угол отражения равен углу падения (рис. 1).

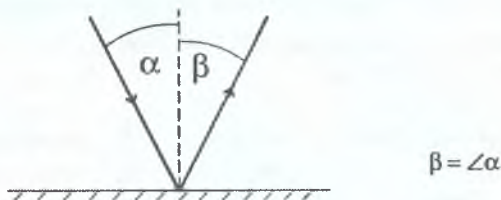
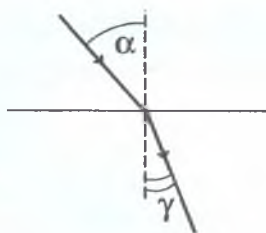


Рис. 1

Первый закон преломления (закон единой плоскости): луч преломленный лежит в плоскости, заданной лучом падающим и перпендикуляром, восстановленным к плоскости раздела двух сред в точке падения луча.



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$$

Рис. 2

Второй закон преломления (закон углов): в зависимости от того, из какой среды в какую переходит луч, угол преломления может быть меньше или больше угла падения. При этом отношение синуса угла падения к синусу угла преломления (показатель преломления) остается величиной постоянной (рис. 2).

МЕХАНИКА

Начальные сведения и определения

Механика – раздел физики, изучающий движение материи простейшей формы – движение макротел – механическое движение.

Механическое движение состоит в изменении взаимного расположения тел или их частей с течением времени.

Тело – макроскопическая система, состоящая из очень большого числа микрочастиц, и при этом размеры системы во много раз превышают расстояния между микрочастицами.

В классической (ньютоновской) механике рассматривается движение тел, происходящее со скоростями, значительно меньшими скорости света в вакууме (300 тысяч километров в секунду!).

Описание изменения положения тела предполагает описание изменения положения всех точек тела. В ряде случаев это сделать нельзя, и поэтому тело принимают за материальную точку.

Тело можно считать **материальной точкой**, если:

- размеры его пренебрежимо малы в сравнении с рассматриваемыми в конкретной задаче расстояниями;
- оно движется поступательно (при поступательном движении любая прямая, проведенная в теле, остается параллельной самой себе в процессе движения).

Основная задача механики состоит в описании движения тела (материальной точки) и определении положения тела (материальной точки) в пространстве в любой момент времени.

Траектория движения – линия, по которой движется или могло бы двигаться тело (материальная точка).

Виды механических движений:

- **поступательное движение** – механическое движение, при котором все точки тела описывают одинаковые траектории;
- **вращательное движение** – механическое движение, при котором различные точки тела имеют траектории в виде окружностей (или дуг окружностей) с общей осью вращения;
- **колебательное движение** – механическое движение, при котором тело периодически смещается то в одну, то в другую сторону относительно некоторого положения равновесия;
- **волновое движение** – механическое колебательное движение, распространяющееся в упругой среде.

Скаляр – величина, задающаяся только числовым значением (время, масса и т.п.).

Вектор – величина, характеризующаяся числовым значением и направлением (скорость, сила и т.п.).

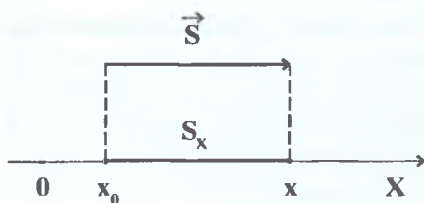
Любой **вектор** изображается направленным отрезком прямой.

Модуль (абсолютная величина) – длина отрезка в выбранном масштабе; рассчитывается как разность конечной и начальной координат.

Действия над векторами: сложение, вычитание, умножение на скаляр, проецирование на координатные оси.

Нахождение проекции вектора на оси пространственных координат

Проекция вектора на координатную ось – отрезок, ограниченный проекциями начала и конца вектора.



$$S_x = S, S_x > 0$$

Рис. 3

1. Вектор параллелен оси абсцисс и направление его совпадает с направлением оси (рис. 3).

Проекция вектора – величина положительная, т.к. направления вектора и оси совпадают; модуль проекции равен модулю вектора.

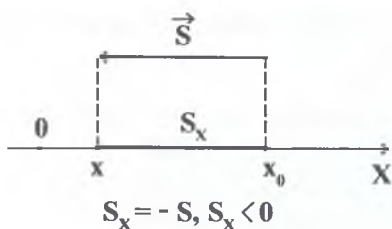


Рис. 4

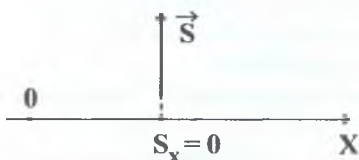


Рис. 5

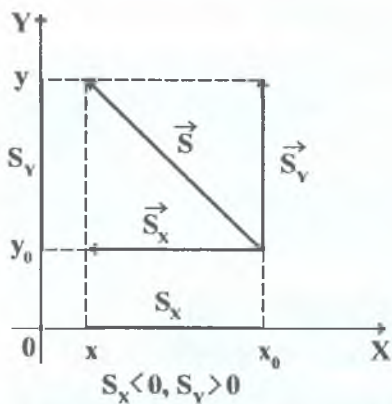


Рис. 6

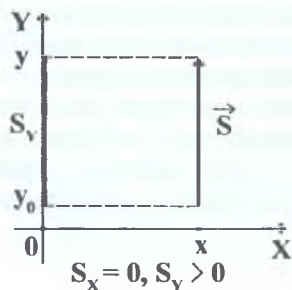


Рис. 7

2. Вектор параллелен оси абсцисс, но направление его противоположно направлению оси (рис. 4).

Проекция вектора – величина отрицательная, т.к. направления вектора и оси противоположны; модуль проекции равен модулю вектора.

3. Вектор перпендикулярен оси абсцисс (рис. 5).

Проекция вектора на ось абсцисс равна нулю.

4. Вектор одновременно проецируется на две перпендикулярные оси абсцисс и ординат (рис. 6).

Если предварительно разложить проецируемый вектор на два составляющих вектора, параллельных заданным координатным осям, то проекции вектора можно будет определить в соответствии с пунктами 1 и 2. (Иногда составляющие векторы тоже называют проекциями вектора.)

В данном случае проекция на ось абсцисс – величина отрицательная, а проекция на ось ординат – величина положительная.

4а. Вектор одновременно проецируется на две перпендикулярные оси абсцисс и ординат, будучи перпендикулярным оси абсцисс и совпадающим по направлению с осью ординат (рис. 7).

В соответствии с пунктами 1 и 3 проекция вектора на ось абсцисс равна нулю, а проекция на ось ординат – величина положитель-

ная, при этом модуль проекции и модуль вектора равны.

4б. Вектор одновременно проецируется на две перпендикулярные оси абсцисс и ординат, будучи перпендикулярным оси абсцисс и противоположным по направлению оси ординат (рис. 8).

В соответствии с пунктами 2 и 3 проекция вектора на ось абсцисс равна нулю, а проекция на ось ординат – величина отрицательная, при этом модуль проекции и модуль вектора равны.

4в. Вектор одновременно проецируется на две перпендикулярные оси абсцисс и ординат, будучи перпендикулярным оси ординат и совпадающим по направлению с осью абсцисс (рис. 9).

В соответствии с пунктами 1 и 3 проекция вектора на ось ординат равна нулю, а проекция на ось абсцисс – величина положительная, при этом модуль проекции и модуль вектора равны.

4г. Вектор одновременно проецируется на две перпендикулярные оси абсцисс и ординат, будучи перпендикулярным оси ординат и противоположным по направлению оси абсцисс (рис. 10).

В соответствии с пунктами 2 и 3 проекция вектора на ось ординат равна нулю, а проекция на ось абсцисс – величина отрицательная, при этом модуль проекции и модуль вектора равны.

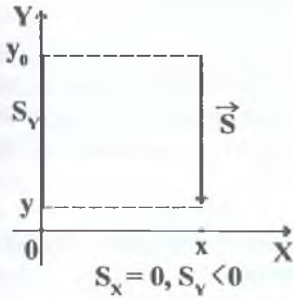


Рис. 8

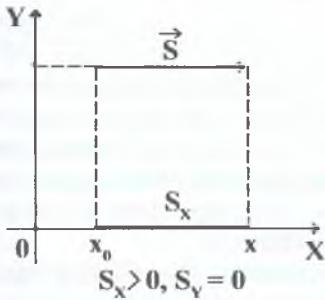


Рис. 9

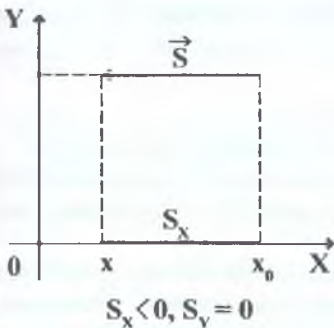


Рис. 10

I. КИНЕМАТИКА

Начальные сведения и определения

Кинематика – раздел механики, изучающий и описывающий движение тел без рассмотрения причин возникновения движения.

Система отсчета (СО) – совокупность системы пространственных координат (СПК) и системы временных координат (СВК) (рис. 11):

$$СО = СПК + СВК.$$

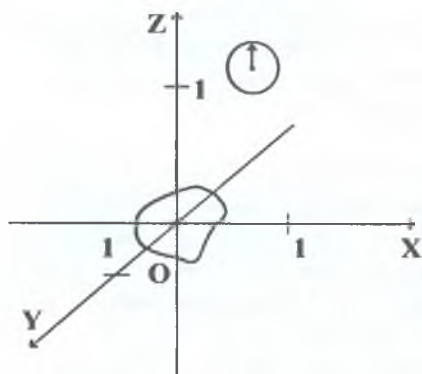


Рис. 11

Система координат задается указанием:

- начала отсчета;
- направления координатных осей;
- масштаба (единичного отрезка, удобного для описания рассматриваемого явления).

Система пространственных координат связана с телом отсчета. Часы, отсчитывающие время, должны покоиться в заданной системе пространственных координат.

Основная задача механики состоит в выявлении функциональной зависимости между пространственной и временной координатами, описывающими движение точки.

По форме траектории механическое движение бывает прямолинейным и криволинейным. **Прямолинейное движение**: траектория движения – прямая линия; **криволинейное движение**: траектория движения – кривая линия.

Пройденный путь – длина траектории.

Перемещение тела (точки) – направленный отрезок прямой – вектор, соединяющий начальное положение точки с каким-либо последующим положением, соответствующим рассматриваемому промежутку времени.

Скорость – векторная величина, описывающая быстроту изменения положения тела (точки) и указывающая направление движения.

Средняя скорость описывает движение тела на определенном участке траектории за соответствующий промежуток времени.

Мгновенная скорость характеризует движение тела в данной точке траектории и в данный момент времени.

Ускорение – векторная величина, описывающая быстроту изменения скорости движения тела (точки).

Ускорение свободного падения – векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела при свободном падении, т.е. в отсутствии трения (в вакууме).

Направление движения указывает вектор скорости: если точка движется вдоль оси наблюдения, то проекция вектора скорости на эту ось положительная, если против, то проекция отрицательная.

Характер изменения скорости можно выявить по взаимной ориентации векторов ускорения и скорости (или знакам проекций этих векторов на ось наблюдения): если направления векторов полностью или частично совпадают (совпадают знаки проекций), то скорость тела увеличивается; если же направления векторов полностью или частично не совпадают (не совпадают знаки проекций), то скорость тела уменьшается.

Механическое движение относительно. «Относительно» означает зависимость от условий наблюдения (от выбора системы отсчета). «Абсолютно» означает независимость от условий наблюдения (от выбора системы отсчета). Траектория, перемещение, скорость – относительные величины; ускорение – абсолютная величина.

Существует несколько вариантов описания механического движения, например, описание с помощью формул (аналитическое), описание с помощью графиков (графическое), словесное описание.

График движения (пространственной координаты) – линия в координатных осях Ox , Oy , Oz и Ot , изображающая зависимость пространственной координаты от временной координаты, выраженную кинематическим уравнением движения (рис. 12).

График скорости – линия в координатных осях Ov_x , Ov_y , Ov_z и Ot , изображающая зависимость проекции скорости движущегося тела от временной координаты (рис. 13).

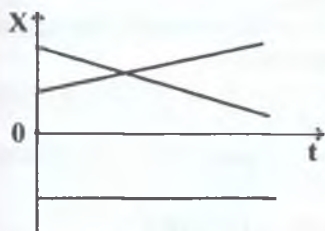


Рис. 12

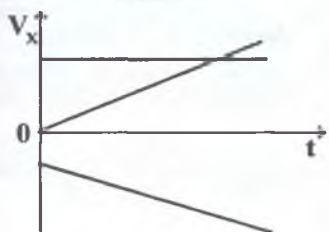


Рис. 13



1. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Начальные сведения и определения

Прямолинейное равномерное (равноскоростное) движение:

- движение, при котором тело (точка) за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения;
- движение с постоянной по модулю и направлению скоростью.

Прямолинейное равноускоренное движение:

- движение тела, при котором его скорость за любые равные промежутки времени изменяется одинаково;
- движение с постоянным по модулю и направлению ускорением.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Мгновенное (текущее) значение пространственной координаты	x	метр	м
	y		
	z		
Начальное значение пространственной координаты	x_0	метр	м
	y_0		
	z_0		

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Мгновенное (текущее) значение временной координаты	t	секунда	c
Начальное значение временной координаты	t_0	секунда	c
Вектор перемещения	\vec{s} \vec{h}	—	—
Проекция вектора перемещения	S_x S_y S_z h_x h_y h_z	метр	m
Модуль вектора перемещения	S h	метр	m
Вектор скорости	\vec{v}	—	—
Проекция вектора скорости	v_x v_y v_z	метр в секунду	$\frac{m}{c}$
Модуль вектора скорости	v	метр в секунду	$\frac{m}{c}$
Вектор начальной скорости	\vec{v}_0	—	—
Проекция вектора начальной скорости	v_{0x} v_{0y} v_{0z}	метр в секунду	$\frac{m}{c}$
Модуль вектора начальной скорости	v_0	метр в секунду	$\frac{m}{c}$
Вектор средней скорости	\vec{v}_{cp}	—	—
Модуль вектора средней скорости	v_{cp}	метр в секунду	$\frac{m}{c}$
Вектор ускорения	\vec{a}	—	—
Проекция вектора ускорения	a_x a_y a_z	метр в секунду за секунду	$\frac{m}{c^2}$
Модуль вектора ускорения	a	метр в секунду за секунду	$\frac{m}{c^2}$

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Проекция вектора перемещения на ось наблюдения	$S_x = x - x_0,$ $S_y = y - y_0$	Проекция вектора перемещения s_x на ось наблюдения OX равна разности конечного x и начального x_0 значений пространственных координат, соответствующих концу и началу вектора перемещения. Проекция вектора перемещения s_y на ось наблюдения OY равна разности конечного y и начального y_0 значений пространственных координат, соответствующих концу и началу вектора перемещения
Промежуток времени (временной интервал)	$\Delta t = t - t_0,$ при $t_0 = 0$ $\Delta t = t$	Временной интервал Δt равен разности конечного t и начального t_0 значений временной координаты. При нулевом значении временной координаты (момент начала наблюдения совпадает с моментом включения счетчика времени) численное значение промежутка времени Δt совпадает с текущим (либо конечным) значением временной координаты
Мгновенное (текущее) значение пространственной координаты	$x = x_0 + s_x,$ $y = y_0 + s_y$	Мгновенное (текущее) значение пространственной координаты x (y) равно сумме начального значения пространственной координаты x_0 (y_0) и проекции вектора перемещения s_x (s_y) на ось наблюдения OX (OY)

Прямолинейное равномерное (равноскоростное) движение



Величина	Формула	Чтение формулы
Скорость	$\vec{V} = \frac{\vec{S}}{t}$	Скорость прямолинейного равномерного движения – векторная величина, равная отношению перемещения тела за любой промежуток времени к значению этого промежутка
Перемещение	$\vec{S} = \vec{V}t$	При прямолинейном равномерном движении вектор перемещения за любой промежуток времени равен произведению вектора скорости на промежуток времени
Проекция вектора перемещения на ось наблюдения OX	$S_x = V_x t$	При прямолинейном равномерном движении проекция вектора перемещения на ось наблюдения OX равна произведению проекции вектора скорости на ось наблюдения OX на промежуток времени
Решение основной задачи механики для прямолинейного равномерного (равноскоростного) движения: зависимость мгновенного значения пространственной координаты от временной координаты	$\begin{aligned} x &= x_0 + V_x t, \\ V_x &= \pm V, \\ x &= x_0 \pm Vt \end{aligned}$	При прямолинейном равномерном (равноскоростном) движении текущее значение пространственной координаты x равно сумме начального значения пространственной координаты x_0 и произведения проекции вектора скорости на ось наблюдения на текущее значение временной координаты t




Величина	Формула	Чтение формулы
<p>Частные случаи:</p> <p>а) тело движется равномерно вдоль оси наблюдения ОХ;</p> <p>б) тело движется равномерно против оси наблюдения ОХ</p>	<p>а)</p> <p>б)</p>	
Проекция вектора скорости на ось наблюдения	$V_x = \frac{\Delta x}{\Delta t},$ $v_x = \frac{x - x_0}{t}$	При равномерном прямолинейном движении проекция вектора скорости на ось наблюдения ОХ равна изменению пространственной координаты в единицу времени

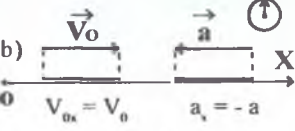
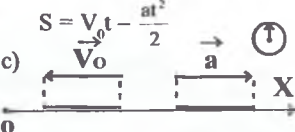
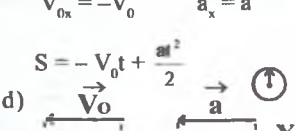
Прямолинейное неравномерное движение

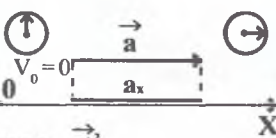
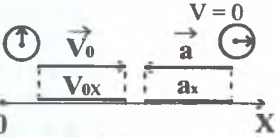
Величина	Формула	Чтение формулы
Средняя скорость	$\vec{V}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t},$	Средняя скорость $\vec{V}_{\text{ср}}$ – векторная величина, равная отношению перемещения $\Delta \vec{S}$ к промежутку времени Δt , за которое оно произошло
Мгновенная скорость	$\vec{V} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$ $\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$	Мгновенная скорость \vec{V} – векторная величина, равная отношению перемещения $\Delta \vec{S}$ к очень малому (бесконечно малому) промежутку времени Δt , за которое оно произошло («lim» – знак предела), « $\Delta t \rightarrow 0$ » – значение промежутка времени, стремящегося к нулю

Прямолинейное равноускоренное движение

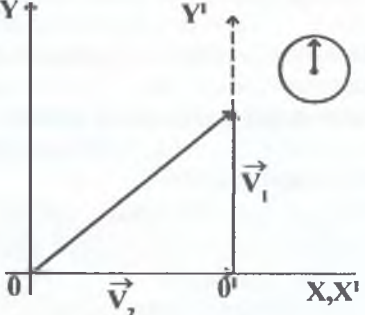
Величина	Формула	Чтение формулы
Ускорение	$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t},$ <p>при $t_0 = 0 \quad \Delta t = t - t_0 = t,$</p> $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$	Ускорение \vec{a} — векторная величина, равная отношению вектора изменения скорости $\Delta \vec{v}$ к промежутку времени Δt , в течение которого это изменение произошло
Мгновенная скорость	$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t$	При прямолинейном равноускоренном движении мгновенная скорость тела \vec{V} в любой момент времени t равна сумме начальной скорости \vec{V}_0 и произведения ускорения \vec{a} на текущее значение временной координаты t
Проекция вектора мгновенной скорости на ось наблюдения Ox	$V_x = V_{0x} + a_x t,$ $V_{0x} = \pm V_0,$ $a_x = \pm a,$ $V = \pm V_0 \pm at$	При прямолинейном равноускоренном движении проекция вектора мгновенной скорости v_x на ось наблюдения Ox равна сумме проекции вектора начальной скорости v_x и произведения проекции вектора ускорения a_x на время изменения скорости t
<p><i>Частные случаи:</i></p> <p>а) тело движется вдоль оси наблюдения Ox с увеличивающейся скоростью;</p> <p>б) тело движется вдоль оси наблюдения Ox с уменьшающейся скоростью;</p>	<p>а) </p> $V_{0x} = V_0 \quad a_x = a$ $V = V_0 + at$ <p>б) </p> $V_{0x} = V_0 \quad a_x = -a$ $V = V_0 - at$	

Величина	Формула	Чтение формулы
<p>с) тело движется против оси наблюдения OX с уменьшающейся скоростью;</p> <p>д) тело движется против оси наблюдения OX с увеличивающейся скоростью</p>	<p>с) </p> $V_{0x} = -V_0 \quad a_x = a$ $V = -V_0 + at$ <p>д) </p> $V_{0x} = -V_0 \quad a_x = -a$ $V = -V_0 - at$	
Перемещение	$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$	<p>При прямолинейном равноускоренном движении вектор перемещения \vec{S} равен сумме произведения вектора начальной скорости \vec{V}_0 на время движения t и половины произведения вектора ускорения \vec{a} на квадрат времени движения t</p>
Проекция вектора перемещения на ось наблюдения OX	$S_x = V_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2},$ $V_{0x} = \pm V_0; a_x = \pm a,$ $S = \pm V_0 t \pm \frac{at^2}{2}$	<p>При прямолинейном равноускоренном движении проекция вектора перемещения S_x на ось наблюдения OX равна сумме произведения проекции вектора начальной скорости V_{0x} на время движения и половины произведения проекции вектора ускорения a_x на квадрат времени движения</p>
<p>Частные случаи:</p> <p>а) тело движется вдоль оси наблюдения OX с увеличивающейся скоростью;</p>	<p>а) </p> $V_{0x} = V_0 \quad a_x = a$ $S = V_0 t + \frac{at^2}{2}$	

Величина	Формула	Чтение формулы
<p>b) тело движется вдоль оси наблюдения Ox с уменьшающейся скоростью;</p> <p>c) тело движется против оси наблюдения Ox с уменьшающейся скоростью;</p> <p>d) тело движется против оси наблюдения Ox с увеличивающейся скоростью</p>	 <p>b) $V_{0x} = V_0$ $a_x = -a$</p> $S = V_0 t - \frac{at^2}{2}$  <p>c) $V_{0x} = -V_0$ $a_x = a$</p> $S = -V_0 t + \frac{at^2}{2}$  <p>d) $V_{0x} = -V_0$ $a_x = -a$</p> $S = -V_0 t - \frac{at^2}{2}$	
<p>Решение основной задачи механики для прямолинейного равноускоренного движения: зависимость мгновенного значения пространственной координаты от временной координаты</p>	$x = x_0 + V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$ <p>$V_{0x} = \pm V_0, a_x = \pm a,$</p> $x = x_0 \pm V_0 t \pm \frac{at^2}{2}$	<p>При прямолинейном равноускоренном движении тела (точки) текущее значение пространственной координаты x равно сумме начального значения пространственной координаты x_0, произведения проекции вектора начальной скорости V_0 на время движения t и половины произведения проекции вектора ускорения a_x на квадрат времени движения t</p>
<p>Проекция вектора перемещения на ось наблюдения Ox (формула «без времени») <i>Частные случаи:</i> а) скорость тела увеличивается;</p>	$S_x = \frac{V_x^2 - V_0^2}{2a_x}$ <p>а) $S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}$ при $V_x = V,$ $V_{0x} = V_0,$ $V > V_0,$</p>	<p>При прямолинейном равноускоренном движении проекция вектора перемещения на ось наблюдения S_x равна отношению разности квадратов проекций текущей V_x и начальной скоростей V к удвоенному значению проекции вектора ускорения a_x</p>

Величина	Формула	Чтение формулы
<p>б) скорость тела уменьшается</p>	$b) S = \frac{V_0^2 - V^2}{2a} \text{ при } V_x = V,$ $V_{0x} = V_0,$ $V < V_0.$	
<p><i>Частный случай:</i> начало прямолинейного движения из состояния относительного покоя. Тело равноускоренно разгоняется вдоль оси наблюдения</p>	 $\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{at^2}{2},$ $\vec{V} = \vec{V}_0 + at \quad \left\ \begin{array}{l} V_0 = 0, \\ a_x = a > 0, \\ S_x = S, \\ V_x = V \end{array} \right.$ $S = \frac{at^2}{2},$ $V = at,$ $S = \frac{V^2}{2a}$	<p>При прямолинейном равноускоренном движении с увеличивающейся скоростью вдоль оси наблюдения из состояния относительного покоя:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перемещение равно половине произведения ускорения на квадрат времени разгона; - скорость движения равна произведению ускорения на время разгона; - перемещение равно отношению квадрата конечной скорости разгона к удвоенному ускорению
<p><i>Частный случай:</i> завершение прямолинейного движения до состояния относительного покоя. Тело равноускоренно тормозит вдоль оси наблюдения OX</p>	 $\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{at^2}{2} \quad \left\ \begin{array}{l} V_{0x} = V_0 > 0, \\ a_x = a < 0, \\ S_x = S, \\ V = 0. \end{array} \right.$ $S = V_0 t - \frac{at^2}{2},$ $0 = V_0 - at \rightarrow V_0 = at,$ $S = \frac{V_0^2}{2a}$	<p>При прямолинейном равноускоренном движении с уменьшающейся скоростью вдоль оси наблюдения OX до полной остановки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перемещение равно разности произведения начальной скорости на время торможения и половины произведения ускорения на квадрат времени торможения; - начальная скорость равна произведению ускорения на время движения (торможения); - перемещение равно отношению квадрата начальной скорости к удвоенному ускорению

Относительность механического движения

Величина	Формула	Чтение формулы
Сложение перемещений	 $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$ $S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$	<p>Перемещение тела \vec{S} относительно неподвижной системы пространственных координат XOY равно геометрической сумме перемещения тела \vec{S}_1 относительно подвижной системы пространственных координат $X'O'Y'$ и перемещения самой подвижной системы \vec{S}_2 относительно неподвижной.</p> <p>Модуль вектора перемещения S равен квадратному корню из суммы квадратов модулей векторов перемещений S_1 и S_2</p>
Сложение скоростей	 $\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$ $V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$	<p>Скорость тела \vec{V} относительно неподвижной системы пространственных координат XOY равна геометрической сумме скорости тела \vec{V}_1 относительно подвижной системы пространственных координат $X'O'Y'$ и скорости самой подвижной системы \vec{V}_2 относительно неподвижной.</p> <p>Модуль вектора скорости v равен квадратному корню из суммы квадратов модулей векторов v_1 и v_2</p>

2. КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ. РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

Начальные сведения и определения

Равномерное движение по окружности – криволинейное движение, траекторией которого является окружность, при этом модуль линейной скорости тела, ориентированной по касательной к любой точке траектории, остается постоянным.

Угловая скорость – величина, характеризующая быстроту движения тела по окружности (в общем случае – по криволинейной траектории).

Периодическое движение – движение, повторяющееся через равные промежутки времени.

Период обращения – промежуток времени, через который движение полностью повторяется (для равномерного движения по окружности – время одного полного оборота по окружности).

Частота обращения – число полных оборотов, совершенных точкой при равномерном движении по окружности, в единицу времени.

Центростремительное ускорение – ускорение тела при равномерном движении по окружности. Вектор центростремительного ускорения всегда ориентирован к центру кривизны траектории движения и перпендикулярен вектору линейной скорости.

Ускорение при криволинейном движении в общем случае характеризуется двумя составляющими – тангенциальной и нормальной (радиальной, центростремительной).

Тангенциальная составляющая ускорения описывает быстроту изменения скорости по модулю и направлена по касательной к траектории криволинейного движения.

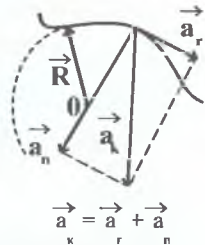
Нормальная (радиальная, центростремительная) составляющая ускорения характеризует быстроту изменения скорости по направлению и ориентирована к центру кривизны траектории движения точки.

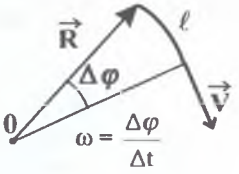
Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Угол поворота	$\Delta \varphi$	радиан	рад
Время поворота	Δt	секунда	с
Угловая скорость	ω	радиан в секунду (или обратная секунда)	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}, \text{с}^{-1}$
Радиус кривизны траектории	R	метр	м
Период обращения	T	секунда	с
Частота обращения	n	обратная секунда	с^{-1}
Длина дуги окружности	l	метр	м
Длина окружности	L	метр	м
Вектор центростремительного ускорения	$\vec{a}_{\text{цс}}$	—	—
Проекция вектора центростремительного ускорения	$a_{\text{цсх}}$	метр в секунду за секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Модуль вектора центростремительного ускорения	$a_{\text{цс}}$	метр в секунду за секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Вектор ускорения, описывающего криволинейное движение	\vec{a}_x	—	—
Модуль вектора ускорения, описывающего криволинейное движение	a_x	метр в секунду за секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Тангенциальная составляющая ускорения при криволинейном движении	\vec{a}_τ	—	—
Модуль тангенциальной составляющей ускорения при криволинейном движении	a_τ	метр в секунду за секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Нормальная (радиальная, центростремительная) составляющая ускорения при криволинейном движении	\vec{a}_n \vec{a}_r $\vec{a}_{\text{цс}}$	—	—

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Модуль нормальной (радиальной, центростремительной) составляющей ускорения при криволинейном движении	a_n a_r $a_{ис}$	метр в секунду за секунду	$\frac{м}{с^2}$

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
<i>Криволинейное движение точки</i>		
Вектор ускорения	 $\vec{a}_k = \vec{a}_t + \vec{a}_n$	Вектор ускорения, описывающего движение точки по криволинейной траектории, равен геометрической сумме тангенциальной и нормальной (радиальной, центростремительной) составляющих ускорения
Модуль вектора ускорения	$a_k = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$	Модуль вектора ускорения, описывающего движение точки по криволинейной траектории, равен квадратному корню из суммы квадратов модулей тангенциальной и нормальной (радиальной, центростремительной) составляющих ускорения
Модуль тангенциальной составляющей ускорения	$a_t = \frac{\Delta V}{\Delta t}$	Модуль тангенциальной составляющей ускорения при криволинейном движении равен отношению изменения модуля линейной скорости ко времени ее изменения

Величина	Формула	Чтение формулы
Модуль нормальной (радиальной, центростремительной) составляющей ускорения	$a_n = \frac{V^2}{R}$	Модуль нормальной (радиальной, центростремительной) составляющей ускорения при криволинейном движении равен отношению квадрата линейной скорости к радиусу кривизны траектории
Равномерное движение точки по окружности		
Угловая скорость		Угловая скорость равна отношению угла поворота радиуса, соединяющего центр кривизны траектории с движущейся точкой, ко времени поворота
Длина окружности	$L = 2\pi R$	Длина траектории, являющейся окружностью, соответствующая одному полному обороту точки по окружности или одному полному углу оборота, равна удвоенному произведению π на радиус окружности
Частота обращения	$n = \frac{1}{T}$	Частота обращения точки по окружности – величина, обратная периоду обращения точки по окружности
Модуль вектора линейной скорости	$V = \frac{l}{\Delta t},$ $V = \omega R,$	При равномерном движении точки по окружности модуль линейной скорости равен: <ul style="list-style-type: none"> • отношению длины дуги, пройденной точкой, к промежутку времени, в течение которого точка прошла это расстояние; • произведению угловой скорости на радиус кривизны траектории (окружности);

Величина	Формула	Чтение формулы
	$V = \frac{L}{T},$ $V = \frac{2\pi R}{T},$ $V = 2\pi Rn$	<ul style="list-style-type: none"> • отношению длины окружности (длины траектории) к периоду обращения точки по окружности; • отношению удвоенного произведения π на радиус окружности к периоду обращения точки по окружности; • удвоенному произведению π, радиуса окружности и частоты обращения.
Модуль вектора центростремительного ускорения	$a_{\text{цс}} = \frac{V^2}{R},$ $a_{\text{цс}} = V\omega,$ $a_{\text{цс}} = \omega^2 R,$	<p>Модуль вектора центростремительного ускорения при равномерном движении точки по окружности равен:</p> <ul style="list-style-type: none"> • отношению квадрата модуля линейной скорости к радиусу кривизны траектории (окружности); • произведению модуля линейной скорости на угловую скорость; • произведению квадрата угловой скорости на радиус кривизны траектории;

3. ОПИСАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

А. Прямолинейное движение тела в вертикальном направлении с ускорением свободного падения

Физические величины

Название	Обозначение
Временная координата, соответствующая моменту достижения телом наивысшей точки траектории (времени подъема)	$t_{\text{под}}$
Временная координата, соответствующая моменту достижения телом низшей точки траектории (времени падения)	$t_{\text{пад}}$
Вектор наибольшего перемещения	\vec{H}
Проекция вектора наибольшего перемещения на ось OY	H_y
Модуль вектора наибольшего перемещения	H
Вектор скорости падения тела при достижении им поверхности Земли	$\vec{V}_{\text{пад}}$
Проекция вектора скорости падения на ось OY	$V_{\text{пад } y}$
Модуль вектора скорости падения	$V_{\text{пад}}$
Вектор ускорения свободного падения	\vec{g}
Проекция вектора ускорения свободного падения на ось OY	g_y
Модуль вектора ускорения свободного падения	g

а) Движение тела, брошенного вертикально вниз

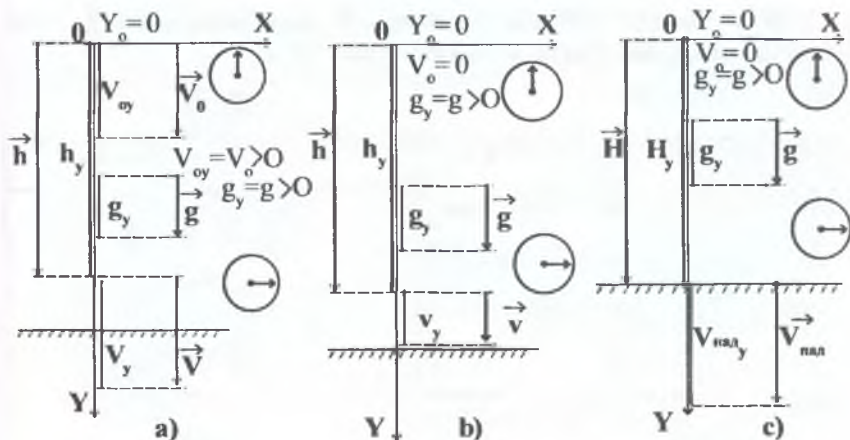


Рис. 14

Связи физических величин

Величина	Формула
а) Тело брошено вертикально вниз с начальной скоростью, отличной от нуля. Решение основной задачи механики (рис. 14, а)	
Вектор перемещения	$\vec{h} = \vec{V}_0 t + \frac{g t^2}{2}$
Вектор мгновенной (текущей) скорости	$\vec{V} = \vec{V}_0 + g t$
Проекция вектора перемещения на ось ординат	$h_y = V_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$
Проекция вектора мгновенной (текущей) скорости на ось ординат	$V_y = V_{0y} + g_y t$
Модуль вектора перемещения	$h = V_0 t + \frac{g t^2}{2}; h = \frac{V^2 - V_0^2}{2g}$
Модуль вектора мгновенной (текущей) скорости	$V = V_0 + g t$
Решение основной задачи механики в случае движения тела, брошенного вертикально вниз: зависимость мгновенного значения пространственной координаты от значения временной координаты	$y = y_0 + V_0 t + \frac{g t^2}{2};$ $y = y_0 + \frac{V^2 - V_0^2}{2g}$
б) Тело свободно падает с начальной скоростью, равной нулю. Решение основной задачи механики (рис. 14, в)	
Вектор перемещения	$\vec{h} = \frac{g t^2}{2}$
Вектор мгновенной (текущей) скорости	$\vec{V} = g t$
Проекция вектора перемещения на ось ординат	$h_y = \frac{g_y t^2}{2}; h_y = \frac{V_y^2}{2g}$
Проекция вектора мгновенной (текущей) скорости на ось ординат	$V_y = g_y t$
Модуль вектора перемещения	$h = \frac{g_y t^2}{2}; h = \frac{V_y^2}{2g}$
Модуль вектора мгновенной (текущей) скорости	$V = g t$

Величина	Формула
Решение основной задачи механики в случае движения тела, брошенного вертикально вниз с начальной скоростью, равной нулю: зависимость мгновенного значения пространственной координаты от значения временной координаты	$y = y_0 + \frac{gt^2}{2};$ $y = y_0 + \frac{V^2}{2g}$
в) Тело свободно падает с начальной скоростью, равной нулю, с определенной высоты. Расчет скорости и времени падения (рис. 14,с)	
Вектор наибольшего перемещения	$\vec{H} = \frac{gt_{\text{пад}}^2}{2}$
Вектор скорости падения	$\vec{V}_{\text{пад}} = g t_{\text{пад}}$
Проекция вектора наибольшего перемещения на ось ординат	$H_y = \frac{g_y t_{\text{пад}}^2}{2}; H_y = \frac{V_{\text{пад}}^2}{2g_y}$
Проекция вектора скорости падения на ось ординат	$V_{\text{пад}y} = g_y t_{\text{пад}}$
Модуль вектора наибольшего перемещения	$H = \frac{gt_{\text{пад}}^2}{2}; H = \frac{V_{\text{пад}}^2}{2g}$
Модуль вектора скорости падения	$V_{\text{пад}} = gt_{\text{пад}}; V_{\text{пад}} = \sqrt{2gH}$
Время падения тела	$t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

б) Движение тела, брошенного вертикально вверх

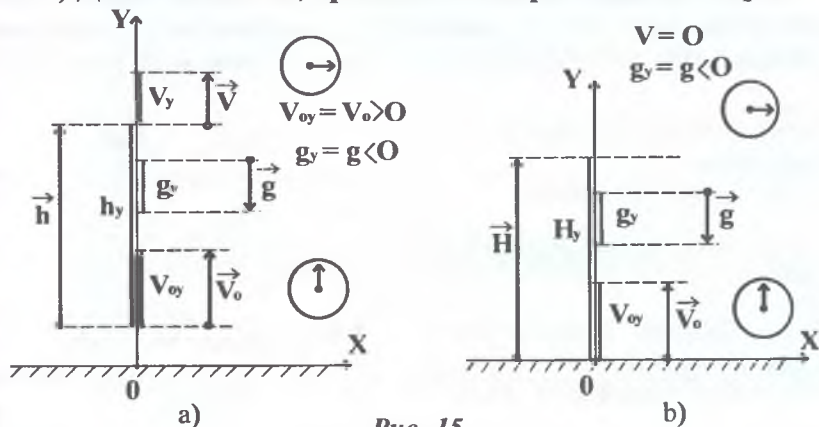


Рис. 15

Связи физических величин

Величина	Формула
<i>а) Тело брошено вертикально вверх. Решение основной задачи механики (рис. 15, а)</i>	
Вектор перемещения	$\vec{h} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$
Вектор мгновенной (текущей) скорости	$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g} t$
Проекция вектора перемещения на ось ординат	$h_y = V_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}; h_y = \frac{V_{0y}^2 - V_y^2}{2g_y}$
Проекция вектора мгновенной (текущей) скорости на ось ординат	$V_y = V_{0y} + g_y t$
Модуль вектора перемещения	$h = V_0 t - \frac{g t^2}{2}; h = \frac{V_0^2 - V^2}{2g}$
Модуль вектора мгновенной (текущей) скорости	$V = V_0 - g t$
Решение основной задачи механики в случае движения тела, брошенного вертикально вверх: зависимость мгновенного значения пространственной координаты от значения временной координаты	$y = y_0 + V_0 t - \frac{g t^2}{2};$ $y = y_0 + \frac{V_0^2 - V^2}{2g}$
<i>б) Тело брошено вертикально вверх и достигает точки наибольшего подъема. Расчет наибольшего (максимального) значения перемещения, времени подъема и времени полета тела (рис. 15, б)</i>	
Вектор наибольшего (максимального) перемещения	$\vec{H} = \vec{V}_0 t_{\text{под}} + \frac{\vec{g} t_{\text{под}}^2}{2}$
Вектор начальной скорости	$0 = \vec{V}_0 + \vec{g} t_{\text{под}} \rightarrow \vec{V}_0 = -\vec{g} t_{\text{под}}$
Проекция вектора наибольшего (максимального) перемещения на ось ординат	$H_y = V_{0y} t_{\text{под}} + \frac{g_y t_{\text{под}}^2}{2}; H_y = \frac{V_{0y}^2}{2g_y}$
Проекция вектора начальной скорости на ось ординат	$0 = V_{0y} + g_y t_{\text{под}} \rightarrow V_{0y} = -g_y t_{\text{под}}$
Модуль вектора начальной скорости	$V_0 = g t_{\text{под}}$

Величина	Формула
Модуль вектора наибольшего (максимального) перемещения	$H = \frac{V_0^2}{2g}$
Время подъема тела до наивысшей точки траектории	$t_{\text{под}} = \frac{V_0}{g}$
Время полета тела при условии его возвращения в исходную точку	$t_{\text{пол}} = 2t_{\text{под}} \quad t_{\text{пол}} = 2 \frac{V_0}{g}$

Б. Движение тела по кривой траектории

а) Движение тела, брошенного горизонтально (рис. 16)

Предварительное замечание: движение тела, брошенного горизонтально, целесообразно рассматривать в виде совокупности двух одновременно совершающихся движений: равномерного (равноскоростного) движения в горизонтальном направлении (при условии отсутствия трения о воздух) и равноускоренного движения (свободного падения) в вертикальном направлении.

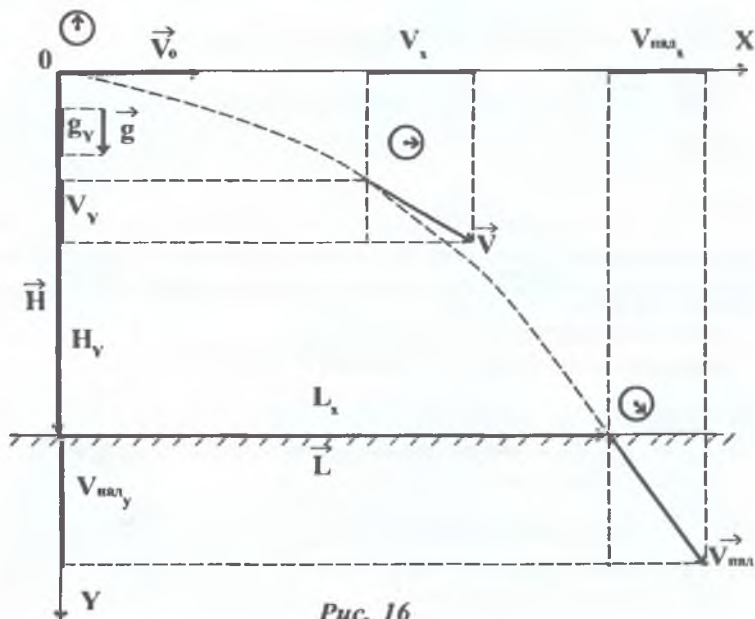


Рис. 16

Физические величины

Название	
Значение временной координаты, соответствующее моменту падения тела (время падения)	$t_{\text{пад}}$
Вектор наибольшего перемещения в горизонтальном направлении (максимальной дальности полета)	\vec{L}
Проекция вектора скорости падения на ось абсцисс	$V_{\text{пад}x}$
Модуль вектора наибольшего перемещения в горизонтальном направлении (максимальной дальности полета)	L
Модуль вектора наибольшего перемещения в вертикальном направлении (максимальной высоты подъема)	H
Модуль проекции вектора начальной скорости на ось абсцисс	V_{0x}
Модуль проекции вектора начальной скорости на ось ординат	V_{0y}
Модуль проекции вектора мгновенной (текущей) скорости на ось абсцисс	V_x
Модуль проекции вектора мгновенной (текущей) скорости на ось ординат	V_y
Модуль проекции вектора скорости падения на ось абсцисс	$V_{\text{пад}x}$
Модуль проекции скорости падения на ось ординат	$V_{\text{пад}y}$

Обозначение

Величина	Формула
Проекция вектора наибольшего перемещения в горизонтальном направлении (максимальной дальности полета) на ось абсцисс	$L_x = V_{0x} t_{\text{пад}}$
Проекция вектора наибольшего перемещения в вертикальном направлении (максимальной высоты падения) на ось ординат	$H_y = \frac{g_y t_{\text{пад}}^2}{2}$
Модуль вектора наибольшего перемещения в горизонтальном направлении (максимальной дальности полета)	$L = V_0 t_{\text{пад}}; L = V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$

Величина	Формула
Модуль вектора наибольшего перемещения в вертикальном направлении (максимальной высоты падения)	$H = \frac{gt_{\text{пад}}^2}{2}; H = \frac{V_{\text{им.0}}^2}{2g}$
Время падения	$t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$
Модуль вектора мгновенной (текущей) скорости	$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$
Модуль вектора скорости падения	$V_{\text{пад}} = \sqrt{V_{\text{падх}}^2 + V_{\text{падy}}^2}$
Модуль проекции вектора начальной скорости на ось абсцисс	$V_{0x} = V_0$
Модуль проекции вектора начальной скорости на ось ординат	$V_{0y} = 0$
Модуль проекции вектора мгновенной (текущей) скорости на ось абсцисс	$V_x = V_0$
Модуль проекции вектора мгновенной (текущей) скорости на ось ординат	$V_y = gt$
Модуль проекции вектора скорости падения на ось абсцисс	$V_{\text{падх}} = V_0$
Модуль проекции вектора скорости падения на ось ординат	$V_{\text{падy}} = gt_{\text{пад}}$

Связи физических величин

б) Движение тела, брошенного под углом к горизонту (рис. 17)

Предварительное замечание: движение тела, брошенного под углом к горизонту (как и движение тела, брошенного горизонтально), целесообразно рассматривать в виде совокупности двух одновременно совершающихся движений: равномерного (равноскоростного) движения в горизонтальном направлении (при условии отсутствия трения о воздух) и равноускоренного движения (свободного падения) в вертикальном направлении.

Физические величины

Название	Обозначение
Угол ориентации вектора скорости относительно горизонта	α
Вектор скорости в точке наивысшего подъема	$\vec{V}_{\text{под}}$
Проекция вектора скорости на ось абсцисс в точке наивысшего подъема	$V_{\text{подх}}$
Проекция вектора перемещения на ось абсцисс	S_x

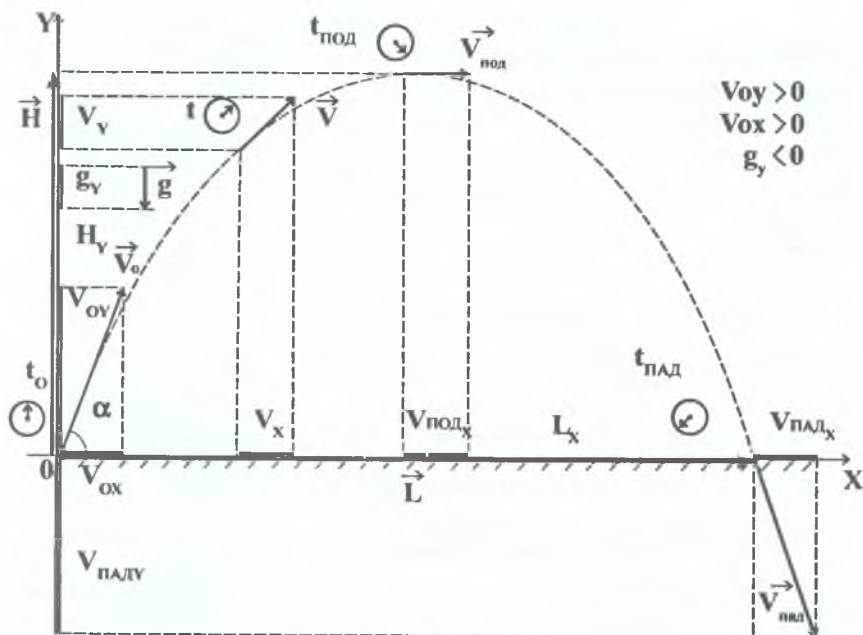


Рис. 17

Связи физических величин

Название величины	Формула
Проекция вектора начальной скорости на ось абсцисс	$V_{0x} = V_0 \cos \alpha$
Проекция вектора начальной скорости на ось ординат	$V_{0y} = V_0 \sin \alpha$
Модуль вектора начальной скорости	$V_0 = \sqrt{V_{0x}^2 + V_{0y}^2}$
Модуль вектора мгновенной скорости	$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$
Модуль вектора скорости падения	$V_{\text{пад}} = \sqrt{V_{\text{пад}x}^2 + V_{\text{пад}y}^2}$
Проекция вектора перемещения в горизонтальном направлении на ось абсцисс	$S_x = V_0 \cos \alpha \cdot t$
Модуль вектора перемещения в вертикальном направлении на ось ординат	$h_y = V_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g_y t^2}{2}; g_y = -g$

Название величины	Формула
Время подъема до наивысшей точки траектории	$t_{\text{под}} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$
Время полета	$t_{\text{пол}} = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$
Модуль вектора наибольшего перемещения в вертикальном направлении (максимальной высоты подъема)	$H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
Модуль вектора наибольшего перемещения в горизонтальном направлении (максимальной дальности полета)	$L = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

II. ДИНАМИКА

Начальные сведения и определения

Динамика – раздел механики, в котором рассматриваются не только законы движения, но и причины возникновения этого движения.

Инерция – явление сохранения телом состояния прямолинейного и равномерного движения или относительного покоя при отсутствии внешних воздействий или при компенсации этих воздействий.

Инертность – внутреннее свойство, присущее всем телам и заключающееся в том, что тела оказывают сопротивление изменению их состояния прямолинейного и равномерного движения либо относительного покоя.

Масса – физическая величина в механике, характеризующая инерционные и гравитационные свойства тел.

Инерциальные системы отсчета – системы отсчета, относительно которых тела сохраняют состояние покоя или прямолинейного равномерного движения, пока нескомпенсированные воздействия со стороны других тел или полей не выведут их из этого состояния.

Взаимодействие – взаимное действие тел или частиц друг на друга.

Сила – векторная физическая величина, описывающая воздействия на тело со стороны других тел или полей.

Сила всемирного тяготения – векторная величина, описывающая взаимное притяжение тел друг к другу.

Сила тяжести – векторная величина, характеризующая действие небесного тела на какое-либо находящееся в зоне его действия тело.

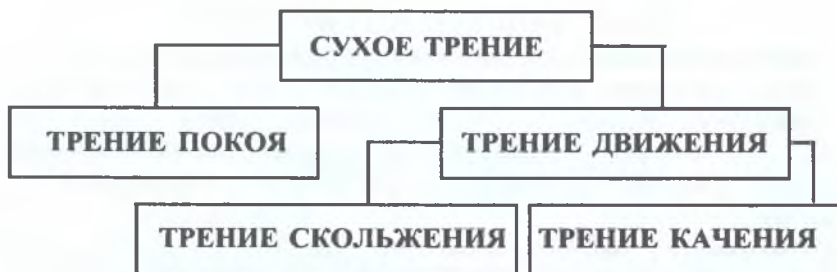
Сила упругости – векторная величина, описывающая упругие деформации тел.

Сила нормальной (перпендикулярной) реакции упруго-деформированной опоры – векторная величина, характеризующая воздействие упругодеформированной опоры на находящееся на ней тело.

Сила реакции упруго-деформированного подвеса – векторная величина, описывающая воздействие упруго-деформированного подвеса на подвешенное на нем тело.

Трение – взаимодействие, возникающее в месте соприкосновения тел и препятствующее их относительному движению (как действительному, так и возможному).

Коэффициент трения скольжения – величина, показывающая, какую долю (часть) сила трения составляет от силы нормальной реакции упруго-деформированной опоры, описывающей нормальное (перпендикулярное) действие опоры на скользящее по ней тело.



Сила трения скольжения – векторная величина, характеризующая препятствующее движению воздействие поверхности, по которой тело скользит.

Сила трения покоя – векторная величина, описывающая препятствующее началу движения воздействие поверхности, по которой тело могло бы начать скольжение.

Вес тела – сила, с которой тело вследствие притяжения его небесным телом давит на опору или растягивает подвес, деформируя их.

Равнодействующая сил (результатирующая сила) – сила, равная геометрической сумме всех сил, характеризующих воздействия на тело.

Физические величины и их единицы*

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Масса	m	килограмм	$кг$
Сила	\vec{F}	ньютон	Н
Равнодействующая сил (результатирующая сила, геометрическая сумма сил)	\vec{R} $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i$	ньютон	Н
Сила всемирного тяготения	$F_{\text{тяг}}$	ньютон	Н
Расстояние	R	метр	м
Высота (модуль вектора перемещения) над поверхностью небесного тела	h	метр	м
Сила тяжести	F_T	ньютон	Н
Сила упругости	$F_{\text{упр}}$	ньютон	Н
Коэффициент жесткости (жесткость)	K	ньютон, деленный на метр	$\frac{Н}{м}$
Абсолютное удлинение	Δl	метр	м
Сила нормальной (перпендикулярной) реакции упруго-деформированной опоры	N	ньютон	Н
Сила реакции упругодеформированного подвеса	T	ньютон	Н
Вес тела	P	ньютон	Н
Сила трения скольжения	$F_{\text{тр}}$	ньютон	Н
Сила трения покоя	$F_{\text{тр}0}$	ньютон	Н
Коэффициент трения скольжения	μ	-	-
Коэффициент трения покоя	μ_0	-	-

Гравитационная постоянная всемирного тяготения

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$$

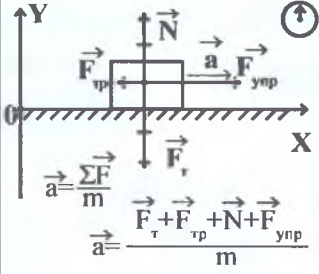
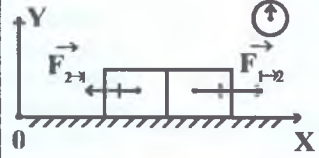
*Здесь и далее векторные величины, их проекции и модули отдельно обозначаться не будут.

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Сила тяжести	$\vec{F}_t = m\vec{g}$	Сила тяжести равна произведению массы тела на ускорение свободного падения в данной точке пространства
Ускорение свободного падения	 $g = G \frac{M}{R^2},$ $g = G \frac{M}{(R+h)^2}$	Ускорение свободного падения численно равно отношению произведения гравитационной постоянной на массу небесного тела к квадрату расстояния от центра небесного тела до точки, в которой рассчитывается ускорение. Если ускорение рассчитывается для точки, находящейся у поверхности небесного тела, указанное выше расстояние совпадает с радиусом небесного тела; если же точка удалена от поверхности на высоту, соизмеримую с радиусом небесного тела, то расстояние будет равно сумме радиуса небесного тела и высоты подъема над поверхностью
Сила нормальной (перпендикулярной) реакции упруго-деформированной опоры		
Сила реакции упруго-деформированного подвеса		
Сила трения скольжения (закон Кулона – Амонтона)	 $F_{\text{тр}} = \mu N$	Сила трения скольжения равна произведению коэффициента трения скольжения и силы нормальной реакции упруго-деформированной опоры

Величина	Формула	Чтение формулы
Сила трения покоя	$F_{\text{тпо}} = \mu_0 N$	Сила трения покоя равна произведению коэффициента трения покоя и силы нормальной реакции упруго-деформированной опоры
Вес тела		Вес тела численно равен силе реакции опоры или силе реакции упруго-деформированного подвеса

Закон	Формула	Формулировка закона
Закон всемирного тяготения	 $F_{\text{тяг}} = G \frac{mM}{R^2}$	Силы гравитационного притяжения, описывающие взаимодействие любых двух тел, направлены по одной прямой, их соединяющей, и прямо пропорциональны произведению масс тел и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними. (Закон справедлив для тел, которые могут считаться материальными точками, и однородных тел шарообразной формы.)
Закон Гука	 $\ell_x = x - 0 = x,$ $F_{\text{упр}x} = -Kx$	Сила упругости в пределах упругих деформаций прямо пропорциональна абсолютному удлинению деформированного тела и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела при деформации
Первый закон Ньютона (закон инерции)		В природе существуют инерциальные системы отсчета

<p>Второй закон Ньютона</p>	 $\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$ $\vec{a} = \frac{\vec{F}_\tau + \vec{F}_\tau + \vec{N} + \vec{F}_{\text{упр}}}{m}$ $\vec{R} = m\vec{a}$ $\vec{F}_\tau + \vec{F}_\tau + \vec{N} + \vec{F}_{\text{упр}} = m\vec{a}$	<p>Ускорение тела в инерциальной системе отсчета прямо пропорционально сумме сил (равнодействующей), описывающих воздействия на тело со стороны других тел и полей, и обратно пропорционально массе тела.</p> <p>Сумма сил (равнодействующая), описывающих воздействия на тело со стороны других тел и полей, равна произведению массы тела на ускорение</p>
<p>Третий закон Ньютона</p>	 $\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$	<p>Одностороннего действия одного тела на другое не бывает: всегда имеет место взаимодействие.</p> <p>Силы, описывающие взаимодействие:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ориентированы вдоль одной прямой в противоположные стороны; – равны по модулю; – приложены к разным телам (и поэтому не подлежат сложению); – являются силами одной природы

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ НЬЮТОНА

А. Расчет веса тела, движущегося с вертикально ориентированным ускорением

Физические величины

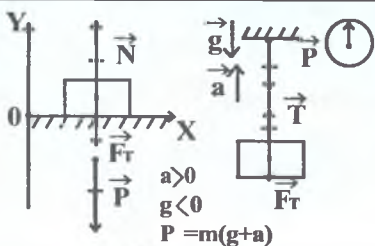
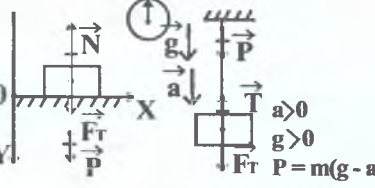
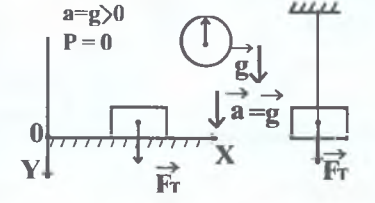
Название	Обозначение
Радиус кривизны траектории движения (поверхности, по которой движется тело)	R
Линейная скорость	V
Линейное ускорение	a
Ускорение свободного падения	g

Название	Обозначение
Центростремительное ускорение	$a_{\text{ис}}$
Масса тела	m
Сила тяжести	F_T
Сила нормальной реакции упруго-деформированной опоры	N
Сила реакции упруго-деформированного подвеса	T
Вес тела	P

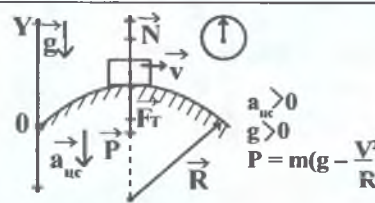
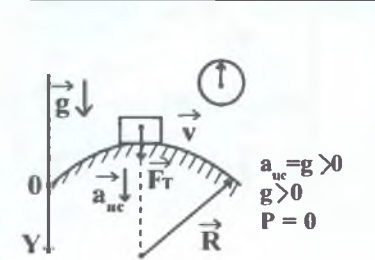
Связи физических величин

Величина	Формула	Комментарии
Вес тела в состоянии относительного покоя		
Вес тела, расположенного на опоре или подвесе	$P_0 = F_T$ $V = 0$ $a = 0$	Вес тела (нормальный вес) численно равен силе тяжести
Вес тела при прямолинейном равномерном (равноскоростном) движении		
Вес тела, расположенного на опоре или подвесе, при движении вертикально вверх	$\vec{v} = \text{const}$ $a = 0$ $P_0 = F_T$	Вес тела (нормальный вес) численно равен силе тяжести
Вес тела, расположенного на опоре или подвесе, при движении вертикально вниз	$\vec{v} = \text{const}$ $a = 0$ $P_0 = F_T$	Вес тела (нормальный вес) численно равен силе тяжести

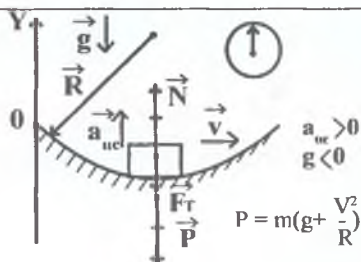
Вес тела при прямолинейном равноускоренном движении

Вес тела, расположенного на опоре или подвесе, при движении вертикально вверх		Вес тела увеличивается, возникают перегрузки
Вес тела, расположенного на опоре или подвесе, при движении вертикально вниз		Вес тела уменьшается
Частный случай: вес тела, расположенного на опоре или подвесе, при совместном движении вертикально вниз с ускорением, равным ускорению свободного падения		Вес тела равен нулю (состояние невесомости) – взаимодействие тела с опорой или подвесом прекращается

Вес тела при криволинейном движении

Вес тела, движущегося по выпуклой опоре, в момент нахождения его в наивысшей точке		Вес тела уменьшается
Частный случай: вес тела, движущегося по выпуклой опоре, в момент нахождения его в наивысшей точке при условии совпадения значений ускорения движения и ускорения свободного падения		Вес тела равен нулю (состояние невесомости) – взаимодействие тела с опорой прекращается

Вес тела, движущегося по вогнутой опоре, в момент нахождения его в наинизшей точке



Вес тела увеличивается – возникают перегрузки

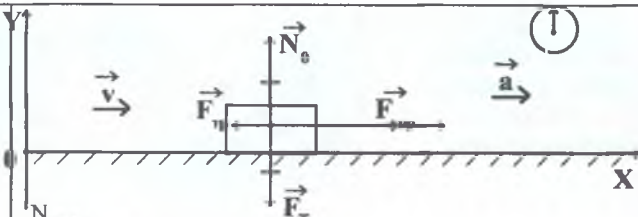
Б. Учет трения при движении тел в горизонтальном направлении Физические величины

Название	Обозначение
Сила трения	$F_{тр}$
Сила упругости	$F_{упр}$
Равнодействующая сил (резльтирующая сила, геометрическая сумма сил)	$\sum_{i=1}^N F_i$
Коэффициент трения скольжения	μ

Связь физических величин

Величина	Вывод формулы
Ускорение тела, движущегося с уменьшающейся (убывающей) скоростью	<p> $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m\vec{a}$ $\vec{F}_r + \vec{F}_{тр} + \vec{N}_0 + = m\vec{a}$ </p> <p> $\text{OX: } F_{rx} + F_{трx} + N_{0x} = ma_x \quad \left\ \begin{array}{l} F_{rx} = 0, F_{трx} = -F_{тр} \\ N_{0x} = 0, a_x = -a. \end{array} \right.$ $\text{OY: } F_{ry} + F_{тры} + N_{0y} = ma_y \quad \left\ \begin{array}{l} F_{ry} = -F_r, F_{тры} = 0 \\ N_{0y} = N_0, a_y = 0. \end{array} \right.$ </p> <p> $\left\ \begin{array}{l} -F_{тр} = m(-a) \rightarrow a = \frac{F_{тр}}{m} \\ -F_r + N_0 = 0 \rightarrow N = F_r = mg. \end{array} \right. \rightarrow F_{тр} = \mu mg.$ $F_{тр} = \mu N_0$ </p> <p>Итак: $a = \frac{\mu mg}{m}, a = \mu g$</p>

Ускорение тела, движущегося с увеличивающейся (нарастающей) скоростью



The diagram shows a rectangular block on a horizontal surface. A coordinate system is established with the Y-axis pointing vertically upwards and the X-axis pointing horizontally to the right. The block is moving to the right with velocity \vec{v} and acceleration \vec{a} . The forces acting on the block are: normal force \vec{N}_0 pointing up, weight \vec{F}_T pointing down, friction force $\vec{F}_{тр}$ pointing left, and an applied force \vec{F} pointing right. A circled number '1' is in the top right corner.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_T + \vec{F}_{тр} + \vec{N}_0 + \vec{F}_{упр} = m\vec{a}$$

$$\text{OX: } F_{Tx} + F_{трx} + N_{0x} + F_{упрx} = ma_x$$

$$\text{OY: } F_{Ty} + F_{тры} + N_{0y} + F_{упры} = ma_y$$

$$\left. \begin{array}{l} F_{Tx} = 0, F_{трx} = -F_{тр}, \\ N_{0x} = 0, F_{упрx} = F_{упр}, \\ a_x = a. \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} F_{Ty} = -F_T, F_{тры} = 0 \\ N_{0y} = N_0, F_{упры} = 0 \\ a_y = 0. \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} F_{упр} - F_{тр} = ma \rightarrow a = \frac{F_{упр} - F_{тр}}{m} \\ -F_T + N_0 = 0 \rightarrow N_0 = F_T = mg, \\ F_{тр} = \mu N_0 \end{array} \right\} \rightarrow F_{тр} = \mu mg.$$

Итак: $a = \frac{F_{упр} - \mu mg}{m}$, $a = \frac{F_{упр}}{m} - \mu g$

В. Движение тела по наклонной плоскости

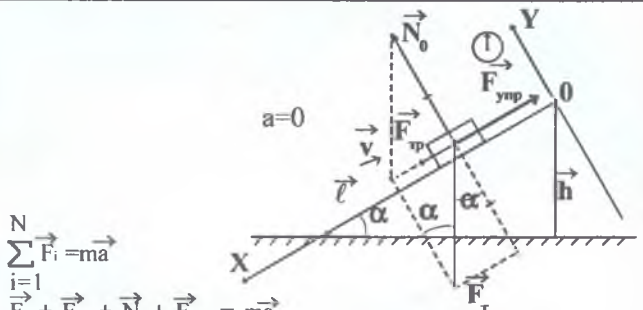
Физические величины

Название	Обозначение
Длина наклонной плоскости	l
Высота наклонной плоскости	h
Угол наклона плоскости	α

Связи физических величин

Величина	Вывод формулы
Коэффициент трения при равномерном соскальзывании тела	<div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">$a=0$</p> $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m\vec{a}$ $\vec{F}_r + \vec{N}_0 + \vec{F}_{tr} = m\vec{a}$ <p>OX: $F_{rx} + N_{0x} + F_{trx} = ma_x$ \parallel $F_{rx} = mg\sin\alpha, N_{0x} = 0,$ \parallel $F_{trx} = -F_{tr}, a_x = 0.$</p> <p>OY: $F_{ry} + N_{0y} + F_{try} = ma_y$ \parallel $F_{ry} = -mg\cos\alpha, N_{0y} = N_0,$ \parallel $F_{try} = 0, a_y = 0.$</p> $\parallel \begin{cases} mg\sin\alpha - F_{tr} = 0, \\ -mg\cos\alpha + N_0 = 0; \end{cases} \rightarrow \begin{cases} mg\sin\alpha = F_{tr}, \\ N_0 = mg\cos\alpha, \end{cases} \parallel \rightarrow F_{tr} = \mu mg\cos\alpha.$ $\text{Итак: } mg\sin\alpha = \mu mg\cos\alpha \rightarrow \mu = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \quad \boxed{\mu = \operatorname{tg}\alpha}$
Ускорение при равноускоренном соскальзывании тела	<div style="text-align: center;"> </div> $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m\vec{a}$ $\vec{F}_r + \vec{N}_0 + \vec{F}_{tr} = m\vec{a}$ <p>OX: $F_{rx} + N_{0x} + F_{trx} = ma_x$ \parallel $F_{rx} = mg\sin\alpha, N_{0x} = 0,$ \parallel $F_{trx} = -F_{tr}, a_x = a.$</p> <p>OY: $F_{ry} + N_{0y} + F_{try} = ma_y$ \parallel $F_{ry} = -mg\cos\alpha, N_{0y} = N_0,$ \parallel $F_{try} = 0, a_y = 0.$</p> $\parallel \begin{cases} mg\sin\alpha - F_{tr} = ma, \\ -mg\cos\alpha + N_0 = 0; \end{cases} \rightarrow \begin{cases} N_0 = mg\cos\alpha, \\ F_{tr} = \mu N_0 \end{cases} \parallel \rightarrow F_{tr} = \mu mg\cos\alpha.$ $\text{Итак: } mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = ma,$ $\boxed{a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$

Сила упругости при равномерном подъеме тела



$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_Г + \vec{F}_{тр} + \vec{N}_0 + \vec{F}_{упр} = m\vec{a}$$

$$OX: F_{Гx} + F_{трx} + N_{0x} + F_{упрx} = ma_x \quad \left\| \begin{array}{l} F_{Гx} = mg\sin\alpha, F_{трx} = F_{тр}, \\ N_{0x} = 0, F_{упрx} = -F_{упр}, a_x = 0. \end{array} \right.$$

$$OY: F_{Гy} + F_{тры} + N_{0y} + F_{упры} = ma_y \quad \left\| \begin{array}{l} F_{Гy} = -mg\cos\alpha, F_{тры} = 0, \\ N_{0y} = N_0, F_{упры} = 0, a_y = 0. \end{array} \right.$$

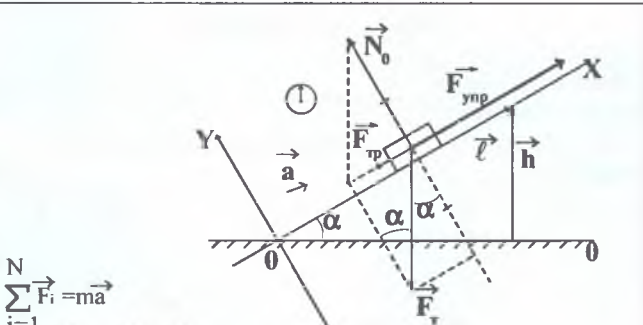
$$\left\| \begin{array}{l} mg\sin\alpha + F_{тр} - F_{упр} = 0, \\ -mg\cos\alpha + N_0 = 0; \end{array} \right. \rightarrow \left\| \begin{array}{l} mg\sin\alpha + F_{тр} = F_{упр} \\ N_0 = mg\cos\alpha, \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} N_0 = mg\cos\alpha, \\ F_{тр} = \mu N_0 \end{array} \right\| \rightarrow F_{тр} = \mu mg\cos\alpha.$$

Итак: $mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha = F_{упр}$,

$$F_{упр} = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

Сила упругости при равноускоренном подъеме тела



$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m\vec{a}$$

$$\vec{F}_Г + \vec{F}_{тр} + \vec{N}_0 + \vec{F}_{упр} = m\vec{a}$$

$$OX: F_{Гx} + F_{трx} + N_{0x} + F_{упрx} = ma_x \quad \left\| \begin{array}{l} F_{Гx} = -mg\sin\alpha, F_{трx} = -F_{тр}, \\ N_{0x} = 0, F_{упрx} = F_{упр}, a_x = a. \end{array} \right.$$

$$OY: F_{Гy} + F_{тры} + N_{0y} + F_{упры} = ma_y \quad \left\| \begin{array}{l} F_{Гy} = -mg\cos\alpha, F_{тры} = 0, \\ N_{0y} = N_0, F_{упры} = 0, a_y = 0. \end{array} \right.$$

$$\left\| \begin{array}{l} -mg\sin\alpha - F_{тр} + F_{упр} = ma, \\ -mg\cos\alpha + N_0 = 0; \end{array} \right. \rightarrow \left\| \begin{array}{l} F_{упр} - mg\sin\alpha - F_{тр} = ma \\ N_0 = mg\cos\alpha, \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} N_0 = mg\cos\alpha, \\ F_{тр} = \mu N_0 \end{array} \right\| \rightarrow F_{тр} = \mu mg\cos\alpha.$$

Итак: $F_{упр} - mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha = ma$,

$$F_{упр} = m[a + g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)]$$

III. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Начальные сведения и определения

Импульс тела (количество движения) – векторная величина, являющаяся мерой механического движения.

Закон сохранения импульса справедлив для замкнутых систем.

Система считается замкнутой, если:

- входящие в систему тела взаимодействуют друг с другом с силами, значительно превосходящими силы взаимодействия любого из тел системы с каким-либо внешним телом, не входящим в систему;
- внешние воздействия скомпенсированы друг другом.

Кроме этого, **закон сохранения импульса** справедлив для скоротечных процессов (столкновение, выстрел, взрыв и т.п.).

Механическая работа – скалярная величина, описывающая изменение механического состояния тела при его перемещении в результате внешнего воздействия.

Мощность – скалярная величина, характеризующая быстроту совершения работы.

Энергия – скалярная величина, являющаяся единой мерой различных форм движения.

Механическая энергия – энергия взаимодействия тел и механического движения.

Потенциальная энергия – энергия взаимодействия тел либо частей одного и того же тела.

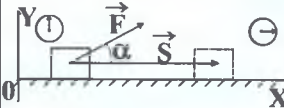
Кинетическая энергия – энергия движущегося тела.

Закон сохранения энергии справедлив для изолированных систем, включающих тела, взаимодействие между которыми описываются только силами тяготения и упругости.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Импульс тела (количество движения)	p	килограмм, умноженный на метр и деленный на секунду	$\frac{кг \cdot м}{с}$
Механическая работа	A	джоуль	Дж
Механическая мощность	N	ватт	Вт
Механическая энергия	E_m	джоуль	Дж
Потенциальная энергия	E_p	джоуль	Дж
Кинетическая энергия	E_k	джоуль	Дж

Связи физических величин

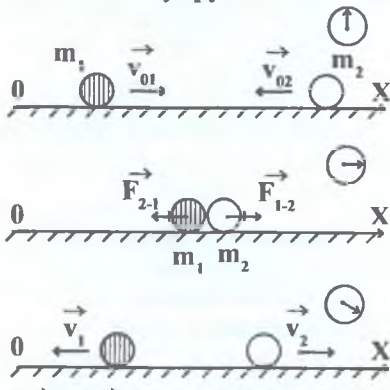
Название величины	Формула	Чтение формулы
Импульс тела (количество движения)	$\vec{p} = m\vec{v}$	Импульс тела (количество движения) - векторная величина, равная произведению массы тела на скорость его движения
Импульс системы тел	$\vec{p} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$	Импульс системы тел равен геометрической сумме импульсов всех тел системы
Импульс силы (импульс внешнего воздействия)	$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i t$, либо $\vec{R}t$	Импульс силы (импульс внешнего воздействия или импульс равнодействующей) – векторная величина, равная произведению силы (равнодействующей) на время воздействия
Механическая работа	 $A = Fs \cos \alpha$	Работа постоянной силы равна произведению модулей векторов силы и перемещения и косинуса угла между этими векторами
Механическая мощность	$N = \frac{A}{t}$ $N = FV \cos \alpha$	Мощность – величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, в течение которого она совершена. При равномерном (равноскоростном) движении мощность равна произведению модулей векторов силы и скорости и косинуса угла между этими векторами
Кинетическая энергия	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	Кинетическая энергия – величина, равная половине произведения массы тела и квадрата скорости его движения
Потенциальная энергия тела в поле тяготения небесного тела	$E_p = mgh$	Потенциальная энергия тела в поле тяготения небесного тела равна произведению массы тела, ускорения свободного падения и высоты тела над нулевым потенциальным уровнем – уровнем, от которого производится отсчет высоты нахождения тела

Потенциальная энергия упруго-деформированного тела	$E_p = \frac{k\Delta l^2}{2}$	Потенциальная энергия упругодеформированного тела равна половине произведения жесткости и квадрата абсолютного удлинения деформированного тела
Полная механическая энергия	$E_m = \sum_{i=1}^N E_{pi} + \sum_{i=1}^N E_{ki}$	Полная механическая энергия системы тел равна сумме потенциальных и кинетических энергий тел системы

Закон, теорема	Формула	Формулировка закона, теоремы
Второй закон Ньютона в импульсном варианте записи	$\sum_{i=1}^N \vec{F}_{it} = m\vec{v} - m\vec{v}_0,$ $\sum_{i=1}^N \vec{F}_{it} = \Delta \vec{p},$ $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \frac{\Delta \vec{p}}{t}$	Импульс силы (равнодействующей) равен изменению импульса тела. Сила (равнодействующая), описывающая воздействие, оказываемое на тело, равна скорости изменения импульса тела
Закон сохранения импульса	$\sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \text{const}$	Векторная сумма импульсов тел, образующих замкнутую систему, остается неизменной при любых процессах, протекающих в системе
Теорема о кинетической энергии	$\Delta E_k = A$ $\frac{mV}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A$	Изменение кинетической энергии тела равно работе всех сил (равнодействующей), описывающих воздействия, оказываемые на это тело
Теорема о потенциальной энергии	$A_{F_T} = -\Delta E_p.$ $A_{F_{упр}} = -\Delta E_p$	Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии взаимодействия с небесным телом, взятому с противоположным знаком. Работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии упруго-деформированного тела, взятому с противоположным знаком
Закон сохранения полной механической энергии	$E_m = E_{m_0}$	Полная механическая энергия тел, образующих замкнутую систему, взаимодействия в которой описываются только силами тяготения и упругости, остается неизменной при любых процессах, протекающих в этой системе

А. Иллюстрация закона сохранения импульса

1. Иллюстрация закона сохранения импульса (на примере упругого столкновения шаров) (рис. 18)



m_1, m_2 – массы взаимодействующих шаров;
 $\vec{v}_{01}, \vec{v}_{02}$ – скорости шаров до взаимодействия;
 \vec{v}_1, \vec{v}_2 – скорости шаров после взаимодействия;
 \vec{F}_{2-1} – сила, описывающая действие второго шара на первый;
 \vec{F}_{1-2} – сила, описывающая действие первого шара на второй;
 \vec{a}_1 – ускорение первого шара;
 \vec{a}_2 – ускорение второго шара;
 t – время взаимодействия шаров.

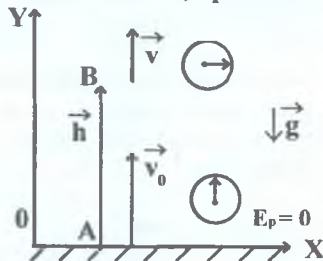
$$\begin{aligned} & - \vec{F}_{2-1} = \vec{F}_{1-2} \\ & - m_1 \vec{a}_1 = m_2 \vec{a}_2 \\ & - m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{t} = m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{t}, \\ & - m_1 (\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}) = m_2 (\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}), \\ & - m_1 \vec{v}_1 + m_1 \vec{v}_{01} = m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{02}, \end{aligned}$$

Рис. 18

$$\boxed{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02}}$$

Б. Иллюстрация закона сохранения энергии

2. Иллюстрация закона сохранения энергии (на примере движения тела, брошенного вертикально вверх) (рис. 19)



A, B – точки нахождения тела, точка A расположена на нулевом потенциальном уровне, точка B выбрана произвольно;
 \vec{h} – перемещение;
 \vec{v}_0 – начальная скорость (в точке A);
 \vec{v} – текущая скорость (в точке B);
 g – ускорение свободного падения.

Рис. 19

$$\begin{aligned} E_{M_A} &= E_{p_A} + E_{k_A}, \quad E_{p_A} = 0, \quad E_{k_A} = \frac{mv_0^2}{2}, \quad E_{M_A} = 0 + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}, \quad E_{M_A} = \frac{mv_0^2}{2}, \\ E_{M_B} &= E_{p_B} + E_{k_B}, \quad E_{p_B} = mgh = mg \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2}, \\ E_{k_B} &= \frac{mv^2}{2}, \quad E_{M_B} = \left(\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} \right) + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}, \quad E_{M_B} = \frac{mv_0^2}{2} \end{aligned}$$

$$\boxed{E_{M_B} = E_{M_A}}$$

IV. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Начальные сведения и определения

Колебания (колебательные движения) – движения или процессы, которые характеризуются той или иной степенью повторяемости во времени.

Механические колебания – механические движения, точно или приблизительно повторяющиеся через определенные промежутки времени.

Периодические колебания – колебания, описываемые физическими величинами, значения которых в процессе их изменения повторяются через равные промежутки времени.

Гармонические колебания – колебания, описываемые величинами, изменяющимися во времени по синусоидальному (косинусоидальному) закону.

Период колебания – время одного полного колебания, т.е. минимальный промежуток времени, по истечении которого система возвращается в начальное состояние и начинается следующее колебание.

Частота колебания – число полных колебаний, совершаемых в единицу времени.

Циклическая частота – физическая величина, описывающая колебательное движение и равная числу полных колебаний, совершающихся за «два пи» единиц времени.

Фаза колебания – величина, описывающая стадию колебательного движения (состояние колебательного движения в определенный момент времени).

Начальная фаза колебания – величина, описывающая момент начала наблюдения колебательного движения.

Смещение от положения равновесия (пространственная координата) – величина, описывающая положение колеблющегося тела (точки) в пространстве по отношению к положению равновесия.

Амплитуда смещения – наибольшее (амплитудное, максимальное) значение смещения колеблющегося тела.

Амплитуда скорости – наибольшее (амплитудное, максимальное) значение скорости колеблющегося тела.

Амплитуда ускорения – наибольшее (амплитудное, максимальное) значение ускорения колеблющегося тела.

Маятник – твердое тело, совершающее колебания около неподвижной точки или оси.

Горизонтальный пружинный маятник – колебательная система, представляющая собой тело, прикрепленное к пружине, имеющей возможность как растягиваться, так и сжиматься и обуславливающей колебательное движение тела в горизонтальном направлении.

Вертикальный пружинный маятник – колебательная система, представляющая собой тело, подвешенное на абсолютно упругой пружине, обуславливающей движение тела в вертикальном направлении.

Математический маятник – идеализированная система, состоящая из материальной точки, подвешенной на нерастяжимой невесомой нити и колеблющейся в поле тяготения небесного тела.



Собственные (свободные) колебания – колебания предоставленной самой себе системы, вызванные однократным внешним воздействием (однократным сообщением системе энергии извне).

Вынужденные колебания – колебания, происходящие в результате переменного внешнего воздействия (многократного периодического сообщения системе энергии извне).

Автоколебания – незатухающие колебания, поддерживаемые за счет энергии включенного в автоколебательную систему источника, работой которого управляет сама же автоколебательная система.



Механический резонанс – явление резкого увеличения амплитуды смещения вынужденных колебаний системы при приближении (и совпадении) частоты внешнего воздействия с частотой собственных колебаний системы.

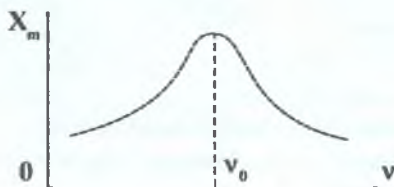


Рис. 20

Волновой процесс – распространение колебаний в пространстве с течением времени.

Волна – материальный объект, образующийся при волновом процессе.

Поперечная волна – волна, образованная частицами, колеблющимися в направлении, перпендикулярном направлению распространения колебания (движения волны).

Продольная волна – волна, образованная частицами, колеблющимися в направлении распространения колебания (движения волны).

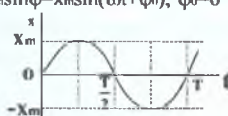
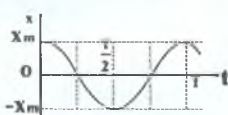
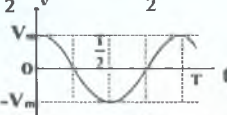
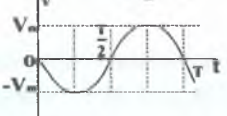
Длина волны – расстояние, на которое распространяется колебание (волна или энергетическое возмущение) за время, равное периоду колебания частиц, образующих волну, или расстояние между двумя ближайшими (соседними) частицами, колеблющимися абсолютно одинаково (в одной фазе).

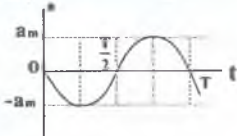
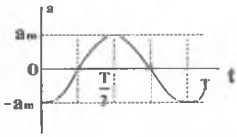
Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Период	T	секунда	с
Частота колебаний	ν	герц	Гц
Циклическая частота	ω	радиан в секунду	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$
Фаза колебания	φ	радиан	–
Начальная фаза колебания	φ_0	радиан	–
Смещение от положения равновесия (пространственная координата)	x	метр	м
Амплитуда смещения	x_m	метр	м
Амплитуда скорости	V_m	метр в секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
Амплитуда ускорения	a_m	метр в секунду за секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Длина	l	метр	м
Длина волны	λ	метр	м

Наименование единицы частоты дано по имени Генриха Рудольфа Герца (1857 – 1894, Германия) – 1 Гц.

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Частота колебаний	$\nu = \frac{1}{T}$	Частота колебаний – величина, обратная периоду колебаний
Период колебаний	$T = \frac{1}{\nu}$	Период – величина, обратная частоте колебаний
Смещение от положения равновесия (пространственная координата)	$x = x_m \sin \varphi,$ или $x = x_m \cos \varphi$	Смещение от положения равновесия равно произведению амплитуды смещения на синус (косинус) фазы колебания
Фаза колебания	$\varphi = \omega t + \varphi_0$	Фаза колебания равна сумме произведения циклической частоты на время и начальной фазы
Циклическая частота	$\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\omega = 2\pi\nu$	Циклическая частота равна отношению 2π к периоду колебания. Циклическая частота равна произведению 2π на частоту колебаний
Изменение смещения при гармонических колебаниях	$x = x_m \sin \varphi = x_m \sin(\omega t + \varphi_0), \varphi_0 = 0$  либо $x = x_m \cos \varphi = x_m \cos(\omega t + \varphi_0), \varphi_0 = 0$ 	При гармонических колебаниях смещение колеблющегося тела от положения равновесия (пространственная координата) изменяется во времени гармонически, т. е. по закону изменения синуса или по закону изменения косинуса
Изменение скорости при гармонических колебаниях	$v = v_m \sin\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) = v_m \sin\left(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2}\right), \varphi_0 = 0$  либо $v = v_m \cos\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) = v_m \cos\left(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2}\right), \varphi_0 = 0$ 	При гармонических колебаниях скорость колеблющегося тела изменяется во времени по гармоническому закону с опережением по фазе на $\frac{\pi}{2}$ изменений смещения колеблющегося тела от положения равновесия

<p>Изменение ускорения при гармонических колебаниях</p>	$a = a_m \sin(\varphi \pm \pi) = a_m \sin(\omega t + \varphi_0 \pm \pi), \varphi_0 = 0$  <p>либо</p> $a = a_m \cos(\varphi \pm \pi) = a_m \cos(\omega t + \varphi_0 \pm \pi), \varphi_0 = 0$ 	<p>При гармонических колебаниях ускорение колеблющегося тела изменяется во времени по гармоническому закону с отличием по фазе на π от изменений смещения колеблющегося тела от положения равновесия</p>
<p>Период колебания пружинного маятника</p>	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	<p>Период колебания пружинного маятника прямо пропорционален квадратному корню из отношения массы груза к жесткости пружины</p>
<p>Период колебания математического маятника</p>	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	<p>Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из отношения длины нити подвеса маятника к ускорению свободного падения</p>
<p>Полная механическая энергия тела, совершающего незатухающие гармонические колебания</p>	$E_m = \frac{m\omega^2 x_m^2}{2}$	<p>Полная механическая энергия тела, совершающего незатухающие гармонические колебания, равна отношению произведения массы тела, квадратов циклической частоты и амплитуды смещения от положения равновесия к периоду колебания</p>
<p>Длина волны</p>	$\lambda = VT$	<p>Длина волны равна произведению скорости распространения волны на период колебания частиц, образующих волну</p>

Скорость распространения волны	$v = \frac{\lambda}{T}$	Скорость распространения волны равна отношению длины волны к периоду колебания частиц, образующих волну
Период колебания частиц, образующих волну	$T = \frac{\lambda}{v}$	Период колебания частиц, образующих волну, равен отношению длины волны к скорости распространения волны
Длина волны	$\lambda = \frac{v}{\nu}$	Длина волны равна отношению скорости распространения волны к частоте колебания частиц, образующих волну
Скорость распространения волны	$v = \lambda \nu$	Скорость распространения волны равна произведению длины волны на частоту колебания частиц, образующих волну
Частота колебания	$\nu = \frac{v}{\lambda}$	Частота колебания частиц, образующих волну, равна отношению скорости распространения волны к длине волны

V. СТАТИКА

Начальные сведения и определения

Статика – раздел механики, в котором изучается равновесие тел.

Равновесие – состояние механической системы, в котором тела остаются неподвижными относительно выбранной системы отсчета.

В состоянии равновесия тело либо покоится, либо движется прямолинейно с постоянной скоростью, либо вращается вокруг закрепленной оси с постоянной угловой скоростью.

Статика рассматривает ситуации равновесия тел, имеющих и не имеющих возможности вращаться.

Виды равновесия

Устойчивое равновесие (рис. 21): при выведении тела из положения равновесия оно возвращается в начальное состояние.

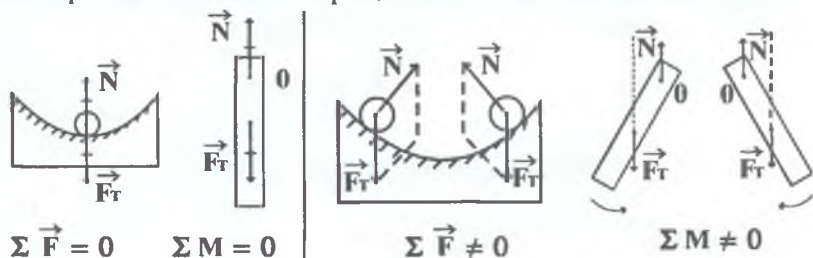


Рис. 21

Неустойчивое равновесие (рис. 22): при выведении тела из положения равновесия оно не возвращается в первоначальное состояние.

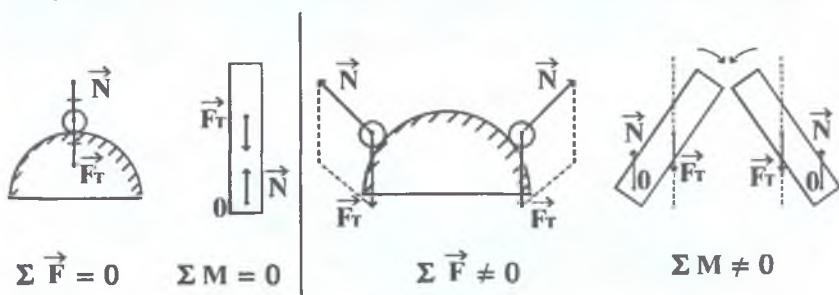


Рис. 22

Безразличное равновесие (рис. 23): при любых изменениях положения тела оно остается в равновесии.

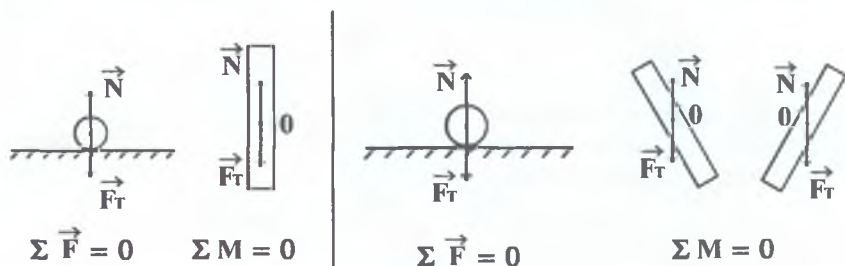


Рис. 23

1. Равновесие тела, не имеющего возможности вращаться

Условие равновесия: тело, не имеющее возможности вращаться, находится в равновесии, если векторная сумма всех сил, описывающих воздействия на тело, равна нулю:

$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0$$

А. Равновесие кронштейна (рис. 24)

Начальные сведения и определения

Кронштейн (от нем. Kragstein) – консольная опорная деталь (конструкция) для крепления других деталей или узлов машин (сооружений) к стене, стойке (колонне) и т.п.

Консоль – (от франц. Console) – выступ в стене или заделанная одним концом в стену балка, поддерживающая карниз, балкон, фигуру и т.п.

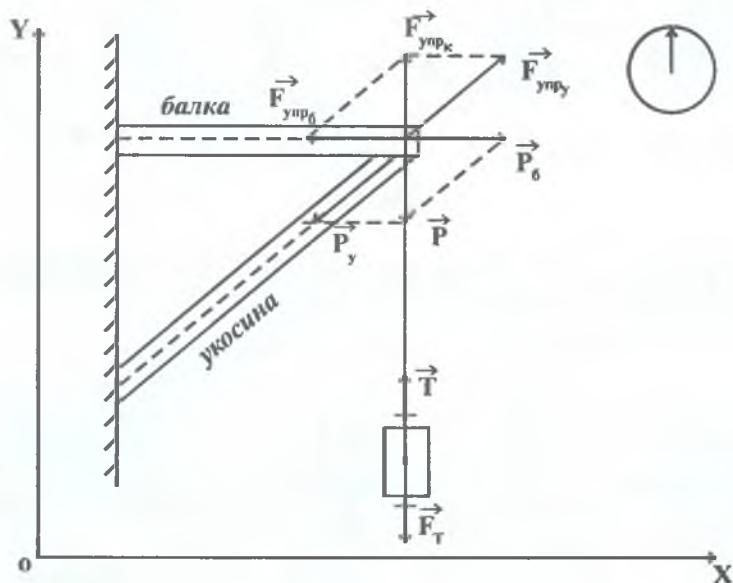


Рис. 24

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Сила реакции упруго-деформированного подвеса	T	ньютон	Н
Составляющая веса, описывающая сжатие укосины	P_y	ньютон	Н
Составляющая веса, описывающая растяжение балки	P_b	ньютон	Н
Сила упругости, описывающая реакцию упруго-деформированной (сжатой) укосины	$F_{упр_y}$	ньютон	Н
Сила упругости, описывающая реакцию упруго-деформированной (растянутой) балки	$F_{упр_b}$	ньютон	Н
Сила упругости, описывающая реакцию упруго-деформированного кронштейна	$F_{упр_k}$	ньютон	Н

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Вектор веса тела, подвешенного на кронштейне	$\vec{P} = \vec{P}_y + \vec{P}_b$	Вектор веса тела, подвешенного на кронштейне, равен геометрической сумме составляющих вектора веса, описывающих сжимающее действие, оказываемое на укосину, и растягивающее действие, оказываемое на балку
Модуль вектора веса тела, подвешенного на кронштейне	$P = \sqrt{P_y^2 + P_b^2}$	Модуль вектора веса тела, подвешенного на кронштейне, равен квадратному корню из разности квадратов модулей векторов составляющих вектора веса, описывающих сжимающее действие, оказываемое на укосину, и растягивающее действие, оказываемое на балку

<p>Вектор силы, описывающей реакцию упруго-деформированного кронштейна</p>	$\vec{F}_{\text{упрк}} = \vec{F}_{\text{упрy}} + \vec{F}_{\text{упрб}}$	<p>Вектор силы, описывающей реакцию упруго-деформированного кронштейна, равен геометрической сумме составляющих вектора силы упругости кронштейна, описывающих реакцию сжимаемой укосины и реакцию растягиваемой балки</p>
<p>Модуль вектора силы упругости, описывающей реакцию упруго-деформированного кронштейна</p>	$F_{\text{упрк}} = \sqrt{F_{\text{упрy}}^2 + F_{\text{упрб}}^2}$	<p>Модуль вектора силы, описывающей реакцию упруго-деформированного кронштейна, равен квадратному корню из разности квадратов модулей составляющих вектора силы упругости кронштейна, описывающих реакцию сжимаемой укосины и реакцию растягиваемой балки</p>

Б. Примеры разложения сил на составляющие в случаях равновесия тел, не имеющих возможности вращаться (рис. 25)

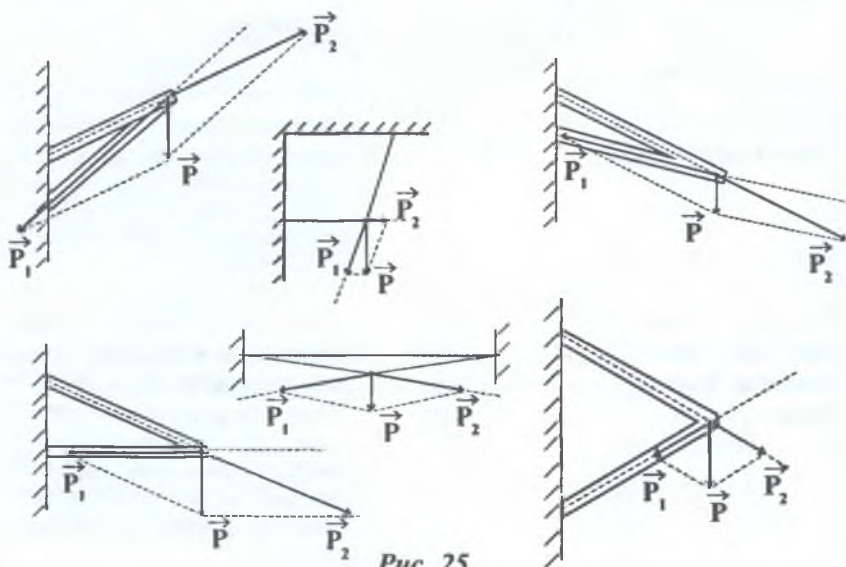


Рис. 25

2. Равновесие тела, имеющего возможность вращаться

НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Линия действия силы – прямая, задающая ориентацию вектора силы, описывающей воздействие на тело.

Плечо силы – кратчайшее расстояние от оси вращения тела до линии действия силы.

Момент силы – величина, описывающая воздействие на тело, имеющее возможность вращаться.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Плечо силы	ℓ	метр	м
Момент силы	М	ньютон, умноженный на метр	Н·м

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Момент силы	$M = F \ell$	Момент силы равен произведению силы на плечо силы

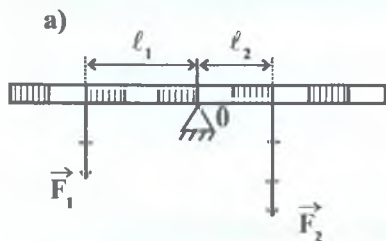
Условие равновесия: тело, имеющее возможность вращаться, находится в равновесии, если сумма моментов сил, описывающих воздействия на тело, равна нулю:

$$\sum_{i=0}^N M_i = 0$$

либо: тело, имеющее возможность вращаться, находится в равновесии, если сумма моментов сил, описывающих поворот тела по часовой стрелке, равна сумме моментов сил, описывающих поворот тела против часовой стрелки:

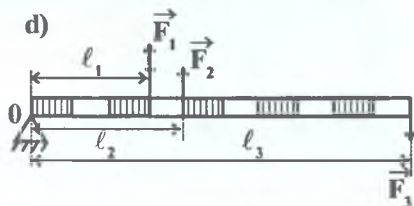
$$\sum_{i=1}^N M_i \curvearrowright = \sum_{i=1}^N M_i \curvearrowleft$$

Примеры равновесия рычага.



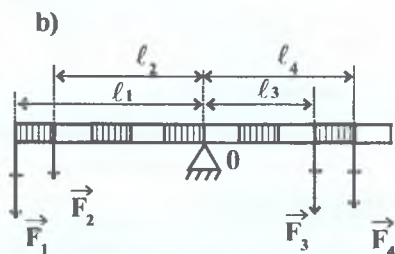
$$M_1 = M_2,$$

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$



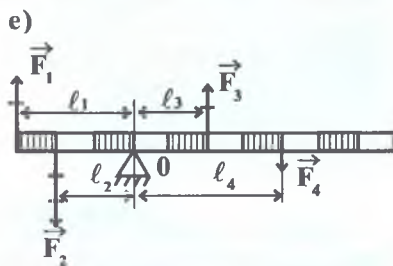
$$M_1 + M_2 = M_3,$$

$$F_1 l_1 + F_2 l_2 = F_3 l_3.$$



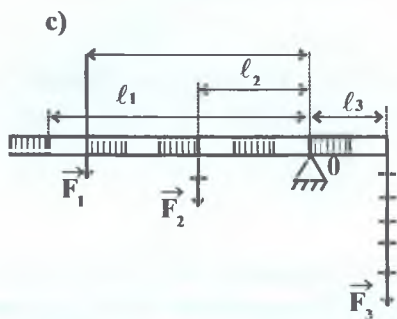
$$M_1 + M_2 = M_3 + M_4,$$

$$F_1 l_1 + F_2 l_2 = F_3 l_3 + F_4 l_4.$$



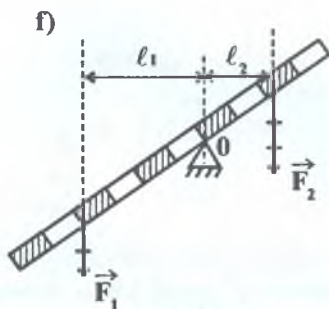
$$M_1 + M_4 = M_2 + M_3,$$

$$F_1 l_1 + F_4 l_4 = F_2 l_2 + F_3 l_3.$$



$$M_1 + M_2 = M_3,$$

$$F_1 l_1 + F_2 l_2 = F_3 l_3.$$



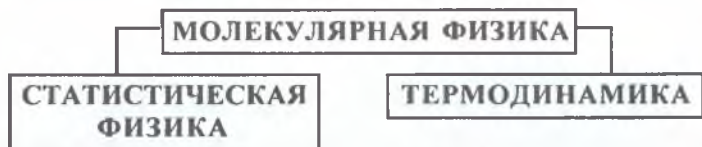
$$M_1 = M_2,$$

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Начальные сведения и определения

Молекулярная физика – раздел физики, в котором физические свойства тел и происходящие с телами явления изучаются на основе представлений о строении вещества.



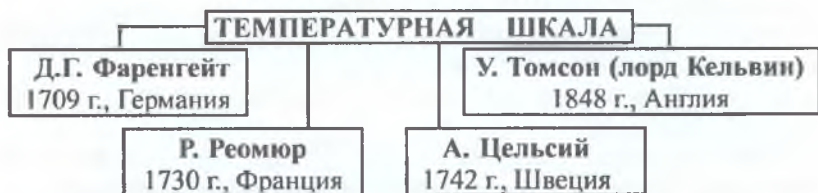
Статистическая физика – подраздел молекулярной физики, в котором изучаются и описываются свойства макроскопических тел, т. е. тел, состоящих из очень большого числа частиц вещества (атомов, молекул и других), на основе знания свойств частиц и закономерностей их взаимодействия.

Термодинамика – подраздел молекулярной физики, в котором изучаются и описываются тепловые явления без учета атомно-молекулярного строения тел.

Макроскопические параметры – величины, описывающие состояние макроскопических тел без учета дискретности их строения.

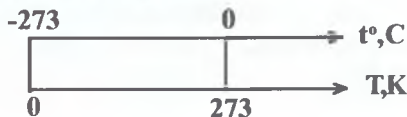
Тепловое равновесие – состояние системы, при котором все ее макропараметры сколь угодно долго остаются неизменными.

Температура – макропараметр, описывающий состояние теплового (термодинамического) равновесия макроскопической системы и интенсивность теплового движения частиц системы.



Шкала А. Цельсия

Шкала Кельвина (У. Томсона)



Абсолютный ноль температуры ($T = 0 \text{ K}$) – значение температуры, соответствующее $273,15^{\circ} \text{ C}$ ниже нуля температуры по шкале Цельсия.

Атом – наименьшая частица химического элемента, являющаяся носителем его свойств.

Молекула – наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами и состоящая из атомов.

Ион – электрически заряженная частица, образующаяся при потере или приобретении электронов атомами или молекулами.

I. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

1. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА. ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ

Начальные сведения и определения

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) – учение, объясняющее строение и свойства тел, а также изменения, происходящие с телами, движением и взаимодействием частиц вещества (атомов, молекул, ионов).

Основные положения МКТ:

- все тела состоят из мельчайших частиц (атомов, молекул, ионов), между которыми имеются промежутки, т. е. все тела имеют дискретное (прерывистое) строение;
- частицы вещества находятся в состоянии непрерывного движения;
- частицы вещества все время взаимодействуют друг с другом, одновременно притягиваясь и отталкиваясь.

Идеальный газ – молекулярно-кинетическая модель газа, представляющая собой совокупность частиц, для которых:

- а) собственный суммарный объем пренебрежимо мал в сравнении с объемом газа;
- б) энергия взаимодействия (потенциальная энергия) ничтожна в сравнении с энергией их движения (кинетической энергией).

Моль вещества – количество вещества, содержащего столько частиц (атомов, молекул, ионов), сколько их содержится в $0,012 \text{ кг}$ углерода, т. е. приблизительно $6,02 \cdot 10^{23}$.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Масса частицы (молекулы или атома)	m_0	килограмм	кг
Масса атома углерода	$m_{\text{ос}}$	килограмм	кг
Относительная молекулярная (атомная) масса	M_r	—	—
Число частиц	N	—	—
Количество вещества	ν	моль	моль
Масса вещества	m	килограмм	кг
Молярная масса	M	килограмм, деленный на моль	$\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
Концентрация частиц	n	обратный кубический метр	м^{-3}
Среднее значение квадрата скорости движения частиц	$\overline{V^2}$	метр в квадрате, деленный на секунду в квадрате	$\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$
Средняя кинетическая энергия поступательного движения частиц	$\overline{E_k}$	джоуль	Дж
Средняя квадратичная скорость движения частиц	$\overline{V_k}$	метр в секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
Абсолютная температура по шкале Кельвина	T	кельвин	К
Температура по шкале Цельсия	t°	градус Цельсия	$^\circ\text{C}$

Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Постоянная Больцмана $K = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$.

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$.

Наименование единицы температуры дано по имени Уильяма Томсона (лорда Кельвина) (1824 – 1907, Англия) – 1 К.

Постоянная Авогадро названа по имени ученого Амедео Авогадро (1776—1856, Италия).

Связи физических величин

Величина	Формула
Относительная молекулярная (атомная) масса	$Mr = \frac{M_0}{\frac{1}{12}M_{0c}}$
Молярная масса	$M = m_0 N_A, M = \frac{m}{\nu}$
Количество вещества	$\nu = \frac{N}{N_A}, \nu = \frac{m}{M}$
Число частиц	$N = \nu N_A, N = \frac{m}{M} N_A$
Масса вещества	$m = M\nu, m = M_0 N_A \nu$
Концентрация частиц (число частиц в единичном объеме)	$n = \frac{N}{V}$
Температура по шкале Кельвина	$T = t^\circ + 273$
Средняя кинетическая энергия поступательного движения частиц	$\bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{V}^2}{2}, \bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$
Средняя квадратичная скорость движения частиц	$\bar{V}_k = \sqrt{\bar{V}^2}, \bar{V}_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}, \bar{V}_k = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$
Плотность газа	$\rho = \frac{m}{V}, \rho = \frac{m_0 N}{V}, \rho = m_0 n$
Давление идеального газа (основное уравнение МКТ идеального газа)	$P = \frac{2}{3} n \bar{E}_k, P = \frac{1}{3} m_0 n \bar{V}^2, P = \frac{1}{3} \rho \bar{V}^2$

Закон Авогадро: в равных объемах газов разной природы при одинаковых давлениях и температурах содержится одинаковое число молекул.

2. УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА. ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

Начальные сведения и определения

Состояние газа определенной массы и неизменной природы описывается тремя макроскопическими параметрами: температурой, давлением и объемом. Связь между указанными макропараметрами отображается в уравнении состояния. Можно сказать, что **уравнение состояния** представляет собой аналитическую запись (запись в виде формулы) **закона Клапейрона** и **закона Клапейрона и Менделеева**. Уравнение состояния идеального газа может быть выведено из основного уравнения МКТ идеального газа.

Если при изменении состояния газа один из трех макропараметров остается постоянным, то имеет место **изопроецесс**, который описывается соответствующим газовым законом:

- изотермическим – при постоянной температуре (закон Бойля и Мариотта);
- изобарическим (изобарным) – при постоянном давлении (закон Гей-Люссака);
- изохорическим (изохорным) – при постоянном объеме (закон Шарля).

Газовые законы, могут быть представлены в виде формул и графиков в осях PV , PT , VT . График изотермического процесса называется изотермой, изобарического – изобарой, изохорического – изохорой.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Количество вещества	ν	моль	МОЛЬ
Масса вещества	m	килограмм	кг
Молярная масса	M	килограмм, деленный на моль	$\frac{кг}{моль}$
Объем	V	кубический метр	$м^3$
Давление	P	паскаль	Па
Температура по шкале Кельвина	T	кельвин	К

Связи физических величин

Закон	Формула	Формулировка закона
Уравнение состояния идеального газа – закон Клапейрона	$\frac{pV}{T} = C$ <p style="text-align: center;">где $C = \text{const}$</p>	Для газа постоянной массы и неизменной природы отношение произведения давления на объем к температуре остается постоянным при любых изменениях, происходящих с газом
Уравнение состояния идеального газа – закон Клапейрона и Менделеева	$\frac{pV}{T} = \nu R$ $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$	Для газа постоянной массы и неизменной природы произведение давления и объема, деленного на температуру, остается постоянным при любых изменениях, происходящих с газом, и равно произведению количества газа и универсальной газовой постоянной
Закон изотермического процесса – закон Бойля и Мариотта	$T = C, \quad P = \frac{C}{V}, \quad PV = C$ 	Для газа постоянной массы и неизменной природы, характеризующегося постоянной температурой, давление обратно пропорционально объему (либо: произведение давления на объем является величиной постоянной)
Закон изобарического процесса – закон Гей-Люссака	$P = C, \quad V = CT, \quad \frac{V}{T} = C$ 	Для газа постоянной массы и неизменной природы, характеризующегося постоянным давлением, объем прямо пропорционален температуре (либо: отношение объема к температуре является величиной постоянной)
Закон изохорического процесса – закон Шарля	$V = C, \quad P = CT, \quad \frac{P}{T} = C$ 	Для газа постоянной массы и неизменной природы, характеризующегося постоянным объемом, давление прямо пропорционально температуре (либо: отношение давления к температуре является величиной постоянной)

3. РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ, ЖИДКОСТИ И ТВЕРДЫЕ ТЕЛА

А. ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ (рис. 27)

Начальные сведения и определения

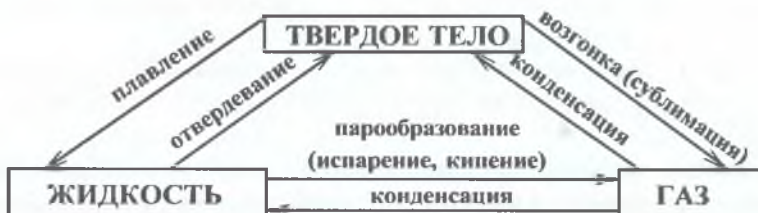


Рис. 27

Жидкость – агрегатное состояние вещества, характеризующееся сохранением объема и принятием формы сосуда, в котором вещество находится.

Пар – газ, образованный частицами, вылетевшими из жидкости или твердого тела, и находящийся в контакте со своими жидкостью или твердым телом.

Парообразование – процесс перехода вещества из жидкого или твердого состояния в газообразное.

Способы парообразования – испарение и кипение.

Испарение – парообразование со свободной поверхности жидкости при любой температуре.

Кипение – интенсивное парообразование, происходящее как со свободной поверхности, так и по всему объему жидкости при помощи образующихся в ней пузырьков пара.

Конденсация – процесс перехода вещества из газообразного состояния в жидкое или твердое.

Возгонка (сублимация) – переход вещества из твердого состояния в газообразное.

Динамическое равновесие – состояние, в котором может находиться пар (жидкость) при превращении в жидкость (пар); при этом число частиц, вылетающих с поверхности жидкости в единицу времени, равно числу частиц, возвращающихся в жидкость.

Насыщенный пар – пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью.

Ненасыщенный пар – пар, плотность и давление которого меньше плотности и давления насыщенного пара при данной температуре.

Точка росы – температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным.

Влажность воздуха – величина, описывающая содержание водяного пара в воздухе.

Абсолютная влажность воздуха – величина, характеризующая реальное содержание водяного пара в единичном объеме воздуха при данной температуре.

Относительная влажность – величина, показывающая, насколько водяной пар при данной температуре близок к состоянию насыщения.

Парциальное давление водяного пара – давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы в воздухе отсутствовали.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Масса	m	килограмм	$кг$
Объем	V	кубический метр	$м^3$
Абсолютная влажность (плотность водяного пара)	$\rho_{\text{пар}}$	килограмм, деленный на кубический метр	$\frac{кг}{м^3}$
Плотность насыщенного пара	$\rho_{\text{нас}}$	килограмм, деленный на кубический метр	$\frac{кг}{м^3}$
Относительная влажность	φ	процент	%
Парциальное давление ненасыщенного пара	$P_{\text{пар}}$	паскаль	Па
Парциальное давление насыщенного пара	$P_{\text{нас}}$	паскаль	Па

Связи физических величин

Величина	Формула
Абсолютная влажность (плотность водяного пара)	$\rho_{\text{пар}} = \frac{m}{V}$
Относительная влажность	$\varphi = \frac{\rho_{\text{пар}}}{\rho_{\text{нас}}} \cdot 100\%, \quad \varphi = \frac{P_{\text{пар}}}{P_{\text{нас}}} \cdot 100\%$

Закон Дальтона: в состоянии теплового равновесия давление смеси химически не взаимодействующих идеальных газов равно сумме парциальных давлений этих газов:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_N$$

$$P = \sum_{i=1}^N P_i$$

Б. СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ

Начальные сведения и определения

Поверхностная энергия – величина, описывающая потенциальную энергию частиц поверхностного слоя жидкости.

Сила поверхностного натяжения – величина, описывающая действие со стороны жидкой пленки, ориентированное вдоль ее поверхности (в любой точке перпендикулярное границе поверхности) и стремящееся до минимума сократить площадь поверхности.

Смачивание – явление взаимодействия жидкости с твердым телом, при условии различия по величине сил взаимодействия частиц жидкости с частицами твердого тела и частиц жидкости друг с другом.

Мениск – кривая поверхность жидкости, граничащей с твердым телом.

Капилляр – трубка с малым внутренним диаметром.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Поверхностная энергия	$E_{\text{пов}}$	джоуль	Дж
Площадь поверхности	S	квадратный метр	м^2
Сила поверхностного натяжения	$F_{\text{пов}}$	ньютон	Н
Длина границы поверхностного слоя	ℓ	метр	м
Коэффициент поверхностного натяжения	δ	джоуль, деленный на квадратный метр, либо ньютон, деленный на метр	$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}, \frac{\text{Н}}{\text{м}}$
Высота подъема жидкости в капилляре	h	метр	м
Радиус капилляра	r	метр	м
Диаметр капилляра	d	метр	м
Плотность жидкости	ρ	килограмм, деленный на кубический метр	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Связи физических величин

Величина	Формула
Коэффициент поверхностного натяжения	$\delta = \frac{E_{\text{пов.}}}{S}, \delta = \frac{F_{\text{пов.}}}{\ell}$
Высота подъема жидкости в капилляре (формула Жюрена)	$h = \frac{2\delta}{\rho g r}, h = \frac{4\delta}{\rho g d}$

В. СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Начальные сведения и определения



Твердое тело – агрегатное состояние вещества, характеризующееся сохранением объема и формы.

Кристалл – твердое тело, атомы, молекулы или ионы которого занимают определенные, упорядоченные положения в пространстве.

Монокристалл – крупный одиночный кристалл ($m = 10^4 - 10^2 \text{ кг}$).

Поликристалл – твердое тело, состоящее из большого числа сросшихся, мелких, хаотически расположенных кристаллов (кристаллических зерен).

Анизотропия - зависимость физических свойств от выбранного в кристалле направления (характерна только для монокристаллов).

Изотропия – независимость физических свойств от выбранного в теле направления.

Аморфное тело – твердое тело, характеризующееся изотропией свойств и отсутствием определенной температуры плавления.

Деформация – процесс изменения размеров и формы тела.



Упругая деформация – деформация, полностью исчезающая после прекращения внешнего воздействия.

Неупругая (пластическая) деформация – деформация, не исчезающая полностью после прекращения внешнего воздействия и приводящая к необратимым изменениям в структуре тела.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Длина недеформированного тела	l_0	метр	м
Абсолютное удлинение	Δl	метр	м
Относительное удлинение	ϵ	–	–
Коэффициент жесткости	K	ньютон, деленный на метр	$\frac{H}{m}$
Сила упругости	$F_{упр}$	ньютон	H
Площадь поперечного сечения деформируемого тела	S	квадратный метр	m^2
Механическое напряжение	δ	паскаль	Па
Модуль упругости (модуль Юнга)	E	паскаль	Па

Связи физических величин

Величина	Формула
Механическое напряжение	$\delta = \frac{F_{упр}}{S}$
Относительное удлинение	$\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$

Закон	Формула	Формулировка закона
Закон Гука	$\delta = E \epsilon ,$ $F_{упр} = k\Delta l$	При малых деформациях механическое напряжение прямо пропорционально относительному удлинению; либо: при малых деформациях модуль силы упругости прямо пропорционален абсолютному удлинению

II. ТЕРМОДИНАМИКА

Начальные сведения и определения

Внутренняя энергия, способы изменения внутренней энергии тела, работа, количество теплоты, удельная теплоемкость, теплоемкость тела, удельная теплота сгорания топлива, плавление, отвердевание (кристаллизация), температура плавления (отвердевания), удельная теплота плавления (отвердевания), парообразование, испарение, конденсация, температура кипения (конденсации), удельная теплота парообразования (конденсации), тепловой двигатель – см. с. 23–28.

Адиабатический (адиабатный) процесс – процесс в теплоизолированной системе.

Термодинамический цикл (круговой процесс) – процесс, по завершению которого термодинамическая система, пройдя через ряд состояний, возвращается в исходное.

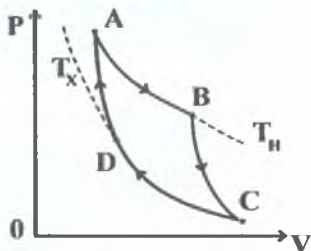


Рис. 28

Цикл Карно – круговой процесс, осуществляемый с идеальным газом и состоящий из последовательно чередующихся двух изотермических (AB, CD) и двух адиабатных (BC, DA) этапов (рис. 28).

Коэффициент полезного действия (КПД) – характеристика эффективности системы (двигателя) в плане преобразования энергии в механическую работу.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Внутренняя энергия	U	джоуль	Дж
Число частиц	\bar{N}	–	–
Средняя кинетическая энергия частицы вещества	\bar{E}_0	джоуль	Дж
Количество вещества	ν	моль	моль
Температура	T	кельвин	К

1	2	3	4
Работа, совершаемая над термодинамической системой	A	джоуль	Дж
Работа, совершаемая термодинамической системой	A'	джоуль	Дж
Количество теплоты	Q	джоуль	Дж
Удельная теплоемкость вещества	c	джоуль, деленный на произведение килограмма на кельвин	$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Теплоемкость	C	джоуль, деленный на кельвин	$\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
Коэффициент полезного действия	η	процент	%

Связи физических величин

Величина	Формула
Внутренняя энергия идеального газа	$U = NE\bar{\epsilon},$ $\bar{\epsilon} = \frac{3}{2}kT,$ $N = \frac{m}{M}N_A,$ $kN_A = R.$ $\rightarrow \begin{cases} U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT, \\ U = \frac{3}{2} kT \frac{m}{M} N_A \end{cases}$
Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии тела при изменении его температуры	$Q = cm(T - T_0),$ $Q = C(T - T_0)$
Количество теплоты, описывающее плавление тела	$Q_{\text{пл}} = \lambda m$
Количество теплоты, описывающее отвердевание (кристаллизацию) тела	$Q_{\text{от}} = -\lambda m$
Количество теплоты, описывающее парообразование тела	$Q_{\text{п}} = Lm$
Количество теплоты, описывающее конденсацию тела	$Q_{\text{к}} = -Lm$
Коэффициент полезного действия (КПД) теплового двигателя	$\eta = \frac{A'}{Q_{\text{н}}}, \eta = \frac{Q_{\text{н}} - Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}}, \eta = 1 - \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}}$
Коэффициент полезного действия (КПД) идеальной тепловой машины (закон Карно)	$\eta_{\text{max}} = \frac{T_{\text{н}} - T_{\text{х}}}{T_{\text{н}}}, \eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_{\text{х}}}{T_{\text{н}}}$

Закон	Формула	Формулирование закона
Закон сохранения и превращения энергии для тепловых процессов – первое начало (первый закон) термодинамики	$\Delta U = \Delta A + \Delta Q.$ $U = \text{const},$ $\Delta U = 0$	<p>Общее изменение внутренней энергии равно сумме работы и количества теплоты.</p> <p>При любых процессах, протекающих в изолированных термодинамических системах, внутренняя энергия остается неизменной</p>

Применение первого закона термодинамики при описании изопроцессов

Процесс	Формула	Комментарии
Изобарический	$P = \text{const}, \Delta P = 0,$ $\Delta Q = \Delta U + p\Delta V$	При изобарическом (изобарном) процессе изменение внутренней энергии за счет теплопередачи равно полному изменению внутренней энергии и работе, совершенной при постоянном давлении
Изотермический	$T = \text{const}, \Delta T = 0,$ $\Delta U = 0, \Delta Q = \Delta A$	При изотермическом процессе изменение внутренней энергии за счет теплопередачи равно совершенной работе
Изохорический (изохорный)	$V = \text{const}, \Delta V = 0,$ $\Delta A = 0, \Delta U = \Delta Q$	При изохорическом (изохорном) процессе изменение внутренней энергии газа осуществляется только за счет теплопередачи

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Начальные сведения и определения

Электродинамика – раздел физики, в котором изучаются свойства и закономерности изменения материи особого вида – электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между электрически заряженными телами или частицами.

Электрический заряд – величина, описывающая интенсивность электромагнитного взаимодействия.

Электрон и протон – элементарные частицы, являющиеся носителями минимального (элементарного) электрического заряда (отрицательного и положительного соответственно).

Электрически заряженное тело – тело, в котором число носителей элементарного отрицательного заряда не совпадает с числом носителей элементарного положительного заряда (достаточно часто это тело, не совсем удачно, называют электрическим зарядом).

Точечный заряд – электрически заряженное тело, размеры которого пренебрежимо малы по сравнению с расстояниями, рассматриваемыми в конкретной ситуации.

Электрическое поле – силовое поле в пространстве, в котором взаимодействуют частицы или тела, являющиеся носителями электрического заряда.

Напряженность электрического поля – векторная величина, являющаяся силовой характеристикой определенной точки электрического поля. Направление вектора напряженности совпадает с направлением вектора силы, описывающего действие электрического поля на носитель положительного заряда.

Силовые линии электрического поля (линии напряженности) – линии, касательные к которым в каждой точке, через которую они проходят, совпадают по направлению с вектором напряженности в этой точке.

Однородное электрическое поле – электрическое поле, напряженность которого одинакова во всех его точках.

Потенциал электрического поля – энергетическая характеристика точки поля.

Разность потенциалов характеризует работу электрического поля по перемещению носителей электрического заряда из одной точки поля в другую.

Эквипотенциальная поверхность – поверхность, все точки которой имеют равные потенциалы.

Проводник – тело, в котором частицы, являющиеся носителями минимальной порции электрического заряда, могут свободно перемещаться от одной части тела к другой на значительные расстояния (их называют свободными носителями электрического заряда).

Проводимость – физическая величина, характеризующая возможность движения в веществе носителей электрического заряда (обратной величиной является электрическое сопротивление – физическая величина, описывающая свойство вещества противодействовать перемещению в нем частиц – носителей электрического заряда).

Диэлектрик – тело, в котором частицы, являющиеся носителями минимальной порции электрического заряда, не могут свободно перемещаться от одной части тела к другой (эти частицы называют связанными носителями электрического заряда).

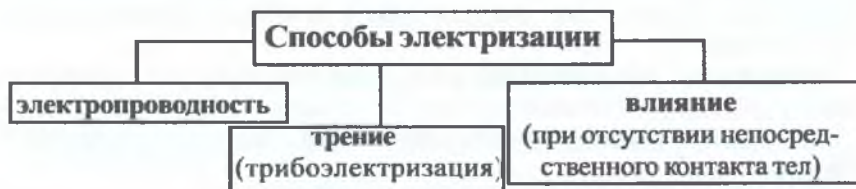
Диэлектрическая проницаемость – физическая величина, характеризующая электрические свойства диэлектрика и показывающая, во сколько раз ослабляется взаимодействие носителей электрического заряда в веществе по сравнению с их же взаимодействием в вакууме.

I. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Начальные сведения и определения

Электростатика – раздел электродинамики, в котором изучаются неподвижные электрически заряженные тела и частицы и их взаимодействия.

Электризация – процесс (явление) приобретения телом возможности участвовать в электромагнитном взаимодействии, интенсивность которого описывается такой физической величиной, как электрический заряд.



Электростатическое поле – электрическое поле относительно неподвижных носителей электрического заряда.

Потенциальность электростатического поля – независимость величины работы по перемещению в нем электрически заряженного тела или частицы от длины и формы траектории движения.

Электрическая емкость (электроемкость) – собственная характеристика проводника (системы проводников), являющаяся количественной мерой его способности накапливать носители электрического заряда.

Конденсатор (уплотнитель) – два проводника, разделенные слоем диэлектрика, толщина которого пренебрежимо мала в сравнении с размерами проводников.

Плотность энергии электростатического поля – величина, показывающая, сколь велика энергия в единичном объеме электростатического поля.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Электрический заряд	q, Q	кулон	Кл
Элементарный электрический заряд	q_e, e	кулон	Кл
Сила, описывающая действие неподвижных носителей электрического заряда (сила Кулона)	$F_{кл}$	ньютон	Н
Расстояние между точечными заряженными телами или геометрическими центрами тел шарообразной формы, по объему или поверхности которых носители электрического заряда распределены равномерно (либо расстояние от точечного заряженного тела до исследуемой точки поля)	r	метр	м
Диэлектрическая проницаемость среды	ϵ	–	–
Напряженность электрического поля	E	ньютон, деленный на кулон	$\frac{Н}{Кл}$

Работа электростатического (кулоновского) поля по перемещению носителя электрического заряда	$A_{кл}$	джоуль	Дж
Потенциальная энергия носителя электрического заряда в электростатическом поле	W_p	джоуль	Дж
Потенциал точки электростатического поля	φ	вольт	В
Разность потенциалов между точками электростатического поля	$\Delta\varphi$	вольт	В
Электрическая емкость	c	фарад	Ф
Расстояние между пластинами плоского конденсатора	d	метр	м
Площадь взаимного перекрытия пластин плоского конденсатора	S	квадратный метр	m^2
Расстояние между эквипотенциальными поверхностями	ℓ	метр	м

Коэффициент пропорциональности в формуле, отображающей закон Кулона, в СИ $K = 9 \cdot 10^9 \frac{Нм^2}{Кл^2}$.

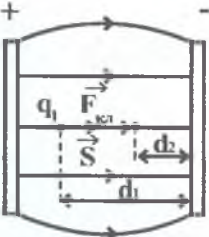
Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{Кл^2}{Н \cdot м^2}$.

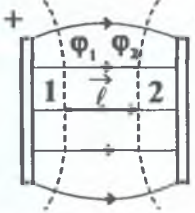
Наименование единицы электрической емкости дано по имени Майкла Фарадея (1791—1867, Англия).

Связи физических величин

Величина	Формула	Чтение формулы
Полный электрический заряд системы	$q = \sum_{i=1}^N q_i$	Полный электрический заряд системы равен алгебраической сумме зарядов носителей электрического заряда, входящих в систему
Напряженность электрического поля (общий случай расчета напряженности)	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{кл}}{q}$	Напряженность электрического поля в данной точке равна отношению силы, описывающей действие поля на точечный носитель электрического заряда, помещенный в данную точку поля, к величине электрического заряда точечного носителя

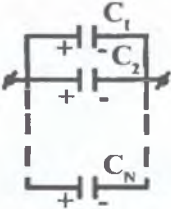
Величина	Формула	Чтение формулы
<p>Напряженность поля точечного носителя электрического заряда (частный случай расчета напряженности)</p>	$E = K \frac{ Q }{r^2} \frac{1}{\epsilon}$	<p>Напряженность поля точечного носителя электрического заряда прямо пропорциональна величине модуля электрического заряда носителя и обратно пропорциональна произведению квадрата расстояния от носителя заряда до исследуемой точки поля и диэлектрической проницаемости среды</p>
<p>Сила, описывающая действие электрического поля на электрически заряженное тело или частицу (общий случай описания воздействия на электрически заряженное тело или частицу)</p>	$\vec{F}_{\text{кл}} = q E \vec{e}$	<p>Сила, описывающая воздействие электрического поля на электрически заряженное тело или частицу, равна произведению модуля электрического заряда тела или частицы на напряженность поля в точке нахождения тела или частицы</p>
<p>Диэлектрическая проницаемость среды</p>	$\epsilon = \frac{F_{\text{кл}0}}{F_{\text{кл}}}$ $\epsilon = \frac{E_0}{E}$	<p>Диэлектрическая проницаемость вещества равна отношению модуля силы Кулона, описывающей взаимодействие в вакууме, к модулю силы Кулона, описывающей взаимодействие в однородном диэлектрике</p> <p>Диэлектрическая проницаемость равна отношению модуля напряженности электрического поля в вакууме к модулю напряженности этого же поля внутри однородного диэлектрика</p>

Величина	Формула	Чтение формулы
<p>Потенциальная энергия положительно заряженного тела (частицы), находящегося в однородном электрическом поле</p>	$W_p = qEd$	<p>Потенциальная энергия положительно заряженного тела (частицы), находящегося в однородном электрическом поле двух разноименно заряженных пластин, равна произведению заряда тела (частицы), напряженности поля в месте нахождения тела (частицы) и расстояния от отрицательно заряженной пластины</p>
<p>Работа однородного электростатического (кулоновского) поля по перемещению положительно заряженного тела или частицы</p>	 $A_{\text{кул}} = F_{\text{кул}}S,$ $A_{\text{кул}} = qE(d_1 - d_2);$ $A_{\text{кул}} = -\Delta W_p = -qE(d_2 - d_1)$	<p>Работа однородного электростатического (кулоновского) поля при перемещении положительно заряженного тела или частицы равна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - произведению силы, описывающей действие поля на тело или частицу, на перемещение вдоль силовой линии; - изменению потенциальной энергии носителя электрического заряда, взятому с противоположным знаком
<p>Потенциал электростатического поля в исследуемой точке</p>	$\varphi = \frac{W_p}{q}$	<p>Потенциал электростатического поля в исследуемой точке равен отношению потенциальной энергии электрически заряженного тела (частицы), находящегося в указанной точке поля, к величине электрического заряда тела (частицы)</p>

Величина	Формула	Чтение формулы
Разность потенциалов между двумя точками электростатического поля	$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1,$ $\Delta\varphi = \frac{A}{q},$ $\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{A}{q}$	Разность потенциалов между двумя точками электростатического поля равна отношению работы поля при перемещении электрически заряженного тела (частицы) из начальной точки в конечную к величине электрического заряда перемещенного носителя (для электростатических полей разность потенциалов численно совпадает с напряжением)
Потенциальная энергия (энергия взаимодействия) двух точечных электрически заряженных тел (частиц)	$W_p = K \frac{qQ}{\epsilon r}$	Потенциальная энергия двух точечных электрически заряженных тел (частиц) прямо пропорциональна зарядам и обратно пропорциональна диэлектрической проницаемости среды и расстоянию между телами
Потенциал точечного электрически заряженного тела (частицы)	$\varphi = K \frac{Q}{r} \cdot \frac{1}{\epsilon}$	Потенциал точечного электрически заряженного тела прямо пропорционален величине заряда и обратно пропорционален диэлектрической проницаемости среды и расстоянию до исследуемой точки поля
Напряженность однородного электростатического поля	 $E = \frac{\Delta\varphi}{l}$	Напряженность однородного электростатического поля равна отношению разности потенциалов между двумя точками поля к кратчайшему расстоянию между эквипотенциальными поверхностями, на которых эти точки расположены

Величина	Формула	Чтение формулы
Электрическая емкость (универсальный метод определения электрической емкости)	$C = \frac{q}{\Delta\varphi}$	Электрическая емкость (электроемкость) равна отношению абсолютной величины электрического заряда одного из проводников к разности потенциалов между этими проводниками
Электрическая емкость плоского конденсатора	$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon S}{d}$	Электрическая емкость плоского конденсатора равна отношению произведения электрической постоянной, диэлектрической проницаемости диэлектрика и площади перекрытия пластин к расстоянию между обкладками конденсатора
Энергия электрического поля конденсатора	$E_p = \frac{C\Delta\varphi^2}{2},$ $E_p = \frac{q\Delta\varphi}{2}$ $E_p = \frac{q^2}{2C}$	Энергия электрического поля конденсатора равна: - половине произведения электрической емкости на квадрат разности потенциалов; - половине произведения заряда на разность потенциалов; - отношению квадрата заряда к удвоенному значению емкости
Плотность энергии электрического поля	$\omega_p = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon E^2}{2}$	Плотность энергии электрического поля равна половине произведения электрической постоянной, диэлектрической проницаемости среды и квадрата напряженности электрического поля

Соединение конденсаторов

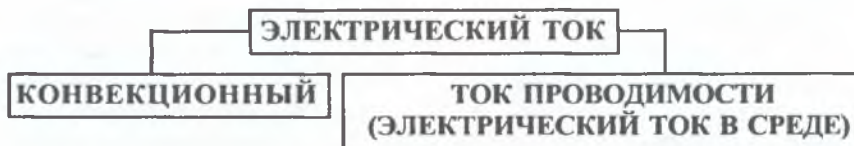
Величина	Формула	Чтение формулы
Последовательное соединение		
Электрический заряд	$q = q_i$	Электрический заряд батареи равен электрическому заряду любого из конденсаторов, включенных в батарею
Разность потенциалов	$\Delta\varphi = \sum_{i=1}^N \Delta\varphi_i$	Разность потенциалов на батарее равна сумме разностей потенциалов на всех конденсаторах, составляющих батарею
Электрическая емкость	$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$	Величина, обратная электрической емкости батареи, равна сумме величин, обратных электрическим емкостям конденсаторов, составляющих батарею
Параллельное соединение		
Электрический заряд	$q = \sum_{i=1}^N q_i$	Электрический заряд батареи равен сумме электрических зарядов всех конденсаторов, составляющих батарею
Разность потенциалов	$\Delta\varphi = \Delta\varphi_i$	Разность потенциалов на батарее равна разности потенциалов на любом конденсаторе, включенном в батарею
Электрическая емкость	$C = \sum_{i=1}^N C_i$	Электрическая емкость батареи равна сумме электрических емкостей всех конденсаторов, составляющих батарею.

Закон, принцип	Формула	Формулировка закона, принципа
Закон сохранения электрического заряда	$q = \text{const},$ $q_1 + q_2 + \dots + q_N = \text{const},$ $\sum_{i=1}^N q_i = \text{const}$	Алгебраическая сумма заряда всех носителей электрического заряда, образующих замкнутую (электрически изолированную) систему, остается постоянной при любых процессах, происходящих в ней
Закон Кулона (частный случай взаимодействия электрически заряженных тел)	 $F_{кл} = F_{Q \rightarrow q} = F_{q \rightarrow Q},$ $F_{кл} = K \frac{ q Q }{r^2} \cdot \frac{1}{\epsilon}$	Сила, описывающая взаимодействие двух неподвижных точечных носителей электрического заряда или равномерно заряженных тел шарообразной формы, прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна произведению квадрата расстояния между заряженными телами и диэлектрической проницаемости среды
Принцип суперпозиции	 $\vec{F}_{кл} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_{кл i};$ $\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i;$ $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_N,$ $\varphi = \sum_{i=1}^N \varphi_i$	Сила, описывающая воздействие на какое-либо электрически заряженное тело со стороны других заряженных тел, равна геометрической сумме всех сил, описывающих воздействие на указанное тело со стороны каждого из воздействующих тел в отдельности Напряженность поля, созданного несколькими электрически заряженными телами или частицами, в исследуемой точке поля равна геометрической сумме напряженностей полей каждого из заряженных тел или частиц Потенциал поля, созданного несколькими заряженными телами (частицами), в исследуемой точке равен алгебраической сумме потенциалов полей каждого из заряженных тел (частиц)

II. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Начальные сведения и определения

Электрический ток – упорядоченное движение носителей электрического заряда – тел или частиц.



Конвекционный электрический ток – движение макроскопического носителя электрического заряда как единого целого.

Электрический ток проводимости – движение частиц (носителей электрического заряда) в проводнике.

Условия возникновения электрического тока – наличие электрически заряженных тел или частиц, имеющих возможность перемещаться, и внешнего воздействия, обуславливающего перемещение этих тел или частиц.

Условия возникновения постоянного электрического тока проводимости:

- наличие проводника электрического тока – тела со свободными частицами – носителями электрического заряда;
- существование внешнего неэлектростатического поля, постоянно действующего на эти частицы;
- замкнутость электрической цепи.

Источники электрического тока – устройства, преобразующие энергию неэлектрических видов (механическую, внутреннюю и т. д.) в электрическую энергию.

Направление электрического тока – направление движения свободных частиц – носителей положительного электрического заряда.

Постоянный электрический ток – электрический ток, не изменяющийся с течением времени ни по направлению, ни по величине.

Сила тока, электрическое напряжение, электрическое сопротивление, последовательное и параллельное соединение проводников (потребителей электрической энергии) работа и мощность электрического тока – см с. 29-35.

Электродвижущая сила – величина, являющаяся энергетической характеристикой источника электрического тока.

Сторонняя сила – величина, описывающая действие неэлектростатического поля источника электрического тока на свободные частицы проводника – носители электрического заряда.

Электролиты – вещества, обладающие ионной проводимостью; часто электролитами называют растворы электролитов (растворы кислот, солей и т. д.).

Электролиз – совокупность процессов, которые происходят на находящихся в растворе электролитов электродах при протекании по электролиту электрического тока (достаточно часто электролиз определяют как процесс выделения на электродах в свободном виде веществ, входящих в состав электролита, при протекании по нему электрического тока).

Валентность – способность атомов образовывать химические связи, отдавая или присоединяя электроны.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Электрический заряд	$q, Q, \Delta q$	кулон	Кл
Электрический заряд одной частицы	q_0	кулон	Кл
Концентрация частиц – носителей электрического заряда	n	обратный кубический метр	м^{-3}
Скорость движения частиц – носителей электрического заряда	v	метр в секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
Длина части проводника	$\Delta \ell$	метр	м
Промежуток (интервал) времени	$t, \Delta t$	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Разность потенциалов	$\Delta \phi$	вольт	В
Работа источника электрического тока (поля сторонних сил)	$A_{\text{ст}}$	джоуль	Дж
Электрическое напряжение (падение напряжения)	U	вольт	В
Работа электрического тока	A	джоуль	Дж

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Мощность электрического тока	P	ватт	Вт
Электродвижущая сила источника электрического тока	ϵ	вольт	В
Электрическое сопротивление потребителя электрической энергии (внешнего участка электрической цепи)	R	ом	Ом
Удельное электрическое сопротивление вещества проводника	ρ	ом, умноженный на метр	Ом · м
Длина однородного проводника с постоянной площадью поперечного сечения	ℓ	метр	м
Площадь поперечного сечения проводника	S	квадратный метр	м ²
Удельное электрическое сопротивление вещества проводника при 0°С	ρ_0	ом, умноженный на метр	Ом · м
Температура по шкале Цельсия при расчете температурного коэффициента электрического сопротивления	t°	градус (по шкале) Цельсия	°С
Температурный коэффициент электрического сопротивления	α	обратный Кельвин	К ⁻¹
Электрическое сопротивление источника электрического тока (электрическое сопротивление внутреннего участка электрической цепи)	r	ом	Ом
Количество теплоты	Q	джоуль	Дж
Масса	m	килограмм	кг
Электрохимический эквивалент	k	килограмм, деленный на кулон	$\frac{кг}{Кл}$
Молярная масса	M	килограмм, деленный на моль	$\frac{кг}{моль}$
Валентность	n	—	—
Химический эквивалент	b	килограмм, деленный на моль	$\frac{кг}{моль}$

Элементарный электрический заряд $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.
 Постоянная (константа, число) Фарадея $F = 9,65 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$.

Связи физических величин

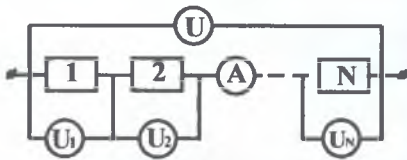
Величина	Формула
Сила тока	$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, I = q_0 nVS$
Электрическое сопротивление однородного проводника с постоянной площадью поперечного сечения	$R = \rho \frac{\ell}{S}$
Удельное электрическое сопротивление проводника	$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t^\circ)$
Работа электрического тока	$A = IU\Delta t, A = \frac{U^2}{R} \Delta t, A = I^2 R \Delta t$
Мощность электрического тока	$P = \frac{A}{\Delta t}, P = IU, P = \frac{U^2}{R}, P = I^2 R$
Электродвижущая сила	$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$
Химический эквивалент	$b = \frac{M}{n}$

Закон	Формула	Формулировка закона
Закон Ома для произвольного участка электрической цепи	$U = \Delta\phi + \varepsilon$	Падение напряжения на участке цепи равно сумме разности потенциалов на концах участка и электродвижущей силы источников тока, имеющих на участке
Закон Ома для участка цепи, не содержащего источника электрического тока	$I = \frac{\Delta\phi}{R}$	Сила тока, протекающего по участку цепи, не содержащего источника электрического тока, прямо пропорциональна разности потенциалов на концах участка цепи и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению этого участка (иногда в подобных случаях разность потенциалов называют напряжением или падением напряжения)

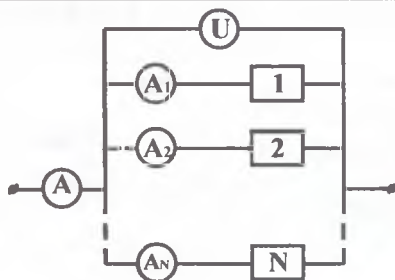
<p>Закон Ома для полной (замкнутой) цепи</p>	$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ $\mathcal{E} = U_R + U_r$	<p>Сила тока в замкнутой (полной) цепи прямо пропорциональна величине электродвижущей силы источника электрического тока, включенного в электрическую цепь, и обратно пропорциональна общему электрическому сопротивлению всей цепи (сумме электрических сопротивлений потребителей электрической энергии и источников электрического тока).</p> <p>Электродвижущая сила источника электрического тока равна сумме падений напряжения на внешнем и внутреннем участках электрической цепи</p>
<p>Закон Джоуля и Ленца</p>	$Q = I^2 R \Delta t$	<p>Количество теплоты, описывающее изменение внутренней энергии проводника при протекании по нему электрического тока, равно произведению квадрата силы тока, электрического сопротивления проводника и времени протекания тока по проводнику</p>
<p>Законы электролиза (законы Фарадея для электролиза) I закон</p>	$m = kq$ $m = kI \Delta t$	<p>Масса вещества, выделившегося на электроде в процессе электролиза, прямо пропорциональна величине электрического заряда, перенесенного через электролит</p> <p>Масса вещества, выделившегося на электроде в процессе электролиза, прямо пропорциональна силе тока, протекающего через электролит, и времени его протекания</p>

II закон	$K \sim b$ $K = \frac{1}{F} \frac{M}{n}$ $F = \frac{M}{m} q$ $F = N_A q_c$	Электрохимический эквивалент вещества прямо пропорционален его химическому эквиваленту. Постоянная (константа) Фарадея указывает величину электрического заряда, перенесение которого через раствор электролита сопровождается выделением одного моля одновалентного вещества
Объединенный закон	$m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} q$ $m = \frac{M}{N_A q_c n} I \Delta t$	

Соединение проводников

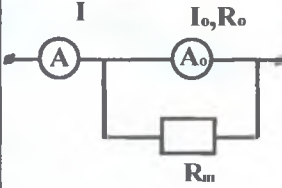
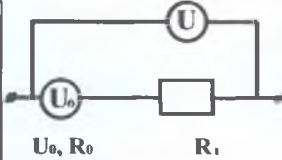
Величина	Формула	Чтение формулы
<i>Последовательное соединение</i>		
Сила тока	$I = I_i$	Сила тока, протекающего по участку цепи, равна силе тока, протекающего по любому из проводников, составляющих участок
Напряжение	$U = \sum_{i=1}^N U_i$	Напряжение на участке цепи равно сумме падений напряжения на всех проводниках, составляющих участок
Сопротивление	$R = \sum_{i=1}^N R_i$	Электрическое сопротивление участка цепи равно сумме электрических сопротивлений всех проводников, составляющих участок

Параллельное соединение



Сила тока	$I = \sum_{i=1}^N I_i$	Сила тока, протекающего по участку цепи, равна сумме сил токов, протекающих по всем проводникам, составляющим участок
Напряжение	$U = U_i$	Напряжение на участке цепи равно падению напряжения на любом из проводников, составляющих участок
Сопротивление	$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$	Величина, обратная электрическому сопротивлению участка, равна сумме величин, обратных электрическим сопротивлениям проводников, составляющих участок

Пределы измерения электроизмерительных приборов

Величина	Формула	Комментарии
Сопротивление шунта (для расширения пределов измерения амперметра)	 $I > I_0,$ $R_{ш} = \frac{I_0 R_0}{I - I_0}$	I – сила максимального электрического тока, проходящего через модернизируемый (шунтированный) амперметр, R_0 – электрическое сопротивление модернизируемого амперметра, $R_{ш}$ – электрическое сопротивление шунта, I – сила тока, протекающего через контрольный амперметр (через параллельное соединение модернизируемый амперметр – шунт)
Сопротивление добавочного резистора (для расширения пределов измерения вольтметра)	 $U > U_0,$ $R_{д} = R_0 \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right)$	U_0 – максимальное напряжение на модернизируемом вольтметре, R_0 – электрическое сопротивление модернизируемого вольтметра, $R_{д}$ – электрическое сопротивление добавочного резистора, U – напряжение, фиксируемое контрольным вольтметром (напряжение на последовательном соединении модернизируемый вольтметр – добавочный резистор).

III. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Начальные сведения и определения

Магнитное поле – силовое поле, оказывающее действие на движущиеся (в системе отсчета, в которой рассматривается поле) носители электрического заряда (электрические токи, отдельные электрически заряженные частицы) и постоянные магниты.

Магнитное поле исследуется с помощью маленькой рамки-зонда с током или магнитной стрелки. Размеры рамки-зонда с током должны быть малы в сравнении с расстояниями, на которых магнитное поле заметно изменяется.

Магнитная индукция – векторная величина, являющаяся силовой характеристикой определенной точки магнитного поля.

Направление вектора магнитной индукции при исследовании магнитного поля с помощью рамки-зонда с током определяется правилом буравчика (правого винта): ориентация вектора магнитной индукции указывается направлением поступательного движения острия буравчика при условии вращения его рукоятки по направлению тока в рамке-зонде. Кроме этого, направление вектора магнитной индукции совпадает с направлением оси магнитной стрелки в данной точке поля (от южного полюса к северному).

Линии магнитной индукции (силовые линии) – линии, касательные к которым в любой их точке направлены так же, как и векторы магнитной индукции в этих точках.

Линии магнитной индукции всегда замкнуты, что характеризует магнитное поле как вихревое.

Направление силовых линий магнитного поля прямого тока определяется правилом Максвелла: направление силовых линий магнитного поля прямого тока указывает вращающаяся рукоятка буравчика (правого винта) при условии совпадения направлений поступательного движения острия буравчика и электрического тока, протекающего по проводнику.

Магнитная проницаемость среды – величина, описывающая магнитные свойства вещества. Она характеризует воздействие индуцированного (наведенного) магнитного поля вещества на внешнее магнитное поле. Магнитная проницаемость показывает, во сколько раз среда ослабляет взаимодействие в сравнении с этим же взаимодействием в вакууме.

Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики – материалы, отличающиеся магнитными свойствами, определяемыми магнитной проницаемостью.

Диамагнетики собственным индуцированным магнитным полем ослабляют внешнее магнитное поле, воздействующее на вещество (в этом случае магнитная проницаемость вещества меньше единицы).

Парамагнетики собственным индуцированным магнитным полем несколько усиливают внешнее магнитное поле, воздействующее на вещество (в этом случае магнитная проницаемость вещества больше единицы).

Ферромагнетики собственным индуцированным магнитным полем значительно (в десятки, сотни и тысячи раз) увеличивают внешнее индуцирующее его магнитное поле (в этом случае магнитная проницаемость вещества много больше единицы).

Температура Кюри – определенная температура для данного ферромагнетика, при превышении которой вещество лишается ферромагнитных свойств.

Сила Ампера – сила, описывающая действие магнитного поля на проводник с током. Направление силы Ампера определяется правилом левой руки: направление силы Ампера указывает отставленный на девяносто градусов большой палец левой руки при условии вхождения силовых линий (либо перпендикулярной составляющей вектора магнитной индукции) в раскрытую ладонь и ориентации четырех вытянутых пальцев по направлению электрического тока в проводнике.

Сила Лоренца – сила, описывающая действие магнитного поля на отдельную частицу, являющуюся носителем электрического заряда. Если частица несет положительный заряд, то направление силы Лоренца определяется правилом левой руки. Если же частица имеет отрицательный заряд, то направление силы Лоренца, полученное с помощью правила левой руки, изменяется на противоположное.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Магнитная индукция в веществе	B	тесла	Тл
Магнитная индукция в вакууме	B_0	тесла	Тл
Максимальный момент сил, описывающий вращающее воздействие магнитного поля на помещенную в него рамку-зонд с током	M_{\max}	ньютон, умноженный на метр	Н · м
Сила тока, протекающего по рамке-зонду, внесенной в исследуемую область магнитного поля	I_0	ампер	А
Площадь рамки-зонда, внесенной в исследуемую область магнитного поля	S	квадратный метр	m^2
Сила Ампера	F_A	ньютон	Н
Максимальное значение силы Ампера	$F_{A_{\max}}$	ньютон	Н
Сила тока, протекающего по проводнику	I	ампер	А
Активная часть проводника с током (часть проводника с током, подверженная воздействию магнитного поля)	Δl	метр	м
Элемент тока	$I \Delta l$	ампер, умноженный на метр	А · м
Сила Лоренца	F_L	ньютон	Н
Электрический заряд	q	кулон	Кл
Скорость движения частицы – носителя электрического заряда	v	метр в секунду	$\frac{m}{c}$

Угол между векторами элемента тока и индукции магнитного поля либо между векторами скорости движения частицы и индукции магнитного поля	α	радиан (градус)	рад(°)
Масса частицы – носителя электрического заряда	m	килограмм	кг
Радиус траектории движения частицы	r	метр	м
Магнитная проницаемость среды	μ	–	–

Наименования единицы магнитной индукции дано по имени Никола Тесла (1856 – 1943, Сербия) – 1 Тл

Связи физических величин

Величина	Формула
Модуль вектора магнитной индукции	$B = \frac{M_{\max}}{I_0 S}, B = \frac{F_{A\max}}{I \Delta \ell}$
Максимальное значение силы Ампера	$\vec{F}_{A\max} = [I \vec{\Delta \ell} \vec{B}]$
Сила Лоренца	$\vec{F}_L = q[\vec{V}, \vec{B}], F_{L\perp} = qVB \sin \alpha;$ $\vec{F}_L = -q[\vec{V}, \vec{B}], F_{L\parallel} = -qVB \sin \alpha;$
Радиус кривизны траектории частицы – носителя электрического заряда, движущейся в однородном магнитном поле перпендикулярно его силовым линиям	$\frac{mv^2}{r} = q VB \rightarrow r = \frac{mV}{ q B}$
Магнитная проницаемость среды	$\mu = \frac{B}{B_0}$

Закон, принцип	Формула	Формулировка закона, принципа
Закон Ампера (сила Ампера)	$\vec{F}_A = [I \Delta \ell, \vec{B}],$ $F_A = I \Delta \ell B \sin \alpha$	Сила Ампера равна произведению модуля вектора магнитной индукции на силу тока, длину активной части проводника и на синус угла между вектором магнитной индукции и активной частью проводника
Принцип суперпозиции (результатирующая индукция в данной точке поля, созданного несколькими источниками)	$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_N,$ $\vec{B} = \sum_{i=1}^N \vec{B}_i$	Индукция поля, созданного несколькими источниками в исследуемой точке поля, равна геометрической сумме индукций полей каждого из источников

IV. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Начальные сведения и определения

Магнитный поток (поток магнитной индукции) - величина, описывающая положение проводящего контура в магнитном поле.

Вихревое электрическое поле – электрическое поле, описываемое замкнутыми силовыми линиями (линиями магнитной индукции).

Электромагнитная индукция – явление порождения вихревого электрического поля магнитным полем.

Индукционный ток – электрический ток, возникающий в замкнутом проводнике (контуре) в результате воздействия на свободные носители электрического заряда вихревого электрического поля, индуцированного магнитным полем.

Электродвижущая сила индукции – энергетическая характеристика вихревого электрического поля, индуцированного (наведенного) магнитным полем.

Токи Фуко – индукционные электрические токи, наведенные в массивных проводниках тока вследствие их малого электрического сопротивления.

Самоиндукция – явление индуцирования (наведения) вихревого электрического поля проводником в самом себе в результате изменения силы протекающего по нему тока.

Физические величины и их единицы

Величина		Единица	
Название	Обозначение	Наименование	Обозначение
Индукция магнитного поля	В	тесла	Тл
Площадь контура	S	квадратный метр	м ²
Угол между силовыми линиями магнитного поля (вектором магнитной индукции) и нормалью к поверхности, определяемой контуром	α	радиан (градус)	рад (°)
Магнитный поток	Φ	вебер	Вб
Электродвижущая сила индукции (индукционная ЭДС)	\mathcal{E}_i	вольт	В
Изменение времени (временной интервал)	Δt	секунда	с
Электродвижущая сила самоиндукции	\mathcal{E}_s	вольт	В
Длина активной части проводника (части проводника, взаимодействующей с магнитным полем)	$\Delta \ell$	метр	м
Скорость равномерного движения проводника электрического тока в магнитном поле	V	метр в секунду	$\frac{м}{с}$
Изменение силы тока в проводнике электрического тока	ΔI	ампер	А
Индуктивность	L	генри	Гн
Энергия магнитного поля	E_L	джоуль	Дж

Наименования единиц магнитного потока и индуктивности даны по именам:

Вильгельма Эдуарда Вебера (1804 – 1891, Германия) – 1 Вб,
Джозефа Генри (1797 – 1878, США) – 1 Гн.

Связи физических величин

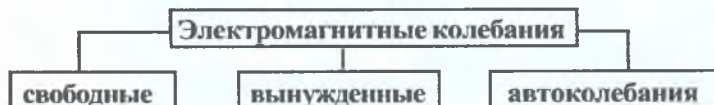
Величина	Формула
Магнитный поток	$\Phi = BS \cos \alpha$
Электродвижущая сила индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле	$\epsilon_i = B \Delta \ell V \sin \alpha$
Электродвижущая сила самоиндукции	$\epsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \epsilon_{is} = -l \frac{dY}{dt}$
Энергия магнитного поля	$E_L = \frac{LI^2}{2}$

Закон	Формула	Формулировка закона
Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея)	$\epsilon_i = \left \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right $ $\epsilon_i = \left \frac{d\Phi}{dt} \right $	Электродвижущая сила индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром

V. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Начальные сведения и определения

Электромагнитные колебания – взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей, образующих единое электромагнитное поле и описывающихся периодически (почти периодически) изменяющимися электрическим зарядом, силой тока и другими электрическими величинами.



Свободные электромагнитные колебания – электромагнитные колебания, возникающие в колебательной системе в результате однократного сообщения ей электрической энергии от внешнего источника.

Вынужденные электромагнитные колебания – электромагнитные колебания, возникающие в колебательной системе в результате многократного периодического сообщения ей электрической энергии от внешнего источника.

Электромагнитные автоколебания – электромагнитные колебания, имеющие место в самоуправляющейся колебательной системе (в системе, которая сама управляет процессом поступления

энергии от источника энергии, находящегося внутри автоколебательной системы).

1. СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Начальные сведения и определения

Колебательный контур (параллельный колебательный контур) – простейшая система электромагнитных колебаний, в которой могут происходить свободные электромагнитные колебания, состоящая из конденсатора и катушки, присоединенной к его обкладкам.

Физические величины

Величина	Обозначение
Мгновенное (текущее) значение напряжения (разности потенциалов) на обкладках конденсатора колебательного контура	u
Мгновенное (текущее) значение силы тока в цепи колебательного контура	i
Мгновенное (текущее) значение электрического заряда конденсатора колебательного контура	q
Максимальное (наибольшее или амплитудное) значение напряжения (разности потенциалов) на обкладках конденсатора колебательного контура	U_m
Максимальное (наибольшее или амплитудное) значение силы тока в цепи колебательного контура	I_m
Максимальное (наибольшее или амплитудное) значение электрического заряда конденсатора колебательного контура	q_m
Циклическая частота, описывающая собственные колебания в колебательном контуре	ω_0
Электрическая емкость конденсатора колебательного контура	C
Индуктивность катушки колебательного контура	L
Период свободных электромагнитных колебаний	T
Частота свободных электромагнитных колебаний	ν
Мгновенное (текущее) значение энергии электрического поля конденсатора колебательного контура	E_c
Мгновенное (текущее) значение энергии магнитного поля катушки колебательного контура	E_L
Максимальное (наибольшее) значение энергии электрического поля конденсатора колебательного контура	E_{cm}
Максимальное (наибольшее) значение энергии магнитного поля катушки колебательного контура	E_{Lm}
Полная энергия колебательного контура	E

Связи физических величин

Величина	Формула
Уравнение, описывающее периодическое изменение электрического заряда на обкладках конденсатора в колебательном контуре	$q'' + \omega^2 q = 0, \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$
Решение уравнения, описывающего колебания в контуре, – изменение значения электрического заряда с течением времени	либо $q = q_m \cos \omega t$ $q = q_m \sin \omega t$
Период свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре (формула Томсона)	$T = 2\pi\sqrt{LC}$
Частота свободных электромагнитных колебаний	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
Полная энергия колебательного контура	$E = E_c + E_L,$ $E = \frac{Cu^2}{2} + \frac{Li^2}{2}, E = \frac{CU^2}{2}, E = \frac{LI^2}{2}$

2. ВЫНУЖДЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ (ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК)

Начальные сведения и определения

Переменный ток – электрический ток, характеризующийся изменениями направления и силы с течением времени (на практике по ряду причин широко применяется гармонически изменяющийся электрический ток).

Метод векторных диаграмм – представление гармонического колебания с помощью проекции вращающегося вектора, модуль которого равен амплитуде колебания. Этот метод позволяет наглядно продемонстрировать фазовые соотношения между несколькими одновременно изменяющимися величинами (например, между силой тока и напряжением).

Активная нагрузка – потребитель электрической энергии, полностью и необратимо преобразующий электрическую энергию в неэлектрическую (внутреннюю энергию, энергию излучения и др.) Электрическое сопротивление такого потребителя называют **активным сопротивлением**.

Реактивная нагрузка – потребитель электрической энергии, на котором не имеет место преобразование электрической энергии: одну четверть периода колебания энергия накапливается этим потребителем, в следующую же четверть периода накопленная энергия возвращается потребителем в сеть.

Индуктивная и емкостная нагрузки (сопротивления, потребители) – примеры реактивных нагрузок.

Индуктивное сопротивление – реактивное сопротивление, оказываемое переменному току электрическим полем, индуцированным проводником.

Емкостное сопротивление – реактивное сопротивление, оказываемое переменному току электрическим полем конденсатора.

Импеданс – полное сопротивление цепи переменному току.

Резонанс – явление резкого изменения силы тока вынужденных электромагнитных колебаний в колебательном контуре при приближении численного значения циклической частоты внешнего периодического электромагнитного воздействия к численному значению частоты собственных электромагнитных колебаний в контуре.

Резонанс напряжений – резкое увеличение амплитуды силы тока вынужденных электромагнитных колебаний в последовательном колебательном контуре.

Резонанс токов – резкое уменьшение амплитуды силы тока вынужденных электромагнитных колебаний в параллельном колебательном контуре.

Трансформатор (преобразователь) – устройство, преобразующее переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

Физические величины

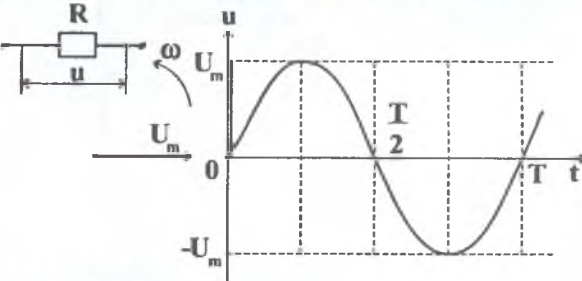
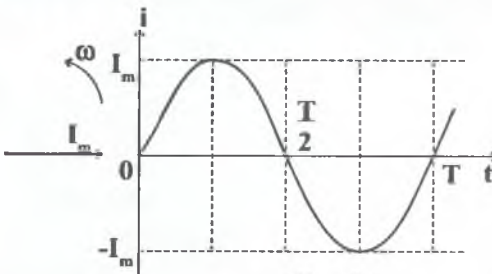
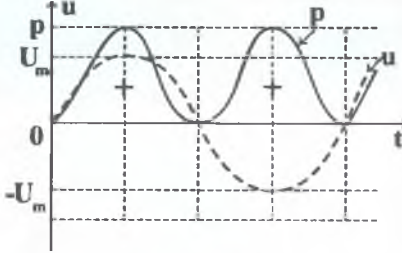
Название	Обозначение
Площадь контура	S
Мгновенное (текущее) значение напряжения переменного тока	u
Мгновенное (текущее) значение силы переменного тока	i
Мгновенное (текущее) значение ЭДС индукции в рамке, вращающейся с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле	e
Мгновенное (текущее) значение ЭДС самоиндукции	\mathcal{E}_{is}
Максимальное (наибольшее или амплитудное) значение напряжения переменного тока	U_m
Максимальное (наибольшее или амплитудное) значение силы переменного тока	I_m
Максимальное (наибольшее или амплитудное) значение ЭДС индукции в рамке, вращающейся с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле	\mathcal{E}_m
Действующее значение напряжения переменного тока	U
Действующее значение силы переменного тока	I
Активное сопротивление	R
Реактивное сопротивление	X
Индуктивное сопротивление	X_L
Емкостное сопротивление	X_C
Импеданс	Z
Мгновенное (текущее) значение мощности переменного тока	p
Среднее значение мощности переменного тока за период	\overline{p}
Мощность переменного тока	P
Коэффициент трансформации	K
Количество витков в первичной обмотке трансформатора	n_1
Количество витков во вторичной обмотке трансформатора	n_2

Связи физических величин

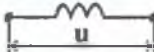
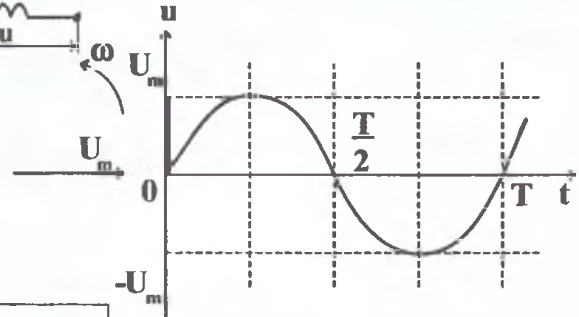
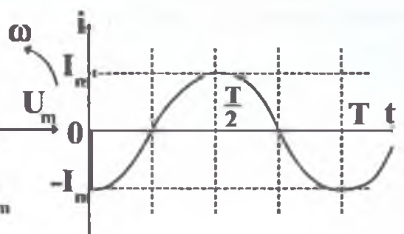
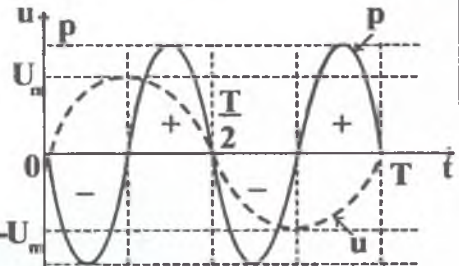
Величина	
Магнитный поток	$\Phi = BS\cos\alpha$
ЭДС индукции в рамке, вращающейся с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле (скорость изменения магнитного потока)	$e = -\dot{\Phi} = BS(\cos\omega t)'$, $e = BS\omega\sin\omega t$, $e = \varepsilon_m\sin\omega t$; $\varepsilon_m = BS\omega$
Мгновенное (текущее) значение напряжения, описывающего воздействие на колебательный контур внешнего поля	$u = U_m\sin\omega t$ либо $i = U_m\cos\omega t$
Действующее значение напряжения	$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$
Действующее значение силы переменного тока	$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
Мощность в цепи переменного тока	$p = iu$, $P = IU\cos\varphi$
Коэффициент трансформации	$K = \frac{U_1}{U_2}, \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{n_1}{n_2}, K = \frac{I_2}{I_1}$
Понижающий трансформатор	$K > 1$
Повышающий трансформатор	$K < 1$

А. Цепи переменного тока с различной нагрузкой

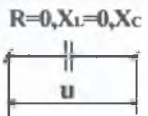
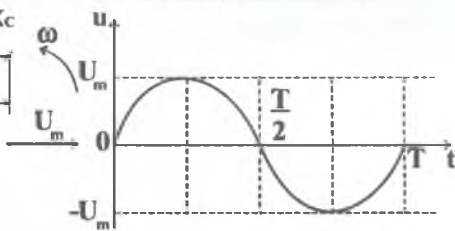
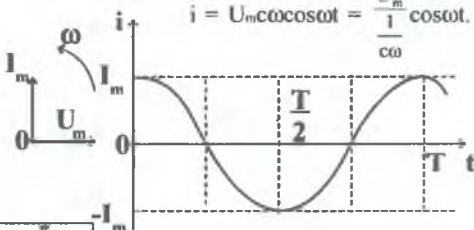
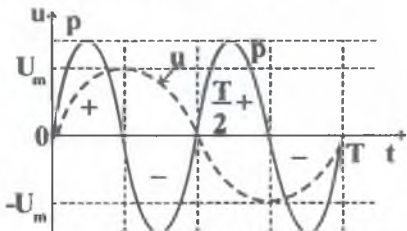
а) ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С АКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Величина	Формулы, графики, векторная диаграмма
Мгновенное значение напряжения	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-top: 10px;"> $U = U_m \sin \omega t$ </div>
Мгновенное значение силы тока	 <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> $i = \frac{U}{R} = \frac{U_m}{R} \sin \omega t.$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-top: 10px;"> $i = I_m \sin \omega t, I_m = \frac{U_m}{R}$ </div>
Мгновенное значение мощности	 <div style="margin-top: 10px;"> $p = iu,$ $p = I_m \sin \omega t \cdot U_m \sin \omega t = I_m U_m \sin^2 \omega t = \sqrt{2} I \sqrt{2} U \frac{1 - \cos 2\omega t}{2}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $p = IU - IU \cos 2\omega t \quad \bar{p} \neq 0$ </div> </div>

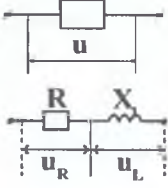
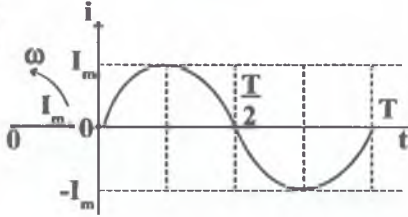
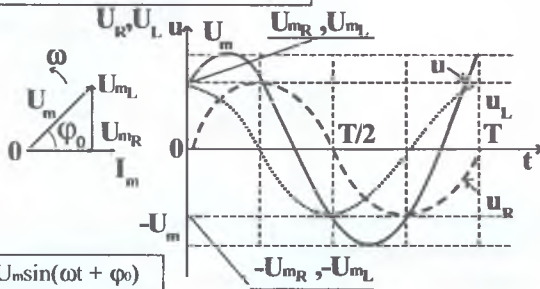
6) ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Величина	Аналитическое, графическое и векторное описания
Мгновенное значение напряжения	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $R=0, X_L$  </div> <div>  </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; width: fit-content;"> $u = U_m \sin \omega t$ </div>
Мгновенное значение силы тока	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $i = \frac{u + c_{is}}{R} \rightarrow$ $iR = u + c_{is}$ $R = 0 \quad u = -c_{is};$ $u = U_m \sin \omega t$ $c_{is} = -L \frac{di}{dt}$ $u = -c_{is}$ $\rightarrow U_m \sin \omega t = L \frac{di}{dt};$ $\int U_m \sin \omega t dt = \int L di;$ $-\frac{U_m \cos \omega t}{\omega} = Li \rightarrow i = -\frac{U_m}{\omega L} \cos \omega t.$ </div> <div>  </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; width: fit-content;"> $i = I_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right),$ $I_m = \frac{U_m}{X_L}, \quad X_L = \omega L$ </div>
Мгновенное значение мощности	$p = iu, \cos \frac{\pi}{2} = 0, \sin \frac{\pi}{2} = 1, \rightarrow p = I_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \cdot U_m \sin \omega t =$ $I_m U_m \left(\sin \omega t \cos \frac{\pi}{2} - \cos \omega t \sin \frac{\pi}{2} \right) \cdot \sin \omega t =$ $= -1 \cdot \sqrt{2} U \sqrt{2} \sin \omega t \cos \omega t = -I U \sin 2 \omega t.$ <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; width: fit-content;"> $p = -I U \sin 2 \omega t$ $\bar{p} = 0$ </div>

В) ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКОЙ

Величина	Аналитическое, графическое и векторное описание
Мгновенное значение напряжения	<p>$R=0, X_L=0, X_C$</p>   <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $u = U_m \sin \omega t$ </div>
Мгновенное значение силы тока	<p>$i = \frac{dq}{dt} = c \frac{du}{dt} = c \frac{d(U_m \sin \omega t)}{dt}$, $\frac{dq}{dt}$</p> <p>$i = U_m c \omega \cos \omega t = \frac{U_m}{\omega c} \cos \omega t$</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $i = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}),$ $I_m = \frac{U_m}{X_C}, X_C = \frac{1}{\omega c}$ </div>
Мгновенное значение мощности	<p>$p = iu,$</p> <p>$\cos \frac{\pi}{2} = 0$</p> <p>$\sin \frac{\pi}{2} = 1$</p> <p>$p = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) U_m \sin \omega t =$ $= I_m U_m (\sin \omega t \cos \frac{\pi}{2} + \cos \omega t \sin \frac{\pi}{2}) \sin \omega t =$ $= \sqrt{2} I \sqrt{2} U \cos \omega t \sin \omega t = IU \sin 2\omega t$</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $p = IU \sin 2\omega t$ $\bar{p} = 0$ </div>

г) ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С АКТИВНО – ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКОЙ

Величина	Аналитическое, графическое и векторное описания
<p>Мгновенное значение силы тока</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>$R, X_L, X_C = 0$</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>$i = \frac{U + e_{is}}{R}, Ri = u + e_{is};$ $u_R = u + e_{is};$ $u = u_R + u_L, \text{ где } u_L = -e_{is}.$</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: 20px;"> $i = I_m \sin \omega t$ </div>
<p>Мгновенное значение напряжения</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>$u_R = U_{mR} \sin \omega t,$ $u_L = U_{mL} \sin (\omega t + \frac{\pi}{2}).$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$u = U_{mR} \sin \omega t + U_{mL} \sin (\omega t + \frac{\pi}{2})$</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: 20px;"> $u = U_m \sin (\omega t + \varphi_0)$ </div> <div style="margin-top: 10px; text-align: center;"> <p>$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{U_{mL}}{U_{mR}} = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R};$ $U_m = \sqrt{U_{mR}^2 + U_{mL}^2},$ $U_m = \sqrt{I_m^2 R^2 + I_m^2 X_L^2},$ $U_m = I_m \sqrt{R^2 + X_L^2},$ $U_m = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}.$</p> </div>

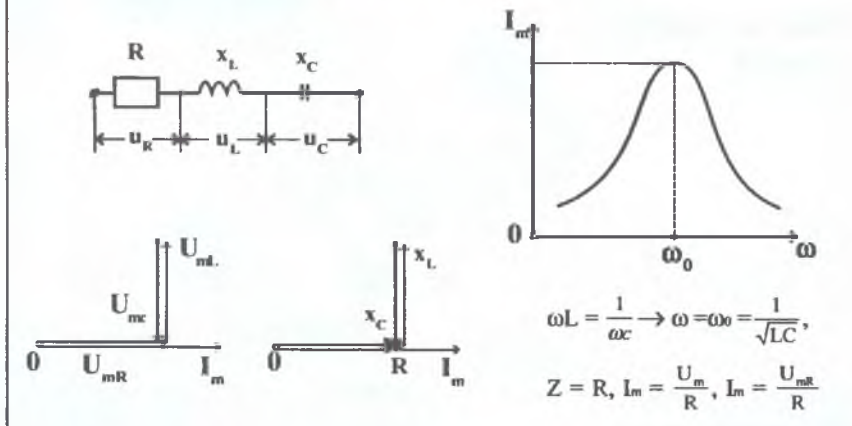
д) ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С АКТИВНО – ИНДУКТИВНО – ЕМКОСТНОЙ НАГРУЗКОЙ

Величина	Аналитическое, графическое и векторное описание
Мгновенное значение силы тока	<div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $i = I_m \sin \omega t$ </div>
Мгновенное значение напряжения	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> $\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{U_{mL} - U_{mC}}{U_{mR}}$ $u = u_R + u_L + u_C,$ $u_R = U_{mR} \sin \omega t,$ $u_L = U_{mL} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right),$ $u_C = U_{mC} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right).$ </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> $U_m = \sqrt{U_{mR}^2 + (U_{mL} - U_{mC})^2},$ $U_m = I_m \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$ </div> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $u = U_{mR} \sin \omega t + U_{mL} \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) + U_{mC} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$ </div> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>
Закон Ома для цепи переменного тока	$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}, \quad I = \frac{U}{Z}, \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$

Б. РЕЗОНАНС В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

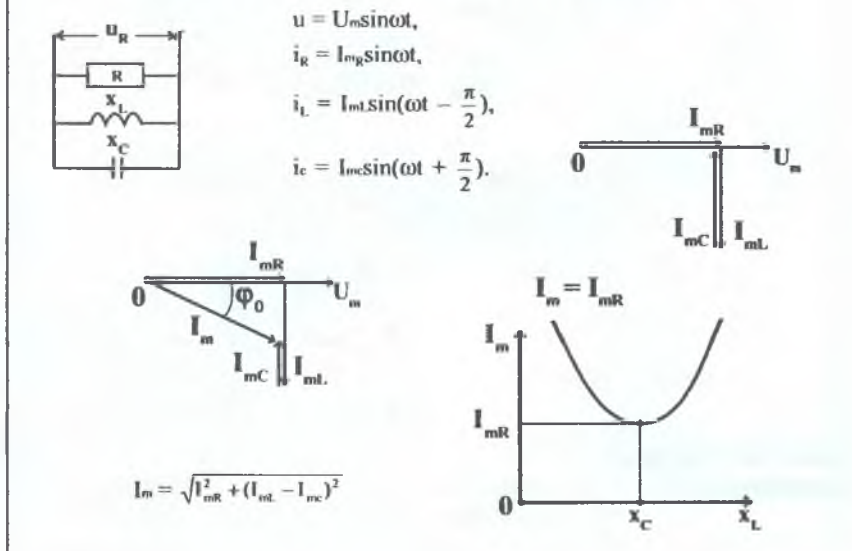
а) ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР (РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ)

Аналитическое, графическое и векторное описание



б) ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР (РЕЗОНАНС ТОКОВ)

Аналитическое, графическое и векторное описание



VI. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Начальные сведения и определения

Возмущение – отклонение физической величины, характеризующей состояние системы (например, напряженности электрического поля, индукции магнитного поля), от значения, которое она имела при нахождении в состоянии равновесия.

Волна (волновой процесс) – распространение возмущения в пространстве с течением времени.

Волновая поверхность – поверхность, на всех точках которой волна в данный момент времени характеризуется одинаковой фазой. Направление распространения волны задается направлением нормали к волновой поверхности.

Физические величины

Название	Обозначение
Площадь поверхности, перпендикулярной лучам распространения излучения	S
Расстояние от источника излучения до исследуемой точки	R
Циклическая частота	ω
Частота	ν
Плотность потока электромагнитного излучения	I
Энергия электромагнитного излучения	Δw
Плотность электромагнитной энергии	ψ
Диэлектрическая проницаемость среды	ϵ
Магнитная проницаемость среды	μ
Фазовая скорость распространения электромагнитной волны	V
Длина электромагнитной волны	λ

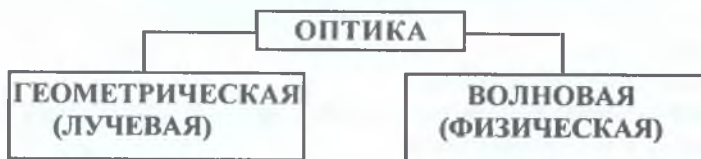
Скорость распространения света в вакууме $C = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$

Связи физических величин

Величина	Формула
Плотность потока электромагнитного излучения (интенсивность волны)	$I = \frac{\Delta \omega}{S \Delta t}, I = \psi C, I \sim \omega^4$
Плотность потока электромагнитного излучения точечного источника	$I = \frac{\Delta \omega}{4\pi R^2 \Delta t}$
Скорость (фазовая скорость) распространения электромагнитной волны	$V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$
Длина электромагнитной волны	$\lambda = \frac{V}{\nu}$

ОПТИКА

Начальные сведения и определения



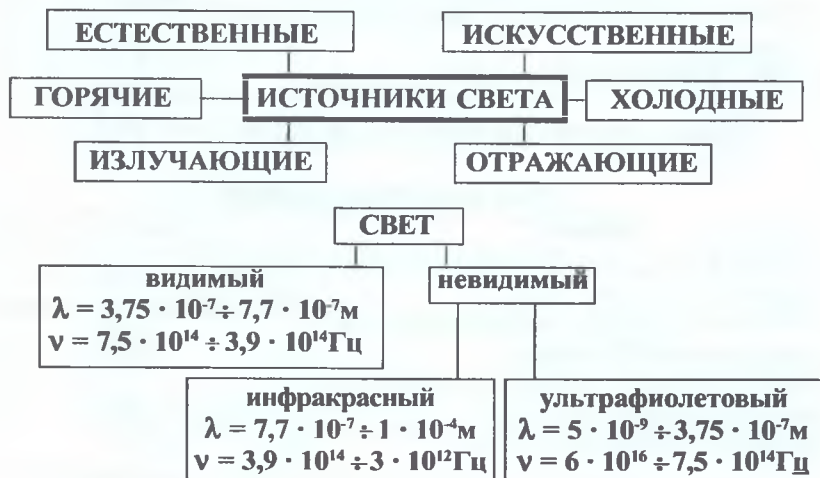
Оптика – раздел физики, в котором рассматриваются закономерности распространения и взаимодействия электромагнитных волн светового диапазона с веществом.

Геометрическая (лучевая) оптика – раздел оптики, в котором оптические закономерности рассматриваются на основе представлений о световых лучах. Световые явления описываются методами геометрической оптики, если длина световой волны значительно меньше размеров препятствий, встречающихся на пути ее распространения.

Волновая (физическая) оптика – раздел оптики, в котором оптические закономерности рассматриваются на основе волнового представления о природе света.

I. СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Начальные сведения и определения



Световой луч – линия, вдоль которой распространяется свет.

Распространение света. В однородной среде или вакууме свет распространяется прямолинейно и с конечной скоростью (в вакууме скорость распространения света $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$).

Отражение и преломление света – см. с. 35-37.

Полное внутреннее отражение света – частный случай преломления, заключающийся в том, что свет распространяется из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду под углом падения, равным или большим критического угла для данных двух сред (критический угол падения определяется углом преломления, равным 90°). При этом свет не проникает в оптически менее плотную среду, а отражается от границы сред, оставаясь в оптически более плотной среде.

Оптическое стекло (зеркало или линза) – тело, отражающее либо преломляющее свет и способное дать изображение источника света.

Собирающее оптическое стекло (зеркало или линза) – оптическое стекло, собирающее в точку пучок параллельных лучей, падающих на него.

Рассеивающее оптическое стекло (зеркало или линза) – оптическое стекло, рассеивающее пучок параллельных лучей, падающих на него.

Характеристики изображения:

а) **реальность** – изображение точки считается действительным, если оно образуется при пересечении лучей, взаимодействовавших с оптическим стеклом; изображение точки называется **мнимым**, если оно образуется при пересечении не самих лучей, взаимодействовавших с оптическим стеклом, а продолжений этих лучей;

б) **размеры** – по отношению к размерам источника света размеры изображения могут быть уменьшенными, равными и увеличенными;

в) **ориентация** – по отношению к ориентации источника ориентация изображения может быть прямой и обратной.

Зеркало (оптическое зеркало) – тело, имеющее отражающую поверхность и способное образовывать оптическое изображение источника света. Зеркала бывают плоскими и кривыми (частные случаи: сферические и параболические зеркала).

Построение изображения в плоском зеркале (рис. 29).

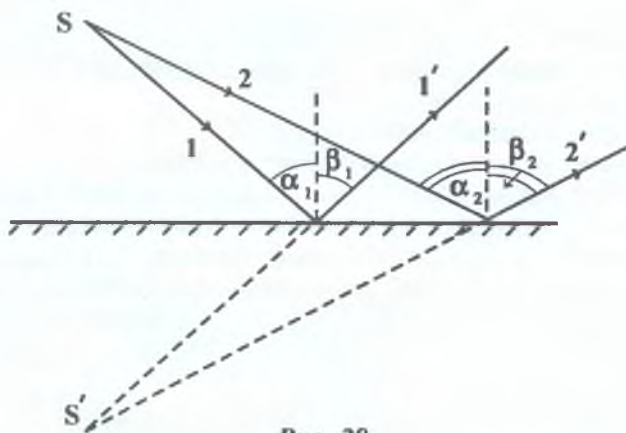


Рис. 29

Сферическое зеркало и его элементы (рис. 30):

– сечение тела зеркала – сечение части сферы KL радиусом R; точка O, являющаяся центром кривизны зеркала (геометрическим центром сферы), называется оптическим центром зеркала;

– главная оптическая ось OM;

– побочная оптическая ось ON – любая прямая, проходящая через оптический центр зеркала;

– полюс P – точка пересечения главной оптической оси с зеркалом;

– главный фокус F – точка на главной оптической оси, в которой зеркало собирает лучи, падающие параллельно главной оптической оси;

– побочный фокус F' – точка на побочной оптической оси, в которой зеркало собирает лучи, падающие параллельно побочной оптической оси;

В случае падения параллельных лучей на рассеивающее зеркало фокусом является точка пересечения продолжений рассеянных лучей – это мнимый фокус.

Для построения изображения любой точки источника света, получаемого с помощью сферического зеркала, удобно воспользоваться двумя из трех перечисленных ниже лучей (рис. 30):

1) лучом, падающим на зеркало параллельно его оптической оси: после отражения зеркалом луч либо его продолжение пройдет через фокус (действительный или мнимый) зеркала;

2) лучом, падающим на полюс зеркала: после отражения луч пойдет по другую сторону оптической оси под углом отражения, равным углу падения;

3) лучом, падающим на зеркало через его фокус: после отражения луч пойдет параллельно оптической оси зеркала.

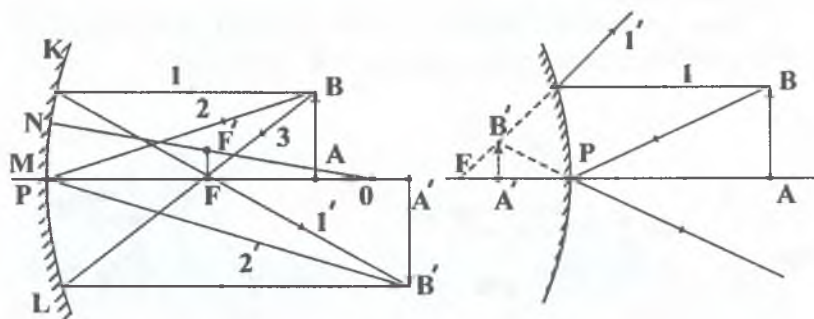


Рис. 30

Линза – прозрачное тело, ограниченное двумя преломляющими поверхностями, одна из которых не является плоской.

Тонкая линза – линза, толщина которой пренебрежимо мала в сравнении с радиусами кривизны ее поверхностей.

Тонкая линза и ее элементы (рис. 31):

– сечение тела линзы KL ; оптический центр линзы находится в теле линзы O ;

– главная оптическая ось MN ;

– побочная оптическая ось CD – любая прямая, проходящая через оптический центр линзы;

– оптический центр линзы O – точка пересечения главной оптической оси с линзой;

– главный фокус F – точка на главной оптической оси, в которой зеркало собирает лучи, падающие параллельно главной оптической оси;

– побочный фокус F' – точка на побочной оптической оси, в которой линза собирает лучи, падающие параллельно побочной оптической оси.

Для построения изображения любой точки источника света, получаемого с помощью линзы, удобно воспользоваться двумя из трех перечисленных ниже лучей (рис. 31):

1) лучом, падающим на линзу параллельно ее оптической оси: после преломления линзой луч либо его продолжение пройдет через фокус (действительный или мнимый) линзы;

2) лучом, проходящим через оптический центр линзы: данный луч не преломляется;

3) лучом, падающим на линзу через ее фокус: после преломления луч пойдет параллельно оптической оси линзы.

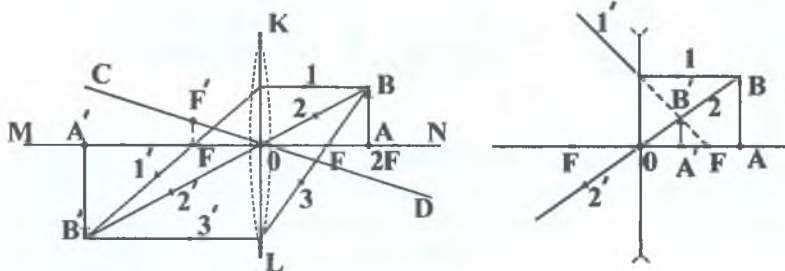


Рис. 31

Когерентные источники волн – возбуждающие волны источники, имеющие одинаковые частоты колебаний и постоянную разность фаз между этими колебаниями, при этом амплитуды возбужденных распространяющихся колебаний остаются неизменными во времени.

Интерференция – наложение друг на друга нескольких волн, возбужденных когерентными источниками, при котором в одних пространственных точках происходит усиление интенсивности колебаний, а в других – ослабление.

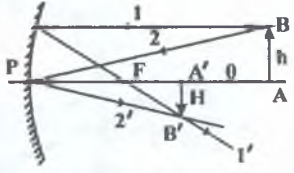
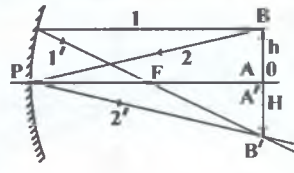
Дифракция – отклонение волн от прямолинейного распространения (огибание волнами границ непрозрачных тел и проникновение этих волн в область геометрической тени); наблюдается при прохождении волн сквозь отверстия или при огибании препятствий, размеры которых сравнимы с длиной волны.

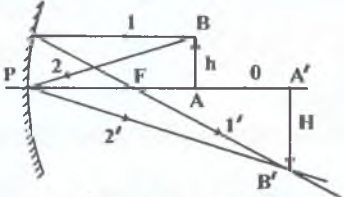
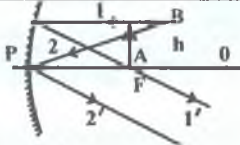
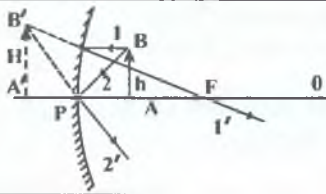
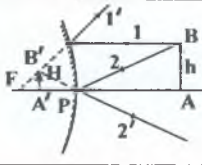
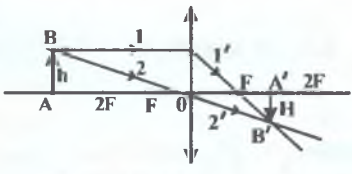
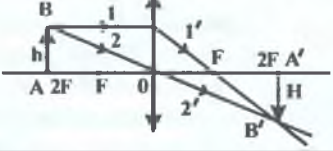
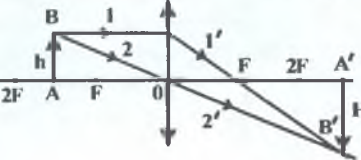
Дифракционная решетка – оптический прибор, представляющий собой некоторую поверхность с большим числом регулярно расположенных на ней штрихов. Период (постоянная) решетки – расстояние, через которое повторяются штрихи на решетке.

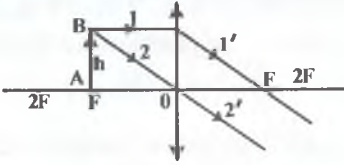
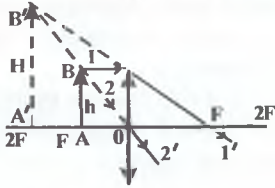
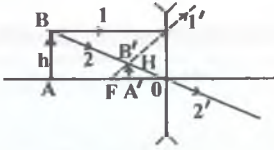
Физические величины

Величина	Обозначение
Угол падения	α
Угол отражения	β
Угол преломления	γ
Показатель преломления	n
Критический угол падения при полном внутреннем отражении	$\alpha_{кр}$
Угол, под которым наблюдается дифракционный максимум определенного порядка	φ
Расстояние от источника света до оптического стекла	d
Расстояние от оптического стекла до изображения источника света	f
Главное фокусное расстояние оптического стекла	F
Оптическая сила оптического стекла	D
Радиус кривизны оптического зеркала	R
Размер источника света	h
Размер изображения источника света	H
Увеличение оптического стекла	Γ
Длина волны	λ
Разность хода двух волн, возбужденных когерентными источниками	$\Delta \ell$
Порядок (номер) дифракционного максимума	k
Период (постоянная) дифракционной решетки	d'

Связи физических величин

Физические закономерности	Модель и формула
<p>Формула вогнутого сферического зеркала при условии $d > R$; получение действительного, уменьшенного и обратного изображения</p>	 $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D, H < h$
<p>Формула вогнутого сферического зеркала при условии $d = R$; получение действительного, равного и обратного изображения</p>	 $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D, H = h$

Физические закономерности	Модель и формула	
<p>Формула вогнутого сферического зеркала при условии $F < d < R$; получение действительного, увеличенного и обратного изображения</p>		$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{R},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D, H > h$
<p>Формула вогнутого сферического зеркала при условии $d = F$; отсутствие изображения</p>		$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $d = F, f \rightarrow \infty$
<p>Формула вогнутого сферического зеркала при условии $d < F$; получение мнимого, увеличенного и прямого изображения</p>		$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R},$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = D, H > h$
<p>Формула выпуклого сферического зеркала; получение мнимого, уменьшенного и прямого изображения</p>		$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{2}{R},$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -D, H < h$
<p>Формула собирающей линзы при условии $d > 2F$; получение действительного, уменьшенного и обратного изображения</p>		$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D,$ $H < h$
<p>Формула собирающей линзы при условии $d = 2F$; получение действительного, равного и обратного изображения</p>		$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D,$ $H = h$
<p>Формула собирающей линзы при условии $F < d < 2F$; получение действительного, увеличенного и обратного изображения</p>		$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D,$ $H > h$

Физические закономерности	Модель и формула	
Формула собирающей линзы при условии $d = F$; отсутствие изображения		$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $d = F, f \rightarrow \infty$
Формула собирающей линзы при условии $d < F$; получение мнимого, увеличенного и прямого изображения		$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = D,$ $H > h$
Формула рассеивающей линзы; получение мнимого, уменьшенного и прямого изображения		$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F},$ $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -D,$ $H < h$
Условие полного внутреннего отражения	$\sin \alpha_{\text{кр}} = \frac{1}{n} \rightarrow \alpha_{\text{кр}} = \arcsin \frac{1}{n}$	
Условие получения интерференционных максимумов	$\Delta \ell = \pm 2m \frac{\lambda}{2},$ $m - \text{любое целое число}$	
Условие получения интерференционных минимумов	$\Delta \ell = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$	
Условие дифракционных максимумов, полученных с помощью дифракционной решетки	$d \sin \varphi = k \lambda$	

II. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Начальные сведения и определения

Основу специальной теории относительности (СТО) составляют два постулата.

Постулат I (принцип относительности): все инерциальные системы отсчета (ИСО) физически равноправны – любые физические явления при равных условиях протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета.

Постулат II (постулат абсолютной скорости): во всех ИСО скорость света в вакууме является одинаковой и не зависит от движений источника и приемника света.

Физические величины

Название	Обозначение
Скорость света в вакууме	c
Скорость движения ИСО №1 относительно ИСО №2	v
Размер предмета, характеризуемый пространственным промежутком в ИСО №1, относительно которой предмет находится в состоянии покоя	l_1
Размер предмета, характеризующий пространственным промежутком в ИСО №2, относительно которой предмет движется вместе с ИСО №1 со скоростью V	l_2
Временной промежуток, измеренный счетчиком времени, находящимся в ИСО №1, относительно которой счетчик времени покоится	τ_1
Временной промежуток, измеренный счетчиком времени, находящимся в ИСО №2, движущейся относительно ИСО №1 со скоростью V	τ_2
Скорость движения тела в ИСО №1	v_1
Скорость движения тела в ИСО №2, которая движется относительно ИСО №1 со скоростью V	v_2
Масса тела, покоящегося относительно ИСО №1	m_1
Масса тела, движущегося вместе с ИСО №1 относительно ИСО №2 со скоростью V	m_2
Импульс тела	P
Энергия тела, покоящегося в ИСО №1	E_1
Энергия тела в ИСО №2, относительно которой тело движется со скоростью V	E_2

Связи физических величин

Величина	Формула
Релятивистский импульс движущегося тела	$\vec{P}_2 = \frac{m_1 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
Энергия тела	$E_1 = m_1 c^2, E_2 = m_2 c^2, E_2 = \frac{m^2 c^4}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Относительность величин в СТО

Относительность пространственных промежутков в направлении движения тел (сокращение длины)	$l_2 = l_1 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
Относительность временных промежутков (замедление времени)	$\tau_2 = \frac{\tau_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
Относительность массы движущегося тела (релятивистская масса)	$m_2 = \frac{m_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Закон	Формула
Релятивистский закон сложения скоростей	$V_2 = \frac{V_1 + V}{1 + \frac{V_1 V}{c^2}}$

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

I. СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ

Начальные сведения и определения

Квант энергии – порция энергии, которая может быть получена или отдана квантовой системой (например, атомом) при изменении ее состояния.

Фотон – квант электромагнитного излучения (частный случай – световой фотон, световой квант).

Внешний фотоэффект – потеря телом отрицательного заряда под воздействием электромагнитного излучения (вырывание электронов с поверхности тел под действием электромагнитного излучения).

Физические величины

Название	Обозначение
Частота света	ν
Энергия кванта (фотона)	$E_{кв}$
Работа выхода	$A_{вых}$
Масса электрона	m_e
Электрический заряд электрона	q_e
Максимальная скорость вылета фотоэлектрона	V_{max}
Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона	E_{kmax}
Задерживающее напряжение	U_z
Минимальная частота излучения, соответствующая длинноволновой (красной) границе фотоэффекта	$\nu_{кр}$
Масса фотона	m
Импульс фотона	p
Скорость света в вакууме	c

Постоянная Планка $k = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

Связи физических величин

Величина	Формула
Энергия кванта (фотона)	$E_{кв} = h\nu$
Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона	$E_{к\max} = \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$
Уравнение Эйнштейна	$E_{кв} = A_{\text{вых}} + E_{к\max}, h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$
Красная граница фотоэффекта	$\nu_{кр} = \frac{A_{\text{вых}}}{h}, \lambda_{кр} = \frac{c}{\nu_{кр}}, \lambda_{кр} = \frac{ch}{A_{\text{вых}}}$
Максимальная скорость вылета фотоэлектрона (метод задерживающего напряжения)	$\frac{m_e v_{\max}^2}{2} = q_e U_{\gamma} \rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{2q_e U_{\gamma}}{m_e}}$
Масса фотона	$m = \frac{E_{кв}}{c^2}, m = \frac{h\nu}{c^2}$
Импульс фотона	$P = mc, P = \frac{h\nu}{c}$

Законы внешнего фотоэффекта:

- 1) количество электронов, вырываемых светом с поверхности металла за одну секунду, прямо пропорционально поглощаемой за это время энергии падающего на металл света;
- 2) максимальная кинетическая энергия вырываемых светом электронов (фотоэлектронов) линейно возрастает с частотой света и не зависит от его интенсивности;
- 3) для каждого вещества существует длинноволновая (красная) граница, которой соответствует минимальная частота света, вызывающего фотоэффект; при меньших частотах фотоэффект не происходит.

II. АТОМНАЯ ФИЗИКА

Начальные сведения и определения

Постулаты Бора:

- 1) атомная система может находиться только в особых стационарных, или квантовых, состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия; в стационарных состояниях атом не излучает, несмотря на ускоренное движение его электронов;
- 2) излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией, при этом энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний. При обратном переходе из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией происходит поглощение кванта излучения.

Физические величины

Название	Обозначение
Масса электрона	m_e
Скорость движения электрона по круговой орбите вокруг ядра атома	v_e
Радиус орбиты электрона	r_n
Главное квантовое число, определяющее номер состояния (орбиты)	n
Энергия, соответствующая стационарному состоянию с большей энергией	E_n
Энергия, соответствующая стационарному состоянию с меньшей энергией	E_m
Энергия излученного атомом фотона	$E_{\text{фн}}$
Частота излучения	ν_{nm}

Связи физических величин

Величина	Формула
Радиус орбиты электрона	$m_e v_e r_n = n \frac{h}{2\pi} \rightarrow r_n = \frac{nh}{2\pi m_e v_e}, n = 1; 2; 3 \dots$
Энергия излученного атомом фотона	$E_{\text{фн}} = E_n - E_m, E_n > E_m$
Частота излучения	$\nu_{nm} = \frac{E_n - E_m}{h}$

III. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Начальные сведения и определения

Нуклоны – общее название протонов и нейтронов – частиц, из которых состоят атомные ядра. Протон является носителем положительного электрического заряда, численно равного заряду электрона. Нейтрон не является носителем электрического заряда.

Массовое число ядра – суммарное число протонов и нейтронов в ядре атома.

Зарядовое число ядра (заряд ядра) – число протонов в ядре атома.

Изотопы – разновидности данного химического элемента, различающиеся массовым числом своих ядер; ядра изотопов содержат одинаковое число протонов, но разное число нейтронов.

Радиоактивность – явление самопроизвольного превращения неустойчивых ядер изотопов одного химического элемента в изотопы другого химического элемента, сопровождающееся испусканием различных частиц (α -частиц – ядер гелия, β -частиц – электронов и γ – квантов).

Период полураспада – время, в течение которого распадается половина первоначального числа радиоактивных ядер, либо – интервал времени, на протяжении которого активность ядер (число распадов в единицу времени) убывает в два раза.

Дефект масс – отличие массы покоящегося ядра от массы составляющих его нуклонов: масса покоящегося ядра всегда меньше суммарной массы всех его протонов и нейтронов, взятых в отдельности.

Энергия связи ядра – энергия, характеризующая полное разделение ядра на составляющие его нуклоны.

Удельная энергия связи – энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

Доза поглощенного излучения – величина, характеризующая воздействие излучений на живые организмы.

Физические величины

Название	Обозначение
Массовое число	A
Зарядовое число (заряд ядра)	Z
Число нейтронов в ядре	N
Химический символ элемента (материнское ядро)	${}^A_Z X$
Химический символ элемента (дочернее ядро)	${}^A_Z Y$
Число радиоактивных ядер в начальный момент времени	n_0
Число радиоактивных ядер в определенный момент времени	n
Период полураспада	T
Масса покоящегося ядра	M_*
Масса протона	m_p
Масса нейтрона	m_n
Дефект масс	Δm
Скорость света в вакууме	c
Энергия связи ядра	$E_{св}$
Удельная энергия связи	$E_{св\ уд}$
Поглощенная энергия ионизирующего излучения	E
Масса облучаемого вещества	m
Поглощенная доза излучения	D

Связи физических величин

Величина	Формула
Массовое число	$A = Z + N$
Масса протонов	$Z m_p$
Масса нейтронов	$N m_n = (A - Z) m_n$
Масса протонов и нейтронов, из которых образуется ядро	$Z m_p + N m_n = Z m_p + (A - Z) m_n$
Дефект масс	$\Delta m = Z m_p + N m_n - M_*$
Энергия связи	$E_{св} = \Delta m c^2, E_{св} = (Z m_p + N m_n - M_*) c^2$
Удельная энергия связи	$E_{св\ уд} = \frac{E_{св}}{A}$
Доза поглощенного излучения	$D = \frac{E}{m}$

Закон, правило	Формула
Правило смещения (α -распад)	${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$
Правило смещения (β -распад)	${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$
Закон радиоактивного распада	$n(t) = n_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Гершензон Е.М., Малов Н.Н. Курс общей физики: Электричество и магнетизм: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М., 1980.
2. Громов С.В. Энциклопедия элементарной физики. – М., 1995.
3. Енохович А.С. Справ. по физике. – М., 1990.
4. Калбергенов Г.Е. Физика в таблицах и схемах. Для школьников. – М., 1999.
5. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика: Учеб. для 9 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 1997.
6. Костко О.К., Мансуров Н.А. Физика. Пособие для школьника и абитуриента. 7– 11 кл. – М., 1997.
7. Математический энциклопедический словарь. – М., 1988.
8. Методика преподавания физики в средней школе: Частные вопросы: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец./Под ред. С.Е. Каменецкого, Л.А. Ивановой. – М., 1987.
9. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика. Учеб. для 10 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 1999.
10. Перишкин А.В., Родина Н.А. Физика. Учеб. для 7 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 1997.
11. Перишкин А.В., Родина Н.А. Физика. Учеб. для 8 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 1997.
12. Погорелов А.В. Геометрия. Учеб. для 7– 11 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 1998.
13. Физическая энциклопедия. Т.1.– М., 1988.
14. Физическая энциклопедия. Т.2.– М., 1990.
15. Физическая энциклопедия. Т.3.– М., 1992.
16. Химическая энциклопедия. Т.1.– М., 1988.
17. Храмов Ю.А. Физики: Биограф. справ. – М., 1983.

СРЕДНЕЕ (ПОЛНОЕ) ОБЩЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

В.Л. Моркотун

Ф ИЗИКА

ВСЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ В ТАБЛИЦАХ

7-11

Справочное пособие содержит основные сведения по предмету с учетом программ общеобразовательных школ. Справочник полезен учащимся при изучении нового материала и при повторении пройденного. Пособие предназначено для абитуриентов. Его могут использовать также учителя физики общеобразовательных школ.

ISBN 978-5-691-01145-0



9 785691 011450

