

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общеобразовательных дисциплин для иностранных граждан

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ
ПОСОБИЕ ПО ФИЗИКЕ

(для иностранных граждан подготовительного факультета)

Составитель: *Абдуллатипов А.М.*

Рецензенты: доцент кафедры биофизики информатики ДГМУ

Муталипов М.М.

зав. каф. общей физики ДГУ д.ф.м.н., проф.

Гусейханов М.К.

Учебно-методическое пособие для иностранных граждан подготовительного факультета «Физика». – Махачкала, Дагестанский государственный медицинский университет, 2018. - 128 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой по физике для подготовительных факультетов иностранных граждан.

Из возможных вариантов логически последовательного изложения курса автор избрал тот, который дает, возможно, более равномерное распределение лексики по всему объему пособия.

Пособие разбито на 24 параграфа, которые включают основные понятия, законы физики с соответствующими математическими формулами.

Начальная часть каждого параграфа снабжена списком слов, понятий и словосочетаний на русском и английском языках, их языковыми формами и конструкциями, овладение которыми, по нашему мнению, является необходимым условием развития русской речи и овладения языком предмета в объеме данного курса студентов-иностранцев.

Изложение учебных тем в пособии завершается контрольными вопросами и задачами для закрепления знаний по теме. Даны также образцы решения типовых задач. В конце даются таблицы физических величин.

Пособие рекомендовано к изданию кафедрой общеобразовательных дисциплин.

Утверждено и рекомендовано к применению в учебном процессе на заседании ЦКМС ДГМУ

Протокол № 7 от 26.04.2018г.

Содержание

§1. Предмет физики. Физические величины	4
§2. Механическое движение.	7
Равномерное и неравномерное движение.....	7
Скорость равномерного движения.....	7
§3. Механические силы, инерция, сила	10
§4. Сила давления. Давление. Трение.....	13
Виды трения. Сила трения.....	13
§5. Взаимодействие тел. Второй закон Ньютона.	17
Третий закон Ньютона.....	17
§6. Закон всемирного тяготения. Вес тела.	19
Ускорение свободного падения тел	19
§7. Работа. Мощность.....	22
§8. Механическая энергия. Кинетическая энергия.....	27
Потенциальная энергия. Превращение энергии	27
§9. Механические свойства твердых тел, жидкостей и газов.....	31
Состояние вещества. Упругость и пластичность.	31
Передача давления жидкостями и газами	31
§10. Действие жидкостей и газов на погруженные в них тела. ...	35
Закон Архимеда. Атмосферное давление. Опыт Торичелли.....	35
§11. Строение вещества.	39
Атомно-молекулярное строение вещества.....	40
Силы взаимодействия между молекулами.	40
Движение молекул. Диффузия	40
§12. Внутренняя энергия тела	43
§13. Теплота и работа	47
§14. Электризация, электрические заряды.....	53
Проводники и диэлектрики. Закон сохранения заряда.....	53
Электронная теория строения вещества. Закон Кулона.....	53
§15. Электрическое поле.....	59
§16. Постоянный электрический ток.....	62
§17. Работа и мощность тока. Закон Джоуля Ленца.	72
Закон Ома для замкнутой цепи.....	72
§18. Магнитное поле и его характеристики.....	77
§19. Электромагнитная индукция	82
§21. Переменный ток.....	90
§22. Оптика. Геометрическая оптика	94
§23. Физическая оптика.....	98
§24. Атомная физика. Строение атома	102
Таблицы.....	107

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ФИЗИКИ

§1. Предмет физики. Физические величины

Слова и словосочетания

Русский	Английский
изменение, -я	change (s)
вокруг (чего?)	around
явление (чего?)-я	phenomenon (s)
движение (чего?)-я	motion
тело (мн. тела)	body (s)
предмет	thing
физический, -ая. -ое, -ие	physical
помощь	help
наблюдение	observation
опыт	experiment
измерять (измеряет, ют)	measure
характеристика (чего?)	characteristic
длина (чего?)	length
путь	way
проходить(проходит, -ят)	to pass
величина, -ы	quantity
единица (чего?)	unit
измерение (чего?)	measuring
пользоваться, -ются -ется	to use
мера (единица измерения)	measure (unit of measurement)
основной, -ая, -ое, -ые	basic
вокруг Солнца (Земли)	around the Sun (Earth)
явление (природы)	phenomenon (of nature)
звуковое явление	sound phenomenon
физическое явление	physical phenomenon
тепловое явление	thermal phenomenon
движение тела	motion of body
движение тел (мн.ч.)	motion of bodys
при помощи (чего?)	with the help of ...
длина (чего?) пути	length of way
основная единица	basic unit

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО это ЧТО
И.п. И.п.

Физика - это наука, которая изучает многие явления природы. В природе всегда есть изменения: изменяются времена года, изменяется погода, кончается ночь - начинается день, Земля движется вокруг Солнца и т.д.

Любое изменение в природе называется явлением природы. В физике любой предмет (карандаш, автобус, Солнце, спутник, Земля и т.д.) называется телом.

Физика изучает тепловые явления.

Например: теплый воздух поднимается вверх. В колбе на огне вода нагревается. Это - тепловые явления.

Физика изучает звуковые явления.

Например: преподаватель говорит, и вы слышите его голос. Товарищ играет на пианино, и вы слышите его музыку. Это звуковые явления.

Физика изучает и другие явления.

Например: электрические и магнитные явления - это физические явления. Эти явления изучает физика.

Физика изучает движения тел.

Ученые изучают физические явления при помощи наблюдений и опытов. Во время наблюдений и опытов ученые измеряют разные характеристики физических явлений.

Когда изучают тепловые явления, измеряют, например, температуру. Температура - это характеристика тепловых явлений.

Когда изучают движение тел, измеряют, например, длину пути, который проходит тело; время, за которое тело проходит этот путь. Длина пути и время - это характеристики движения.

Любая характеристика физического явления (или тела), которую можно измерить, называется физической величиной.

Температура, длина, время - это физические величины. В курсе физики вы познакомитесь и с другими физическими величинами. Для измерения каждой физической величины есть свои единицы измерения. Для измерения времени пользуются единицами времени; для измерения температуры - единицами температуры; для измерения длины - единицами длины и т.д.

Для каждой физической величины могут быть различные единицы измерения. В Российской Федерации пользуются единицами меж-

дународной метрической системы мер. В этой системе для каждой физической величины есть одна основная единица измерения; все другие единицы получаются из основных единиц умножением или делением на 10, 100, 1000 и т.д.

В курсе физики вы познакомитесь со многими единицами системы мер.

ВОПРОСЫ:

1. Что называется явлением природы? Приведите примеры.
2. Какие явления изучает физика? Приведите примеры.
3. Что измеряют ученые во время наблюдений и опытов? Приведите примеры.
4. Что называется физической величиной? Приведите примеры.
5. Какой системой единиц измерения пользуются в Российской Федерации?
6. Что такое метрическая система мер?

**§2. Механическое движение.
Равномерное и неравномерное движение.
Скорость равномерного движения**

Слова и словосочетания

Русский	Английский
механика	mechanics
механический, -ая, -ое, -ие	mechanical
положение (чего?)	position
относительно (чего?)	relative to
траектория (чего?)	trajectory
прямой, -ая, -ое, -ые	direct
прямолинейный, -ая -ое, -ые	rectilinear
кривой, -ая, -ое, -ые	curvature
криволинейный, -ая -ое, -ые	curvilinear
равномерный, -ая, -ое, -ые	uniform
неравномерный, -ая, -ое, -ые	nonuniform
равный, -ая, -ое, -ые	same
неравный, -ая, -ое, -ые	different
скорость (чего?)	speed
пролетать (пролетает, -ют)	to fly
выражать (выражает, -ют)	express
выразить (выразит, -ят)	to express (will express)
обозначение	denotation
механическое движение	mechanical motion
изменение положения (чего?)	change of position
траектория движения тела	trajectory motion of body
прямая линия	direct line
прямолинейное движение	rectilinear motion
движение по кривой линии за секунду	motion along the curvature line for second
за промежуток времени	for interval of line
скорость движения тела	speed the motion of body
двигаться со скоростью	move with the speed
выразить в единицах	to express in units
сантиметр в секунду	santimetre in second
километр в час	kilometre in haur
буквенное обозначение	latter mining

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО называется ЧЕМ

К.п. Т.п.

Изменение положения какого-либо тела относительно других тел называется механическим движением.

ЧТО показывает ЧТО

И.п. В.п.

Скорость равномерного движения показывает, какой путь тело проходит в единицу времени.

ЧТО измеряется ЧЕМ

И.п. Т.п.

Скорость измеряется в единицах скорости: метр в секунду, километр в час и т.д.

ТЕКСТ

Автобус стоит на дороге. Мы видим, что положение автобуса не изменяется относительно деревьев и зданий. Поэтому мы говорим, что автобус не движется.

Человек идет по улице. Мы видим, что положение человека изменяется относительно деревьев, зданий и других тел. Поэтому мы говорим, что человек движется.

Изменение положения какого-либо тела относительно других тел называется механическим движением.

Движение человека, движение разных машин, движение Луны и Земли, движение всех тел относительно друг друга - это механическое движение.

Линия, по которой движется тело, называется траекторией движения этого тела.

Движение тела по прямой линии называется прямолинейным движением. Траектория прямолинейного движения - прямая линия.

Движение тела по кривой линии называется криволинейным движением. Траектория криволинейного движения - кривая линия.

Движение тела по любой траектории может быть равномерным или неравномерным.

Движение, при котором за любые равные промежутки времени тело проходит равный путь, называется равномерным движением.

Например, если автомобиль проходит за каждую секунду (1 сек) - 20 метров; за каждую половину секунды (0,5 сек) - 10 метров, за каж-

ную десятую долю секунды (0,1 сек) - 2 метра, то движение автомобиля является равномерным движением.

В природе равномерным движением является, например, движение Земли вокруг Солнца.

Движение, при котором за равные промежутки времени тело проходит неравный путь, называется неравномерным движением.

Если автомобиль проходит за каждую секунду разные пути, например, за первую секунду - 16 метров, за вторую секунду - 19 метров, за третью секунду - 20 метров, за четвертую секунду - 18 метров и т.д., то движение автомобиля является неравномерным. Неравномерным движением является, например, движение автобуса, который начинает двигаться от остановки.

По дороге едет автомобиль, в воздухе летит самолет, в космосе летит спутник. Автомобиль, самолет, спутник могут двигаться равномерно. Но самолет движется быстрее автомобиля, а спутник движется быстрее самолета. Это значит, что за одинаковый промежуток времени самолет проходит больший путь, чем автомобиль, спутник проходит больший путь, чем самолет.

Значит, в единицу времени самолет тоже проходит больший путь, чем автомобиль, а спутник - больший путь, чем самолет.

Мы говорим, что эти тела имеют разные скорости движения.

Скорость равномерного движения показывает, какой путь тело проходит в единицу времени. Например, автомобиль проходит за каждую секунду 30 метров. Тогда говорят, что скорость автомобиля 30 метров в секунду. Или, например, спутник пролетает в каждую секунду 8 километров. Говорят, что скорость спутника - 8 километров в секунду.

Если самолет движется равномерно и за 3 секунды пролетает 900 метров пути, то скорость самолета равна $900/3 \text{ м/с} = 300 \text{ м/с}$ (триста метров в секунду).

Чтобы определить скорость равномерного движения, нужно путь, который тело проходит за какой-нибудь промежуток времени, разделить на величину этого промежутка времени:

скорость = путь/время.

Если обозначить скорость латинской буквой V (вэ), путь, который проходит тело латинской буквой S (эс), промежуток времени латинской буквой t (тэ), то формула скорости равномерного движения будет иметь вид:

$$V = S / t \quad (\text{вэ равно эс, деленному на тэ}).$$

Скорость - это характеристика движения, которую можно измерить. Поэтому скорость - это физическая величина.

Скорость - это физическая величина, равная отношению пути ко

времени, за которое тело проходит этот путь. Скорость измеряется в единицах скорости: 1 см/сек; 1 м/сек; 1 км/час и т.д.

В физике основной единицей скорости является 1 м/сек. Скорость движения транспорта (поездов, автомобилей, автобусов, троллейбусов, самолетов) обычно измеряют в километрах в час (км/час).

Если мы знаем скорость равномерного движения, мы можем найти путь, который тело проходит за определенный промежуток времени. Например, поезд идет со скоростью 25 м/сек. Это значит, что за каждую секунду поезд проходит 25 метров. За 5 секунд поезд пройдет в 5 раз больший путь:

$25 \text{ м} * 5 = 125 \text{ м}$; за 10 секунд поезд пройдет $25 \text{ м} * 10 = 250 \text{ м}$ и т.д.

путь = скорость x время
или в буквенном обозначении

$$S = V * t.$$

Путь, который проходит тело при равномерном движении, равен произведению скорости движения тела на время его движения.

ВОПРОСЫ:

1. Какое движение называется равномерным движением? Приведите примеры.
2. Какое движение называется неравномерным движением? Приведите примеры.
3. Что такое скорость?
4. Какова скорость равномерного движения?
5. Что нужно делать, чтобы найти скорость равномерного движения?
6. Что такое скорость?
7. Что такое единица скорости? Назовите единицы скорости.
8. Назовите формулу пути равномерного движения. Прочитайте формулу в буквенном и словесном выражениях.

§3. Механические силы, инерция, сила

Слова и словосочетания

Русский	Английский
покой	Immobility
тянуть (тянет, -ют) что?	to pull
состояние (чего?)	state (of)
Действовать (действует, -ют) на что?	to act
Увеличиваться (увеличиваются, -ется)	to increase
причина (чего?)	reason (of)
действие (чего? на что?)	acting (of... on...)
следующий, -ая, -ее, -ие	next
направление (чего?)	direction
Сформулировать (сформулирует, -ют) что?	formulate
закон	law
сохранять (сохраняет, -ют) что?	to conserve
свойство (чего?)	property (of)
инерция	Inertia
пружина	spring
давить (давит, -ят) на что?	to press
сила	force
тяжесть	gravity
вес (чего?)	weight (of)
падать (падает, -ют) куда? на что?	to fall (on)
заставлять (заставляет, -ют) кого? что?	to make somebody.
притягивать (притягивают, -ет) что? к чему?	to attract anything to something
притяжение (чего?)	attraction (of)
гравитационный, -ая, -ое, -ые	gravitational
падение (чего?)	fall (of)
подвешивать (подвешивает, -ют)	to hand up
подвесить (подвесит, -ят) что? к чему?	to hand up anything to something

ТЕКСТ

На станции стоит поезд: электровоз и вагоны. Поезд не движется, электровоз и вагоны находятся в покое, их скорость равна нулю. Но вот электровоз начинает тянуть вагоны. Вагоны начинают двигаться. Скорость вагонов увеличивается.

Причина изменения скорости движения вагонов - это действие электровоза на вагоны.

Наблюдения и опыты показывают, что всегда причина изменения скорости или направления движения тела - это действие на него другого тела. Английский ученый Исаак Ньютон сформулировал один из основных законов природы, который называется первым законом Ньютона: если на данное тело не действуют никакие другие тела, то оно сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется инерцией. Поэтому первый закон Ньютона называют еще законом инерции.

Физическая величина, которая характеризует действие одного тела на другое, называется силой. Возьмите мяч и выпустите его из рук. Мяч начнет падать. Скорость движения мяча будет изменяться. Этот опыт можно проделать с любым другим телом. Все тела падают, если их ничто не удерживает. Когда тела падают, скорость их движения изменяется. Мы знаем, что причина изменения скорости тела - это действие на него другого тела. Следовательно, тела падают, потому что на них действует какое-то другое тело. Тело, которое действует на все тела и заставляет их падать - это Земля. Земля притягивает к себе все тела (все тела притягиваются Землей).

Притяжение тел Землей называется гравитационным действием Земли. Причина падения тел - это гравитационное действие Земли.

Сила, с которой Земля притягивает к себе какое-нибудь тело, называется силой тяжести или весом тела.

Вес тела (сила тяжести) - это характеристика гравитационного действия Земли на данное тело. Если в одном и том же месте тела имеют одинаковый вес, то они имеют одинаковые по величине гравитационные свойства. О таких телах говорят, что они имеют одинаковые массы.

Масса тела - это характеристика гравитационных свойств данного тела. Вес и масса - это разные физические величины. Все тела характеризует гравитационное действие Земли на данное тело, а масса характеризует гравитационные свойства самого тела. Вес тела зависит от его массы. В системе СИ масса измеряется в килограммах (кг), сила в Ньютонах (Н).

ВОПРОСЫ:

1. Что называется инерцией?
2. Сформулируйте первый закон Ньютона.
3. Что является причиной изменения движения тела или его формы?
4. Что такое сила?
5. Что является причиной падения тел?

6. Что называется весом тела (силой тяжести)?
7. От чего зависит вес тела?
8. Что такое масса? Что характеризует масса тела?
9. Как называется единица массы в системе СИ?
10. Как называется единица силы в системе СИ?
11. Как масса тела зависит от количества веществ в нем?

§4. Сила давления. Давление. Трение. Виды трения. Сила трения

Слова и словосочетания

Русский	Английский
давить (на что?) с силой	to press (on) with force
равной (чему?)	equal (to)
площадь основания (чего?)	area of base
действующий -ая, -ое, -ие	acting
перпендикулярно	perpendicular
давление	pressure
измеряемый	measuring
атмосфера	atmosphere
оказывать (оказывает, -ют)	to exert
оказать (окажет, -ут) что?	exert
оказываемый, -ая, -ое, -ые	exerting
передавать (передает, -ют) что? чему?	transfer
уменьшение	decrease
уменьшать (уменьшит, -ат) что?	to decrease
Останавливаться (останавливается, -ются)	to stop
Остановиться (остановится, -ятся)	to stop
трение	friction
вид	kind, type
неровность (неровности)	roughness
Зацепляться (зацепляется, -ются)	to circuit
соприкасаться (соприкасается, -ются)	to adjoin
трущийся, -аяся, -иеся, -еся	frieting
вводить(вводит, -ят)	Introduce
ввести (введет, -ут) что?	Introduce
смазка, ввести смазку	lubrication

слой, слой смазки	
скольжение	sliding
скользить (скользит, -ят)	to slide
катиться (катится, -ятыя)	to roll
качение	rolling
неподвижный, -ая, -ое, -ые	Immovable
стремиться (стремится, -ятыя)	to strive
горизонтальный, -ая, -ое, -ые	horizontal
проверять (проверяет, -ют)	to check (up)
соприкосновение	adjoining
зависимость	dependence

ТЕКСТ

Сила часто действует не на одну точку тела, а на некоторую его поверхность. Например, на столе лежит металлический брусок. Брусок давит на стол с силой, равной его весу. Эта сила действует не на одну точку стола, а на часть его поверхности. Площадь этой части поверхности стола равна площади основания бруска.

Другой пример. Мы зажимаем какое-нибудь тело под прессом. В этом случае сила тоже действует не на одну точку тела, а на некоторую поверхность. В этих примерах действующие силы направлены перпендикулярно к поверхности тела.

Сила, действующая на поверхность тела перпендикулярно к ней, называется силой давления. Площадь той части поверхности, на которую действует сила давления, называют площадью опоры.

Действие силы на поверхность характеризуется давлением.

Давлением называется физическая величина, измеряемая величиной силы, действующей перпендикулярно на единицу площади поверхности.

давления = сила / площадь опоры

$P = F / S$ (пи равно эф, деленному на эс).

В системе СИ единицей давления является $1 \text{ Н/м}^2 = 1 \text{ Паскаль (Па)}$.

Положите на стол шарик и толкните его. Шарик будет двигаться, и вы увидите, что его скорость постепенно уменьшается. Через некоторое время шарик остановится. Почему?

Мы знаем, что причина изменения скорости тела - это действие на него другого тела. Поверхность стола, по которой движется шарик, действует на него. Действие поверхности стола на шарик препятствует его движению. Поэтому скорость шарика уменьшается, и через некоторое время он останавливается.

Действие поверхности тела, которое препятствует движению другого тела по этой поверхности, называется трением.

Каковы причины трения? Во-первых, поверхности всех тел имеют неровности. Эти неровности препятствуют движению одного тела по поверхности другого. Во-вторых, в тех местах, где неровности тел соприкасаются, молекулы обоих тел притягивают друг друга. Силы молекулярного притяжения тоже препятствуют движению поверхности другого. Чтобы уменьшить трение, между трущимися поверхностями вводят смазку (какое-нибудь техническое масло). Слой смазки разъединяет поверхности трущихся тел, не дает им соприкасаться.

Есть несколько видов трения. *Трение, которое появляется при скольжении одного тела по поверхности другого, называется трением скольжения.* Трение скольжения появляется, например, когда вы передвигаете тетрадь или книгу по поверхности стола, или стул по полу, или когда вы скользите на лыжах по снегу и т.д.

При движении автобуса (вагона, велосипеда и т.д.) колеса не скользят, а катятся по различным поверхностям. Катится шарик по поверхности стола. *Трение, которое появляется при качении одного тела по поверхности другого, называется трением качения.*

Трение появляется не только при движении одного тела по поверхности другого. Например, если вы попытаете передвинуть тяжелый стол и приложите недостаточно большую силу, то стол не будет двигаться. Движению стола препятствует трение. Такой вид трения называется трением покоя. Трение покоя появляется всегда, когда какая-нибудь сила стремится передвинуть неподвижное тело по поверхности другого тела.

Мы знаем, что действие одного тела на другое характеризуется физической величиной, которая называется силой. Трение как один из видов действия одного тела на другое характеризуют силой трения. Как и всякую физическую величину, силу трения можно измерить.

Сила трения скольжения зависит от силы давления на поверхность, но не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.

Чтобы найти эту зависимость, проведем ряд опытов. В каждом опыте будем измерять силу давления, силу трения скольжения и выяснять отношение силы трения к силе давления.

Результаты опытов показывают: во сколько раз увеличивается сила давления, во столько же раз увеличивается и сила трения, то есть сила трения скольжения пропорциональна силе давления.

Отношение силы трения скольжения к силе давления есть посто-

янная величина для данных трущихся поверхностей и называется коэффициентом трения.

$k = F_{\text{тр}} / F_{\text{д}}$ («ка» равна «эф» трения, деленному на «эф» давления).

ВОПРОСЫ:

1. Какая сила называется силой давления?
2. Что называется давлением?
3. Напишите формулу давления. Прочитайте эту формулу в буквенном и словесном выражениях.
4. Назовите единицу давления.
5. Что называется трением? Каковы причины трения?
6. Какое трение называется трением качения, скольжения, покоя?
7. От чего зависит сила трения?
8. Что называется коэффициентом трения?
9. От чего зависит коэффициент трения?
10. Какую силу нужно приложить, чтобы равномерно передвигать деревянный ящик весом 400 Ньютон по деревянному полу? Коэффициент трения равен 0,35.

§5. Взаимодействие тел. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона

Слова и словосочетания

Русский	Английский
взаимно, взаимодействие	Interacty, interaction
Взаимодействовать (взаимодействует, -ют)	to interact
противодействие	reaction
Противодействовать (противодействует, -ют) чему?	to react
давить (давит, -ят) чем?	to press
надавить (надавит, -ят) чем? на что?	press by...on...
заметить (заметит, -ят)	to notice
передвижение	displacement
Отталкиваться (отталкивается, -ются) чем? от чего?	to repel by... from...
Проделать (проделает, -ют) что?	
Уравновешивать (уравновешивает, -ют)	to balance
Уравновесить (уравновесит, -ят)	to balance
ускорение	acceleration
условие	condition
Исследовать (исследует, -ют) что?	to investigate
предыдущий, -ая, -ее, -ие	going before...
выяснять (выясняет, -ют)	to find out
выяснить (выяснит, -ят)	to find out
позволять (позволяет, -ют)	to allow
количественный, -ая, -ое, -ые	quantity
Количественная характеристика	quantity characteristic
взаимодействие сил	Interaction of forces
наблюдения показывают	supervision show
передвижение людей (животных, транспорта и т.д.)	movement of people, (animals, transport)
закон взаимодействия тел	law of interaction of bodies

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО зависит (не зависит) от ЧЕГО

И.п.

Р.п.

Ускорение зависит от силы.

ТЕКСТ

Вы знаете, что причиной изменения движения тела или его формы

является действие на него другого тела. Но тела действуют друг на друга всегда взаимно. Если одно тело действует на другое, то и второе тело действует на первое. В природе действия тел всегда представляют собой взаимодействия. Действие и противодействие (т.е. взаимные действия тел друг на друга) направлены в противоположные стороны. Характеристикой действия (а, следовательно, и противодействия) является сила.

Силы взаимодействия двух тел всегда равны по величине, противоположны по направлению и приложены к разным телам. Закон взаимодействия тел был открыт в конце XVII века Исааком Ньютоном. Закон взаимодействия тел называется третьим законом Ньютона.

Второй закон Ньютона

Во втором законе Ньютона устанавливается связь между силой, действующей на тело, массой тела и ускорением, с которым движется тело.

Движение под действием постоянной силы есть равноускоренное движение.

Ускорение, с которым движется тело, прямо пропорционально действующей на тело силе и обратно пропорционально массе этого тела. Этот второй закон Ньютона математически можно выразить в виде следующей формулы:

$$a = F / m \text{ (} a \text{ равно } \text{эф, деленный на эм),}$$

где a - ускорение, F - сила, m - масса.

Ускорение показывает изменение скорости в единицу времени:

$$a = V_t - V_0 / t = \Delta V / \Delta t$$

(«а» равно «вэ тетое» минус «вэ нулевое», деленное на «тэ» равно дельта «вэ» деленное на дельта «тэ»).

Ускорение в системе СИ измеряется м/сек².

ВОПРОСЫ:

1. Как тела действуют друг на друга?
2. Сформулируйте закон взаимодействия тел.
3. Что называется ускорением?
4. В каких единицах измеряется ускорение?
5. Как читается второй закон Ньютона?

Задача № 1

Постоянная сила, равная 20 Н (Ньютон), действует на тело, масса которого 200 г. С какой скоростью будет двигаться тело в горизон-

гальном направлении через 5 сек, если начальная скорость движения равна нулю?

Задача №2

Тело массой 0,01 кг, двигаясь горизонтально, без начальной скорости, за 1 минуту (мин) прошло путь, равный 18 м. Определить силу, действующую на тело.

Задача №3

Скорость автомобиля за 90 сек возросла от 0 до 60 км/час. Найти ускорение автомобиля в (м/с²).

§6. Закон всемирного тяготения. Вес тела. Ускорение свободного падения тел

Слова и словосочетания

Русский	Английский
тяжесть, сила тяжести	gravity, force of gravity
вес (чего?) вес тела	weight (of) weight of body
Заставлять (заставляет, -ют) кого?	to force
Притягивать (притягивает, -ют) что? к чему?	to attract (anything to something)
притяжение (чего?) притяжение Земли	attraction the Earth
гравитационный, -ая, -ое, -ые	gravitational
гравитационное действие	gravitational action
падение (чего?), падение тела	fall (of) fall of body
подвешивать (подвешивает, -ют)	to hand up
подвесить (подвесит, -ят) что? к чему?	to hand up anything to something
подвесить тело к пружине	to hand up body to spring
растягивать (растягивает, -ют)	to stretch
растянуть (растянет, -ут) что?	to stretch
растянуть пружину	to stretch a spring
растяжение (чего?)	stretching (of)
растяжение пружины	stretching of spring
зависеть (зависит, -ят) от чего?	to depend on
широта, географическая широта	width, geographical width (latitude)
этот же (самый), эта же (самая)	the same
это же (самое), то же (самое)	the same
тот же (самый), та же (самая)	the same
Земля, Земли	the Earth
радиус, радиус Земли	radius, radius of Earth
Луна, масса Луны	Moon, mass of Moon

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО зависит от ЧЕГО

И.п.

Р.п.

Ускорение тела зависит от силы.

ЧТО пропорционально ЧЕМУ

И.п.

Д. п.

Вес тела пропорционально массе тела.

ТЕКСТ

Возьмите мяч и выпустите его из рук. Мяч начнет падать. Скорость движения мяча будет изменяться. Этот опыт можно проделать с любым другим мягким телом. Все тела падают, если их ничто не удерживает. Когда тела падают, скорость их движения изменяется.

Мы знаем, что причина изменения скорости тела - это действие на него другого тела. Следовательно, тела падают, потому что на них действует какое-то другое тело.

Тело, которое действует на все тела и заставляет их падать - это Земля. Земля притягивает к себе все тела. Все тела притягиваются Земле.

Притяжение тел Землей называется гравитационным действием Земли. Причина падения тел - это гравитационное действие Земли.

Сила, с которой Земля притягивает к себе какое-нибудь тело, называется силой тяжести или весом тела. Вес тела (сила тяжести) - это характеристика гравитационного действия Земли на данное тело.

Земля притягивает не только те тела, которые находятся близко от нее. Она притягивает и те тела, которые находятся далеко от нее. Например, Земля притягивает Луну, притягивает спутники. Но чем дальше от Земли находится тело, тем слабее Земля притягивает его. То есть, вес тела зависит от расстояния между телом и Землей. Вес тела зависит также от географической широты места, в котором оно находится.

Исходя из этих фактов и соображений, Ньютон сформулировал закон всемирного тяготения таким образом:

Любые два тела притягиваются друг к другу с силой, которая направлена по линии, их соединяющей, прямо пропорционально массам обоих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, т.е. сила взаимного тяготения:

$$F = j * M * m / r^2,$$

где M и m - массы тел, r - расстояние между ними, j - гравитационная постоянная.

$j = 6,7 * 10^{11} \text{ Нм}^2/\text{кг}$ - показывает величину силы, с которой

притягиваются два тела с массами по 1 кг , находящиеся на расстоянии 1 метр друг от друга.

В соответствии с этим законом тело массой m , находящееся у поверхности Земли, притягивается к Земле с силой:

$$F = j * m * M_z / R_z^2,$$

где M_z - масса Земли, R_z - радиус Земли.

Если тело находится на высоте H над Землей, то $R = H + R_z$, тогда на него действует сила, равная:

$$P = (m * M_z) / (H + R_z)^2.$$

Сила тяжести сообщает телам ускорение свободного падения g . По второму закону Ньютона $g = F / m$; тогда, учитывая выражение для силы тяжести, найдем:

$$g = j * M / R^2.$$

Ускорение свободного падения

Падение тел на Землю в пустоте называется свободным падением тел. При свободном падении все тела, независимо от их массы, движутся одинаково. Свободное падение является равноускоренным движением.

Ускорение, с которым падают на Землю тела в пустоте, называется ускорением свободного падения. Ускорение свободного падения обозначается буквой g . У поверхности Земли ускорения свободного падения примерно равно $9,8 \text{ м/сек}^2$

Сила притяжения, действующая со стороны Земли на все тела, называется силой тяжести:

$$F_T = m * g.$$

Сила тяжести действует на любое тело у поверхности Земли и на больших расстояниях от поверхности Земли.

ВОПРОСЫ:

1. Что называется гравитационным действием Земли?
2. Что является причиной падения тел?
3. Что называется силой тяжести?
4. Как сила тяжести (вес) зависит от расстояния между телом и Землей?
5. Что называется свободным падением?
6. К какому виду движения относится свободное падение?
7. Как зависит сила притяжения между телами от массы этих тел?
8. Изменяется ли ускорение свободного падения тела при увеличении его массы?

9. Чему равна сила тяжести тела?
10. В чем состоит закон всемирного тяготения?

ЗАДАНИЯ

1. Определить ускорение свободного падения на Луне. Масса Луны $7,3 \cdot 10^{22}$ кг, ее радиус - $1,7 \cdot 10^3$ км (Луну считать шаром).
2. Сила тяготения между двумя одинаковыми шарами 0,01 Н. Каковы массы шаров, если расстояние между их центрами равно 1 м?
3. Чему равно ускорение свободного падения на высоте, равной радиусу Земли?
4. Определить силу тяготения между Землей и Солнцем, если массы их $6 \cdot 10^{24}$ кг и $2 \cdot 10^{30}$ кг, соответственной расстояние между ними $1,5 \cdot 10^{11}$ м.
5. Определить вес неподвижного тела, если его масса 2 кг, 100 г, 800 мг.
6. Определить массы неподвижных тел, вес которых 2 Н, 10Н, 49Н, 245 Н.

§7. Работа. Мощность

Слова и словосочетания

Русский	Английский
понятие	conception
совпадать (совпадает, -ют)	to coincide
Сказываться (сказывается, -ются)	exert
совершать (совершает, -ют)	to do
совершить (совершит, -ат)	to do (shall do)
процесс	process
джоуль	joule
полезный	using
создавать (создает, -ют) что?	to create
Передавать (передает, -ют) что?	to transfer
принцип	principle
сохранение	conservation
преодоление	overcoming
совершаемый	doing (performing)
мощность двигателя	power of engine
ватт	watt
мощный двигатель	powerful engine
тепловоз	
турбина	turbine
представлять собой что?	have been doing work
совершенная работа	principle of conservation work
деталь механизма (машины)	part of mechanism
передавать от чего? к чему?	to transfer from... to...
экономичность механизма	economics of mechanism
экономичный	economic
трактор	tractor

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО больше, чем ЧТО (во сколько раз?)

И.п.

И.п.

Один километр больше, чем один метр в 1000 раз.

ЧТО больше ЧЕГО (во сколько раз?)

И.п.

Р.п.

Один килограмм больше одного грамма в 1000 раз.

ЧТО выражается в ЧЕМ (в каких единицах?)

И.п.

П.п.

Работа в системе СИ выражается в джоулях.

ТЕКСТ

В обыденной жизни словом работа мы называем всякий полезный труд рабочего, инженера, ученого и т.д.

Понятие работы в физике несколько иное - это определенная физическая величина, для измерения которой служат специальные единицы. В физике изучают, прежде всего, механическую работу.

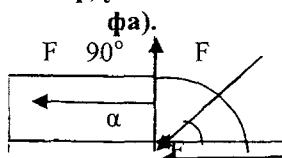
Рассмотрим примеры механической работы.

При подъеме камня руками совершается механическая работа мускульной силой рук.

Поезд движется под действием силы тяги электровоза, при этом совершается механическая работа. Из этих примеров видно, что механическая работа совершается, когда тело движется под действием силы. Таким образом, действие простых механизмов можно охарактеризовать величиной произведения силы на перемещение.

Работой называется величина, равная произведению силы на перемещение ее точки приложения, если направление силы и направление перемещения совпадают:

$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$, где α равно эф, умноженное на эс и на косинус аль-



F – сила, S – перемещение, α – угол между вектором силы F и направлением перемещения при $\alpha = 0$: $\cos \alpha = 1$. $F = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ (максимум)
при $\alpha = 90^\circ = 0$: $A = 0$

Из формулы видно, что если точка приложения силы не перемещается ($S=0$), то работа не совершается ($A=0$).

В системе СИ единицей работы является работа силы в 1 Ньютон при перемещении ее точки приложения на 1 метр. Эта единица работы получила название джоуль (Дж) по имени английского физика Джеймса Джоуля (1818-1889).

1 Дж = 1 Н * 1 м (один джоуль равен произведению одного Ньютона на один метр). На практике полезная работа, совершенная механизмом, всегда меньше работы, совершенной двигателем при действии на механизм:

$$A_n < A_d \text{ (а пэ меньше а дэ).}$$

Это объясняется тем, что часть работы двигателя тратится на преодоление трения в механизме и на перемещение некоторых деталей самого механизма.

Число, показывающее, какую часть всей работы двигателя составляет полезная работа механизма, называется коэффициентом полезного действия (К.П.Д.) механизма.

Если К.П.Д. обозначить греческой буквой (η), то

$$\eta = A_n / A_d \text{ (эта равна } a \text{ пэ деленной на } a \text{ дэ).}$$

К.П.Д равен отношений полезной работы ко всей работе, совершенной двигателем.

Так как всегда $A_n < A_d$, то всегда $\lambda < 1$.

Или, если выразить К.П.Д в процентах:

$$\eta = A_n / A_d * 100\%, \text{ то всегда К.П.Д. меньше } 100\%.$$

Мощность

Различные двигатели могут совершать одинаковую по величине работу за разное время. За одинаковое время различные двигатели могут совершить разную по величине работу. О таких двигателях говорят, что они имеют различную мощность.

Мощностью называется физическая величина, которая показывает, сколько работы совершается за единицу времени:

$$\text{мощность} = \text{работа} / \text{время}$$

или

$$N = A / t \text{ (эн равно } a \text{ деленной на } t\text{э).}$$

В системе СИ мощность измеряется в Ваттах (Вт) по имени изобретателя паровой машины англичанина Джеймса Уатта (1736-1819).

Один Ватт - это мощность, при которой за 1 секунду совершается работа в 1 Джоуль.

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ сек.}$$

Кроме 1 Вт, в технике часто используются большие единицы мощности:

$$\text{гектоватт (гВт)} \quad 1 \text{ гВт} = 100 \text{ вт}$$

$$\text{киловатт (кВт)} \quad 1 \text{ кВт} = 1000 \text{ вт}$$

$$\text{лошадиная сила (л. с.)} \quad 1 \text{ л. с.} = 736 \text{ вт.}$$

Пусть какой-нибудь двигатель действует с силой на любое тело. Пусть за время точка приложения данной силы равномерно перемещается на расстояние. Тогда, если направление силы и направление перемещения совпадают, то двигатель совершает работу:

$$A = F * S,$$

при этом мощность двигателя

$$N = A / t = (F * S) / t, \text{ т.к. } V = S / t; N = F * V$$

(эн равно эф вэ).

ВОПРОСЫ:

1. Какая зависимость существует между силами и перемещениями при равномерном движении простых механизмов?
2. Что называется работой?
3. Напишите формулу работы. Прочитайте ее в буквенном и словесном выражениях.
4. Совершается ли работа, если точка приложения силы не перемещается?
5. Что является единицей работы в системе СИ?
6. Почему полезная работа, совершенная механизмом, всегда меньше всей работы, совершенной двигателем?
7. Что называется коэффициентом полезного действия (К.П.Д.)?
8. Что называется мощностью?
9. Какой величиной измеряется мощность?
10. Назовите единицу мощности. Найдите соотношения между этими единицами.
11. Напишите формулу для вычисления мощности.

ЗАДАНИЯ

1. Трактор при пахоте тянет плуг с силой 1000 Н. Какая работа совершается при этом на пути 200 м?
2. Подсчитать работу, совершаемую при подъеме гранитной плиты объемом $0,5 \text{ м}^3$ на высоту 20 м. Плотность гранита 2500 кг/м^3 .
3. Груз весом 650 Н, подняли на высоту 12 м с помощью неподвижного блока. Вычислить работу, совершенную двигателем, и К.П.Д. блока, если сила тяги двигателя была равна 730 Н.
4. Какую мощность развивает электровоз при скорости 90 км/час и силе тяги 66000 Н?
5. Спортсмен поднимает штангу весом 165 кг с пола на высоту 2 м за 1,1 сек. Определить мощность, которую развивает спортсмен в это время.

§8. Механическая энергия. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Превращение энергии

Слова и словосочетания

Русский	Английский
способный	ability
способен (способна, -о, -ы)	ability
обладать (обладает, -ют) чем?	to possess
обладать энергией	to possess energy
механическая энергия	mechanical energy
кинетическая энергия	kinetic energy
потенциальная энергия	potential energy
приводить (приводит, -ят)	to set
привести (приведет, -ут)	to set something
приводить в движение (что?)	going
привести в движение (что?)	to set (smith going)
покоящийся, -аяся, -еяся, -иеся	resting
покоящееся тело	resting body
связанный	connecting
связан (связан, -о, -ы)	connect
быть связанным (с чем?)	to be connecting with...
переходить (переходит, -ят)	to pass into
перейти (перейдет, -ут) от чего? к чему?	to pass into from... to...
энергия переходит от одного тела к другому	energy pass from one body to another
Превращаться (превращается, -ются)	to transform
Превратиться (превратится, -ятся)	to transform
энергия превращается из одного вида в другой	energy transform from one kind to another
Увеличиваться (увеличивается, -атся)	to increase
Увеличиться (увеличится, -атся)	to increase
Уменьшаться (уменьшатся, -ются)	to decrease
Уменьшиться (уменьшится, -атся)	to decrease
энергия увеличится (уменьшится)	Energy (increase, decrease)
максимальный	maximum
максимальная высота подъема	maximum height of lifting

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО зависит от ЧЕГО

И.п.

Р.п.

ЧЕМУ соответствует

ЧТО

Д.п.

И.п.

ЧТО определяется ЧЕМ

И.п.

Т.п.

ТЕКСТ

Если тела способны совершать работу, то говорят, что они обладают энергией.

Например, деформированная пружина (т.е. сжатая, растянутая или закрученная) способна совершать работу: она может поднять гирю, закрыть открытую дверь, привести в движение механизм часов и т.д. Поэтому говорят, что деформированная пружина обладает энергией.

Любое поднятое над Землей тело также обладает энергией: опускаясь вниз под действием тяжести, такое тело способно совершать работу.

Энергией называется способность тел совершать работу.

Энергия, которой обладает тело вследствие своего движения, называется кинетической энергией.

Кинетическая энергия тела зависит от его массы и скорости движения:

$$E_n = m * V^2 / 2.$$

Энергией обладают не только движущиеся тела. Покоящиеся тела тоже могут обладать энергией. Мы видели, что деформированная пружина, тело, поднятое над Землей, могут совершать работу.

Энергия тела, поднятого над Землей, энергия деформированной пружины - это примеры потенциальной энергии.

Чем больше вес тела и чем выше оно поднято над Землей, тем большую работу может совершить это тело - следовательно, тем больше его потенциальная энергия.

Потенциальной энергией называют энергию, которой обладают взаимодействующие тела (или части тел) вследствие их положения относительно друг друга:

$$E_n = m * g * h = P * h,$$

где m - масса тела;

g - ускорение свободного падения;

$P = m * g$ - вес тела;

h - расстояние между взаимодействующими телами.

Кинетическая энергия и потенциальная энергия связаны с механическим перемещением тел. Поэтому их объединяют общим названием - механическая энергия.

Часто тела обладают одновременно как кинетической, так и потенциальной энергией (например, любое тело, движущееся на некоторой высоте над поверхностью Земли).

Так как величина механической энергии тела измеряется величиной работы, которую может совершить тело, то единицами измерения энергии является единицы работы - джоуль (СИ) и килограммометр (техническая система).

При взаимодействии тел механическая энергия переходит от одного тела к другому и превращается из одного вида в другой: из потенциальной в кинетическую и из кинетической в потенциальную. Рассмотрим, как изменяется кинетическая и потенциальная энергия тела, брошенного вверх. При подъеме тела скорость его уменьшается, и кинетическая энергия при этом также убывает, с другой стороны, высота тела над поверхностью Земли увеличивается. Следовательно, увеличивается потенциальная энергия, т.е. при подъеме вверх кинетическая энергия уменьшается, потенциальная - увеличивается (происходит превращение кинетической энергии в потенциальную). Когда движение вверх прекратилось (наивысшая точка подъема), вся кинетическая энергия полностью превратилась в потенциальную.

При движении тела вниз происходит обратный процесс: потенциальная энергия превращается в кинетическую (скорость увеличивается, высота уменьшается).

При этих превращениях полная механическая энергия (т.е. сумма кинетической и потенциальной энергий) остается неизменной.

Полная энергия:

$$E = E_k + E_n = m * V^2 / 2 + m * g * h.$$

Полная энергия тела на наивысшей точке подъема $E = m * g * h$ (т.е. потенциальной энергии), т.к. $V = 0$, $E_k = m * V^2 / 2 = 0$.

У поверхности Земли $h = 0$: потенциальная энергия $E_n = m * g * h$, то полная энергия равна кинетической энергии $E = E_k = m * V^2 / 2$, т.к. в момент соударения тела о поверхность Земли $V = \max$ (скорость наибольшая).

Практический опыт и точные измерения показывают, что для всех явлений справедлив закон сохранения и превращения энергии:

Энергия не создается и не уничтожается, она только превращается из одного вида в другой и переходит от одного тела к другому в равных количествах.

Закон сохранения и превращения энергии - один из основных законов природы. Он был открыт немецкими учеными Робертом Майером (1814-1878) и Германом Гельмгольцем (1821-1894).

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ:

1. Что называется энергией? Приведите примеры.
2. Какая энергия называется кинетической энергией? Приведите примеры.
3. Чем измеряется величина кинетической энергии?
4. От чего зависит величина кинетической энергии?
5. Какая энергия называется потенциальной энергией? Приведите примеры.
6. Что называется механической энергией?
7. Какие единицы являются единицами измерения энергии?
8. Что происходит с энергией при взаимодействии тел? Приведите пример.
9. Изменяется ли величина энергии при ее превращениях?
10. Сформулируйте закон сохранения и превращения энергии.
11. Определите потенциальную энергию пружины, сжатой на 30 мм силой 2500 Н.
12. Определите кинетическую энергию метеорной частицы массой 1 г, если она влетает в атмосферу со скоростью 70 км/сек.
13. Тело массой 2 кг свободно падает в течении 6 сек. Определить кинетическую энергию тела в конце падения.
14. Найти потенциальную и кинетическую энергию тела массой 3 кг, падающего свободно с высоты 5 м, на расстоянии 2 м от поверхности Земли.
15. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 40 м/сек. Вычислить, на какой высоте будет тело через 2, 6, 8 и 9 сек, считая от начала движения.

ЗАПОМНИТЕ:

Формулы для подсчета скорости и пути движения тела, брошенного вертикально вверх для любого момента времени будут:

$$V_t = V_0 - g * t; \quad h = V_0 * t - g * t^2 / 2,$$

где h - высота, на которую поднимается тело за время.

$h = V_0^2 / 2g$ - формула определения наибольшей высоты, на которую поднимается тело. $V = \sqrt{2g * h} = V_0$ - скорость, с которой тело вернется в то же место, откуда оно было брошено, равна первоначальной скорости (сопротивление воздуха не учитывается).

Если тело падает с высоты в течение времени, то:

$$h = g * t^2 / 2,$$

при этом скорость тела $V = g * t$ или $V = \sqrt{2g * h}$.

**§9. Механические свойства твердых тел, жидкостей и газов.
Состояние вещества. Упругость и пластичность.
Передача давления жидкостями и газами**

Слова и словосочетания

Русский	Английский
твердый, твердое состояние	solid, firm, finning
жидкий, жидкое состояние	liquid, liquid state
газообразный	gaseous
плазма, плазменное состояние	plasma, plasma state
принимать (принимает, -ют) что?	to assume
доступный (для чего?)	accessing
пространство	space
заполнять (заполняет, -ют) что?	to fill
заполнить (заполнит, -ят)	fill
заполнять пространство	fill a space
разнообразный	various
достаточный	sufficient
охлаждение	cooling
нагревание	heating
гроза	thunderstorm
молния	lightning
свечение	shining
мгновение	instant
прекращение	ceasing
прекратиться (прекратится, -ятся)	to stop
восстановить (восстановит, -ят)	to restore
упругость, упругое вещество	elasticity, elastic substance
пластичный	plastic
условный	agreeing
условное деление (на виды)	agreeing division
считаться (считается, -ются) чем?	to consider

нагретый, раскаленный	heated, heated up
отличаться (отличается, -ются) от чего?	to differ
гидравлический, -ая, -ое, -ие	hydraulic
дно, дно сосуда	bottom, bottom of vessel
столб, столб жидкости	column of liquid

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО состоит из ЧЕГО

И.п.

Р.п.

ТЕКСТ

То, из чего состоят все тела, называется *веществом*. Воздух, вода, стекло, железо, медь - это различные вещества.

В природе вещества находятся в четырех состояниях. Четыре состояния вещества - это твердое состояние, жидкое состояние (жидкость), газообразное состояние (газ, пар), плазменное состояние (плазма).

Обычно на Земле вещества находятся в трех состояниях - твердом, жидком и газообразном.

Твердые тела имеют определенную форму и определенный объем. Чтобы изменить форму твердого тела, нужно приложить некоторую силу.

Жидкости имеет определенный объем, но не имеют определенной формы. Под действием притяжения Земли жидкости принимают форму того сосуда, в котором они находятся.

Газы не имеют ни определенной формы, ни определенного объема. Они всегда заполняют все доступное для них пространство, и поэтому могут принимать любую форму.

В зависимости от условий одно и то же вещество может находиться в различных состояниях.

Например, вода - это жидкость, но при достаточном охлаждении (до 0°C - температура замерзания воды) она превращается в лед, т.е. переходит в твердое состояние. А при достаточном нагревании (до 100°C - температура кипения воды) вода переходит в газообразное состояние - превращается в пар.

В обычных условиях воздух - это газ. Но при сильном охлаждении воздух переходит в жидкое (при температуре -193°C), а затем и в твердое (при температуре -213°C) состояние.

Железо в обычных условиях находится в твердом состоянии. При сильном нагревании железо становится жидким (при температуре 1539°C), а затем кипит (при 3200°C) и переходит в газообразное состояние.

При очень высоких температурах (выше 35000°C) все вещества переходят в плазменное состояние. Иногда и на Земле вещества ненадолго переходят в плазменное состояние. Например, когда во время грозы мы видим молнию, то это мы видим свечение газов воздуха, которые на мгновение перешли в плазменное состояние.

Упругость и пластичность твердых тел

Мы знаем, что всякое твердое тело имеет определенную форму и определенный объем. Чтобы изменить объем или форму твердого тела, нужно подействовать на него с некоторой силой. Например, когда мы растягиваем стальную спираль (пружину) или сгибаем деревянную линейку, мы действуем на эти тела с некоторой силой. Но когда действие силы прекращается, пружина и линейка принимают свою первоначальную форму (или другими словами, после прекращения действия силы пружина и линейка восстанавливают свою форму).

Свойство твердых тел - восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия силы - называется упругостью.

Но не все тела обладают свойством упругости. Например, если согнуть стержень из свинца, то после прекращения действия силы этот стержень не восстанавливает свою форму, а остается изогнутым. Или, например, если сжать брусок пластилина, то после прекращения действия сил пластилин не восстанавливает свою первоначальную форму.

Свойство твердых тел принимать различную форму под действием силы и сохранять ее после прекращения действия силы называется пластичностью. В обычных условиях (при нормальной температуре 20°C и нормальном давлении $1 \text{ ат} = 10130 \text{ Па}$) упругими являются такие вещества, как резина, стекло и т.п., а пластичными являются такие вещества, как свинец, пластилин, сырая глина и т.п.

Деление всех веществ на упругие и пластичные является условным. В природе нет веществ только упругих или только пластичных. Все твердые тела в большей или меньшей степени обладают и упругостью, и пластичностью.

Передача давления жидкостями и газами

Мы знаем, что твердые тела передают оказываемое давление только по направлению действующей силы. Жидкости и газы отличаются от твердых тел тем, что не имеют определенной формы. Поэтому жидкости и газы передают оказываемое на них давление по всем направлениям.

Изучая передачу давления жидкостями и газами, французский ученый Блез Паскаль (1623-1662) открыл, что жидкости и газы передают дав-

ление по всем направлениям, и что величина передаваемого ими давления одинакова во всех направлениях. Это открытие Паскаль сформулировал в виде закона, который получил название закон Паскаля.

Давление, оказываемое на жидкость или газ, передается ими по всем направлениям без изменения (одинаково).

Это свойство жидкостей и газов является принципом работы многих гидравлических и пневматических машин и инструментов. Например, гидравлический пресс, при помощи которого можно получить выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз площадь его большего поршня больше площади малого поршня

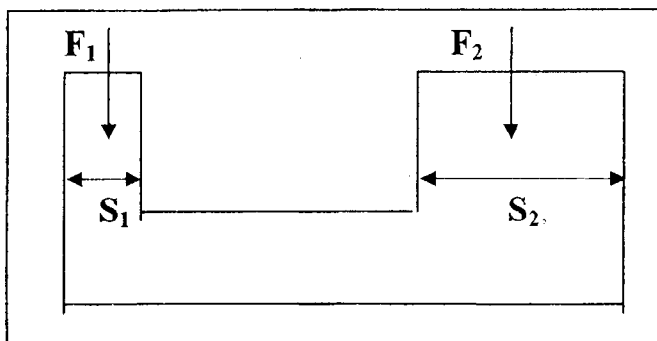


Рис. 1

ВОПРОСЫ

1. Что называется веществом?
2. Назовите состояния вещества. Приведите примеры.
3. В каких состояниях находятся вещества при обычных условиях на Земле?
4. Каковы общие свойства твердых тел, жидкостей, газов?
5. Приведите примеры переходов вещества из одного состояния в другое.
6. Что называется упругостью, пластичностью? Приведите примеры.
7. Почему деление всех веществ на упругие и пластичные является условным?
8. Чем отличаются жидкости и газы от твердых тел?
9. Сформулируйте закон Паскаля.

§10. Действие жидкостей и газов на погруженные в них тела.

Закон Архимеда. Атмосферное давление. Опыт Торичелли

Слова и словосочетания

Русский	Английский
погруженный	immersing
тело, погруженное в жидкость	body dip into fluid
испытывать (испытывает, -ют) что?	to fry (fry)
испытывать давление	to fry a pressure
глубина	depth
выталкивающий, -ая, -ее, -ие	buoyant
выталкивающее действие жидкости	buoyant action of fluid
вытолкнуть (вытолкнет, -ут) что?	to push out
выталкивающая сила	buoyant force
нарушаться (нарушается, -ются)	Infringe
нарушиться (нарушится, -атся)	Infringe
равновесие нарушается (-ается)	balance infringing
вытеснять (вытесняет, -ют)	to displace
вытеснить (вытеснит, -ят) что из чего?	to displace
погружение (тела в жидкость)	Immersing (to fluid)
окружать (окружает, -ют) что?	surround
оболочка (воздушная)	envelope (air)
атмосфера (атмосферный)	atmosphere
атмосферное давление	atmosphere pressure
выкачивать (выкачивает, -ют) что из чего?	to pump out
вследствие (чего?)	owing (to)
ртуть (ртутный столб)	mercury (column)
вакуум	vacuum
нормальное атмосферное давление	normal atmosphere pressure
безвоздушное пространство	airless space
барометр	barometer
манометр	manometer
градуировать (градуирует, -ют)	graduate
Проградуировать (проградуирует, -ют)	graduate
проградуировать шкалу	graduate a scale

ЗАПОМНИТЕ:

ЧТО давит (оказывает давление) на ЧТО

И.п.

В.п.

Вследствие своего веса верхние слои атмосферы оказывают весовое давление на нижние слои и на все тела, находящиеся в атмосфере.

ЧТО равно ЧЕМУ

И.п.

Д.п.

Атмосферное давление равно давлению ртутного столба высотой около 760 мм.

ТЕКСТ

Тело, погруженное в жидкость или газ, испытывает со всех сторон весовое давление окружающей его жидкости или газа. Но нижняя поверхность любого тела всегда находится на большей глубине, чем его верхняя поверхность. Поэтому давление жидкости (или газа) на нижнюю поверхность погруженного в него тела больше, чем на его верхнюю поверхность. Давление на нижнюю поверхность тела направлено снизу вверх, а на верхнюю поверхность - сверху вниз. Вследствие разницы этих давлений появляется выталкивающее действие жидкости (или газа), направленное вертикально вверх.

Выталкивающее действие жидкостей и газов на погруженные в них тела характеризуют выталкивающей силой. Выталкивающая сила ($P_{\text{выт}}$) представляет собой равнодействующую сил давления на нижнюю и верхнюю поверхность тела.

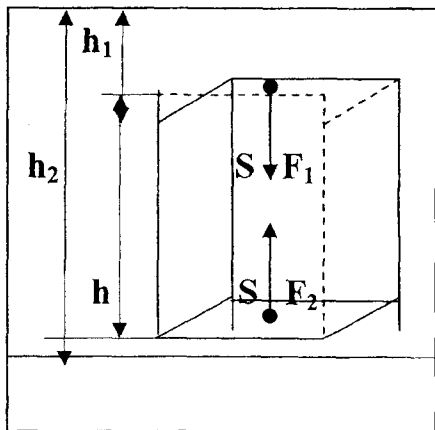


Рис. 2

Вычислим величину выталкивающей силы жидкости, действующей на тело, изображенное на рис. 2.

Сила давления на верхнюю поверхность. $F_1 = \rho * g * h_1 * S_1$, а сила давления на нижнюю поверхность. $F_2 = \rho * g * h_2 * S_2$, где ρ - плотность жидкости; h_1 - высота ее столба, оказывающего давление на верхнюю поверхность тела (S_1); h_2 - высота столба, оказывающего давление на нижнюю поверхность тела (S_2); g - ускорение свободного падения.

Так как силы давления на боковые поверхности тела взаимно уравниваются, и так как площади верхней и нижней поверхностей равны ($S_1 = S_2$), то величина выталкивающей силы:

$$F = F_2 - F_1 = (\rho * g * h_2 * S_2) - (\rho * g * h_1 * S_1) = \rho * g * S * (h_2 - h_1).$$

Но разность $h_2 - h_1 = h$ - равно высоте параллелепипеда (рис.2).

Следовательно, $F_{\text{выт}} = \rho * g * S * h$. Произведение площади основания (S) на высоту (h) - это объем параллелепипеда (V), то:

$$F_{\text{выт}} = \rho * g * V = d * V,$$

где d - удельный вес жидкости.

Произведение же удельного веса жидкости на объем, равный объему погруженного в нее тела, представляет собой вес жидкости, вытесненной телом.

Таким образом, величина выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, равна весу жидкости, вытесненной телом. Эта закономерность была открыта ученым Древней Греции Архимедом (287-212 гг. до н.э.) и получила название закона Архимеда, который формулируется следующим образом:

На тело, погруженное в жидкость (или газ), действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и равная весу жидкости (или газа), вытесненной телом.

Атмосферное давление. Опыт Торичелли

Землю окружает воздушная оболочка, которая называется атмосферой. Нижней границей атмосферы является поверхность Земли. Определенной верхней границы атмосфера не имеет, 90 % всей массы воздуха находится в слое высотой 16 км; выше 100 км находится только одна миллионная часть всей массы атмосферного воздуха. На высоте от 1000 км до 20000 км атмосфера постепенно переходит в межпланетный газ.

Воздух, как и любой другой газ, притягивается Землей и, следовательно, имеет вес.

Измерения показывают, что при обычных условиях удельный вес воздуха приблизительно равен 13 Н/м^3 .

Вследствие своего веса верхние слои атмосферы оказывают весовое давление на нижние слои и на все тела, находящиеся в атмосфере. Весовое давление воздуха называется атмосферным давлением. По закону Паскаля оно передается по всем направлениям.

Величину атмосферного давления определил опытным путем в 1643 году итальянский ученый Эванджелист Торичелли (1608-1647).

Опыт Торичелли проводится следующим образом.

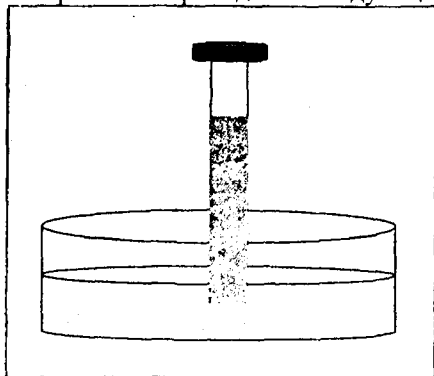


Рис. 3.

Рис. 3.

Таким образом, атмосферное давление равно давлению ртутного столба высотой 760 мм.

Так как плотность ртути 13600 кг/м^3 , то атмосферное давление (при высоте столба ртути 760 мм) равно:

$P = 13600 \text{ кг/м}^3 * 9,8 \text{ м/сек}^2 * 0,76 \text{ м} = 101325 \text{ Н/м}^2 = 1,01 * 10^5 \text{ Па}$ (Паскаль).

Следовательно, воздух давит на поверхность Земли с силой 101325 Н на каждый квадратный метр. Это значение атмосферного давления соответствует давлению воздуха на уровне моря и называется нормальным атмосферным давлением. Наблюдения показывают, что атмосферное давление изменяется с изменением высоты над уровнем моря. Чем выше лежит место над уровнем моря, тем давление тем меньше. При небольших подъемах в среднем на каждые 12 м подъема давление уменьшается на 133 Па.

Атмосферное давление измеряется с помощью металлического барометра, называемого anerоидом. Зная зависимость давления от высоты, можно по изменению показаний барометри определить высоту поднятия над уровнем моря. Анероиды, имеющие шкалу, по которой непосредственно можно отсчитать высоту поднятия называются высотометром. Их применяют в авиации и при походах на горы.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Почему жидкости и газы выталкиваются вверх, если в них тела?

2. Что представляет собой выталкивающая сила?
3. Выведите формулу для вычисления выталкивающей силы.
4. Сформулируйте закон Архимеда.
5. Что называется атмосферой?
6. Что называется атмосферным давлением?
7. Опишите опыт Торичелли.
8. Чему равно нормальное атмосферное давление?
9. Чему равно давление атмосферного воздуха, если высота ртутного столба в трубке Торичелли равна 700 мм?
10. Кусок алюминия массой 0,1 кг погрузили в керосин. Определите величину выталкивающей силы.
11. Вычислить, на какую максимальную высоту можно поднять воду при помощи поршня при нормальном атмосферном давлении.

§11. Строение вещества.
Атомно-молекулярное строение вещества.
Силы взаимодействия между молекулами.
Движение молекул. Диффузия

Слова и словосочетания

Русский	Английский
беспрерывно	continuously
беспрерывное движение	continuous motion
мельчайший	the smallest
большинство	majority
строение (вещества)	structure
материалистический	material
сплошной	continuous
микроскоп	microscope
элементарная частица	elementary particle
существовать в земных условиях	to exist in earthly conditions
атомно-молекулярное строение вещества	atomic-molecular structure of substance
распадаться (несов.) на что?	to decompose on...
отличие, в отличие от чего?	difference, difference from
разделить (сов.) на что?	to divide into...
разделить на части	to divide into parts
взаимное притяжение	mutual attraction
столкновение (молекул)	collision of (molecule)
выпустить (сов.) что?	let out
рассеиваться (несов.) в чем?	disperse
рассеиваться в воздухе	disperse in air
проникать, проникнуть во что? куда?	to permeate
взаимно проникать (проникнуть)	to permeate mutual
распространяться(несов.) в чем?	to spread in...
сталкиваться (несов.) с чем?	to collide with...
молекула сталкивается с другими молекулами	molecule collide with another molecule
смешиваться (несов.) с чем?	
диффузия	diffusion
колебаться (несов.) около чего?	to oscillate near

ЗАПОМНИТЕ

ЧТО состоит из ЧЕГО

И.п. Р.п.

ЧЕМ является ЧТО

Т.п. И.п.

Мерой количества вещества является моль. Все вещества в природе состоят из мельчайших частиц атомов и молекул.

ЧТО колеблется в ЧЕМ

И.п. В.п.

Молекулы твердых тел колеблются в различных направлениях.

ТЕКСТ

Еще в древние века некоторые ученые предполагали, что все тела состоят из мельчайших, непрерывно движущихся частиц. Ученые древней Греции называли эти частицы атомами (по-гречески атом - неделимый).

Развитие науки о строения вещества начинается только XVII-XVIII веках в работах французского философа Пьера Гассенци (1592-1655), английского ученого Роберта Бойля (1627-1691) и первого русского академика Михаила Васильевича Ломоносова (1711-1765). И лишь в начале XIX века было экспериментально и теоретически доказано атомно-молекулярное строение вещества.

Наименьшая частица вещества, сохраняющая свойства этого вещества, называется молекулой. Молекулы состоят из атомов.

Атомы и молекулы находятся на некоторых расстояниях друг от друга.

Расстояния между атомами и молекулами различны в различных телах. В газах они сравнительно велики, а в твердых телах и в жидкостях - значительно меньше.

Силы взаимодействия между молекулами.

Движение молекул. Диффузия

Известно, что жидкости и твердые тела, в отличие от газов, имеют определенный объем. Газы не имеют определенного объема. Газы всегда заполняют весь объем сосуда, в котором они находятся.

Свойство жидкостей и твердых тел сохранять свой объем объясняется существованием сил взаимного притяжения между молекулами, из которых они состоят. Действие сил молекулярного притяжения прояв-

ляется только на очень малых расстояниях между молекулами и резко уменьшается с увеличением этих расстояний, между молекулами существуют и силы взаимного отталкивания.

Различные физические опыты показывают, что молекулы газов, жидкостей и твердых тел находятся в непрерывном движении.

На движение молекул в газах, жидкостях и твердых телах влияют силы взаимодействия между молекулами.

В газах силы взаимодействия молекул очень малы, поэтому молекулы газа движутся беспорядочно (хаотично) по всем направлениям.

В твердых телах силы взаимодействия молекул очень велики, поэтому движение молекул в твердых телах ограничено. Молекулы твердых тел колеблется в различных направлениях около определенных положений, которые они занимают в твердом теле.

В жидкостях взаимодействия молекул значительно больше, чем в газах, но меньше, чем в твердых телах. Поэтому движение молекул в жидкостях является менее свободным, чем в газах, но более свободным, чем в твердых телах.

На основании изложенного можно сформулировать основные положения учения об атомно-молекулярном строении вещества:

1. Все вещества в природе состоят из мельчайших частиц - атомов и молекул, которые находятся на некоторых расстояниях друг от друга.

2. Атомы и молекулы находятся в непрерывном, беспорядочном движении.

3. Атомы и молекулы взаимодействуют друг с другом (притягиваются и отталкиваются).

Диффузия и броуновское движение подтверждают основные положения молекулярно-кинетической теории вещества.

Явление, при котором вещества сами собой смешиваются друг с другом, называют диффузией.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется молекулой?
2. Из чего состоят молекулы?
3. Из чего состоят все вещества в природе?
4. Почему жидкости и твердые тела сохраняют свой объем, а газы объема не сохраняют?
5. Почему газы легко сжимаются, а жидкости и твердое тело сжать очень трудно?
6. Какие явления показывают, что молекулы газов непрерывно движутся?

7. Что такое диффузия и что показывает явление диффузии?
8. Тело сохраняет свой объем, но легко меняет форму. В каком состоянии находится вещество, из которого состоит это тело?
9. Тело сохраняет свой объем и форму. В каком состоянии находится вещество, из которого состоит это тело?

§12. Внутренняя энергия тела

Слова и словосочетания

Русский	Английский
загореться	
воспламенение	flailing
внутренняя энергия тела	internal energy of body
взаимное положение молекул	mutual disposition of molecules
работа по (сжатию воздуха)	the work of (compression air)
опускать, опустить что? куда?	to pull down
следить за чем?	to watch for
передача, теплопередача	transference, heat transmission
передача теплоты	transmission of heat
измерять температуру	to measure temperature
поднести что? к чему?	to bring that
поднести тело к огню	to bring a body to fire
передача теплоты от (чего?) к чему?	transmission of heat from... to...
наполненный чем?	fouling by smutting
показание термометра	reading of thermometer
поры, пористый	pore, porocity
теплопроводность	thermal conductivity
поток газа (жидкости)	flux of gas (fluid)
конвекция, конвекционный	convection, convectional
кругообразное движение	circular motion
конвекционные потоки	convectional fluxes
излучение, поглошение	radiation, absorption
луч, излучать что?	ray, radiate

капля, капля жидкости	drop, drop of fluid
теплопередача путем теплопроводности конвекции излучения	heat transmission by convection radiation
перемешивание	confusion
изолированный (-вать)	isolated
вытеснять, вытесняет (-ется)	to displace

ТЕКСТ

Вы знаете, что молекулы, из которых состоит тело, обладают кинетической энергией. Кинетическая энергия зависит от скорости движения молекул. Но молекулы не только движутся, они еще взаимодействуют между собой. Между молекулами действуют силы притяжения и отталкивания. Поэтому молекулы обладают еще и потенциальной энергией, которая зависит от их взаимного положения (т.е. от расстояния между молекулами).

Сумма кинетической и потенциальной энергий всех молекул, из которых состоит тело, называется внутренней энергией тела.

Кинетическая энергия молекул тела увеличивается при нагревании и уменьшается при охлаждении. Следовательно, при нагревании или охлаждении тела происходит изменение его внутренней энергии: при нагревании происходит увеличение, а при охлаждении - уменьшение внутренней энергии тела.

Потенциальная энергия тела изменяется при изменении взаимного положения тел. Взаимное положение молекул изменяется при нагревании и охлаждении тел, при переходе вещества из одного состояния в другое. При переходе из твердого состояния в жидкое и в газообразное расстояния между молекулами увеличиваются.

Следовательно, при переходе вещества из одного состояния в другое внутренняя энергия тела изменяется.

Изменение внутренней энергии тел может происходить и в других случаях. Наблюдения показывают, например, что при движении тела с трением имеет место нагревание тела. Нагревается шила, которой пилят дрова, нагревается резец при обработке металла на станке, всегда нагреваются трущиеся поверхности.

Но при нагревании тела его внутренняя энергия увеличивается. Следовательно, при движении с трением происходит увеличение внутренней энергии тела.

Теплопередача

Внутренняя энергия тел может изменяться при совершении работы

(при движении с трением, при расширении и сжатии газа).

Рассмотрим, что происходит, если имеются тела с различной температурой, не изолированные друг от друга. Например, отпустим холодную ложку в стакан с горячей водой. Ложка нагревается. Если мы измерим температуру воды, то заметим, что она уменьшается. Следовательно, происходит изменение внутренней энергии воды и ложки: внутренняя энергия воды уменьшается, а внутренняя энергия ложки увеличивается. При этом механическая работа не совершается. Этот опыт показывает, что внутренняя энергия тела может изменяться и без совершения работы.

Теплопередачей (или передачей теплоты) называют такой процесс, при котором внутренняя энергия одних тел уменьшается, а внутренняя энергия других тел увеличивается и при этом механическая работа не производится.

Теплопередача всегда идет в одном направлении: внутренняя энергия переходит от тел с более высокой температурой к телам с более низкой температурой. Когда температуры тел становятся одинаковыми, теплопередача прекращается - наступает тепловое равновесие.

Теплопроводность

Передача теплоты от более нагретой части тела к менее нагретой происходит в результате беспорядочных движений и столкновений атомов и молекул.

Процесс, при котором происходит передача теплоты от более нагретой части тела к менее нагретой в результате беспорядочных движений и столкновений атомов и молекул, называется теплопроводностью. Процесс теплопроводности может происходить в любом веществе.

Различные опыты и наблюдения показывают, что теплопроводность различных тел различна. Металлы обладают хорошей теплопроводностью, наилучшей теплопроводностью обладают медь и серебро. Теплопроводность дерева, стекла значительно хуже, чем металлов. Очень плохо передают теплоту воздух и все пористые предметы, так как в порах находится воздух (вата, пробка, шерсть, мех и др.).

Тела, обладающие плохой теплопроводностью, называются теплоизоляторами.

Конвекция

Газы и жидкости обладают плохой теплопроводностью. Может возникнуть вопрос, каким образом нагревается вода в чайнике или воз-

дух в комнате при отоплении? Для того, чтобы ответить на этот вопрос, произведем несколько опытов.

В воздух над горящей газовой горелкой выпустим струйку дыма. Мы увидим, что дым над пламенем поднимается вверх вместе с потоком воздуха. Это происходит потому, что вблизи горелки воздух нагревается и при этом расширяется. Нижние нагретые слои воздуха становятся легче, чем верхние, более холодные. На нагретый воздух действует выталкивающая сила, и в результате нагретый воздух вытесняется более холодным воздухом и поднимается вверх, а более холодный опускается вниз.

Будем нагревать на огне колбу с водой. Мы увидим, что при нагревании в жидкости возникают кругообразные движения. Нижние слои жидкости, которые соприкасаются с горячим дном колбы, при нагревании расширяются и становятся легче, чем верхние слои, и на них действует выталкивающая сила. Поэтому нижние, нагретые части вытесняются более холодными и поднимаются вверх, а верхние более холодные, опускаются вниз. Такое движение жидкости обеспечивает перемешивание и равномерное нагревание ее различных частей.

Теплопередача, которая происходит путем перемешивания различных частей жидкости или газа, называется конвекцией.

Благодаря конвекции нагревается, например, вода в чайнике, воздух при отоплении комнаты и т.п.

Конвекционные движения возникают также в атмосфере Земли. Это ветры, которые появляются вследствие неодинакового нагревания воздуха в различных районах Земли. Конвекционные потоки воды в морях и океанах - это морские течения.

Излучение

Каким образом происходит передача теплоты от Солнца к Земле? В пространстве между Землей и Солнцем вещество практически отсутствует. Поэтому ни теплопроводность, ни конвекция происходить не могут. Но теплопередача может происходить не только путем теплопроводности или конвекции. Теплопередача от Солнца к Земле происходит путем излучения и поглощения тепловых лучей (эти лучи - электромагнитные волны, которые вы будете изучать позже).

Теплопередача тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой может происходить путем излучения и поглощения тепловых лучей. Тела с темной поверхностью лучше излучают и лучше поглощают тепловые лучи, чем тела со светлой поверхностью.

ВОПРОСЫ:

1. Приведите примеры изменения внутренней энергии тел без совершения работы.
2. Что такое теплопередача?
3. В каком направлении всегда идет теплопередача?
4. Когда наступает тепловое равновесие?
5. Что называется теплопроводностью?
6. Приведите примеры передачи теплоты от одной части тела к другой.
7. Почему на морозе металлические вещи кажутся более холодными, чем деревянные?
8. Для чего в домах делают двойные оконные рамы?
9. Почему стеклянные стаканы с толстыми стенками часто разрушаются от горячей воды, а стаканы с тонкими стенками нет?
10. Почему дым на пламени поднимается вверх?
11. Что такое конвекция?
12. Почему возникают ветры в атмосфере?
13. Какие вы знаете виды теплопередачи?
14. Приведите примеры теплопередачи путем излучения и поглощения тепловых лучей.

§13. Теплота и работа

Слова и словосочетания

Русский	Английский
калория, килокалория	calorie, kilocalorie
смесь	mixture
количество теплоты	quantity of heat
теплоемкость	thermal capacity
удельная теплоемкость	specific heat
сообщить, чему? что?	to give a...to...
выделяется, выделяться	to liberate
выделяется количество теплоты	liberate quantity of heat
источник, чего?	source of
источник энергии	source of energy
топливо	fuel
нефть, уголь	coal
сгорание чего?	combustion of ...
сгорание топлива	combustion of fuel
калорийность чего?	calority
калорийность топлива	calority of fuel
нагреватель	heater
тепловая установка	thermal devise
теплотворность, чего?	calorification
теплотворность топлива	calorific value of a fuel
тепловая отдача (установки)	thermal giving (devise)
полезно использованное количество теплоты	useful using of quantity of heat
затраченное количество теплоты	the spent quantity of heat
израсходованный	spending expending
учитывать, что?	to take into consideration
полная энергия	total amount of energy

ТЕКСТ

Опыты показывают, что при теплопередаче не всегда изменяется температура тел. Произведем, например, такой опыт.

Будем нагревать в горячей воде сосуд со льдом. Лед начнет таять. При этом будет происходить теплопередача, так, как при переходе из твердого состояния в жидкое внутренняя энергия тела увеличивается. Будем наблюдать за показаниями термометра в сосуде. Мы увидим, что температура смеси (вода + лед) остается постоянной. То есть, в этом случае при теплопередаче температура тела не изменяется.

Таким образом, процесс теплопередачи сопровождается изменением температуры тел или переходом тела из одного состояния в другое.

Изменение внутренней энергии тела является характеристикой процесса теплопередачи.

Количество теплоты - это физическая величина, равная изменению внутренней энергии тела, которое происходит при теплопередаче.

Количество теплоты - это мера изменения внутренней энергии. Поэтому единицы измерения количества теплоты те же, что и единицы измерения механической энергии.

В системе СИ единицей количества теплоты является джоуль (дж). Иногда используется также старая единица - калория (кал). Опытным путем было установлено (впервые это сделал английский ученый Джоуль), что для нагревания 1 грамма воды на 1°C необходимо затратить определенное количество энергии. Это количество энергии приняли за единицу количества теплоты и дали ей специальное название калория, $1 \text{ кал} = 4,2 \text{ Джоуля}$. Калория равна изменению внутренней энергии 1 грамма воды при нагревании на 1°C (от $19,5$ до $20,5^{\circ}\text{C}$). На практике применяется также единица количества теплоты, которая в 1000 раз больше калории - килокалория (ккал), $1 \text{ ккал} = 1000 \text{ кал} = 4200 \text{ Дж}$.

Удельная теплоемкость

Возьмем две колбы с различным количеством воды одинаковой температуры. Будем нагревать колбы с водой на одинаковых горелках до кипения. Мы увидим, что в колбе, в которой масса воды меньше, кипение начнется раньше, чем в колбе с большой массой воды. Воду с большей массой необходимо нагревать до кипения большее время, т.е. ей необходимо передать большее количество теплоты.

Опыт показывает, что для того, чтобы произошло одинаковое изменение температуры, колбе с водой, имеющей большую массу, необходимо сообщить большее количество теплоты.

Количество теплоты, которое необходимо сообщить телу, чтобы повысить его температуру на 1°C , называют теплоемкостью тела.

Точными опытами установлено, что для одного и того же вещества теплоемкость тела пропорциональна массе: во сколько раз больше масса, во столько раз больше теплоемкость.

Чтобы произошло одинаковое изменение температуры равных по массе различных веществ, необходимо сообщить им различное количество теплоты.

Следовательно, теплоемкость одинаковых масс различных веществ различна. На основании опытов можно сделать следующие выводы:

1. Теплоемкость тела пропорциональна массе тела (во сколько раз больше масса, во столько раз больше теплоемкость).

2. Теплоемкость тела зависит от вещества, из которого оно состоит.

На практике для сравнения теплоемкостей различных веществ определяют теплоемкость единицы массы этих веществ. Теплоемкость единицы массы веществ называют удельной теплоемкостью вещества.

Удельной теплоемкостью вещества называется количество теплоты, которое необходимо для изменения температуры единицы массы на 1°C .

Удельная теплоемкость вещества показывает количество теплоты, которое нужно сообщить телу, чтобы нагреть единицу его массы на 1°C или количество теплоты, которое единица массы отдает при охлаждении на 1°C .

Удельная теплоемкость в системе СИ измеряют Дж/кг * град.

Расчет количества теплоты

Часто на практике бывает нужно определить количество теплоты, необходимое для нагревания тела определенной массы на определенное число градусов.

Для нагревания тела на 1°C ему нужно сообщить количество теплоты, численно равное теплоемкости тела. Теплоемкость единицы массы вещества (удельная теплоемкость) известна из таблиц. Теплоемкость тела пропорциональна его массе: во столько раз больше масса, во столько раз больше теплоемкость.

$$\text{теплоемкость} = c * m,$$

где c - удельная теплоемкость;

m - масса вещества.

Чтобы нагреть тело от температуры t_1 до температуры t_2 , необходимо количество теплоты, равное:

$$Q = c * m (t_2 - t_1).$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела, равно произведению удельной теплоемкости вещества на массу тела и на изменение температуры тела.

Пример. Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы нагреть 2,5 кг воды от 20°C до 100°C? Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$.

$$Q = c * m (t_2 - t_1)$$
$$Q = 4200[\text{Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}] * 2.5 [\text{кг}] * (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 8,4 * 10^5 \text{ Дж}.$$

Теплотворность топлива. Тепловая отдача.

Коэффициент полезного действия (К.П.Д.) установки

Основным источником энергии является топливо: нефть, уголь, газ, торф и др. При сгорании различные виды топлива выделяют различные количество теплоты.

Чем больше энергии выделяется при сгорании 1 кг топлива, тем больше теплотворность этого топлива.

Теплотворностью (или калорийностью) топлива называется количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании 1 кг топлива.

Теплотворность измеряется в системе СИ в Дж/кг (несистемная единица кал/г, ккал/кг).

Теплотворность различных видов топлива определяется опытным путем с помощью специальных приборов.

Например, теплотворность нефти $4,41 * 10^7 \text{ Дж/кг}$. Это значит, что при полном сгорании 1 кг нефти выделяется $4,41 * 10^7$ джоулей энергии.

Количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании данного топлива, равно произведению теплотворности топлива на его массу:

$$Q = q * m,$$

где q - теплотворность топлива;

m - масса топлива.

Пример. Какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 20 граммов спирта?

$$Q = q * m = 3 * 10^7 \text{ Дж/кг} * 0,02 \text{ кг} = 6 * 10^5 \text{ Дж}.$$

Энергию, выделяющуюся при сгорании топлива, используют для нагревания тел на различных установках (нагревателях). При этом на нагревание данного тела идет вся выделяющаяся при сгорании топлива энергия, так как одновременно нагревается сама установка, окружающий воздух и расположенные поблизости другие тела.

Например, нагревается вода в чайнике на газовой плите. Кроме воды, при этом нагревается чайник, плита, окружающий воздух и др.

На полезное нагревание воды идет только некоторая часть энергии, выделяющейся при сгорании газа. Остальная часть этой энергии затрачивается на нагревание плиты, чайника, окружающего воздуха. Чем большая часть энергии идет на полезное нагревание, тем больше тепловая отдача установки.

Энергия, которая идет на нагревание данного тела, является полезно использованным количеством теплоты.

Вся энергия, которая выделяется при сгорании топлива - это затраченное количество теплоты.

Отношение полезно использованного количества теплоты ко всему затраченному количеству теплоты называют тепловой отдачей или коэффициентом полезного действия К.П.Д. установки.

$$\text{К.П.Д.} = Q_n / Q_z \text{ или в \% К.П.Д.} = Q_n / Q_z * 100\%,$$

где Q_n - полезно использованное количество энергии;

Q_z , - затраченное количество теплоты.

Закон сохранения энергии

в механических и тепловых процессах

Превращение энергии при механических процессах были рассмотрены ранее. Опыт показал, что если не учитывать трение и сопротивление воздуха, то при превращении кинетической энергии в потенциальную и наоборот выполняется закон сохранения механической энергии.

Внутренняя энергия тела может изменяться также при теплопередаче. Из опытов следует, что и при теплопередаче выполняется закон сохранения энергии: *энергия, которую отдает более нагретое тело, равна энергии, которую получают менее нагретые тела.*

Точные физические опыты подтверждают выполнения закона сохранения энергии для всех видов энергии (электрической, химической, атомной, механической, тепловой и т.д.). Он формулируется следующим образом:

Энергия не уничтожается и не возникает вновь. Она только переходит из одного вида в другой в равных количествах.

Закон сохранения энергии утверждает, что полная энергия всех взаимодействующих тел остается неизменной.

ВОПРОСЫ:

1. Как зависит теплоемкость тела от его массы?
2. Как зависит изменение температуры тела от количества теплоты, которое оно получает?
3. Напишите формулу количества теплоты.

**§14. Электризация, электрические заряды.
Проводники и диэлектрики. Закон сохранения заряда.
Электронная теория строения вещества. Закон Кулона**

Слова и словосочетания

Русский	Английский
заряд, заряженный (ая, ые)	charge, charged
электризация, электрический	electrification, electric
электризованный	electric
электроемкость	electrocapacity
контакт	contact
янтарь, янтарный	amber
шерсть, шерстяной	wool
положительный	positive
отрицательный	negative
проводник(и)	conductor(s)
диэлектрик	dielectric
диэлектрический	dielectric
диэлектрическая проницаемость	dielectric permittivity
нейтральный	neutral
дискретность (дискретен)	discrete
элементарный заряд	elementary charge
точечный заряд	point charge
одноименные заряды	like charges
разноименные заряды	unlike charges
изолятор, изолировать	insulator, isolate
переходить, перейти	change, to change
нести, несет заряд(ы)	to bear(carry) charge
вокруг, вокруг ядра	around, around nucleus
вращается вокруг ядра	rotate around the nucleus
орбита, по орбите (-там)	orbit, on orbit(s)
стационарная орбита	stationary orbit
представляет собой	represent
отталкиваться	to repel, push off
отталкиваться друг от друга	to repel from smith

ТЕКСТ

Ученые Древней Греции знали, что янтарь, натертый шерстью, притягивает легкие тела. Таким же свойством обладают некоторые другие твердые тела. Например, стеклянная палочка, хорошо натертая кожей, притягивает маленькие кусочки пробки. Когда твердые тела притягивают другие легкие тела, мы говорим: тело электризовано или тело обладает электрическим зарядом. Можно зарядить различные твердые тела путем трения их о другие тела. Опыт показывает: чтобы сообщить телу электрический заряд, нужно привести его в тесный контакт с другим телом. Хороший контакт получается при трении одного тела о другое.

Существуют два различных типа электрических зарядов. Заряд, которым обладает электризованная стеклянная палочка, называется положительным. Мы обозначаем положительный заряд + (или плюс). Заряд, которым обладает электризованная пластмассовая палочка, называется отрицательным. Отрицательный заряд мы обозначаем - (или минус). Термины «положительный» и «отрицательный» условны. Заряды одного знака называются одноименными. Заряды разных знаков называются разноименными.

Одноименные заряды отталкиваются, а разноименные заряды притягиваются.

Исследования показывают, что по одним телам электрический заряд переходит от одного места к другому, а по другим не переходит. Первые являются проводниками, а вторые - изоляторами. Материалы, из которых сделаны проводники, называются проводящими материалами. Хорошими проводящими материалами являются металлы. Материалы, из которых сделаны изоляторы, называются изолирующими материалами (или диэлектриками). Многие неметаллы являются диэлектриками.

Установлено, что заряды никогда не создаются и не уничтожаются. Они могут переходить от одного тела к другому.

Алгебраическая сумма электрических зарядов в изолированной системе тел всегда остается постоянной. Это закон сохранения заряда. Систему тел мы называем изолированной, если электрические заряды не могут покинуть эту систему или попасть в нее извне.

Электрический заряд дискретен, т.е. не может быть в природе заряда меньше, чем $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Таким зарядом обладают элементарные частицы электрон и протон. Их заряды равны по величине, противоположны по знаку. (электрона $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, протона $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

Электронная теория строения вещества

Атом имеет размеры около 10^{-10} м и состоит из ядра и электронов,

которые вращаются вокруг ядра по орбитам. Все электроны одинаковы, но движутся по разным орбитам. Масса ядра в несколько тысяч раз больше массы электрона. Размер ядра в тысячи раз меньше размеров атома. Ядро заряжено положительно, а электроны, которые движутся вокруг ядра по стационарным орбитам, несут отрицательный заряд. Общий (суммарный) заряд атома равен нулю (заряд атома лития $q = +3e - e - e_{\text{e}}$). В ядре имеются положительно заряженные протоны и нейтральные (не заряженные) нейтроны. Заряд электрона (или протон) и представляет собой элементарный заряд e . Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, масса протона 1840 раз больше и равна $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. ОТРИЦАТЕЛЬНО заряженные электроны притягиваются к ядру, но они отталкиваются друг от друга.

Проводники и изоляторы

В проводниках некоторые электроны могут свободно перемещаться по объему проводника. Такие электроны называются свободными электронами. Свободные электроны движутся по проводнику и переносят заряд из одного места проводника в другое.

В изоляторах нет свободных электронов, а есть электроны, прочно связанные с отдельными атомами. Можно зарядить изолятор при электризации, однако заряд изолятора не перемещается из одного места в другое.

Закон Кулона

Мы установили, что между различными электрическими зарядами существуют силы взаимодействия (одноименные заряды отталкиваются, разноименные - притягиваются). Силу взаимодействия между заряженными телами изучал французский физик Кулон. Кулон рассматривал взаимодействие заряженных тел, размеры которых были намного меньше, чем расстояние между ними. Эти тела были неподвижны (т.е. находились в статическом состоянии). Такие заряженные тела мы называем точечными неподвижными зарядами.

Кулон установил, что *сила, которая действует между точечными зарядами q_1 и q_2 , прямо пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.*

Закон Кулона выглядит так:

$$F \sim q_1 q_2 / r^2 \text{ или } F = k^* q_1 q_2 / r^2,$$

где k - коэффициент пропорциональности. $k = 1 / 4\pi\epsilon_0\epsilon$;

ϵ_0 - электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

В системе СИ $k = 1 / 4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9$ Н*м²/кл².

С учетом влияния среды формула закона Кулона записывается так:

$$F = 1 / 4\pi\epsilon\epsilon_0 * q_1q_2 / r^2,$$

где ϵ - называется относительной диэлектрической проницаемостью среды ($\epsilon = 1$ для вакуума, $\epsilon = 2$ для керосина, $\epsilon = 7$ для стекла и т.д.).

Единицы электрического заряда

Электрический заряд является физической величиной. Для измерения заряда нужно прежде всего ввести единицу заряда. В системе СИ единицей заряда является Кулон (сокращенно Кл).

Кулон - это заряд, проходящий за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока 1 А.

Электрический заряд дискретен, т.е. не может быть в природе заряда меньше, чем $1,6 * 10^{-19}$. Точечным зарядом называется любое заряженное тело, размерами которого можно пренебречь в данной задаче.

ВЫВОДЫ

1. Янтарь, стеклянная палочка, пластмасса, кусок резины и другие предметы, которые были натерты кожей, мехом или шелком, притягивают к себе кусочки бумаги, волосы, шерсть и пробковые шарики. Мы говорим, что эти предметы электрически заряжены или обладают электрическим зарядом. Незаряженные тела называются нейтральными.

2. При электризации трением на различных телах появляются разноименные (положительные и отрицательные) заряды.

3. Одноименные заряды отталкиваются, разноименные - притягиваются.

4. Закон Кулона описывает взаимодействие двух точечных неподвижных зарядов.

5. По электронной теории все вещества содержат положительно заряженные элементарные частицы, которые называются протонами, отрицательно заряженные частицы, которые называются электронами, и нейтральные частицы - нейтроны.

6. Заряд электрона (протона) является наименьшим зарядом, который может иметь тело. Такой заряд называется элементарным электрическим зарядом ($e = \pm 1,6 * 10^{-19}$).

7. Главную роль в большинстве электрических явлений играют электроны. В нейтральном состоянии тела общее число протонов равно общему числу электронов. Тело, обладавшее отрицательным зарядом, имеет некоторое число избыточных электронов. У такого тела число электронов больше, чем число протонов. Тело, обладающее положи-

тельным зарядом, потеряло часть своих электронов. У такого тела число электронов меньше, чем число протонов.

8. Заряд проводника всегда распределяется по его поверхности.

9. Во всех электрических явлениях соблюдается закон сохранения заряда - один из фундаментальных законов физики.

ВОПРОСЫ:

1. Чем отличаются друг от друга проводники и изоляторы?

2. Объясните явление электризации с точки зрения электронной теории.

3. Чему равен элементарный электрический заряд?

4. Как взаимодействуют одноименные электрические заряды?

5. Как взаимодействуют разноименные электрические заряды?

6. В каких единицах измеряется заряд в системе СИ?

7. Какие электроны называются избыточными?

Задача №1

Один металлический шар имеет заряд $-3,2 \cdot 10^{-10}$ Кл; второй имеет заряд $+0,8 \cdot 10^{-10}$ Кл. Шары соединяются друг с другом. Сколько избыточных электронов будет находиться на шарах после соединения?

Дано:

$$q_1 = -3,2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл.}$$

$$q_2 = +0,8 \cdot 10^{-10} \text{ Кл.}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

N-?

Решение

1) Найдем заряд обоих шаров после соединения:

$$q = q_1 + q_2 = -3,2 \cdot 10^{-10} + 0,8 \cdot 10^{-10} = -2,4 \cdot 10^{-10} \text{ Кл.}$$

2) Количество избыточных электронов, которые находятся на шарах, связано с зарядом по формуле:

$$q = N \cdot e$$

$$N = q/e = -2,4 \cdot 10^{-10} / -1,6 \cdot 10^{-19} = 1,5 \cdot 10^9$$

$$\text{Ответ: } N = 1,5 \cdot 10^9.$$

Задача №2

Можно ли наэлектризовать трением латунную палочку? Ответ: Можно, если палочку снабдить ручкой из изолятора.

Задача №3

С какой силой взаимодействуют два заряда $0,66 \cdot 10^{-7}$ Кл и $1,1 \cdot 10^{-5}$ Кл в воде на расстоянии 3,3 см? На каком расстоянии их следует поместить в вакууме, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

Задача №4

Два одинаковых по величине и знаку точечных заряда, расположенных на расстоянии 3 м друг от друга в вакууме, отталкиваются с силой 0,4 Н. Определить величину каждого заряда.

Задача №5

Почему при взаимодействии наэлектризованных тел, малых по массе, можно не учитывать гравитационные силы? Разобрать на примере взаимодействия двух электронов.

Задача №6

Как изменится сила взаимодействия между двумя точечными зарядами, если величину каждого заряда увеличить в четыре раза, а расстояние между зарядами уменьшить вдвое?

Задача №7

Сколько электронов было снято при трении со стеклянной палочки, если заряд ее равен $8 \cdot 10^{-8}$ Кл?

Задача №8

Каким будет заряд металлического шара, если на нем будут находиться $4 \cdot 10^{10}$ избыточных электронов?

Задача №9

С какой силой ядро атома водорода притягивает электрон, если радиус орбиты электрона $0,5 \cdot 10^{-10}$ м?

§15. Электрическое поле

Слова и словосочетания

Русский	Английский
исследовать (-ие, ия)	investigate (tion)
взаимодействие зарядов	interaction of charges
пробный заряд	probe charge
пространство	space
состояние	a condition
создавать (-ют, ет)	to create
действие, действовать	the action
на заряд действует сила	on a charge acting force
линия, линии	line
силовые линии	force line
направление	direction
защита	defense
Электростатическая защита	electrostatic
сфера, внутри сферы	sphere, in sphere
результатирующее поле	resulting field
поверхность	surface
концентрация электронов	concentration of electrons
диполь	dipole
электрический диполь	electric dipole
однородное поле	uniform field
изобразить	to represent
изобразить графически	to represent by graphically
Суперпозиция (наложения)	a superposition
поляризация диэлектрика	polarization of dielectric
потенциал	potential
разность потенциалов	a difference of potentials
точечный заряд	point charge
важная особенность	the important feature
контакт	contact

ТЕКСТ

Взаимодействие электрических зарядов имеет одну важную особенность: силы взаимодействия возникают без контакта заряженных тел. Такое взаимодействие осуществляется с помощью электрического поля.

Любой электрический заряд изменяет состояние окружающего пространства и создает в нем электрическое поле. Электрическое поле, которое создают неподвижные заряды, не изменяется с течением времени. Такое поле называется *электростатическим*.

Напряженность электрического поля

Для исследования электрического поля можно использовать электрический заряд. Если поместить заряд q_1 в некоторую точку электрического поля, то на заряд q_1 будет действовать сила F_1 . Используем вместо заряда q_1 заряд q_2 , на него будет действовать сила F_2 . При изменении величины заряда изменяется величина действующей силы.

Если брать точечные и небольшие по величине заряды, то оказывается, что отношение действующей силы к заряду одинаково в данной точке для всех использованных зарядов, т.е. $F_1 / q_1 = F_2 / q_2 = F_3 / q_3 = \dots = F_n / q_n = \text{const}$.

Это отношение характеризует электрическое поле в данной точке. Оно называется *напряженностью электрического поля*.

Напряженность электрического поля – это векторная величина, которая численно равна отношению силы, действующей на положительный заряд в данной точке, к величине этого заряда:

$$E = F / q.$$

В системе СИ напряженность измеряется в Н/Кл.

Направление напряженности совпадает с направлением силы, которая действует на положительный заряд и противоположно силе, которая действует на отрицательный заряд

Напряженность электрического поля точечного заряда

Заряженные тела, размеры которых весьма малы по сравнению с расстоянием между ними, называют точечными зарядами.

Из закона Кулона можно получить формулу для расчета напряженности поля точечного заряда. Пусть точечный заряд $+q$ создает электрическое поле в вакууме ($\epsilon = 1$). Поместим в какую-либо точку, которая находится на расстоянии r от заряда q , пробный заряд q_0 . На заряд q_0 будет действовать сила:

$$F = k * q q_0 / r^2,$$

где $k = 1 / 4\pi\epsilon_0 = 9 * 10^9 \text{ Н*м}^2 / \text{Кл}^2$.

Поэтому напряженность поля в этой точке:

$$E = F / q_0 = (k * q q_0 / r^2) / q_0 = k * q / r^2.$$

Энергетическая характеристика электростатического поля

На заряд, находящийся в однородном электрическом поле с напряженностью E , действует сила $F = E \cdot q$. Под действием этой силы заряд перемещается, и при этом совершается работа:

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

где S – перемещение;

α – угол между вектором перемещения и силы.

При перемещении заряда в однородном электрическом поле работа сил электростатического поля зависит не от пути, а от перемещения.

Это утверждение справедливо не только для однородного, но и для любого неоднородного электростатического поля.

Таким образом, электрические силы, как и силы гравитационные, являются потенциальными силами. Для них можно использовать понятие потенциальной энергии.

При перемещении заряда в электростатическом поле из точки 1 в точку 2 работа электрических сил равна разности потенциальных энергий заряда в этих точках:

$$A = \Pi_1 - \Pi_2.$$

Потенциалом электростатического поля называют отношение потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду:

$$\varphi = \Pi / q.$$

Практическое значение имеет не сам потенциал в точке, а изменение потенциала, т.е. разность значений потенциала в начальной и конечной точках траектории.

Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = A / q.$$

В системе СИ напряжение измеряется в Дж/Кл.

ВЫВОДЫ:

1. Электрические заряды создают в окружающем пространстве электрическое поле.
2. Напряженность электрического поля является силовой характеристикой электрического поля.
3. Электрическое поле, которое создает неподвижные заряды, называется электростатическим.
4. Работа сил электрического поля зависит только от начального и

конечного положения заряда, но не зависит от пути, по которому перемещается заряд.

5. Потенциал является важной характеристикой электрического поля. По определению электрический потенциал в данной точке численно равен работе, которую совершают силы поля при перемещении единичного, положительного заряда из данной точки поля в бесконечность.

Задача №1

На заряд 10^{-9} Кл электрическое поле точечного заряда, находящееся на расстоянии 50 см от заряда, действует с силой 10^{-5} Н. Найти величину точечного заряда.

Дано:

$$q_0 = 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F = 10^{-5} \text{ Н}$$

$$r = 0,5 \text{ м}$$

$$q = ?$$

По определению напряженности:

$$E = F / q_0 = 10^{-5} \text{ Н} / 10^{-9} \text{ Кл} = 10^4 \text{ Н/Кл}$$

Напряженность поля точечного заряда:

$$E = k \cdot q / r^2, \text{ откуда}$$

$$q = E \cdot r^2 / k = 10^4 \text{ Н/Кл} \cdot (0,5 \text{ м})^2 / 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл} = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

Задача №2

Определите силу взаимодействия электрона с ядром в атоме водорода, если расстояние между ними равно $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$ см.

Задача №3

Во сколько раз Кулоновская сила взаимодействия электрона с ядром в атоме водорода больше их гравитационного взаимодействия? ($m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $j = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н*м/кг²).

Задача №4

Какую работу совершает поле при перемещении заряда 20 нКл с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В? Из точки с потенциалом -100 В в точку с потенциалом 400 В?

§16. Постоянный электрический ток

Новые слова и словосочетания

Русский	Английский
длительный по времени	long period of time
электролит	electrolyte
свободные заряды	free charges
разветвления	branching
последовательно	sequence, successive
последовательное соединение	successive junction
параллельно	parallel
Параллельное соединение	parallel junction
участок цепи	part of a circuit
переменный (-ое, ая, ые)	oscillation
переменный ток	oscillation current
источник	source
источник тока	source of tock
аккумулятор	accumulator
аккумуляторная батарея	storage battery
генератор	generator
поперечное сечение	cross section
сторонние силы	
носители	carrier
носители зарядов	carrier of charges
препятствие	obstacle
препятствовать току	obstacle tock
Поддерживать электрическое поле	to support electrical field
поддержать	support
поддерживает (-ют)	support
длительное (-ый, ая, ые)	long
длительные во времени	long of time
замкнутая цепь	closed circuit

Постоянный электрический ток.

Электрический ток.

Единица силы электрического тока

В электростатике мы рассматривали неподвижные электрические заряды. Теперь мы начинаем изучать движение электрических зарядов. Этот раздел физики называется электродинамикой.

Направленное движение свободных электрических зарядов называется электрическим током.

Свободные заряды имеются в проводниках.

Свободные заряды в металлических проводниках - это электроны. Свободные заряды в электролитах - это ионы. Ионы могут быть положительными и отрицательными.

Свободные заряды в газах - это положительные ионы, отрицательные ионы и электроны.

В диэлектриках почти нет свободных зарядов, поэтому в диэлектриках нет электрического тока (свободных зарядов в диэлектриках в 10-20 раз меньше, чем в проводниках).

Если поместить проводник в электрическое поле, его свободные заряды начинают перемещаться. Такое перемещение зарядов представляет собой электрический ток. Но этот ток идет очень короткое время. В результате перемещения заряда поле внутри проводника становится равным нулю. Чтобы получить длительный во времени ток, мы должны создать и поддерживать поле внутри проводника.

Если величина и направление напряженности поля E внутри проводника не изменяется во времени, $E = \text{const.}(t)$, то мы получим постоянный ток. В проводниках заряд носителей тока может быть как положительным, так и отрицательным. Положительные заряды движутся в направлении поля (по полю). Отрицательные заряды движутся в противоположном направлении (против поля).

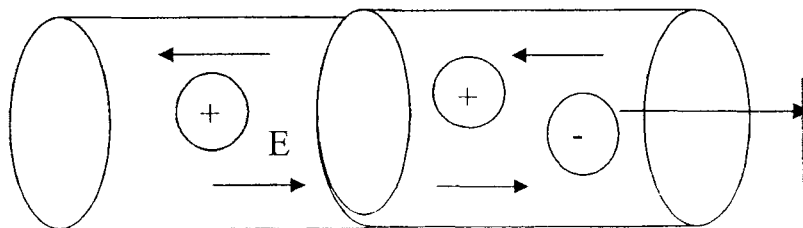


Рис.4.

Для характеристики движения зарядов в проводниках использу-

ется физическая величина, которая называется силой электрического тока.

Сила электрического тока - это величина, которая численно равна электрическому заряду, проходящему через поперечное сечение проводника за 1 секунду:

$$I = q / t.$$

В металлах движутся свободные электроны.

Поэтому выражения для силы тока, можно записать так:

$$I = q / t = e * N / t,$$

где N - число электронов;

e - заряд электрона.

Сила тока в системе СИ измеряется в амперах.

Если сила тока равна 1 амперу, то через поперечное сечение проводника за одну секунду протекает заряд, равный 1 кулону.

$$1 \text{ А} = 1 * \text{Кл/с}; \quad 1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} * 1 \text{ сек.}$$

На практике используются следующие две единицы тока: миллиампер (мА) и микроампер (мкА): $1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}$ $1 \text{ мкА} = 10^{-6} \text{ А}$.

Для измерения силы тока существуют специальные приборы: амперметры, килоамперметры, миллиамперметры, микроамперметры, гальванометры. Приборы для измерения силы тока в проводнике нужно включать последовательно с проводником.

Условия существования электрического тока.

Источники тока

Мы определили, что такое электрический ток.

Ответим теперь на другие вопросы: «Каковы условия существования электрического тока? Как получить электрический ток?»

Во-первых, ток может существовать там, где есть свободные носители заряда, то есть в проводниках.

Во-вторых, для получения тока необходимо создать и поддерживать электрическое поле внутри проводника.

Каким образом можно поддерживать поле в проводнике? Это делается с помощью специальных устройств, которые называются источниками тока.

Какую роль выполняет источник тока? Когда к источнику тока присоединяется проводник, источник тока поддерживает разность потенциалов между концами проводника. Источниками тока являются аккумуляторы, батареи, генераторы и т.д., внутри которых под действием некоторых сил неэлектрического происхождения (механической, химической и т.д. природы) происходят процессы приводящие к

разделению зарядов. Эти силы называются сторонними силами. Эти сторонние силы направлены против электрических сил.

Из-за действия сторонних сил внутри источника носители тока движутся против направления электрических сил.

Проводники тока и присоединенный к нему источник тока и образуют замкнутую электрическую цепь.

Для получения электрического тока необходимо собрать электрическую цепь.

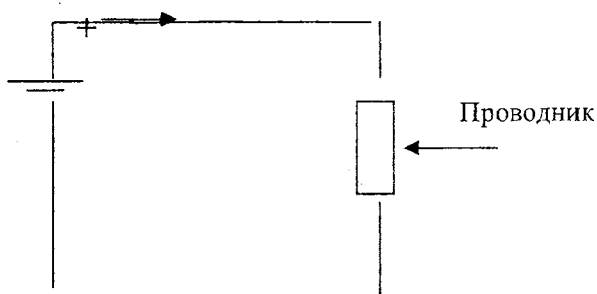


Рис.5.

Измерение силы тока и напряжения

Для измерения силы тока в проводнике применяется амперметр. Амперметр включают последовательно с проводником. Так как амперметр обладает некоторым внутренним сопротивлением, то сопротивление участка цепи с включенным амперметром увеличивается, и при этом сила тока уменьшается. Чтобы амперметр оказывал как можно меньше влияния на силу тока, измеряемую им, его сопротивление делают очень малым.



Рис.6.

Для измерения напряжения на участке цепи с сопротивлением R к нему параллельно подключают вольтметр.

Напряжение на вольтметре совпадает с напряжением на участке цепи. Если сопротивление вольтметра R_v , то после включения его в цепь сопротивление участка будет уже не R , а:

$$R' = R * R_v / R + R_v < R.$$

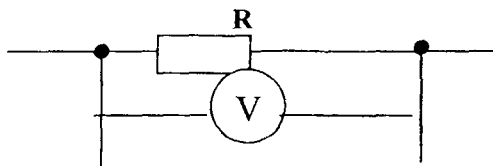


Рис.7.

Из-за этого измеряемое напряжение на участке цепи уменьшается.

Для того, чтобы вольтметр не вносил заметных искажений в измеряемое напряжение, его сопротивление должно быть большим по сравнению с сопротивлением участка цепи, на котором измеряется напряжение.

Электрический ток в металлах

В металлах свободными носителями заряда являются электроны. Ионы металлов закреплены в узлах кристаллической решетки и не являются свободными носителями. Электроны заряжены отрицательно. Они движутся против электрического поля. Поэтому в металлах носители тока перемещаются в направлении, которое противоположно направлению поля. Особенностью металлов является то, что в них имеется большое число свободных электронов (концентрация их достигает $\sim 10^{28} : 10^{29}$ электронов (м^3)). Электрический ток в металлических проводниках хорошо исследован.

Установлены законы электрического тока в металлах. Эти законы отвечают на вопросы: «От чего зависит ток? Как можно увеличить или уменьшить ток?» Ток в металлическом проводнике подчиняется закону Ома.

Закон Ома для участка цепи.

Сопротивление и проводимость

Соберем электрическую цепь, как показано на рисунке (1). Сила тока, протекающего через металлический проводник, измеряется амперметром, а разность потенциалов на концах проводника (между точками α и β) измеряется вольтметром (вольтметр нужно включать параллельно проводнику).

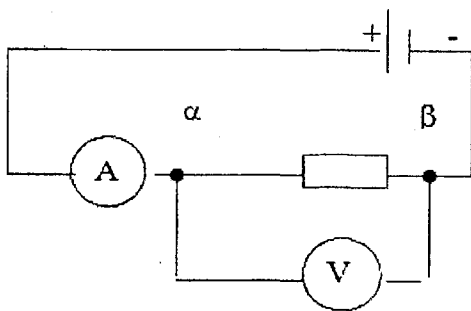


Рис.8.

Будем включать в цепь различные источники тока. При этом будет изменяться разность потенциалов ($\varphi_\alpha - \varphi_\beta$) и сила тока. Экспериментально можно установить, что силы тока и разность потенциалов пропорциональны друг другу:

$$(\varphi_\alpha - \varphi_\beta) = I \cdot R,$$

где R - коэффициент пропорциональности, который характеризует

свойства проводника (на участке $\alpha \beta$).

Коэффициент пропорциональности R называется электрическим сопротивлением. Иногда используется величина, обратная R :

$$G = 1/R.$$

Она называется электропроводностью.

Разность потенциалов ($\varphi_\alpha - \varphi_\beta$) называют электрическим напряжением и обозначают буквой U :

$$U = (\varphi_\alpha - \varphi_\beta).$$

Закон связи между напряжением и силой тока установил немецкий ученый Ом, поэтому этот закон назван законом Ома для участка цепи:

$$I = U/R.$$

Сила тока в металлическом проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению этого проводника.

Сопротивление проводника - это физическая величина, которая характеризует свойства проводника препятствовать электрическому току.

В системе СИ сопротивление измеряется в Омах.

Из формулы $I = U/R$, $R = U/I$:

$$1 \text{ Ом} = 1\text{В} / 1\text{А}.$$

Сопротивление проводника зависит от материала, из которого сделан проводник, от размеров и формы проводника.

$$R = \rho l / S,$$

где l – длина проводника;

S – площадь поперечного сечения;

ρ – удельное сопротивление проводника.

В системе СИ ρ измеряется $\text{Ом} \cdot \text{м}^2 / \text{м} = \text{Ом} \cdot \text{м}$.

На практике для измерения ρ часто используется меньшая единица $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$.

Величина, обратная удельному сопротивлению ρ , $j = 1/\rho$ называется удельной электропроводностью.

Последовательное и параллельное соединение проводников

При последовательном соединении электрическая цепь не имеет разветвлений. Все проводники включают в цепь поочередно друг за другом.

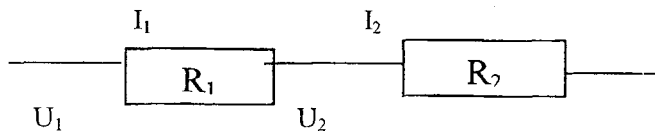


Рис.9.

На рисунке показано последовательное соединение двух проводников, имеющих сопротивления R_1 и R_2 .

Сила тока в обоих проводниках одинакова, т.е. $I_1 = I_2 = I$.

Напряжение на концах рассматриваемого участка цепи складывается из напряжений на первом и втором проводниках:

$$U = U_1 + U_2.$$

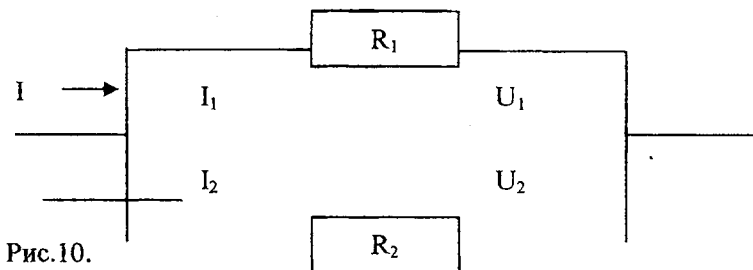
Полное сопротивление всего участка цепи равно:

$$R = R_1 + R_2.$$

Напряжение на проводниках и их сопротивление при последовательном соединении связаны соотношениями:

$$U_1 / U_2 = R_1 / R_2; \quad U_1 R_2 = U_2 R_1.$$

Параллельное соединение проводников



При параллельном соединении электрический ток разветвляется на две части, и поэтому ток в цепи равен:

$$I = I_1 + I_2.$$

Напряжение U на концах проводника одно и то же:

$$U = U_1 = U_2.$$

Полное сопротивление участка равно:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2; \quad R = R_1 * R_2 / R_1 + R_2.$$

Сила тока в каждом из проводников и сопротивление проводников при параллельном соединении связаны соотношением:

$$I_1/I_2 = R_2/R_1; \quad I_1 * R_1 = I_2 * R_2.$$

ВЫВОДЫ

1. Электрический ток связан с направленным (упорядоченным) движением свободных зарядов. Для существования тока нужно создать и поддерживать электрическое поле в проводнике.

2. Длительные во времени электрические токи могут быть получены в замкнутой электрической цепи, которая состоит из источника и проводника.

3. Направленное движение зарядов характеризуется физической величиной - силой тока I . При $I = \text{const}$ получается постоянный ток. Для получения постоянного тока нужно поддерживать в проводнике постоянную напряженность электрического поля $E = \text{const}$.

В металлическом проводнике сила тока связана с напряжением по закону Ома. Сопротивление проводника зависит от его геометрических размеров, материала и температуры.

ВОПРОСЫ:

1. Что такое электрический ток?
2. При каких условиях может существовать длительный электрический ток?
3. Какие свободные носители участвуют в электрическом токе в твердых телах? В жидкостях? В газах?

4. Дайте определение силы тока как физической величины. В каких единицах она измеряется?
5. Какой электрический ток мы называем постоянным?
6. Нарисуйте схему включения амперметра и вольтметра в цепь.
7. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
8. От чего зависит сопротивление проводника?

Задача №1

По проводнику идет постоянный ток 10 мА. Сколько электронов пересекает поперечное сечение проводника при направленном движении за 2 мин. 40 сек.?

Дано:

$$I = 10 \text{ мА} = 10^{-2} \text{ А}$$

$$t = 2 \text{ мин.} = 160 \text{ с.}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

$N = ?$

Решение:

$$I = q/t = e \cdot N/t; \text{ отсюда } N = I \cdot t / e$$

$$N = 10^{-2} \text{ А} \cdot 160 \text{ с} / 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = 10^{19} \text{ эл.}$$

$$N = 10^{19} \text{ эл.}$$

Задача №2

Сопротивление 1 метра медной проволоки диаметром 0,1 мм равно 2,23 Ом. Каково удельное сопротивление меди?

Задача №3

В электрическую сеть включены последовательно плитка, реостат и амперметр, сопротивление которых $R_1 = 50 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 0,1 \text{ Ом}$ соответственно. Определить разность потенциалов на плитке, реостате и амперметре по отдельности, если ток в цепи $I = 4 \text{ А}$.

§17. Работа и мощность тока. Закон Джоуля Ленца. Закон Ома для замкнутой цепи

Слова и словосочетания

Русский	Английский
последовательное	consecutive
внутреннее сопротивление	internal resistance
внешнее сопротивление	external resistance
замкнутый (-ое, -ая, -ые)	closed
замкнутая цепь	the closed circuit
полюс источника тока	pole a source of current
положительный полюс	positive pole
отрицательный полюс	negative pole
короткое замыкание	short current
кристаллическая решетка	crystal lattice
эквивалентная формула	equivalent formula
сторонние силы	
соединительные провода	connecting wires
соединение (-ия)	connection
соединять (-ет, -ют)	to connect
гальванический элемент	galvanic element
аккумулятор	accumulator

Работа и мощность тока

Электрический ток получил такое широкое применение потому, что он несет с собой энергию. Эта энергия может быть превращена в любую форму.

При упорядоченном движении заряженных частиц в проводнике электрическое поле совершает работу: ее принято называть работой тока.

Пусть за время Δt через поперечное сечение проводника проходит заряд Δq . Тогда электрическое поле совершит работу:

$$A = \Delta q * U.$$

Так как сила тока $I = \Delta q / \Delta t$, то эта работа равна:

$$A = I \cdot U \cdot \Delta t.$$

Работа тока на участке цепи равна произведению силы тока, напряжения и времени, в течение которого совершалась работа.

Согласно закону сохранения энергии эта работа должна быть равна изменению энергии рассматриваемого участка цепи. Поэтому энергия, выделяемая на данном участке цепи за время Δt , равна работе тока A .

В случае, если на участке цепи не совершается механическая работа, и ток не производит химических действий, происходит только нагревание проводника. Нагретый проводник отдает теплоту окружающим телам.

Нагревание проводника происходит следующим образом. Электрическое поле ускоряет электроны. После столкновения с ионами кристаллической решетки они передают ионам свою энергию. В результате энергия беспорядочного движения ионов около положения равновесия возрастает. Это и означает увеличение внутренней энергии. Температура проводника при этом повышается, и он начинает передавать теплоту окружающим телам. Если в формуле (1) выразить либо напряжение через силу тока, либо силу тока через напряжение, то получим эквивалентные формулы:

$$A = I \cdot U \cdot \Delta t = I^2 \cdot R \cdot \Delta t = U^2 / R \cdot \Delta t = Q.$$

Закон Джоуля-Ленца

Закон, определяющий количество теплоты, которое выделяет проводник с током в окружающую среду, был впервые установлен экспериментально английским ученым Д. Джоулем (1818-1889) и русским ученым Э.Х. Ленцем (1804-1865).

Закон Джоуля-Ленца был сформулирован следующим образом:

Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения тока по проводнику:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t.$$

Мощность тока

Любой электрический прибор (лампа, электродвигатель) рассчитан на потребление определенной энергии в единицу времени. Поэтому наряду с работой тока очень важное значение имеет понятие *мощности тока*.

Мощность тока равна отношению работы тока за время Δt к этому интервалу времени.

Согласно определению:

$$P = A/\Delta t = I \cdot U.$$

Это выражение для мощности можно переписать в нескольких эквивалентных формах, если использовать закон Ома для участка цепи:

$$P = I \cdot R = I^2 \cdot R = U^2/R.$$

На большинстве приборов указана потребляемая им мощность.

Закон Ома для полной цепи. Электродвижущая сила (ЭДС)

Любые силы, действующие на электрически заряженные частицы, за исключением сил электростатического происхождения (т.е. кулоновских), называют сторонними силами. Действие сторонних сил характеризуется важной физической величиной, называемой *электродвижущей силой*.

Электродвижущая сила в замкнутом контуре представляет собой отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:

$$\mathcal{E} = A_{\text{ст}}/q.$$

ЭДС выражается в вольтах.

Можно говорить об электродвижущей силе на любом участке цепи. Это удельная работа сторонних сил (работа по перемещению единичного заряда) не во всем контуре, а только на данном участке.

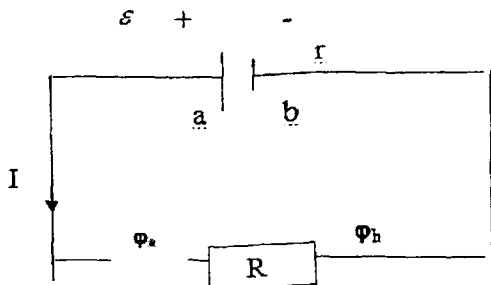
Источник тока создает электрическое поле внутри проводника и поддерживает электрический ток в проводнике. Одновременно источник тока является источником электрической энергии, которая превращается в тепловую энергию на сопротивлении R . Сторонние силы совершают внутри источника тока работу $A_{\text{ст}}$ по перемещению электрического заряда. Эта работа пропорциональна заряду q , прошедшему через источник тока. Отношение $A_{\text{ст}}/q$ является важной характеристикой источника тока и называется ЭДС (электродвижущая сила) источника тока.

$$\mathcal{E}_0 = A_{\text{ст}}/q, \quad A_{\text{ст}} = \mathcal{E}_0 \cdot q.$$

Закон Ома для замкнутой (полной) электрической цепи

Рассмотрим замкнутую электрическую цепь. Мы пренебрегаем сопротивлением соединительных проводов между источником ЭДС и точками a и b электрической цепи (мы считаем это сопротивление равным нулю). Поэтому потенциал положительного полюса источника

равен φ_a , отрицательного полюса - φ_b . Используем закон сохранения и превращения энергии. Пусть за время t через источник пройдет заряд $q = I \cdot t$. Тогда сторонние силы совершают работу:



$$A_{ст} = \varepsilon_0 \cdot q = \varepsilon_0 \cdot I \cdot t.$$

Это значит, что $\varepsilon_0 \cdot I \cdot t$ джоулей внутренней энергии источника превратились в электрическую энергию. За счет работы сторонних сил на сопротивление R и r (внутреннее сопротивление источника тока) выделяется некоторое количество теплоты $Q = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t$. По закону сохранения и превращения энергии запишем:

$$A_{ст} = Q; \quad \varepsilon \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t; \quad \varepsilon = I \cdot R + I \cdot r;$$

$$I = \varepsilon / (R + r).$$

Эта формула называется *законом Ома для замкнутой электрической цепи*.

Сила тока в замкнутой цепи равна отношению электродвижущей силы цепи к сумме внутреннего и внешнего сопротивлений.

Произведение $I \cdot R$ часто называют падением напряжения на внешнем сопротивлении, а $I \cdot r$ - падение напряжения внутри источника тока. Значит, ЭДС, действующая в замкнутой цепи, равна сумме падений напряжений в этой цепи.

ВОПРОСЫ:

1. Какие силы принято называть сторонними?
2. Что называется работой тока?
3. Что такое мощность тока?
4. Напишите формулу закона Джоуля-Ленца и сформулируйте этот закон.
5. Что такое источник тока?
6. Дайте определение ЭДС. В каких единицах она измеряется?

7. Как найти сопротивление двух проводников, соединенных последовательно, параллельно?
8. Почему амперметр включают в цепь последовательно, а вольтметр параллельно?
9. Сформулируйте закон Ома для полной цепи.

ВЫВОДЫ:

1. Простая электрическая замкнутая цепь состоит из источника тока и проводника, который присоединен к полюсам источника. Основными характеристиками источника тока являются его электродвижущая сила (ЭДС) и внутреннее сопротивление.
2. Применение закона сохранения и превращения энергии в замкнутой цепи приводит к закону Ома для замкнутой цепи.
3. Параллельное и последовательное соединение проводников и комбинации этих соединений дает возможность получать участки цепи с различным сопротивлением.
4. В проводниках, ток которых подчиняется закону Ома, количество выделенной теплоты может быть подсчитано по закону Джоуля-Ленца.
5. Рассмотрение движения отдельных свободных электронов в металле приводит к математической формуле, эквивалентной закону Ома.

Задача №1

Аккумулятор с ЭДС $\varepsilon = 6$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,1$ Ом питает внешнюю цепь сопротивлением $R = 12,4$ Ом. Какое количество теплоты выделится во всей цепи за время $t = 10$ мин?

Решение:

Согласно закону Ома для замкнутой цепи, ток в цепи равен:

$$I = \varepsilon / (R + r).$$

Количество теплоты, выделившейся на внешнем участке цепи, равно:

$$Q_1 = I^2 * R * t, \text{ на внутреннем: } Q_2 = I^2 * r * t.$$

Полное количество теплоты равно:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 = I^2 * R * t + I^2 * r * t = I^2 * (R + r) = \\ &= \varepsilon^2 * t / (R + r) = (6\text{В})^2 * 600\text{с} / (12,4\text{Ом} + 0,1\text{Ом}) = 1,7 * 10^3 \text{Дж} \\ Q &= 1,7 * 10^3 \text{Дж}. \end{aligned}$$

Задача №2

Гальванический элемент с ЭДС 5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом замкнут на проводник с сопротивлением 40 Ом. Чему равно напряжение на этом проводнике?

Задача №3

К некоторому сопротивлению приложено напряжение 60 В. За 1 сек. на сопротивлении выделяется 40 Дж теплоты. Чему равно сопротивление?

Задача №4

Какое количество теплоты выделилось в реостате, имеющем сопротивление 6 Ом, если за 5 мин. через него прошло 600 Кл электричества.

Задача №5

Почему при одной и той же величине тока тонкая проволока нагревается сильнее, чем толстая?

§18. Магнитное поле и его характеристики

Новые слова и словосочетания

Русский	Английский
магнит	magnet
магнитная стрелка	magnetic arrow
магнитные волны	magnetic wave
продолговатый (-ое, -ая, -ые)	oblong
индукция магнитного поля	induction of magnetic field
отрезок проводника	piece of conductor
пространство	space
пространство вокруг (чего?)	space around
пара сил	pair of forces

Мы установили, что неподвижные электрические заряды создают в окружающем пространстве электрическое поле. Это электрическое поле осуществляет взаимодействие неподвижных зарядов.

При движении зарядов к электрическим силам добавляются силы новой природы - магнитные силы.

Существование магнитных сил подтверждается взаимодействием проводников, по которым идет электрический ток.

Взаимодействие проводников, по которым идет ток, осуществляется магнитным полем, создаваемым электрическим током в окружающем пространстве.

Существование магнитного поля подтверждается также следующими опытами:

- 1) магнитная стрелка, которая находится вблизи проводника с током, изменяет свое первоначальное положение;
- 2) проводник с током в магнитном поле постоянного магнита отклоняется от положения равновесия.

Магнитная индукция. Линия магнитной индукции

Рассмотрим, что дает исследование магнитного поля с помощью магнитной стрелки. В любой точке поля стрелка останавливается в определенном направлении. Значит, как и электрическое поле, магнитное поле характеризуется векторной величиной, которая аналогична

напряженности электрического поля. Эта векторная величина связана с силой, ориентирующей магнитную стрелку, и называется индукцией магнитного поля (или коротко - магнитной индукцией). Магнитная индукция обозначается \vec{B} . Направление B определяется с помощью магнитной стрелки.

Вектор магнитной индукции направлен туда, куда указывает северный (N) полюс магнитной стрелки.

Однако магнитную стрелку нельзя использовать для определения величины B . Магнитная стрелка не может выполнить ту роль, которую выполняет пробный электрический заряд. Магнитная стрелка представляет собой маленький продолговатый магнит с двумя полюсами на концах: южный S и северный N.

Графически магнитное поле изображается с помощью линий магнитной индукции. Линиями магнитной индукции называют линии, касательные к которым направлены так же, как и вектор B данной точки поля.

Мы определили направление вектора магнитной индукции с помощью магнитной стрелки.

Величину вектора магнитной индукции можно установить по силе, которая действует на проводник с током в магнитном поле.

Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле.
Закон Ампера.

В результате многочисленных опытов с различными проводниками в различных магнитных полях было установлено, что величина силы, действующей на проводник с током, зависит:

- 1) от силы тока;
- 2) от положения проводника в магнитном поле;
- 3) от формы проводника;
- 4) от магнитного поля.

Опыт дает следующую формулу для величины действующей магнитной силы на проводник с током:

$$F = I \cdot B \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha,$$

где I - сила тока;

Δl - малый отрезок проводника;

B - индукция магнитного поля;

α - угол между вектором магнитной индукции и направлением проводника с током.

Это выражение называют *законом Ампера*.

Закон Ампера читается следующим образом:

Величина силы, которая действует на проводник с током в маг-

нитном поле, равна произведению силы тока I , длины проводника Δl , индукции магнитного поля и синуса угла между направлением проводника с током и направлением вектора индукции магнитного поля.

Направление силы Ампера определяется правилом левой руки:

Если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная к проводнику составляющая вектора магнитной индукции B входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы, действующей на отрезок проводника.

Единица магнитной индукции

За единицу магнитной индукции можно принять магнитную индукцию однородного поля, в котором на участок проводника длиной 1 м при силе тока в нем 1 А действует со стороны поля максимальная сила $F_m = 1 \text{ Н}$.

1 ед. магнитной индукции = 1 Н/Ам : 1 Тл = 1 Н/ Ам.

Единица магнитной индукции получила название Тесла (Тл) в честь югославского ученого-электротехника Н. Тесла (1856-1949).

Сила Лоренца

Закон Ампера описывает действие магнитного поля на проводник с электрическим током. Силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называют силой Лоренца в честь великого голландского физика Х. Лоренца (1853-1928).

$$F_n = F/N,$$

где F - сила, действующая на участок проводника Δl ;

N - число заряженных частиц на этом участке проводника.

$$F_n = F/N = I \cdot B \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha / N = q \cdot n \cdot v \cdot \Delta l \cdot B \cdot \sin \alpha = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha.$$

$$I = q \cdot n \cdot v \cdot s.$$

$N = n \cdot s \cdot \Delta l$ - число заряженных частиц в рассматриваемом объеме.

$$F_n = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

где α - угол между вектором скорости и вектором магнитной индукции.

ВЫВОДЫ:

1. В пространстве вокруг постоянных магнитов и проводников с током существует магнитное поле. Это магнитное поле действует на магнитную стрелку, а также на другие проводники с током и осуществляет взаимодействие токов.

2. Основной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции B . Направление вектора магнитной индукции можно найти с помощью магнитной стрелки. Величина вектора магнитной индукции определяется по силе, которая действует на проводник с током в магнитном поле (закон Ампера).

3. На заряд, который движется в магнитном поле, действует сила Лоренца. Величина силы Лоренца зависит от заряда, скорости его движения, магнитной индукции и направления движения. Сила Лоренца всегда направлена перпендикулярно вектору скорости заряда и вектору магнитной индукции. Сила Лоренца и скорость заряда определяют траекторию движения заряда в магнитном поле.

4. Магнитное взаимодействие параллельных токов положено в основу единицы силы тока в системе СИ - 1 Ампера.

ВОПРОСЫ:

1. Какое поле существует в пространстве, которое окружает проводники с током и постоянные магниты?
2. Как определяется направление линий магнитной индукции?
3. Как называется основная характеристика магнитного поля? В каких единицах она измеряется?
4. Напишите формулу закона Ампера.
5. Дайте определение единицы силы тока в системе СИ.
6. Какая сила действует на движущиеся электрические заряды в магнитном поле?

§19. Электромагнитная индукция

Слова и словосочетания

Русский	Английский
замыкание	connection
замыкать ключ, размыкать	to connect a cay
размыкание ключа	disconnection of a cay
Неподвижный проводник вызывать (-ет, -ют)	causes
вихревое поле	vortex field
магнитный поток	magnetic flow
препятствие	interference
препятствует изменению	interference to change
самоиндукция	self-induction
индуктивность	induction
индуктивность катушки	induction coil
индукционный ток	induction current
локальный, локализовать	local, to locate

В предыдущей главе мы рассмотрели два следующих важных факта из теории электромагнетизма:

1. В пространстве вокруг проводника с током создается магнитное поле.
2. На проводник с током в магнитном поле действует магнитная сила.

До сих пор изучались магнитные поля, которые не изменялись во времени. Такие постоянные магнитные поля можно получить двумя способами:

- 1) пропускать постоянный ток по неподвижным проводникам;
- 2) использовать неподвижный постоянный магнит.

При рассмотрении магнитной силы, которая действует на проводники с постоянным током в магнитном поле, мы также считали проводники неподвижными.

Оказывается, что при изменении магнитного поля со временем или при движении проводников в магнитном поле наблюдается новое физическое явление, которое называется *электромагнитной индукцией*.

Открытие этого явления, сделанное в 1831 году М. Фарадеем, имело огромное влияние на развитие науки и техники.

Рассмотрим опыт Фарадея. Соберем цепь, состоящую из катушки и гальванометра. Возьмем постоянный магнит и будем приближать и удалять магнит от катушки. При движении магнита относительно катушки гальванометр показывает ток в цепи. Величина тока в цепи гальванометра зависит от скорости движения магнита: чем больше скорость движения магнита, тем больше ток.

Направление тока в цепи гальванометра зависит от направления движения магнита (при приближении магнита ток направлен в одну сторону, при удалении - в противоположную).

Появление тока в цепи гальванометра показывает, что в этой цепи возникает электродвижущая сила (ЭДС). Электродвижущая сила появляется только при движении проводников или при изменении магнитного поля. Она называется *электродвижущей силой электромагнитной индукции*. Ток, который вызывается этой ЭДС, называется индукционным током, а само явление - *электромагнитной индукцией*.

Величина ЭДС электромагнитной индукции.

Закон Фарадея

М. Фарадей установил, что ЭДС электромагнитной индукции в замкнутом контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через контур.

Пусть за интервал времени Δt магнитный поток через контур изменился на величину $\Delta\Phi$. Тогда ЭДС индукции равна:

$$\varepsilon_i = k \cdot \Delta\Phi / \Delta t,$$

где $\Delta\Phi = (\Phi_2 - \Phi_1)$ - изменение магнитного потока через контур за время Δt ;

$\Delta\Phi / \Delta t$ - скорость изменения магнитного потока;

k - коэффициент пропорциональности.

Отметим важное свойство ЭДС электромагнитной индукции. Причиной появления ЭДС является переменный магнитный поток, поэтому источник ЭДС электромагнитной индукции не локализован на определенном участке замкнутого проводника. Электрическое поле индуцируется во всем проводнике, который охватывает изменяющееся магнитное поле. Это электрическое поле вызывает в проводнике индукционный ток.

Изменение магнитного поля вызывает появление электрического поля.

В отличие от электростатического, магнитные поля замкнуты.

Возникающее электрическое поле называется вихревым.

Закон Ленца для направления индукционного тока

Ленц установил следующий закон для направления индукционного тока:

Индукционный ток всегда имеет такое направление, что его собственное магнитное поле препятствует изменению внешнего магнитного потока через контур.

С учетом закона Ленца закон Фарадея можно записать так:

$$\varepsilon_i = - k^* \Delta\Phi/\Delta t.$$

k в системе СИ равна 1.

Магнитное поле индукционного тока противодействует изменению внешнего магнитного потока.

Самоиндукция. Индуктивность

Ток, который идет по замкнутой цепи, создает магнитное поле в окружающем пространстве. При изменении силы тока в контуре изменяется и созданное им магнитное поле, а потому индуцируется ЭДС самого контура.

Эта ЭДС называется электродвижущей силой самоиндукции. Самоиндукция - частный случай электромагнитной индукции. Так как вектор индукции пропорционален силе тока, то и магнитный поток пропорционален силе тока, т.е.:

$$\Phi = I^*L,$$

$$\varepsilon_{с.и.} = - L^*I/\Delta t = - L^*\Delta I/\Delta t.$$

Коэффициент пропорциональности L называют *индуктивностью контура*. Он зависит от формы, размеров контура и магнитных свойств среды:

$$L = - \varepsilon_{с.и.}/\Delta I/\Delta t.$$

Индуктивность - это коэффициент, численно равный ЭДС самоиндукции при скорости изменения силы тока, равной единице.

В СИ индуктивность выражается в генри (Гн). Генри - индуктивность такого контура, в котором при изменении силы тока со скоростью 1 А/с возникает ЭДС самоиндукции 1В.

ВЫВОДЫ:

1. При движении проводников в магнитном поле при изменении магнитного поля наблюдается явление электромагнитной индукции.

2. Явление электромагнитной индукции характеризуется ЭДС электромагнитной индукции, величина которой определяется законом Фарадея.

3. ЭДС электромагнитной индукции создает электрический индуцированный ток в замкнутом контуре. Направление этого тока определяется законом Ленца.

4. Самоиндукция является частным случаем электромагнитной индукции. Самоиндукция возникает в любом контуре при изменении тока в контуре.

5. Величина ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения тока.

6. ЭДС самоиндукции тем больше, чем больше индуктивность цепи. Большую индуктивность имеют катушки с железным сердечником.

ВОПРОСЫ:

1. Опишите опыты Фарадея.
2. Объясните, в чем состоит явление электромагнитной индукции.
3. Сформулируйте закон Ленца.
4. Запишите формулу закона Фарадея с учетом закона Ленца.
5. Что называется индуктивностью электрической цепи?
6. В каких единицах измеряется индуктивность в системе СИ?
7. Дайте определение единицы индуктивности в системе СИ.

Задача №1

Чему равен коэффициент самоиндукции катушки, если за время $\Delta t = 0,5$ с ток в цепи изменился с $I_1 = 10$ А до $I_2 = 5$ А, а наведенная при этом ЭДС на концах катушки $\epsilon_{с.и.} = 25$ В?

Задача №2

Индуктивность катушки с сердечником равна 20 Гн, ток в ней 10 А. Какая ЭДС самоиндукции возникнет в катушке, если цепь разорвется и ток спадет равномерно до нуля за 0,1 сек?

Задача №3

Какова индуктивность дросселя, если при изменении в нем тока со скоростью 80 А/с ЭДС самоиндукции равен 30 В.

Задача №4

Какой должна быть скорость изменения тока в обмотке электромагнита с индукцией 2 Гн, чтобы среднее значение ЭДС самоиндукции было равно 20 В?

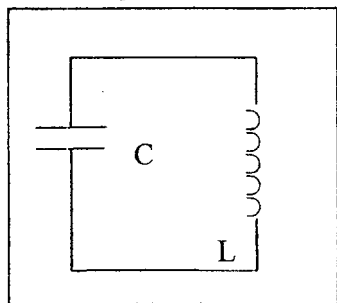
затухающие колебания	attenuation frequency
неразрывная связь	indissoluble connection

Свободные и вынужденные электромагнитные колебания

Открытие электромагнитной индукции углубило наши представления об электромагнитном поле. Благодаря самоиндукции возможны колебания заряда силы тока и других величин, характеризующих электрические цепи. Эти колебания называются электромагнитными и имеют много общего с механическими колебаниями.

Периодические изменения заряда, силы тока и напряжения называются электромагнитными колебаниями.

Обычно эти колебания происходят с очень большой частотой, значительно превышающей частоту механических колебаний.



Свободными (собственными) электромагнитными колебаниями называют такие, которые совершаются без внешнего воздействия за счет первоначально накопленной энергии. Простейшая система, в которой могут происходить свободные электромагнитные колебания, состоит из конденсатора и катушки, присоединенной к его обкладкам. Такая система называется колебательным контуром. Электрическая схема простого колебательного контура указана на рисунке 12.

Рис. 12.

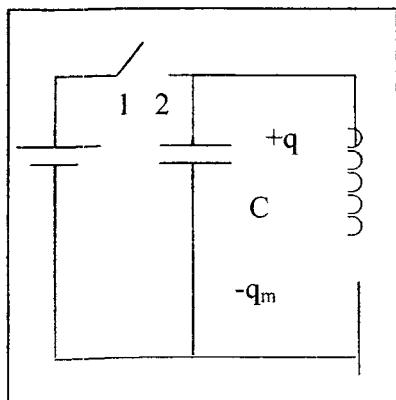


Рис.13а.

Рассмотрим, почему в контуре возникают колебания. Зарядим конденсатор, присоединив его на некоторое время к батарее с помощью переключателя (рис. 13а). При этом конденсатор получит энергию

$$W_p = q_m^2 / 2 * C,$$

где q_m - заряд конденсатора;

C - емкость конденсатора.

Между обкладками конденсатора возникает разность потенциалов U_m .

Переведем переключатель в положение 2 (рис. 136).

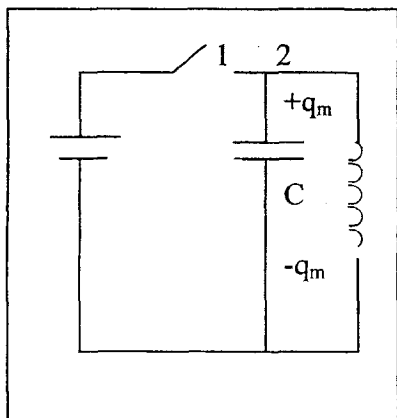


Рис. 136.

Конденсатор начнет разряжаться, и в цепи появится электрический ток. Сила тока не сразу достигает максимального значения, а увеличивается постепенно. Это обусловлено явлением самоиндукции. При появлении тока возникает переменное магнитное поле. Это переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле в проводнике. Вихревое электрическое поле при нарастании магнитного поля действует против тока и препятствует его мгновенному увеличению.

По мере разрядки конденсатора энергия электрического поля уменьшается, но одновременно возрастает энергия магнитного поля тока, которая определяется формулой:

$$W_p = Li^2/2 + q^2/2C.$$

В момент, когда конденсатор полностью разрядится ($q=0$), энергия электрического поля станет равной нулю. Энергия же магнитного поля тока согласно закону сохранения энергии будет максимальной. В этот момент сила тока так же достигнет максимального значения I_m . Несмотря на то, что к этому моменту разность потенциалов на концах катушки становится равной нулю, электрический ток не может прекратиться сразу. Этому препятствует явление самоиндукции. Как только сила тока и созданное магнитное поле начнут уменьшаться, возникает вихревое электрическое поле, которое поддерживает ток. В результате конденсатор перезаряжается до тех пор, пока сила тока, постепенно уменьшаясь, не станет равной нулю. Энергия магнитного поля также будет равна нулю, а энергия электрического поля конденсатора опять станет максимальной. После этого конденсатор вновь начнет перезаряжаться и система возвратится в исходное состояние. Так как катушка и соединительные провода обладают омическим сопротивлением R , это ведет к постепенному превращению энергии электромагнитного поля во внутреннюю энергию, т.е. к нагреву проводника. Если бы не было потерь, то этот процесс продолжался бы сколь угодно долго, и колебания были бы не затухающими.

Мы рассмотрели контур, который получил запас энергии и кото-

рый затем был предоставлен самому себе. Поэтому колебания в контуре называются *собственными электромагнитными колебаниями*. Важной характеристикой колебаний является период T_0 , т.е. интервал времени, за который совершается одно полное колебание.

Периодом собственных электромагнитных колебаний называется интервал времени, в течение которого заряд конденсатора, напряжение на конденсаторе и ток в контуре проходят полный цикл изменений.

Период собственных незатухающих колебаний в контуре определяется по формуле, которую получил английский ученый Томсон (формула Томсона):

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}; \quad \omega_0 = 2\pi/T_0 = 1/\sqrt{LC}; \\ f_0 = 1/T_0 = 1/2\pi\sqrt{LC},$$

где L - индуктивность в Генри;

C - емкость в фарадах;

T_0 - период в секундах;

f_0 - частота колебаний в герцах;

ω_0 - круговая частота в герцах ($\omega_0 = 2\pi f_0$).

В радиотехнике возникает необходимость создавать электромагнитные колебания, амплитуда которых не затухала бы со временем. Для этой цели используют устройства, называемые генераторами электрических колебаний.

Электромагнитные волны

Переменный электрический ток контура создает переменное магнитное поле. Но переменное магнитное поле создает в окружающем пространстве переменное электрическое поле.

Переменное электрическое поле и переменное магнитное поле неразрывно связаны друг с другом. Совокупность переменного и неразрывно связанного с ним переменного магнитного поля называется электромагнитным полем.

Электромагнитное поле распространяется в окружающем пространстве со скоростью, равной скорости света.

Процесс распространения электромагнитного поля в пространстве называется электромагнитной волной.

Для получения электромагнитных волн применяется колебательный контур с раздвинутыми пластинами конденсатора, который называется открытым колебательным контуром. Электромагнитные волны широко используются в радиосвязи, телевидении и радиолокации.

ВЫВОДЫ:

1. В колебательном контуре, который содержит некоторое количество электрической энергии, возникают собственные электромагнитные колебания. Частоту собственных колебаний контура можно рассчитать по формуле Томсона.

2. Переход электрической энергии в тепловую на активном сопротивлении R вызывает затухание собственных колебаний.

3. В колебательном контуре, который содержит источник ЭДС, возникают вынужденные электромагнитные колебания.

4. Переменные электрическое и магнитное поля неразрывно связаны друг с другом. Они образуют электромагнитное поле.

5. Электромагнитное поле распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн.

6. Скорость всех электромагнитных волн в вакууме постоянна и равна $3 \cdot 10^8$ м/с.

7. Электромагнитные волны широко применяются в современной радиотехнике, телевизионной технике и радиолокации.

ВОПРОСЫ:

1. Что мы называем колебательным контуром?
2. Опишите электромагнитные колебания в контуре.
3. Укажите причины, по которым собственные колебания контура затухают.
4. Что представляет собой электромагнитное поле?
5. Дайте определение электромагнитных волн.

Задача №1

Какую индуктивность надо включить в колебательный контур емкостью 2 мкФ , чтобы получить колебания частотой 10^4 Гц?

Задача №2

Параллельно конденсатору простого колебательного контура емкостью 1 мкФ присоединен второй конденсатор емкостью 3 мкФ . Что нужно сделать, чтобы собственная частота контура не изменилась?

§21. Переменный ток.

Новые слова и словосочетания

Русский	Английский
переменный (-ая, -ео, -ые)	oscillation
переменный ток	oscillation current
действующее значение	acting value
амплитуда	amplitude
амплитудное значение	amplitude value
индуктивное сопротивление	inductive resistance
емкостное сопротивление	capacity resistance
фаза переменного тока	phase of oscillation current
трансформатор	the transformer
преобразовать (-тель)	to convert(or)

Переменным током называется ток, сила и направление которого периодически изменяются во времени. Для переменного тока имеются дополнительные (по сравнению с постоянным током) характеристики: период, частота и фаза.

1. Периодом переменного тока называется интервал времени, за который ЭДС и сила тока совершают полное колебание. В СИ измеряется в секундах:

$$T = t/n,$$

где t – время;

n – число колебаний

2. Частотой переменного тока (f) называется число полных колебаний ЭДС и сила тока за 1 секунду.

3. Фаза определяет величину и направление ЭДС и переменного тока. Фаза изменяется в угловых мерах - в радианах:

$$f = n/t;$$

$$T = 1/f; \quad \omega = 2\pi * f,$$

где ω - круговая частота.

Важной характеристикой переменного тока является амплитуда. Амплитуда тока равна максимальному значению силы тока за один период. Кроме амплитуды переменного тока I_m существует еще одна важная характеристика тока - эффективное (действующее) значение силы

тока $I_{эф}$. Эта характеристика получается из сравнения теплового эффекта, который производят переменный и постоянный ток:

$$I_m = \sqrt{2}I_{эф}; \quad I_{эф} = I_m/\sqrt{2} \approx 0.7 I_{max}.$$

Эффективным значением силы переменного тока называется сила тока, численно равная силе такого постоянного тока, который выделяет в проводнике такое же количество теплоты, что и переменный ток, за одинаковое время.

Индуктивность и емкость в цепи переменного тока

Закон Ома и закон Джоуля-Ленца справедливы и для переменного электрического тока. Теперь рассмотрим, чем отличаются друг от друга переменный и постоянный токи.

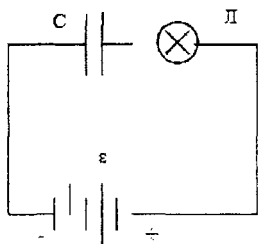


Рис. 14 (а)

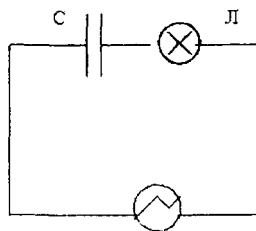


Рис. 14 (б)

Составим электрическую цепь из конденсатора, электрической лампочки и источника постоянного тока, например, аккумулятора. Постоянный ток по такой цепи не пойдет. Конденсатор заполнен диэлектриком, который не пропускает электрического тока. Лампочка Л не горит.

Заменим аккумулятор генератором переменного тока. Лампочка будет гореть. Значит, по такой цепи идет ток. Следовательно, конденсатор пропускает переменный ток. Если брать конденсаторы различной емкости, можно установить, что чем больше емкость C , тем лучше горит лампочка.

Чем больше емкость, тем меньше ее сопротивление переменному току. *Сопротивление конденсатора переменному току называется емкостным реактивным сопротивлением X_c .*

$$X_c = 1/\omega * C,$$

где C – емкость;

ω – круговая частота переменного тока.

Для постоянного тока $\omega = 0$ и $X_c \rightarrow \infty$.

Неодинаково ведет себя и индуктивность в цепях переменного и постоянного тока. Включим в цепь постоянного тока катушку с железным сердечником.

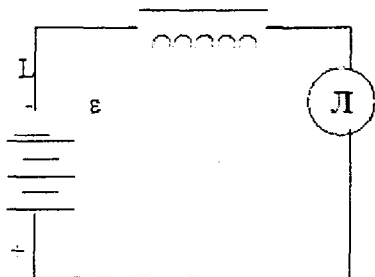


Рис. 15а.

Силу тока в такой цепи можно найти по обычному уравнению замкнутой электрической цепи:

$$I = \epsilon / r + R_{np},$$

где R_{np} – сопротивление провода катушки.

Заменим источник постоянного тока генератором переменного тока.

Для удобства примем:

$$\epsilon = \epsilon_{эф}.$$

Рассчитаем $I_{эф}$ по формуле, а затем измерим его на опыте.

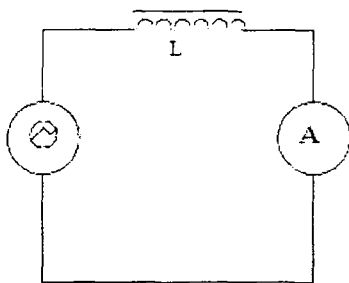


Рис. 15б.

Оказывается, что $I_{эф} < \epsilon_{эф} / R_{np} + r$.

Очевидно, что индуктивность уменьшает эффективный ток в цепи переменного тока. Такое действие индуктивности можно объяснить явлением самоиндукции.

Переменный ток вызывает ЭДС самоиндукции, индукционный ток направлен против изменений переменного тока, т.е. препятствует току в цепи. Чем больше L , тем больше ЭДС самоиндукции и тем меньше ток. Чем больше ω , тем больше $\Delta I / \Delta t$ и тем меньше ток.

Сопротивление индуктивности переменному току называется ин-

дуктивным реактивным сопротивлением X_ω .

$$X_\omega = \omega * L : \text{при постоянном токе } \omega = 0 \text{ и } X_\omega = 0.$$

Мы установили, что индуктивность и емкость в цепи переменного тока создают индуктивное (X_L) и емкостное (X_C) сопротивления. Опыт показывает, что L и C изменяют не только величину $I_{\text{эф}}$, но и фазу. Важным элементом цепей переменного тока является трансформатор. Трансформатор - это преобразователь переменного напряжения, основанный на явлении электромагнитной индукции.

Благодаря трансформаторам переменный ток используется гораздо больше, чем постоянный ток.

ВОПРОСЫ:

1. Какой ток называется переменным?
2. Как зависит эффективное значение тока от амплитуды тока?
3. Напишите формулы индуктивного сопротивления катушки и емкостного сопротивления конденсатора.
4. Объясните действие индуктивности и емкости в цепи переменного тока.
5. Что мы наблюдаем после включения конденсатора в цепь постоянного тока?
6. Что мы наблюдаем после включения катушки в цепь переменного тока?
7. Что называется трансформатором?

§22. Оптика. Геометрическая оптика

Новые слова и словосочетания

Русский	Английский
оптика, геометрическая оптика	optics, geometrical
луч, световой луч	beam, light beam
лучевая (-ой, -ое, -ые)	ray optics
фронт волны	front of wave
изотропный (-ая, -ое, -ые)	isotropic
изотропная среда	isotropic medium
воображаемая линия	imagined line
абстрактные понятия	abstract concept
отражать - отразить	to reflect
отраженный луч	reflected beam
преломление, преломлять	refraction, to refract
преломленный луч	refracted beam

Оптика - эта часть физики, которая изучает световые явления: излучение, распространение, поглощение и взаимодействие света с веществом. В физике термин «свет» применяют не только к излучению, воспринимаемому глазом человека, но и к невидимому.

Видимый свет представляет собой электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 0,4 до $0.75 \cdot 10^{-6}$ м. Источником диапазона длин волн являются атомы и молекулы, в которых происходит изменение энергетического состояния электронов. Энергия любого вида электромагнитного излучения, в том числе и светового, излучается отдельными порциями. Эти порции, обладающие свойствами материальных частиц, называются квантами излучения или фотонами. Таким образом, свет обладает одновременно двумя свойствами: волновыми и квантовыми. Скорость света в вакууме приблизительно равна 300000 км/с или $3 \cdot 10^8$ м/с.

Геометрическая оптика

Геометрическая (лучевая) оптика - раздел, в котором изучают законы распространения света на основании представления о световом

луче. Лучом называют воображаемую линию, которая показывает направление распространения волны в данной точке среды. Луч может быть построен в любой точке среды.

В основе геометрической оптики лежат некоторые абстрактные понятия: точечный источник света; параллельные лучи; световой пучок; световой луч.

Световой пучок - это световой поток, распространяющийся в определенной области пространства.

Световой луч - это геометрическое понятие. Оно не имеет физического смысла. Световой луч показывает направление преимущественного распространения светового пучка, т. е. направлен по его геометрической оси. В геометрической оптике рассматриваются законы распространения света в прозрачных средах на основе представления о свете, как о совокупности световых лучей. Геометрическая оптика опирается на законы:

- а) прямолинейного распространения света в однородной среде.
- б) законы отражения и преломления света.

Законы отражения и преломления света

Попадая на границу раздела двух неоднородных сред, свет меняет направление распространения, либо оставаясь в первой среде (отражение), либо переходя во вторую среду (преломление), либо отражается и преломляется.

Сформулируем закон отражения.

Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, проведенный через точку падения луча к поверхности раздела, лежат в одной плоскости, причем угол отражения равен углу падения.

$$\alpha = \beta,$$

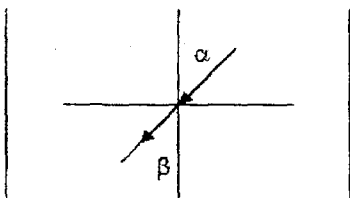
где α - угол падения;

β - угол отражения.

$$\sin\alpha/\sin\beta = \text{const.}$$

На основании опытов сформулирован закон преломления:

Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный через точку падения луча к поверхности раздела, лежащей в одной плоскости, причем отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная, называемая относительным показателем преломления второй среды относительно первой.



$$\sin\alpha / \sin\beta = \text{const} = n_{21}$$

$$n_{21} = V_1 / V_2,$$

где α - угол падения;
 β - угол преломления.

Рис. 17.

Относительный показатель преломления показывает, во сколько раз изменилась скорость света при переходе луча через границу раздела.

Если первая среда вакуум, то $n_{12} = c / V$ называют абсолютным показателем преломления, где c -скорость света в вакууме.

Линза. Виды линз

До сих пор мы рассматривали преломление света на плоской границе раздела двух сред. На практике широко используется преломление на сферических поверхностях. Прозрачное тело ограниченное сферическими поверхностями называют линзой.

Линза может быть ограничена двумя выпуклыми поверхностями (двояковыпуклая линза), выпуклой сферической поверхностью и плоскостью (плосковыпуклая линза) и вогнутыми сферическими поверхностями (вогнуто-выпуклая линза).

Эти линзы посередине толще, чем у краев, и все они называются выпуклыми. Линзы, которые посередине меньше, чем у краев, называются вогнутыми. Обычно линзы делают из стекла. Выпуклые линзы являются собирательными. Каждая собирающая линза отклоняет лучи к оптической оси линзы, и лучи после преломления собираются в одной точке, называемой фокусом линзы.

Вогнутые линзы являются рассеивающими. Преломленные лучи в рассеивающих линзах будут расходящимися, а их продолжения пересекаются в главном фокусе рассеивающейся линзы. В этом случае главный фокус является мнимым. Расстояние от оптического центра линзы до фокуса называют фокусным расстоянием.

Величину, обратную фокусному расстоянию, называют оптической силой линзы.

$$D = C / v; D = 1/F.$$

В СИ выражают в диоптриях. (θ дтр.).

Оптической силой в 1 диоптрий обладает линза с фокусным расстоянием 1 м. Чем ближе к линзе лежат ее фокусы, тем сильнее линза

преломляет лучи, собирая или рассеивая их, и тем больше по абсолютному значению оптическая сила линзы. В медицине линзы применяются для устранения недостатков глаза - близорукости и дальнозоркости. Для коррекции близорукого глаза применяют рассеивающую линзу, а дальнозоркого собирающую.

ВЫВОДЫ:

1. Свет представляет собой электромагнитную волну.
2. Основным понятием в геометрической оптике является понятие светового луча как линии, указывающей направления световой энергии.
3. Основными законами геометрической оптики являются: законы прямолинейного распространения света в однородной среде, закон отражения и закон преломления.
4. Большое применение имеют линзы - прозрачные тела, ограниченные сферическими поверхностями. Различают собирающие и рассеивающие линзы.
5. На законах геометрической оптики основано устройство и действие многих оптических приборов - фотоаппарата, проекционного аппарата, микроскопа и телескопа. Эти законы позволяют понять действие глаза как оптической системы.

Задача №1

Определить, на какой угол θ отклоняется световой луч от своего первоначального направления при переходе из воздуха в воду, если угол падения $\alpha = 75^\circ$.

Решение:

Из рисунка видно, что $\theta = \alpha - \beta$

Согласно закону преломления

$$\sin\alpha / \sin\beta = n,$$

где n - показатель преломления воды ($n_{\text{в}} = 1,33$).

$$\begin{aligned}\sin\beta &= \sin\alpha / n = \sin 75^\circ / 1,33 = \\ &= 0,9659 / 1,33 \approx 0,727.\end{aligned}$$

Из таблицы синусов находим для β :

$$\beta \approx 46^\circ 33'.$$

Следовательно $\theta = \alpha - \beta = 75^\circ - 46^\circ 33' = 28^\circ 27'$.

Задача № 2

Под каким углом следует направить луч света в воздухе на поверхность стекла, чтобы угол преломления получился равным 35° ?

Задача № 3

Найти показатель преломления жидкой серы, если при угле падения света 30° угол преломления равен 15° .

§23. Физическая оптика

Новые слова и словосочетания

Русский	Английский
разложить, разложение	dispersion
огинать, огибание волн	to bend around
квант света	quantum of light
квантовая природа	quantum nature
спектр излучения (света)	spectrum of radiation
цвет, синий цвет	color, blue color
треугольная призма	triangular prism
когерентный источник	coherent source
Монохроматический (-ая, -ое, -ие)	monochromatic
дисперсия	dispersion
дифракция	diffraction
интерференция	interference
интенсивность	intensity

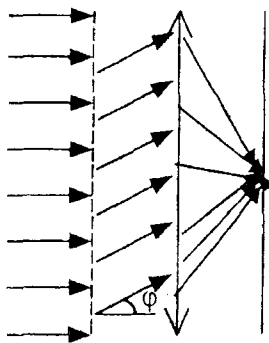
Согласно современной теории, свет обладает двумя свойствами. Свет - это электромагнитные волны, он имеет все свойства волн. Одновременно свет - это поток материальных частиц (фотонов), то есть свет имеет квантовые свойства. Изучая свет, мы должны рассматривать его свойства как сумму волновых и квантовых свойств. В таких явлениях, как дисперсия, интерференция, дифракция, поляризация и др. свет обнаруживает свойства электромагнитных волн. Другие явления, например фотоэффект, указывают на квантовую природу света. В геометрической оптике исследуется только направление световых лучей. Более глубоко свойства света и его взаимодействие с веществом рассматриваются в физической оптике.

На явлении дифракции основано устройство оптического прибора - дифракционной решетки. Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделенных непрозрачными промежутками. Хорошую решетку изготавливают с помощью специальной делительной машины, наносящей на стеклянной пластинке параллельные штрихи. Число штрихов доходит до нескольких тысяч на 1 мм. Общее число штрихов превышает 100 000. Если ширина прозрачных щелей равна a , а ширина непрозрачных промежутков b , то **величина $d = a + b$ называется периодом дифракционной решетки**. С помощью дифракционной решетки можно производить очень точные измерения длины волны. Если период решетки известен, то определение длины волны сводится к определению угла φ , соответствующего направлению на максимум.

Пусть на решетку падает плоская монохроматическая волна длиной λ . Вторичные источники создают световые волны, распространяющиеся по всем направлениям. Максимумы будут наблюдаться под углом φ , определяемым условием:

$$d \cdot \sin \varphi = k \cdot \lambda, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

При k , равном четному числу полуволны, происходит усиление световой волны.



Фотоэффект

Фотоэффектом называется явление выбивания электронов с поверхности металлов под действием света.

Явления дифракция, дисперсия, интерференция подтверждают электромагнитную (волновую) природу света.

Подтверждением квантовой природы света является явление фотоэффекта.

Объяснение фотоэффекта было дано в 1905 г. Эйнштейном. Эйнштейн указал, что свет имеет прерывистую структуру и поглощается отдельными порциями. Энергия E каждой порции излучения пропорциональна частоте:

$$E = h \cdot \nu,$$

где h - постоянная Планка;

ν - частота излучения

Энергия порции света $h \cdot \nu$ идет на совершение работы выхода A ,

т.е. работы, которую нужно совершить для извлечения электрона из металла и на сообщение электрону кинетической энергии $m \cdot v^2/2$.

Следовательно:

$$h \cdot \nu = A + m \cdot v^2/2.$$

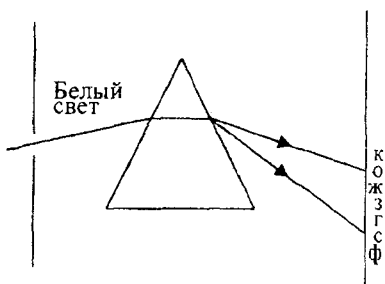
Это уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

Дисперсия света

Дисперсия света - это явление зависимости показателя преломления вещества от длины световой волны. В результате дисперсии можно разложить свет на его составляющие, получить спектр. В спектре света различают семь основных цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый.

В результате дисперсии мы получаем монохроматические лучи. Монохроматический луч - это луч одного цвета (моно - один, хромос - цвет).

Луч белого цвета, попадая на боковую грань треугольной призмы, преломляется и разлагается на цветные монохроматические лучи. Монохроматические лучи разного цвета преломляются треугольной призмой. Сильнее других преломляются лучи фиолетового цвета, слабее других - лучи красного цвета. Показатель преломления зависит от скорости света в веществе.



Красный цвет, который меньше преломляется, имеет наибольшую скорость, а фиолетовый - наименьшую ($n = c/v$). Именно поэтому призма разлагает белый цвет.

Интерференция света

Явление наложения когерентных волн, в результате чего происходит

ослабление или усиление интенсивности света - интерференция света.

Когерентными называют волны, которые имеют одинаковую частоту и фазу колебаний. При наложении четного числа полуволн от двух источников когерентных волн интенсивность света увеличивается - интерференционный максимум, а при наложении нечетных чисел полуволн ослабление - интерференционный минимум.

Дифракция света

Дифракцией называется огибание волной различных препятствий, встречающихся на её пути; другими словами. отклонение волны

от прямолинейного распространения. Дифракция наблюдается при огибании препятствий, размеры которых соизмеримы с длиной волны.

ВЫВОДЫ

1. Скорость света в вакууме определена экспериментально. Она равна $3 \cdot 10^8$ м/с. Во всех средах скорость света меньше, чем в вакууме.

2. Преломление света на границе двух сред обусловлено изменением скорости при переходе света из одной среды в другую.

3. Зависимость показателя преломления света от частоты называется дисперсией. Дисперсия приводит к разложению белого света на спектр.

4. Скорость света и длина волны уменьшаются при переходе из вакуума в среду. Частота колебаний остается неизменной. Световые волны одинаковой длины, имеющие постоянную разность фаз, называют когерентными. При наложении когерентных волн друг на друга наблюдается интерференция света.

5. Световые волны огибают препятствия, сравнимые по размерам с длиной световой волны. В этом состоит явление дифракции света.

Задача №1

Частота световой волны равна $4 \cdot 10^{14}$ Гц. Какая длина волны соответствует этой частоте?

Задача №2

При какой длине электромагнитной волны энергия фотона равна $2,8 \cdot 10^{-19}$ Дж?

Задача №3

На поверхность цезия падает световой поток. Будет ли наблюдаться явление фотоэффекта, если частота света $5 \cdot 10^8$ Гц? Работа выхода электрона из цезия равна $3,04 \cdot 10^{-19}$ Дж.

§24. Атомная физика. Строение атома

Новые слова и словосочетания

Русский	Английский
радиоактивность	radioactivity
радиоактивный (-ое, -ая, -ые)	radioactive
радиоактивный распад	radioactive
самопроизвольный распад	spontaneous
постулат	a postulate
излучение энергии	radiation of energy
поглощение энергии	absorption of energy
расщепление энергии	splitting of energy
нуклоны	nucleon
ядерная реакция	nucleon reaction
энергия связи	energy of connection
дефект массы	defect of mass
элементарные частицы	elementary particles
спектр излучения	spectrum of radiation

Явления, подтверждающие сложное строение атомов

Открытие сложного строения атома - важнейший этап становления современной физики, наложивший отпечаток на всё её дальнейшее развитие. В начале XX века были разработаны методы исследования явлений атомной физики и созданы приборы, позволившие не только выяснить основные вопросы строения атомов, но и наблюдать превращения химических элементов.

Английский ученый Эрнест Резерфорд в 1911 году, обобщив результаты опытов, предложил планетарную модель атома.

Атом состоит из очень маленького, массивного, положительно заряженного ядра и электронов, обращающихся по орбитам вокруг ядра. Заряд ядра равен заряду электронов, поэтому атом в целом нейтрален.

Рассмотрим строение простейшего атома - атома водорода. Ядро атома водорода имеет массу, примерно в 1836 раз большую, чем масса электрона, а диаметр ядра примерно в 10 000 раз меньше диаметра атома. В атоме водорода вокруг ядра обращается всего лишь один элек-

трон. Ядро атома водорода имеет положительный заряд, равный по модулю заряду электрона. Это ядро было названо протоном и стало рассматриваться как элементарная частица. Размер атома - это радиус орбиты его электрона. Резерфорд создал планетарную модель атома: электроны обращаются вокруг ядра подобно тому, как планеты обращаются вокруг Солнца. Эта модель проста, обоснована экспериментально, но не позволяет объяснить устойчивость атомов.

Выход из этого положения в теории атома был найден в 1913 году датским физиком Нильсом Бором. Основываясь на опытных факторах, Бор предложил три постулата.

Первый постулат Бора гласит:

Атомная система может находиться только в особых стационарных, или квантовых, состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия E_n ; в стационарном состоянии атом не излучает.

Согласно второму постулату Бора,

Энергия излучается или поглощается лишь при переходе атома из одного стационарного состояния в другое, причем строго определенными порциями (квантами):

$$h \cdot \nu = E_2 - E_1, \quad h \cdot \nu_{Rn} = E_R - E_n.$$

Третий постулат Бора гласит:

Возможен лишь дискретный ряд орбит (так называемые стационарные орбиты), по которым электрон может двигаться с определенными скоростями (правило квантования орбит).

Таким образом, в стационарном состоянии атом не излучает и не теряет энергии. При возбуждении атома (нагреванием, в ходе химической реакции, действии света, потоком частиц и пр.) электрон переходит на более высокий энергетический уровень, но не на любой, а на «разрешенный» для данного атома, т.е. энергия электрона может возрасти скачкообразно, порциями, в виде квантов. Возвращаясь на начальный уровень, электрон отдает определенный квант энергии.

Но каждому кванту соответствует определенная частота. Следовательно, для каждого атома характерен определенный набор частот, а потому и линий в спектре.

Строение ядра атома. Ядерные реакции

Раздел физики, в котором исследуется строение и превращение атомных ядер, называется ядерной физикой.

Согласно протонно-нейтронной модели, ядра состоят из элементарных частиц двух сортов: протонов и нейтронов. Так как в целом

атом нейтрален, а заряд протона равен модулю заряда электрона, то число протонов в ядре равно числу электронов в атомной оболочке. Следовательно, число протонов в ядре равно атомному номеру элемента Z в периодической системе элементов Д.И. Менделеева. Сумму числа Z и числа нейтронов N в ядре называют массовым числом и обозначают буквой A :

$$A = Z + N.$$

Массы протона и нейтрона близки друг к другу, и каждая из них равна приблизительно атомной единице массы (а.е.м.), что составляет $1/16$ массы атома кислорода = $1,65976 \cdot 10^{-27}$ кг. *Ядра с одним и тем же значением Z (число протонов), но различными массовыми числами A , т.е. с различным числом нейтронов N , называют изотопами.* Так как ядра весьма устойчивы, то протоны и нейтроны должны удерживаться внутри ядра какими-то силами, причем очень большими. Значит, между ядерными частицами протонами и нейтронами (часто их называют нуклонами) - действуют особые силы, которые назвали *ядерными силами*. Каковы основные свойства ядерных сил? Ядерные силы примерно в 100 раз превосходят электрические (кулоновские) силы. *Это самые мощные силы из всех, которыми располагает природа.*

Сильные взаимодействия не сводятся только к взаимодействию нуклонов в ядре. Это особый тип взаимодействия, присущий большинству элементарных частиц наряду с электромагнитными взаимодействиями. Другая важная особенность ядерных сил - их короткодействующий характер. Электромагнитные силы сравнительно медленно убывают с расстоянием. Ядерные силы заметно появляются лишь на расстояниях, равных по порядку величины размерам ядра (10^{-14} - 10^{-15} м).

Энергия связи атомных ядер

Важнейшую роль во всей ядерной физике играет понятие энергии связи ядра. Энергия связи позволяет объяснить устойчивость ядер, выяснить, какие процессы ведут к выделению ядерной энергии. Под энергией связи ядра понимают ту энергию, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны. На основании закона сохранения энергии можно также утверждать, что энергия связи равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц. Энергия атомных ядер очень велика. Энергия атомных ядер определяется соотношением Эйнштейна:

$$E = m \cdot c^2.$$

Точнейшие измерения масс ядер M_n показывают, что масса покоя ядра M_n всегда меньше суммы масс покоя слагающих его протонов и нейтронов:

$$M_{\text{я}} < Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}}$$

Существует, как говорят, дефект масс:

$$\Delta M = Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}} - M_{\text{я}}$$

Разность масс ΔM всегда положительна.

В частности, для гелия масса ядра на 0,75 % меньше суммы масс двух протонов и двух нейтронов. Соответственно для одного моля гелия $\Delta M = 0,03$ г.

Уменьшение массы при образовании ядра из нуклонов означает, что при этом уменьшается энергия этой системы нуклонов на значение энергии связи $E_{\text{св}}$.

$$E_{\text{св}} = \Delta M * c^2 = (Zm_{\text{p}} + Nm_{\text{n}} - M_{\text{я}}) * c^2,$$

где Zm_{p} - масса протонов;

Nm_{n} - масса нейтронов;

$M_{\text{я}}$ - масса ядра;

c - скорость света.

О том, как велика энергия связи, можно судить по такому примеру: образование 4 г гелия сопровождается выделением такой же энергии, что и сгорание 1,5-2 вагонов каменного угля.

ВЫВОДЫ:

1. На основе своих опытов Резерфорд выдвинул планетарную модель атома. Электроны в этой модели обращаются вокруг ядра подобно тому, как планеты вращаются вокруг Солнца. Однако такой атом, согласно закону классической физики, не может быть устойчивым. Электроны должны излучать, теряя энергию, и упасть на ядро. В действительности же все атомы устойчивы.

2. Объяснение было найдено Бором, который выдвинул три постулата, которые привели в последствии к созданию стройной теории движения микрочастиц - квантовой механики.

3. Теория Бора давала правильные значения для всех частот линейного спектра излучения водорода. Кроме того, она позволила теоретически определить радиус атома водорода.

4. В ядерной физике изучаются структура и превращения ядер. Для регистрации и изучения столкновений и взаимных превращений атомных ядер и элементарных частиц используют специальные устройства.

5. Важнейшей для всей ядерной физики является понятие энергии связи. Энергия связи $E_{\text{св}}$ равна той энергии, которую необходимо затратить, чтобы расщепить ядро на отдельные нуклоны.

6. Изменение ядер при их взаимодействии друг с другом (или с элементарными частицами) называют ядерными реакциями. При ядерных реакциях происходит выделение или поглощение энергии.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Некоторые физические величины

Нормальное ускорение свободного падения	9,80665 м/сек ²
Нормальное атмосферное давление	101 325 н/м ²
Средний радиус Земли	6370 км
Масса Земли	5,98·10 ²⁰ кг
Среднее расстояние Земли от Солнца	1,5 · 10 ⁶ км
Гравитационная постоянная..... н м ² кг	1/ 1,5 · 10 ¹⁰
Абсолютный нуль температуры (при решении задач принимать)	- 273,15° С - 273° С
Число Авогадро	6,02 · 10 ²⁰ к.моль ⁻¹
Число Лошмидта	2,69 · 10 ²⁶ м ⁻³
Масса электрона	9,1 · 10 ⁻³¹ кг
Заряд электрона	1,6 · 10 ⁻¹⁹ к
Число Фарадея	9,65 · 10 ⁷ к/кг ^{экв}
Постоянная Планка	6,62 · 10 ⁻³⁴ дж · сек
Скорость света в вакууме 10 ⁸ м/сек	2,99776 ·
(при решении задач принимать)	3,00 · 10 ⁸ м/сек
Скорость звука в воздухе при 0° С	332 м/сек
Масса протона	1,6724 · 10 ⁻²⁷ кг
Масса нейтрона	6747 · 10 ⁻²⁷ кг
Масса α-частицы (ядра атома гелия)	6,644 · 10 ⁻²⁷ кг
	4,00274
	а. е. м.
А. е. м. (атомная единица массы)	1,66 · 10 ⁻²⁷ кг

Плотности веществ (г/см³ или 10³ кг/м³)
Твердые тела (при температуре 15-20° С)
Жидкости (при температуре 15-20° С)

Азот жидкий (-198° С)	Молоко
0,79	1,08
Бензин	Нефть
0,70	0,80
Вода (4°С)	Раствор медного купороса (насыщенный)
1,00	1,15
Вода морская	Ртуть (0° С)
1,03	13,60
Воздух жидкий (-194°С)	Серная кислота
0,86	1,84
Глицерин	Скипидар
1,26	0,87
Керосин	Спирт
0,80	0,80
Кислород жидкий (-182°С)	Эфир
1,14 Мазут	0,71
0,90	
Масло (смазочное)	
0,90	

Газы
(при 0°С и давлении 760 мм. рт. ст.)

Азот	Кислород
0,00125	0,00143
Аммиак	Метан
0,00077	0,00071
Ацетилен	Неон
0,00117	0,00090
Водород	Озон
0,000090	0,00214
Воздух	Окись углерода
0,00129	0,00125
Гелий	Углекислый газ
0,00018	0,00198
	Хлор
	0,00321

Таблица 3

Коэффициенты трения и скольжения

Бронза по бронзе 0, .20	Кожаный ремень по чугунному шкиву
Бронза по чугуну со слабой смазкой	0 ,56
0,19	Сталь по стали
Дерево по дереву (дуб)	0,13
0,50	Сталь по льду
Дерево во сухой земле	0,02
0,71	Чугун по чугуну со слабой смазкой
Кирпич по кирпичу	0,15
0,65	Уголь по меди
	0,25

Таблица 4

Модули упругости

Вещества	$10^{11} \cdot \text{н/м}^2$	$\frac{\text{кг}^*}{\text{н} \cdot \text{м}^2}$	Вещества	$10^{11} \cdot \text{н/м}^2$	$\frac{\text{кг}^*}{\text{н} \cdot \text{м}^2}$
Алюминий	0,70	7000	Кирпич	0,10	1000
Дерево (вдоль волокон)	0,10	1000	Латунь	0,90	9 000
			Медь	1,20	12 000
			Свинец	0,17	1 700
Дюралюминий Дб	0,72	7200	Сталь	2,10	21000
			Чугун	1,00	10 000

* В этой графе числа даны с точностью до сотен

Таблица 5

Удельные теплоемкости твердых и жидких тел

Вещества	<u>кДж</u>	<u>ккал</u>	Веще- ства	<u>кДж</u>	<u>ккал</u>
	кг · град	кг · град		кг · град	кг · град
Алюминий	0,88	0,21	Медь	0,39	0,003
Бетон	0,88	0,21	Никель	0,46	0,11
Вода	4,19	1,00	Олово	0,23	0,055
Дерево (ель, сосна)	2,7	0,58	Пара- фин	3,2	0,77
Железо	0,46	0,65	Поли- этилен	2,3	0,55
Железо при 1530°С-- 3000°С	0,83	0,20	Пробка	2,0	0,49
Золото	0,1	0,03	Ртуть	0,1	0,03
Керосин	2,1	0,50	Свинец	0,13	0,031
Кирпич	0,75	0,18	Сереб- ро	0,2	0,05
Латунь	0,38	0,090	Спирт	2,4	0,58
Лед	2,1	0,50	Сталь	0,46	0,11
Мазут	2,1	0,50	Стекло	0,83	0,20
Масло машинное	2,1	0,50	Цинк	0,38	0,091
Молоко	3,9	0,94	Чугун	0,54	0,13
			Эфир	2,3	0,56

Таблица 6

**Удельные теплоемкости, газов
(при постоянном давлении)**

Веще- ства	<u>кДж</u>	<u>ккал</u>	Вещества	<u>кДж</u>	<u>ккал</u>
	кг·град	кг град		кг· град	кг град
Азот	1,0	0,25	Воздух	1,0	0,24
Аммиак.	2,1	0,51	Гелий	5,21	1,25
Водород	14,3	3,41	Кислород	0,92	0,22
Водяной пар (при 760 мм рт. ст.)	2,2	0,51	Углекислый газ	0,83	0,20

Таблица 7

Теплота сгорания топлива

Вещества	<u>Мдж</u>	<u>Ккал*</u>	Вещества	<u>Мдж</u>	<u>Ккал*</u>
	кг	кг		кг	кг
Бензин	46,2	11000	Мазут	42,0	10000
Дизельное горючее	42,0	10000	Нефть	46,2	11000
Дрова сухие	8,3	2500	Пироксилин	4,2	1000
Каменный уголь.	30,0	7000	Спирт	30,0	7000
Керосин.	46,2	11000	Торф	15,0	3600
Кокс	30,0	7000	Условное топливо	3 (точно)	7000
Лигроин	43,3	10400	Чурки древесные	15,0	3600
Вещества	<u>Мдж</u>	<u>Ккал**кг</u>	Вещества	<u>Мдж</u>	<u>Ккал*</u>
	кг			кг	кг
Бензин.	2,9	700	Коксовый	20	4 910
Нефть	2,8	680	Природный	36	8 700
Керосин	2,7	660	Светильный	21	5 100
Спирт	2,6	620			

* С точностью до сотен

** С точностью до десятков

Таблица 8

Температуры плавления веществ

Вещества	°C	Вещества	°C
Алюминий	660	Поваренная соль	770
Вода чистая	0	Припой мягкий	135-200
Вода морская	- 2,5	Ртуть	- 39
Вольфрам	3380	Свинец	327
Воск	64	Серебро	960
Железо	1535	Спирт	- 117
Латунь	1000	Сплав Вуда	70
Медь	1083	Сталь	1400
Нафталин	80	Цинк	420
Олово	232	Чугун	1150
Осми́й	5500	Эфир	- 116
Парафин	54		

Таблица 9

Удельная теплота плавления веществ

Вещества	10^6 Дж/кг	<u>ккал</u> кг	Вещества	10^6 Дж/кг	<u>ккал</u> кг
Алюминий	3,8	92	Ртуть	0,12	2,8
Железо	2,7	65	Свинец	0,25	5,9
Лед	3,3	80	Серебро	0,87	21
Медь	1,8	42	Сталь	0,82	20
Нафталин	1,5	36	Цинк	1,2	28
Олово	0,59	14	Чугун белый	1,4	33
Парафин	1,5	35	Чугун серый	0,96	23

Таблица 10

Температура кипения веществ (при давлении 760 мм. рт. ст.)

Вещества	°С	Вещества	°С
Азот	-196	Медь	2582
Алюминий	2330	Нафта	230
Аргон	- 186	Нафталин	218
Бензин	40	Неон	- 246
Вода	100	Олово	2337
Водород	- 253	Парафин	390
Гелий	- 269	Ртуть	357
Железо	3050	Свинец	1750
Керосин	150	Соляр	400
Кислород	-183	Спирт	78
Лигроин	200	Цинк	907
Льняное масло	316	Эфир	35

Таблица 11

**Удельная теплота парообразования и конденсации жидкостей
при точках кипения**

Вещества	10 ⁶ · Дж/кг	Ккал/кг	Вещества	10 ⁶ · Дж/кг	Ккал/кг
Аммиак	13,6	327	Скипидар	3,0	70
Вода	22,6	539	Спирт	8,50	204
Железо	0,580	133	Ртуть	3,0	71
Сероуглерод	3,5	84	Эфир	3,5	84

Таблица 12

**Удельная теплота парообразования воды
при различных температурах**

$^{\circ}\text{C}$	$10^6 \cdot \text{Дж/кг}$	$\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$	$^{\circ}\text{C}$	$10^6 \cdot \text{Дж/кг}$	$\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$
0	24,8	595	150	21,1	506
20	24,3	584	200	19,5	468
50	23,7	568	250	17,0	408
70	23,2	557	300	14,0	330
100	22,6	539	350	8,80	210
			374	0	0

Таблица 13

Давление насыщающего пара жидкости (мм рт. ст.)

Температура	Эфир	Спирт	Вода	Ртуть
- 20	66	3,3	0,8	
0	185	12	4,6	0,0004
20	440	44	17,5	0,0018
40	921	134	55	0,008
60	1731	350	149	0,025
80	2974	813	355	0,09
100	4855	1698	760	0,28
120	7513	3232	1489	0,76
1,40	И 051	5666	2711	1,89
160	15778	9366	4636	4,30
180	21775	14763	7 521	8,91
230	-	22164	11661	18

Таблица 14

**Давление насыщающих водяных паров (мм. рт. ст.)
и масса их (г/м³ или 10⁻³ кг/м³)**

Температура	Давление	Масса	Температура	Давление	Масса
- 10	1,95	2,14	10	9,2	9,4
- 9	2,13	2,33	11	9,8	10,0
- 8	2,32	2,54	12	10,5	10,7
- 7	2,53	2,76	13	11,2	11,4
- 6	2,76	2,99	14	12,0	12,1
- 5	3,01	3,24	15	12,8	12,8
- 4	3,28	3,51	16	13,6	13,6
- 3	3,57	3,81	17	14,5	14,5
- 2	3,88	4,13	18	15,5	15,4
- 1	4,22	4,47	19	16,5	16,3
0	4,58	4,84	20	17,5	17,3
1	4,9	5,2	21	18,7	18,3
2	5,3	5,6	22	19,8	19,4
3	5,7	6,0	23	21,1	20,6
4	6,1	6,4	24	22,4	21,8
5	6,6	6,8	25	23,8	23,0
6	7,0	7,3	26	25,2	24,4
7	7,5	7,8	27	26,7	25,8
8	8,0	8,3	28	28,4	27,2
9	8,6	8,8	29	30,0	28,7
			30	31,8	30,3

Таблица 15

Критические температуры и давления некоторых веществ

Вещество	$^{\circ}\text{C}$	н/м^2	<i>атм.</i>
Азот	- 147	$339 \cdot 10^6$	33,5
Вода	374	$2212 \cdot 10^6$	218,3
Водород	- 240	$130 \cdot 10^6$	12,8
Гелий	- 268	$23 \cdot 10^6$	2,3
Кислород	- 118	$508 \cdot 10^6$	50,1
Углекислый газ	31	$739 \cdot 10^6$	73,0
Эфир	194	$359 \cdot 10^6$	35,5

Таблица 16

Психрометрическая таблица

t (показание сухого термометра в $^{\circ}\text{C}$)	t - t ₁ (разность показаний сухого и влажного термометров в $^{\circ}\text{C}$)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
относительная влажность												
0	100	81	63	45	28	11						
1	100	83	65	48	32	16						
2	100	84	68	51	35	20						
3	100	84	69	54	39	24	10					
4	100	85	70	56	42	28	14					
5	100	86	72	58	45	32	19	6				
6	100	86	73	60	47	35	23	10				
7	100	87	74	61	49	37	26	14				
8	100	87	75	63	51	40	29	18	7			
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11			
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5		
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		

12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9	
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15	8
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20	13
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	29
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

Таблица 17

Коэффициенты поверхностного натяжения
(дин/см или 10^{-3} н/м при 20°C)

Вода	73	Спирт	21
Керосин	24	Уксусная кислота	28
Мыльный раствор 1 %	40	Эфир	17
Ртуть	470		

Таблица 18

Коэффициенты линейного расширения твердых тел ($град^{-1}$)

Алюминий	0,000026	Плексиглас	0,000100
Бетон	0,000010	Свинец	0,000029
Дерево:		Серебро	0,000019
поперек волокон	0,000050	Сталь	0,000012
вдоль волокон	0,000006	Стекло	0,000009
Инвар	0,0000005	Цемент	0,000014
Латунь	0,000019	Цинк	0,000026
Медь	0,000017	Чугун	0,000010
Олово	0,000021		

Таблица 19

Коэффициенты объемного расширения жидкостей ($град^{-1}$)

Бензин	0,00100	Нефть	0,00100
Вода (при 20° С)	0,00015	Ртуть	0,00018
Глицерин	0,00050	Серная кислота	0,00056
Керосин	0,00100	Спирт	0,00110
Масло	0,00072	Эфир	0,00170

Таблица 20

Диэлектрические проницаемости веществ

Вещества	$\epsilon_{отн.}$	ϵ (ф/м)	Вещества	$\epsilon_{отн.}$	ϵ (ф/м)
Вакуум	1	$0,884 \cdot 10^{-11}$	Плексиглас	3,3	$2,9 \cdot 10^{-11}$
Вода	81	$71 \cdot 10^{-11}$	Слюда	6,0	$5,3 \cdot 10^{-11}$
Воздух	1,0006	$0,855 \cdot 10^{-11}$	Стекло	7,0	$6,2 \cdot 10^{-11}$
Керосин	2,1	$1,9 \cdot 10^{-11}$	Эбонит	4,3	$3,8 \cdot 10^{-11}$
Парафин	2,1	$1,9 \cdot 10^{-11}$	Янтарь	2,8	$2,5 \cdot 10^{-11}$
Парафинированная бумага	2,2	$1,9 \cdot 10^{-11}$	Титанат бария	1220	$1100 \cdot 10^{-11}$

Таблица 21

Удельные сопротивления $\text{ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ или $10^6 \text{ ом} \cdot \text{м}$, для растворов $\text{ом} \cdot \text{см}$ или $10^2 \text{ ом} \cdot \text{м}$ и температурные коэффициенты (град^{-1})

Вещества	ρ	α	Вещества	ρ	α
Алюминий	0,028	0,004	Свинец	0,210	0,004
Вольфрам	0,055	0,005	Серебро	0,016	0,004
Константан	0,480	0,00002	Сталь	0,120	0,006
Латунь	0,071	0,001	Фехраль	1,200	0,0002
Манганин	0,450	0,00003	Цинк	0,060	0,004
Медь	0,017	0,004	Раствор 10% NaCl	8,30	
Никелин	0,420	0,0001	ZnSO ₄	21,3	
Нихром	1,10	0,0001	CuSO ₄	31,3	
Платина	0,100	0,004	КОН	3,20	
Ртуть	0,958	0,0009	H ₂ SO ₄	2,60	

Таблица 22

Электрохимические эквиваленты $10^6 \cdot \text{кг/к}$

Алюминий (Al ⁺⁺⁺)	0,093	Натрий (Na ⁺)	0,288
Водород (H ⁺)	0,01045	Никель (Ni ⁺⁺)	0,304
Железо (Fe ⁺⁺)	0,289	Свинец (Pb ⁺⁺)	1,074
Железо (Fe ⁺⁺⁺)	0,193	Серебро (Ag ⁺)	1,118
Золоте (Au ⁺⁺⁺)	0,680	Хлор (Cl ⁻)	0,367
Кислород (O ⁻)	0,0829	Хром (Cr ⁺⁺)	0,180
Медь (Cu ⁺⁺)	0,329	Цинк (Zn ⁺⁺)	0,339

Таблица 23

Осветительные лампы

Мощность, <i>вт</i>	Напряжение	
	127 <i>в</i>	229 <i>в</i>
	Световой поток, <i>лм</i>	
15	130	105
25	235	205
40	440	370
60	740	620
75	989	840
100	1400	1 240
150	2300	1900
200	3200	2700
300	5150	4 350
500	9100	8100
1000	19500	18 200

Таблица 24

Показатели преломления веществ

Алмаз	2,42	Лед	1,31
Вода	1,33	Плексиглас	1,50
Воздух	1,00029	Сероуглерод	1,63
Глицерин	1,47	Скипидар	1,47
Каменная соль	1,54	Спирт этиловый	1,36
Кварц	1,54	Стекло (тяжелый флинт)	1,80
Кедровое масло	1,52	Стекло (легкий крон)	1,57

Цвета люминесцентного свечения некоторых продуктов

Наименование продукта	Цвет продукта при облучении		Характеристика негодного продукта
	годного	негодного	
Мясо (говядина)	Темно-красный	Ярко-розовые точки	Мясо заражено личинками глистов
Зерно пшеницы	Зеленый	Желтый	Пострадавшее от сырости
Мука пшеничная	Синеватый	Фиолетовый	С присутствием спорыньи
Куриные яйца	Красный	Бледно-желтый	Хранившиеся не менее двух недель
Луковица в разрезе	Фиолетовый	Желтовато-белый	Заболевшая серой гнилью
Картофель в разрезе	Ярко-желтый или серовато-коричневый	Пятна, черного цвета	Сильная степень поражения фитофторой
Рыба (лещ, судак, севрюга, треска)	Тусклое зеленовато-синеватое свечение	Оранжевые участки и пылающие красные пятна	Явно порченный продукт

Таблица 27

Тригонометрические функции

Углы	Радианы	sin	tg	ctg	cos		
0°	0	0	0	∞	1	1,5708	90°
1	0,0175	0,0175	0,0175	57,2900	0,9998	1,5533	89
2	0349	0349	0349	28,6363	9994	1,5359	88
3	0524	0523	0524	19,0811	9986	1,5184	87
4	0698	0698	0699	14,3006	9976	1,5010	86
5	0,0873	0,0872	0,0875	11,4301	0,9962	1,4835	85
6	1047	1045	1051	9,5144	9945	1,4661	84
7	1222	1219	1228	8,1443	9925	1,4486	83
8	1396	1392	1405	7,1154	9903	1,4312	82
9	157.1	1564	1584	6,3138	9877	1,4137	81
10	0,1745	0,1736	0,1763	5,6713	0,9848	1,3963	80
11	1920	1908	1944	5,1446	9816	1,3788	79
12	2094	2079	2126	4,7046	9781	1,3614	78
13	2269	2250	2309	4,3315	9744	1,3439	77
14	2443	2419	2493	4,0108	9703	1,3265	76
15	0,2618	0,2588	0,2679	3,7321	0,9659	1,3090	75
16	2793	2756	2867	3,4874	9613	1,2915	74
17	2967	2924	3057	3,2709	9563	1,2741	73
18	3142	3090	3249	3,0777	9511	1,2566	72
19	3316	3256	3443	2,9042	9455	1,2392	71
20	0,3491	0,3420	0,3640	2,7475	0,9397	1,2217	70
21	3665	3584	3839	2,6051	9336	1,2043	69
22	3840	3746	4040	2,4751	9272	1,1868	68
23	4014	3907	4245	2,3559	9205	1,1694	67
24	4189	4067	4452	2,2460	9135	1,1519	66
25	0,4363	0,4226	0,4663	2,1445	0,9063	1,1345	65
26	4538	4384	4877	2,0503	8988	1,1170	64
27	4712	454»	5095	1,9626	8910	1,0996	63
28	4887	4695	5317	1,8807	8829	1,0821	62

29	5061	4848	5543	1,8040	8746	1,0647	61
30	0,5236	0,5000	0,5774	1,7321	0,8660	1,0427	60
31	5411	5150	6009	1,6643	8572	1,0297	59
32	5585	5299	6249	1,6603	8480	1,0123	58
33	5760	5446	6494	1,5399	8387	0,9948	57
34	5934	5592	6745	1,4826	8290	9774	56
35	0,6109	0,5Д6	0,7002	1,4281	0,8492	0,9599	55
36	6283	3878	7265	1,3764	8090	9425	54
37	6458	6018	7536	1,3270	7986	9250	53
38	6632	6157	7813	1,2799	7880	9076	52
39	6807	6293	8098	1,2349	7771	8901	51
40	0,6981	0,6423.	0,8391	1,1918	0,7660	0,8727	50
41	7156	6561	8693	1,1504	7547	8552	49
42	7330	6691	9004	1,1106	7431	8378	48
43	7505	6820	9325	1,0724	7314	8203	47
44	7679	6947	9657	1,0355	7193	8029	46
45	7854	7071	1,0000	1,0000	7071	7854	45
		cos	ctg	tg	sin	Рadianы	

Квадраты чисел (n^2); квадратные корни \sqrt{n} ; обратные величины ($1/n$); $\pi n/180$ для перевода углов из градусной меры в радианы

n	n^2	\sqrt{n}	$1/n$	$\pi n/180$
1	1	1,000	1,0000	0,0175
2	4	1,414	0,5000	0,0349
3	9	1,732	0,3333	0,0524
4	16	2,000	0,2500	0,0698
5	25	2,236	0,2000	0,0873
6	36	2,449	0,1667	0,1047
7	49	2,646	0,1429	0,1222
8	64	2,828	0,1250	0,1396
9	81	3,000	0,1111	0,1571
10	100	3,162	0,1000	0,1745
11	121	3,317	0,0909	0,1920
12	144	3,464	0,0833	0,2094
13	169	3,606	0,0769	0,2269
14	196	3,742	0,0714	0,2443
15	225	3,837	0,0667	0,2618
16	256	4,000	0,0625	0,2793
17	289	4,123	0,0588	0,2967
18	324	4,243	0,0556	0,3142
19	361	4,359	0,0526	0,3316
20	400	4,472	0,0500	0,3491
21	441	4,583	0,0476	0,3665
22	484	4,690	0,0455	0,3840
23	529	4,769	0,0435	0,4014
24	576	4,899	0,0417	0,4189
25	625	5,000	0,0400	0,4363
26	676	5,099	0,0385	0,4538
27	729	5,196	0,0370	0,4712

28	784	5,292	0,0357	0,4887
29	841	5,385	0,0345	0,5061
30	900	5,477	0,0333	0,5236
31	961	5,568	0,0323	0,5411
32	1024	5,657	0,0313	0,5585
33	1089	5,745	0,0303	0,5760
34	1156	5,831	0,0294	0,5934
35	1225	5,916	0,0286	0,6109
36	1296	6,000	0,0278	0,6283
37	1369	6,083	0,0270	0,6458
38	1444	6,164	0,0263	0,6632
39	1521	6,245	0,0256	0,6807
40	1600	6,325	0,0250	0,6981
41	1681	6,403	0,0244	0,7156
42	1764	6,481	0,0238	0,7330
43	1849	6,557	0,0233	0,7505
44	1936	6,633	0,0227	0,7679
45	2025	6,708	0,0222	0,7854
46	2116	6,782	0,0217	0,8029
47	2209	6,856	0,0213	0,8203
48	2304	6,928	0,0208	0,8378
49	2401	7,000	0,0204	0,8552
50	2500	7,071	0,0200	0,8727
51	2601	7,141	0,0196	0,8901
52	2704	7,211	0,0192	0,9076
53	2809	7,280	0,0189	0,9250
54	2916	7,348	0,0185	0,9425
55	3025	7,416	0,0182	0,9599
56	3136	7,483	0,0179	0,9774
57	3249	7,550	0,0175	0,9948
58	3364	7,616	0,0172	1,0123

59	3481	7,681	0,0169	1,0297
60	3600	7,746	0,0167	1,0472
61	3721	7,810	0,0164	1,065
62	3844	7,874	0,0161	1,082
63	3969	7,937	0,0159	1,100
64	4096	8,000	0,0156	1,117
65	4225	8,062	0,0154	1,134
66	4356	8,124	0,0152	1,152
67	4489	8,185	0,0149	1,169
68	4624	8,246	0,0147	1,187
69	4761	8,307	0,0145	1,204
70	4900	8,367	0,0143	1,222
71	5041	8,426	0,0141	1,239
72	5184	8,485	0,0139	1,257
73	5329	8,544	0,0137	1,274
74	5476	8,602	0,0135	1,292
75	5625	8,660	0,0133	1,309
76	5776	8,718	0,0132	1,226
77	5929	8,775	0,0130	1,344
78	6084	8,832	0,0128	1,361
79	6241	8,888	0,0127	1,379
80	6400	8,944	6,0125	1,396
81	6561	9,000	0,0123	1,414
82	6724	9,055	0,0122	1,431
83	6889	9,110	0,0120	1,449
84	7056	9,165	0,0119	1,466
85	7225	9,220	0,0118	1,484
86	7396	9,274	0,0116	1,501
87	7569	9,327	0,0115	1,518
88	7744	9,381	0,0114	1,536
89	7921	9,434	0,0112	1,553

90	8100	9,487	0,0111	1,571
91	8281	9,539	0,0110	1,588
92	8464	9,592	0,0109	1,606
93	8649	9,644	0,0108	1,623
94	8836	9,695	0,0106	1,641
95	9025	9,747	0,0105	1,658
96	9216	9,798	0,0104	1,676
97	9409	9,849	0,0103	1,693
98	9604	9,899	0,0102	1,711
99	9801	9,950	0,0101	1,728
100	10000	10,000	0,0100	1,745

Латинский алфавит

A a	а	N n	эн
B b	бэ	O o	о
C c	цэ	P p	пэ
D d	дэ	Q q	ку
E e	э	R r	эр
F f	эф	S s	эс
G g	гэ (жэ)	T t	тэ
H h	ха (аш)	U u	у
I i	и	V v	вэ
J j	йот (жи)	W w	дубль-вэ
K k	ка	X x	икс
L l	эль	Y y	игрек
M m	эм	Z z	зэт

Греческий алфавит

A α	альфа	N ν	ни (ню)
B β	бета	Ξ ξ	кси
Γ γ	гамма	Ο ο	омикрон
Δ δ	дельта	Π π	пи
Ε ε	эпсилон	Ρ ρ	ро
Z ζ	дзета	Σ σ	сигма
Η η	эта	Τ τ	тау
Θ θ	тэта	Υ υ	ипсилон
Ι ι	йота	Φ φ	фи
Κ κ	каппа	Χ χ	хи
Λ λ	лямбда	Ψ ψ	пси
Μ μ	ми (мю)	Ω ω	омега