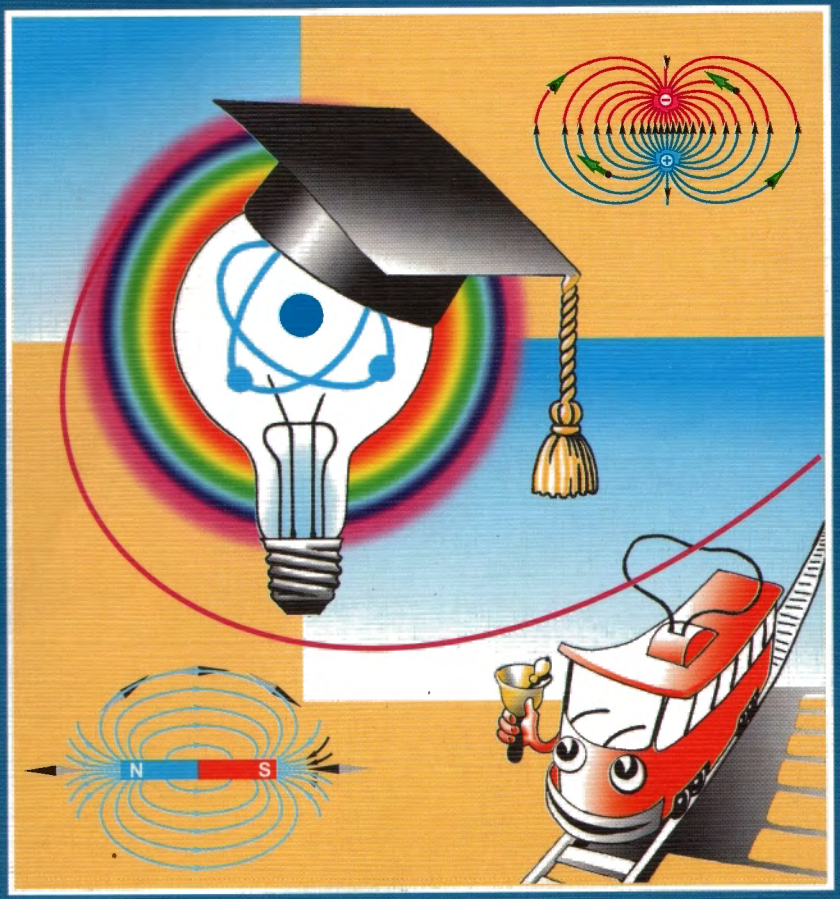
Л.А.Кирик
Ю.И.Дик

ФИЗИКА

11

Сборник заданий
и самостоятельных работ



ИЛЕКСА

Л.А. Кирик
Ю.И. Дик

ФИЗИКА
11 класс

СБОРНИК
заданий и самостоятельных работ

Под редакцией **В.А. Орлова**

ИЛЕКСА
МОСКВА
2009

УДК 373.161.1:53(О76.1)
ББК 22.3я7
К43

Кирик Л. А., Дик Ю. И.
К43 Физика. 11 кл.: Сборник заданий и самостоятельных работ.— М.: Илекса, 2009.— 256 с.

ISBN 978-5-89237-156-8

Книга содержит задания и самостоятельные работы по физике для 11 класса к учебнику базового уровня Л.Э. Генденштейна и Ю.И. Дика «Физика. 11 класс». Книга состоит из двух разделов: 1) Сборник заданий («Хочешь понять лучше — попробуй решить!»); 2) Разноуровневые самостоятельные работы.

Все задания дифференцированы по трем уровням сложности: средний, достаточный и высокий. В каждом разделе выделены ключевые задачи, к которым приведены решения.

УДК 373.161.1:53(О76.1)
ББК 22.3я7

ISBN 978-5-89237-156-8

© Л.А. Кирик, Ю.И. Дик, 2006
© «Илекса», 2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

Книга содержит задания по физике для 11 класса к учебнику Л. Э. Генденштейна и Ю. И. Дика «Физика–11» (базовый уровень). Книга состоит из двух разделов: 1) Сборник заданий («Хочешь понять лучше — попробуй решить!»); 2) Разноуровневые самостоятельные работы.

Первая часть книги содержит задания по физике, дифференцированные по 3-м уровням сложности: средний (решите устно), достаточный и высокий.

Эти задачи (как качественные и экспериментальные, так и расчетные) предлагаются для разбора в классе и для домашнего задания.

Практически все разделы начинаются с примера решения задачи и записи решения в тетради. В каждом разделе отобран ряд ключевых задач, к которым даны решения (такие задачи отмечены знаком 🔑). Выделены также качественные задачи и вопросы (они отмечены знаком ❓).

Необходимо подчеркнуть, что задания первой части не являются ***обязательными*** для ***всех*** учащихся. Учитель должен поддерживать у учащихся интерес к физике, а не наказывать их «трудными» задачами. Задачи высокого уровня предназначены для учащихся, которые интересуются физикой.

Самостоятельные работы, рассчитанные на 10–15 минут, предназначены для ***текущего*** оценивания знаний и включают в себя как качественные, так и расчетные задачи. Все самостоятельные работы состоят из нескольких вариантов разного уровня сложности (начальный, средний и достаточный).

Ученик ***сам*** выбирает уровень задачи (от начального до достаточного), а учитель сообщает ему лишь номер задачи. В течение учебной четверти ученик может «переходить» с одного уровня сложности на другой.

Самостоятельные работы учитель может рассматривать и как обратную связь «ученик — учитель». Например, если из 30 учеников класса 20 учащихся ***сами*** выбрали достаточный уровень, то класс хорошо усвоил изученный материал. Если же 5 учеников выбрали достаточный уровень, а остальные учащиеся — средний и низкий, то учебный материал усвоен слабо. Учитель может отменить самостоятельную работу и вернуться к плохо усвоенному уроку.

В книге предлагается 25 самостоятельных работ. Учитель сам выбирает те самостоятельные работы, которые дает в классе на уроке. Некоторые работы могут быть заданы на дом.

Учитывая неоднородность класса и индивидуальные особенности школьников, учитель может давать эти задания выборочно.

* * *

Авторы благодарны Л. Э. Генденштейну, В. А. Орлову, Е. Н. Евлаховой и К. П. Бондаренко за обсуждения и полезные замечания, а также сотрудникам издательства «Илекса» за помощь в работе над книгой.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

ХОЧЕШЬ ПОНЯТЬ ЛУЧШЕ — ПОПРОБУЙ РЕШИТЬ!

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

1. Взаимодействие электрических зарядов. Электрическое поле 9
2. Разность потенциалов. Проводники и диэлектрики в электрическом поле 14
3. Электроемкость. Конденсаторы Энергия электрического поля 19
4. Электрический ток. Закон Ома для участка цепи 23
5. Последовательное и параллельное соединение проводников 27
6. Работа и мощность тока. Закон Джоуля — Ленца 34
7. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи 40
8. Магнитные взаимодействия. Магнитное поле 44
9. Электромагнитная индукция. Электромагнитное поле Электромагнитные волны 49
10. Производство, передача и потребление электроэнергии 54
11. Передача информации с помощью электромагнитных волн 57

СВЕТ И ЦВЕТ

12. Законы геометрической оптики 60
13. Глаз и оптические системы 64
14. Световые волны 69
15. Цвет. Взаимодействие света с веществом 72

КВАНТЫ И АТОМЫ. АТОМНОЕ ЯДРО И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

16. Явление фотоэффекта 76
17. Строение атома. Атомные спектры 81

18. Квантовая механика 84
19. Строение атомного ядра. Ядерные силы 87
20. Радиоактивность. Правила смещения 90
21. Закон радиоактивного распада. Причина нестабильности атомных ядер 93
22. Дефект масс и энергия связи 97
23. Ядерные реакции. Выделение и поглощение энергии при ядерных реакциях 100
24. Ядерная энергетика 103
25. Элементарные частицы 106

САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Самостоятельная работа № 1
Строение атома. Электризация тел 113
Самостоятельная работа № 2
Закон Кулона 118
Самостоятельная работа № 3
Напряженность электрического поля 121
Самостоятельная работа № 4
Работа электростатического поля. Разность потенциалов .. 124
Самостоятельная работа № 5
Электроемкость. Конденсаторы
Энергия электрического поля 128
Самостоятельная работа № 6
Электрический ток. Закон Ома для участка цепи 131
Самостоятельная работа № 7
Последовательное и параллельное соединение проводников 135
Самостоятельная работа № 8
Работа и мощность тока. Закон Джоуля — Ленца 141
Самостоятельная работа № 9
Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи 145
Самостоятельная работа № 10
Магнитные взаимодействия 148
Самостоятельная работа № 11
Действие магнитного поля на проводник с током 151
Самостоятельная работа № 12
Электромагнитная индукция 154
Самостоятельная работа № 13
Электромагнитные волны 157
Самостоятельная работа № 14
Производство, передача и потребление электроэнергии 159

СВЕТ И ЦВЕТ

Самостоятельная работа № 15
Законы геометрической оптики 162
Самостоятельная работа № 16
Построение изображений в линзах 167
Самостоятельная работа № 17
Световые волны 172
Самостоятельная работа № 18
Цвет. Взаимодействие света с веществом 174

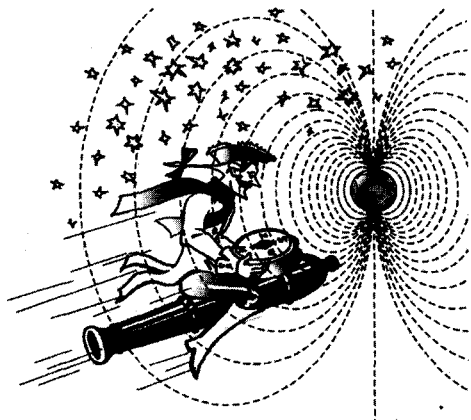
КВАНТЫ И АТОМЫ. АТОМНОЕ ЯДРО

Самостоятельная работа № 19
Явление фотоэффекта 178
Самостоятельная работа № 20
Строение атома 181
Самостоятельная работа № 21
Радиоактивность. Правила смещения 184
Самостоятельная работа № 22
Закон радиоактивного распада 187
Самостоятельная работа № 23
Дефект масс и энергия связи 190
Самостоятельная работа № 24
Ядерные реакции. Выделение и поглощение энергии при ядерных реакциях 193
Самостоятельная работа № 25
Ядерная энергетика 196
Контрольная работа № 1
Электростатика. Постоянный электрический ток Магнитостатика. Электромагнитное поле 199
Контрольная работа № 2
Квантовая физика и физика атомного ядра 210

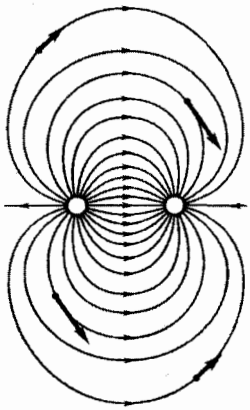
ОТВЕТЫ 219
ПРИЛОЖЕНИЕ 253

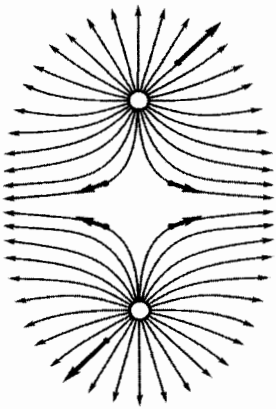
Науки юношей питают,
Отраду старым подают,
В счастливой жизни украшают,
В несчастный случай берегут;
В домашних трудностях утеха
И в дальних странствах не помеха.
Науки пользуют везде:
Среди народов и в пустыне
В градском шуму и на едине,
В покое сладки и в труде.

М. В. Ломоносов

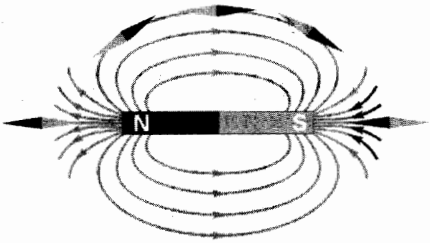


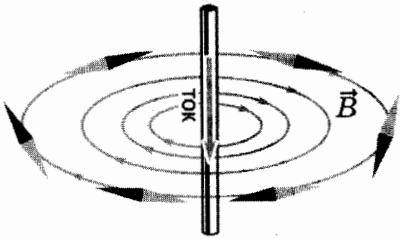
Хочешь понять лучше —
ПОПРОБУЙ РЕШИТЬ!





ЭЛЕКТРОДИНАМИКА





Свершились все мечты, что были так далеки.
Победный ум прошел годы сотни миль;
При электричестве пишу я эти строки,
И у ворот, гудя, стоит автомобиль;
На полюсах взвились звездистые знамена;
Семья «Титаников» колеблет океан;
Подводные суда его взрезают лоно,
И в синеву, треща, взлетел аэроплан.

Валерий Брюсов

1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

$$F = k\frac{|q_1|\cdot|q_2|}{r^2}, \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \ldots + \vec{E}_n$$

Примеры решения задач

1. Заряды двух одинаковых маленьких металлических шариков равны соответственно −2 нКл и +10 нКл. Шарики привели в соприкосновение и развели на прежнее расстояние. Во сколько раз изменился модуль силы взаимодействия между ними?

Дано:
$q_1 = -2$ нКл
$q_2 = +10$ нКл

F_0/F — ?

Решение.
Пусть расстояние между шариками равно r. Тогда начальная сила взаимодействия между этими шариками равна $F_0 = k\frac{|q_1|\cdot|q_2|}{r^2}$, а конечная — $F = k\frac{q^2}{r^2}$.

Здесь q — заряд каждого из шариков после соприкосновения. Согласно закону сохранения заряда $2q = q_1 + q_2$. Следовательно,

$$\frac{F_0}{F} = \frac{4|q_1|\cdot|q_2|}{(q_1+q_2)^2}.$$

$$\left[\frac{F_0}{F}\right] = 1. \quad \frac{F_0}{F} = \frac{4\cdot 2\cdot 10}{(-2+10)^2} = \frac{5}{4} = 1{,}25.$$

Ответ. Модуль силы уменьшился в 1,25 раза.

2. Отрицательный заряд $q_1 = -0{,}2$ мкКл и положительный заряд $q_2 = 0{,}8$ мкКл расположены на расстоянии $a = 60$ см друг от друга. *Где* и *какой* нужно разместить третий заряд Q, чтобы равнодействующая кулоновских сил, действующих на *каждый* из трех зарядов, равнялась нулю?

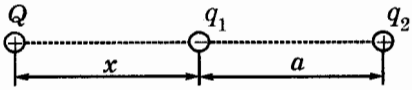
Дано:
$q_1 = -0{,}2$ мкКл
$q_2 = +0{,}8$ мкКл
$a = 60$ см

x – ?
Q — ?

Решение.

Заряд Q следует поместить в точку, в которой напряженность поля двух первых зарядов равна нулю: $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$. Эта точка лежит на проходящей через заряды 1 и 2 прямой, причем *вне* соединяющего заряды отрезка (в точках на этом отрезке векторы $\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$ направлены в одну сторону).

Чтобы выполнялось условие $E_1 = E_2$, искомая точка должна лежать ближе к меньшему по модулю заряду (см. рисунок).



Из соотношения $k\dfrac{q_2}{(a+x)^2} = k\dfrac{q_1}{x^2}$ получаем $x = a$. Найдем теперь заряд Q. Для этого можно использовать условие равновесия заряда q_1: он находится посередине между зарядами Q и q_2, откуда следует $Q = q_2$.

Ответ: На расстоянии 0,6 м от меньшего заряда и 1,2 м от большего; 0,8 мкКл.

Решите устно

1.1. С помощью каких опытов можно проверить, обладает ли тело электрическим зарядом?

1.2. В любом теле — огромное число электронов. В капле воды, например, их около $6 \cdot 10^{23}$. Почему же тела не заряжены? Куда же делось неотъемлемое свойство электронов?

1.3. Почему незаряженные металлические опилки притягиваются к заряженному телу?

1.4. Возможно ли в процессе электризации трением образование электрического заряда одного знака?

1.5. В каком из перечисленных ниже случаев можно утверждать, что мы имеем дело с двумя атомами одного и того же химического элемента: а) в ядрах атомов одинаковое число частиц; б) в ядрах атомов одинаковое число протонов; г) в ядрах атомов одинаковое число нейтронов?

1.6. Могут ли тела электризоваться при соприкосновении без трения?

1.7. При каком условии можно наэлектризовать латунную палочку?

1.8. Электрический заряд, имеющийся на проводящем шарике необходимо разделить на три равные части. Как это осуществить?

1.9. Что имеет бóльшую массу: атом азота или положительный ион азота? Атом натрия или отрицательный ион натрия?

1.10. Если поднести на нити заряженную станиолевую гильзу к незаряженной, то они сначала притянутся друг к другу, а после соприкосновения будут отталкиваться. Объясните явление.

1.11. Зернышко риса притягивается к отрицательно заряженной эбонитовой палочке. Можно ли утверждать, что зернышко заряжено положительно? Обоснуйте свой ответ.

1.12. Почему поле лучше изображать графически линиями, а не точками?

1.13. В классе существует множество полей. А заряженная гильза висит неподвижно и не меняет скорость! В чем дело?

1.14. В каком случае напряженность электрического поля в какой-либо точке и сила, действующая на пробный заряд в той же точке, будут иметь противоположные знаки?

Достаточный уровень

1.15. Два одинаковых проводящих шарика, имеющих электрические заряды $1{,}8 \cdot 10^{-8}$ Кл и $-2 \cdot 10^{-9}$ Кл, вследствие притяжения на мгновение соприкоснулись. Как распределился заряд между ними? Определите, с какой силой

будут взаимодействовать шарики после соприкосновения на расстоянии 8 мм?

1.16. Определите силу электрического взаимодействия электрона и протона на расстоянии $1{,}0 \cdot 10^{-8}$ см один от другого. Во сколько раз она больше гравитационной силы?

1.17. Две пылинки находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Какой будет сила взаимодействия между ними, если десять миллиардов электронов перенести с одной пылинки на другую?

1.18. Два шара имеют массы по 10 г. Какие одинаковые заряды необходимо сообщить этим шарам, чтобы кулоновское отталкивание уравновесило гравитационное притяжение? Расстояние между шарами велико по сравнению с их радиусами.

1.19. Вам необходимо определить знак электрического заряда на изолированном проводнике, имея в своем распоряжении электроскоп, стеклянную палочку и шелк. Как это сделать?

1.20. Какой заряд должна иметь пылинка массой 0,1 мг, чтобы она «висела» в направленном вверх электростатическом поле напряженностью 1 кН/Кл?

1.21. С каким ускорением движется протон в электрическом поле с напряженностью 40 кН/Кл?

1.22. Электрическое поле образовано точечным зарядом 24 нКл. Определите, на каком расстоянии от него расположена точка, в которой напряженность поля равна 15 кН/Кл. С какой силой в этой точке действует поле на пробный заряд 1,8 нКл?

Высокий уровень

1.23. По теории Бора электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите. Определите напряженность поля, создаваемого зарядом ядра на расстоянии, равном радиусу первой орбиты электрона, то есть $5{,}3 \cdot 10^{-11}$ м, и скорость движения электрона по этой орбите вокруг ядра.

1.24. Два проводящих шарика пренебрежимо малых размеров получили вместе $5 \cdot 10^{9}$ избыточных электронов. Как распределился заряд на шариках, если в вакууме на расстоянии один от другого 3 см они взаимодействуют с силой 1,2 мкН? Сколько избыточных электронов имеет каждый шарик?

1.25. Два одинаковых маленьких заряженных шарика, находясь на расстоянии 40 см один от другого в вакууме, отталкиваются с силой 270 мкН. После того, как их привели в соприкосновение и вновь удалили на прежнее расстояние, сила отталкивания между ними стала равна 360 мкН. Определите заряды на шариках до их соприкосновения. С какой силой будут взаимодействовать шарики после соприкосновения, если вначале их заряды имели противоположные знаки?

1.26. Нарисуйте линии напряженности электрического поля, образованного двумя точечными разноименными зарядами неодинаковой величины.

1.27. В однородное поле с напряженностью 10 кН/Кл, направленной вверх, внесли заряд 25 нКл. В какой точке напряженность поля станет равной нулю?

1.28. Два положительных заряда 0,2 мкКл и 1,8 мкКл закреплены на расстоянии 60 см друг от друга. Где нужно разместить третий заряд, чтобы действующие на него кулоновские силы компенсировали друг друга?

1.29. В каких точках напряженность поля двух точечных зарядов с модулями 4 нКл и 16 нКл равна нулю? Расстояние между зарядами равно 12 см. Рассмотрите два случая: а) заряды одноименные; б) заряды разноименные. Сделайте рисунок.

1.30. Некий «ученый» поставил цель получить такие «атомные ядра», чтобы кулоновское отталкивание между ними в точности компенсировало гравитационное притяжение. Какой должна быть доля протонов в этих «ядрах»? Какова минимально возможная масса такого «ядра»?

Человека, умеющего наблюдать и анализировать, обмануть невозможно. Его выводы будут безошибочны, как теорема Евклида.

Артур Конан Дойл

2. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ. ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

$$\Delta\varphi = \frac{A}{q}, \quad A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU, \quad E = \frac{U}{d}$$

Пример решения задачи

Определите изменение скорости электрона, пролетевшего в ускорителе от точки с потенциалом φ_1 к точке с потенциалом φ_2, если $\varphi_1 - \varphi_2 = 200$ В.

Дано:

$\varphi_1 - \varphi_2 = 200$ В

$q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

Δv — ?

Решение.

Кинетическая энергия электрона изменяется вследствие того, что электрическое поле совершает работу: $\Delta W_К = A$.

Учитывая, что $W_K = \frac{mv^2}{2}$ и $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$,

получим: $\frac{m(\Delta v)^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$.

Т. е. изменение скорости равно:

$$\Delta v = \sqrt{\frac{2q(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}}.$$

Проверка единиц измерения:

$$[v] = \sqrt{\frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Кл} \cdot \text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{Кл}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Вычисляем изменение скорости:

$$\Delta v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 0,84 \cdot 10^{7} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right) = 84 \cdot 10^{2} \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

Ответ. 8400 км/с.

Решите устно

2.1. ? От чего зависит работа в однородном электрическом поле?

2.2. ? Какое поле называется потенциальным? Приведите примеры потенциальных полей?

2.3. ? Какие превращения энергии происходят при перемещении заряда в электрическом поле под действием сил этого поля?

2.4. ? При каких условиях перемещение электрического заряда из одной точки электрического поля в другую не требует затрат энергии?

2.5. ? Во время грозы разность потенциалов между облаком и Землей может достичь 10^9 В. Как это следует понимать?

2.6. ? Как можно защитить людей от вредного влияния внешних электрических полей?

2.7. ? Почему проводники для опытов по электростатике делаются полыми?

2.8. ? Почему незаряженные легкие кусочки бумаги притягиваются к заряженным телам независимо от знака их заряда?

2.9. ? Почему электрическое поле в диэлектрике слабее, чем в вакууме?

2.10. ? Почему продолговатые кусочки диэлектрика в электрическом поле устанавливаются вдоль линий его напряженности?

Достаточный уровень

2.11. Потенциальная энергия заряда 5 нКл в электрическом поле равна 8 мкДж. Чему равен потенциал поля в этой точке?

2.12. В точке поля с потенциалом 100 В заряженное тело имеет потенциальную энергию −0,5 мкДж. Каков его заряд?

2.13. Какую работу совершает поле при перемещении заряда 3 нКл из точки с потенциалом 50 В в точку с потенциалом 250 В?

2.14. При переносе из одной точки в другую заряда 4 нКл электрическое поле совершило работу 12 мкДж. Какова разность потенциалов между этими точками?

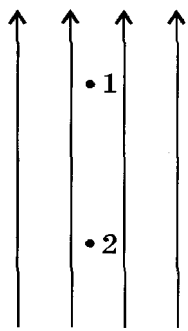
2.15. При переносе из точки 1 в точку 2 заряда 5 мкКл потребовалось совершить работу 30 мДж *против* кулоновских сил. Какова разность потенциалов между точками 1 и 2?

2.16. Электрические потенциалы двух изолированных проводников, находящихся в воздухе, равны 50 В и −50 В. Какую работу совершит электрическое поле этих двух зарядов при переносе заряда $8 \cdot 10^{-4}$ Кл с одного проводника на другой?

2.17. В однородном электрическом поле две точки лежат на одной силовой линии. Расстояние между точками равно 20 см. Каково напряжение между ними, если напряженность поля 75 кВ/м?

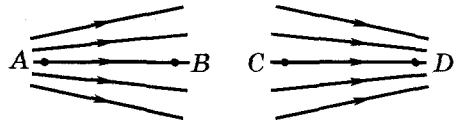
2.18. На каком расстоянии от заряда 1,5 нКл в машинном масле напряженность поля равна 6 кВ/м?

2.19. На рисунке изображена картина силовых линий электрического поля. Можно ли утверждать, что разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ отрицательна? Положительную или отрицательную работу совершает электрическое поле при перемещении отрицательного заряда из точки 1 в точку 2?

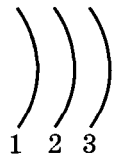


Высокий уровень

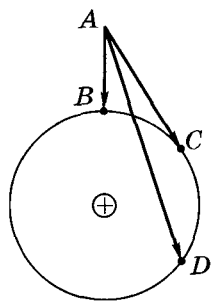
2.20. Сравните потенциал и напряженность электрического поля в точках *A* и *B*, *C* и *D* (см. рисунок).



2.21. На рисунке изображены эквипотенциальные поверхности электрического поля. Нарисуйте силовые линии этого поля. Рассмотрите два случая: а) $\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$; б) $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$.

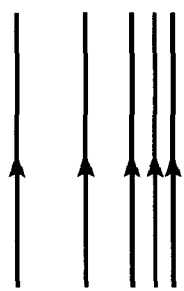


2.22. В электрическом поле положительного точечного заряда из точки *A* поочередно перемещают заряд в точки *B*, *C* и *D*. В каком случае кулоновская сила совершит наибольшую работу?



2.23. Электрон влетает в однородное электрическое поле со скоростью 1 км/с, направленной вдоль линии напряженности. Определите работу поля по торможению электрона до его полной остановки. Какова разность потенциалов между начальной и конечной точками?

2.24. Можно ли создать электростатическое поле, линии напряженности которого имеют вид, показанный на рисунке?



2.25. Электрон движется по направлению линии напряженности однородного поля, напряженность которого равна 1,2 В/см. Какое расстояние он пролетит в вакууме до полной остановки, если его начальная скорость равна 1000 км/с?

2.26. При радиоактивном распаде солей урана вылетают α-частицы со скоростью примерно $2 \cdot 10^4$ км/с. Какой должна быть разность потенциалов двух точек электрического поля, чтобы при перемещении между ними α-частицы приобрели такую же скорость? $m_\alpha = 6{,}64 \cdot 10^{-27}$ кг.

При изучении наук задачи полезнее правил.

Исаак Ньютон

3. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

$$C = \frac{q}{U}, \quad C = \frac{\varepsilon\,\varepsilon_0 S}{d}, \quad W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

Пример решения задачи

Даны два конденсатора, емкости которых равны $C_1 = 2$ мкФ и $C_2 = 3$ мкФ. Во сколько раз отличается емкость батареи C' из этих конденсаторов, соединенных параллельно, от емкости батареи C'' конденсаторов, соединенных последовательно.

Дано:
$C_1 = 2$ мкФ
$C_2 = 3$ мкФ

C'/C'' — ?

Решение.
В случае параллельного соединения конденсаторов общий заряд батареи равен: $q = q_1 + q_2 = C_1U + C_2U$ (напряжение на каждом конденсаторе такое же, как на батарее).

Емкость батареи $C' = q/U$, откуда получаем $C' = C_1 + C_2$.

В случае последовательного соединения конденсаторов заряд каждого из конденсаторов равен общему заряду батареи. Напряжения на конденсаторах равно: $U_1 = q/C_1$, $U_2 = q/C_2$; полное напряжение на батарее равно:

$$U = U_1 + U_2 = \frac{q(C_1 + C_2)}{C_1C_2},$$ откуда емкость батареи:

$$C'' = \frac{q}{U} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}.$$

Таким образом, $\dfrac{C'}{C''} = \dfrac{(C_1 + C_2)\cdot(C_1 + C_2)}{C_1 \cdot C_2} = \dfrac{(C_1 + C_2)^2}{C_1 \cdot C_2}$.

Следовательно, $\dfrac{C'}{C''} = \dfrac{(2+3)^2}{2\cdot 3} = \dfrac{25}{6} \approx 4{,}17$.

Ответ: 4,17.

Решите устно

3.1. Зависит ли электроемкость уединенного проводника от его массы и формы?

3.2. Зависит ли электроемкость уединенного проводника от присутствия вблизи него других проводников?

3.3. Как зависит электроемкость плоского конденсатора от его геометрических размеров?

3.4. Что будет с разностью потенциалов между пластинами конденсатора, если уменьшить расстояние между ними? Если увеличить?

3.5. Почему введение диэлектрика увеличивает электроемкость конденсатора?

3.6. Что произойдет с разностью потенциалов на пластинах заряженного конденсатора, если воздух заменить слюдой?

3.7. Расстояние между пластинами заряженного конденсатора увеличили в 2 раза. Как это повлияет на: а) заряд конденсатора; б) электроемкость; в) напряженность электрического поля между пластинами; г) разность потенциалов между пластинами?

3.8. С помощью какого опыта можно убедиться, что заряженный конденсатор обладает энергией?

3.9. Какую опасность представляют обесточенные цепи с имеющимися в них конденсаторами? Что необходимо предпринять после размыкания такой цепи?

3.10. Одинакова ли необходима энергия для зарядки конденсатора от 0 В до 10 В и от 10 В до 20 В?

Достаточный уровень

3.11. Когда конденсатор подключили к источнику постоянного напряжения, одна из его обкладок приобрела заряд 10 нКл. Чему равен: а) заряд конденсатора; б) суммарный заряд обеих обкладок?

3.12. Какова емкость конденсатора, если при разности потенциалов 2,5 кВ на его обкладках находится заряд в 50 нКл?

3.13. Какой заряд нужно сообщить конденсатору емкостью 2 мкФ, чтобы разность потенциалов между его пластинами стала равной 100 В?

3.14. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора емкостью 500 пФ, если заряд конденсатора 15 нКл?

3.15. Конденсатор емкостью 0,05 мкФ соединили с источником тока, вследствие чего он получил заряд 50 нКл. Определите напряженность поля между пластинами конденсатора, если расстояние между ними 0,5 мм.

3.16. Определите заряд пластины плоского конденсатора емкостью 0,02 мкФ, если напряженность поля в конденсаторе 320 В/см, а расстояние между пластинами 0,5 см.

3.17. Площадь пластин слюдяного конденсатора 15 см^2, а расстояние между пластинами 0,02 см. Какой емкостью обладает конденсатор?

3.18. Заряд конденсатора 4,8 мКл, разность потенциалов на обкладках 600 В. Чему равна энергия конденсатора?

3.19. Определите емкость конденсатора, если при разности потенциалов на обкладках 1000 В его энергия равна 10 Дж.

3.20. Энергия заряженного конденсатора емкостью 400 мкФ равна 200 Дж. Определите разность потенциалов между его обкладками.

Высокий уровень

3.21. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 150 В. Площадь каждой пластины 120 см^2, а заряд 5 нКл. Какое расстояние между пластинами?

3.22. Расстояние между пластинами воздушного плоского квадратного конденсатора со стороной 10 см равно 1 мм. Какова разность потенциалов между пластинами, если заряд конденсатора равен 1 нКл?

3.23. Какой заряд был сообщен плоскому конденсатору емкостью 15 пФ, если напряженность поля между пластинами равна 80 кВ/м, а расстояние между пластинами 6 мм?

3.24. Какова напряженность электрического поля внутри плоского воздушного конденсатора, если его заряд равен 2 мкКл, а площадь пластин 200 см^2?

3.25. Пластины плоского конденсатора изолированы друг от друга слоем диэлектрика. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 1 кВ и отключен от источника. Определите диэлектрическую проницаемость диэлектрика, если при его удалении разность потенциалов между пластинами конденсатора возрастает до 3 кВ.

3.26. Возможно ли увеличить энергию заряженного школьного раздвижного конденсатора, не изменяя его заряда?

3.27. Определите энергию плоского конденсатора с площадью каждой обкладки 200 см^2. Толщина диэлектрика между пластинами 8 мм, заряд на обкладке 5 мкКл ($\varepsilon = 6$).

3.28. Конденсатор подключен к аккумулятору. Как изменится энергия конденсатора при раздвижении его пластин? Как согласуется это изменение с законом сохранения энергии? Каким будет ответ в случае, если заряженный конденсатор отключен от аккумулятора перед раздвиганием пластин?

Подвесив к железным перилам
Лягушку на медный крючок,
Гальвани повержен был дивом:
Возник электрический ток.

Лягушка (так думал профессор)
Источником тока была.
Но Вольта решил, что в подвесе
Сокрыта вся суть естества:

Э. Г. Братута

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

$$I = \frac{q}{t}, \quad I = \frac{U}{R}, \quad R = \rho\frac{l}{S}$$

Пример решения задачи

Спираль изготовлена из нихромовой проволоки с площадью поперечного сечения 0,8 мм^2. Какова длина проволоки, если при силе тока 0,5 А напряжение на спирали 20 В?

Дано:
$S = 0{,}8$ мм^2
$I = 0{,}5$ А
$U = 20$ В
$\rho = 1{,}1\dfrac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$

l — ?

Решение.

Из закона Ома $I = \dfrac{U}{R}$ следует, что $R = \dfrac{U}{I}$.

С другой стороны,

$$R = \rho\frac{l}{S} \Rightarrow \rho\frac{l}{S} = \frac{U}{I},$$

откуда $l = \dfrac{S\cdot U}{\rho\cdot I}$.

Проверяем единицы измерения:

$$[l] = \frac{\text{мм}^2\cdot\text{В}}{\dfrac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}\cdot\text{А}} = \frac{\text{м}\cdot\text{В}}{\text{Ом}\cdot\text{А}} = \text{м}.$$

Вычисляем длину проволоки:

$$l = \frac{0{,}8\cdot 20}{1{,}1\cdot 0{,}5} = 29{,}1\ (\text{м})$$

Ответ: 29,1 м.

Решите устно

4.1. Движутся ли заряженные частицы в проводнике, когда по нему не идет ток?

4.2. Как определить, не разрывая цепь, идет ли по проводу ток?

4.3. Возможен ли электрический ток в отсутствие электрического поля?

4.4. Каково направление электрического тока электронного луча в кинескопе телевизора: к экрану или от него?

4.5. Каково назначение источника тока в электрической цепи? Можно ли сказать, что он создает заряды на полюсах?

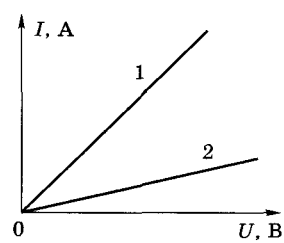
4.6. В каких устройствах используется тепловое действие тока? Магнитное действие?

4.7. В чем различие в движении свободных электронов в металлическом проводнике, когда он присоединен к полюсам источника тока и когда он отсоединен от него?

4.8. Капля дождя в процессе падения электризуется. Можно ли говорить о наличии электрического тока между землей и облаком в данном случае?

4.9. Согласно закону Ома сопротивление $R = \frac{U}{I}$. Означает ли это, что сопротивление зависит от силы тока или напряжения?

4.10. На рисунке показаны графики зависимости силы тока от напряжения для двух проводников. Какой из проводников имеет большее сопротивление? Почему?



Достаточный уровень

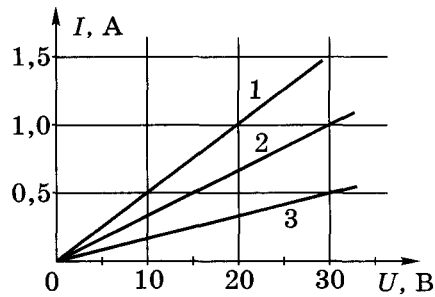
4.11. Зарядка автомобильного акумулятора длилась 6 ч. Какой заряд прошел по цепи, если сила тока равнялась 12 А?

4.12. Для изготовления реостата сопротивлением 126 Ом использовали никелиновую проволоку с площадью поперечного сечения 0,1 мм^2. Какова длина проволоки?

4.13. Определите удельное сопротивление проводника, если его длина 2,4 м, площадь поперечного сечения 0,4 мм^2, а сопротивление 1,2 Ом.

4.14. Безопасной для человека считается сила тока 1 мА. Какой заряд проходит за 10 с при таком токе? Сколько электронов должно проходить через поперечное сечение проводника за 1 с, чтобы создать такую силу тока?

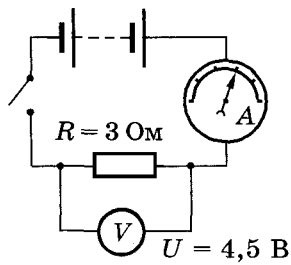
4.15. На рисунке показаны графики зависимости силы тока от напряжения для трех различных проводников. Каково сопротивление каждого из них?



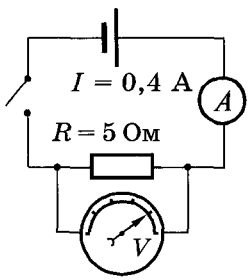
4.16. Реостат сопротивлением 50 Ом рассчитан на максимальную силу тока 1,8 А. Можно ли включать этот реостат в цепь с напряжением 80 В? 110 В?

4.17. В вольтметре, показывающем 120 В, сила тока равна 15 мА. Определите сопротивление вольтметра.

4.18. Какова цена деления шкалы амперметра (см. рисунок)?



4.19. Какова цена деления шкалы вольтметра (см. рисунок)?



4.20. Реостат с максимальным сопротивлением 150 Ом присоединили к источнику постоянного напряжения 9 В. Постройте график $I(R)$ зависимости силы тока в цепи от сопротивления реостата.

Высокий уровень

4.21. Определите силу тока в цепи, если суммарная масса всех электронов, проходящих за 0,5 с через поперечное сечение проводника равна 1 нг.

4.22. Конденсатор емкостью 6 мкФ, заряженный до напряжения 150 В, разрядился через металлический провод за 0,001 с. Какова средняя сила тока при разрядке?

4.23. По медному проводнику с поперечным сечением 1,5 мм^2 и длиной 14 м идет ток силой 2,25 А. Определите напряжение на концах этого проводника.

4.24. По никелиновому проводнику длиной 10 м идет ток силой 0,5 А. Определите сечение проводника, если к его концам приложено напряжение 20 В.

4.25. В цепь источника тока, дающего напряжение 6 В, включили кусок никелиновой проволоки длиной 25 см и сечением 0,1 мм^2. Какая сила тока установилась в цепи?

4.26. Сила тока в спирали электрокипятильника 4 А. Кипятильник включен в сеть с напряжением 220 В. Какова длина нихромовой проволоки, из которой изготовлена спираль кипятильника, если ее сечение 0,1 мм^2?

4.27. ★ Сопротивление медной проволоки $R = 1$ Ом, ее масса $m = 1$ кг. Какова длина l проволоки? Площадь S ее поперечного сечения?

4.28. Какова напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике с площадью поперечного сечения 1,4 мм^2 при силе тока 2 А?

В Изобретеньи Цель и средство
В единой логике должны
Так направлять творенья действо,
Чтоб к смыслу здравому прийти.

Э. Г. Братута

5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

$$R = R_1 + R_2 + \ldots, \qquad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$$

Пример решения задачи

Определите сопротивление R между точками A и B показанной на рисунке цепи. Сопротивление каждого из резисторов равно $r = 1$ Ом.

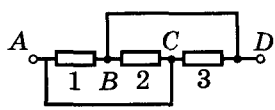


рис. *а*

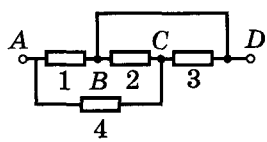


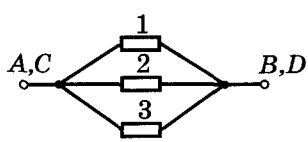
рис. *б*

Дано:
$r = 1$ Ом

R — ?

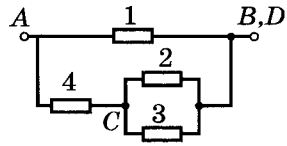
Решение.

а) Поскольку точки A и C, B и D закорочены, их потенциалы одинаковы: $\varphi_A = \varphi_C$, $\varphi_B = \varphi_D$. Объединив эти точки, получим эквивалентную схему:



Отсюда следует, что эквивалентное сопротивление $R = \frac{r}{3} = \frac{1}{3}$ (Ом).

б) В этом случае эквивалентная схема имеет вид, показанный на рисунке:



Очевидно, что

$$R_{2,3} = \frac{r}{2},\ R_{2,3,4} = \frac{3}{2}r \text{ и } R = \frac{\frac{3}{2}r \cdot r}{\frac{3}{2}r + r} = \frac{3}{5}r = \frac{3}{5}(\text{Ом}).$$

Ответ: а) $\frac{1}{3}$ Ом; $\frac{3}{5}$ Ом.

Решите устно

5.1. Какой недостаток последовательного соединения проводников?

5.2. Как изменится сопротивление цепи, если сопротивление одного из резисторов в этой цепи: а) увеличить; б) уменьшить? Зависит ли ответ от типа соединения проводников?

5.3. Как изменится сопротивление электрической цепи, если подключить к любому звену цепи еще один резистор: а) последовательно; б) параллельно?

5.4. Елочная гирлянда спаяна из лампочек для карманного фонарика. При включении этой гирлянды в сеть на каждую из лампочек приходится напряжение 3 В. Почему же опасно, выкрутив одну из лампочек, сунуть в патрон палец?

5.5. Две проволоки одинаковой длины и сечения, изготовленные из меди и алюминия, соединены параллельно. В какой из них возникнет большая сила тока при присоединении их к источнику тока?

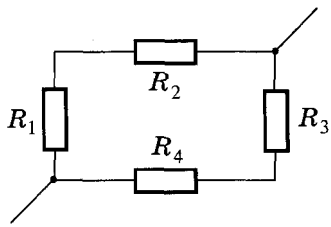
5.6. В каком случае вольтметр даст большее показание: при присоединении к лампе или к амперметру? Почему?

5.7. Ученик по ошибке включил вольтметр вместо амперметра при измерении величины тока в лампе. Что при этом произойдет с накалом нити лампы?

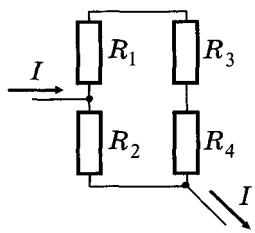
5.8. Ученик по ошибке включил амперметр вместо вольтметра при измерении напряжения на горящей лампочке. Что при этом произойдет с накалом нити лампы?

Достаточный уровень

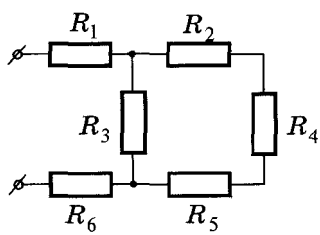
5.9. Четыре резистора R_1 = 5 Ом, R_2 = 10 Ом, R_3 = 4 Ом, R_4 = = 6 Ом соединены по схеме, изображенной на рисунке. Определите общее сопротивление цепи.



5.10. Чему равно общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если R_1 = 10 Ом, R_2 = 5 Ом, R_3 = = 6 Ом, R_4 = 4 Ом?



5.11. Определите общее сопротивление цепи, изображенной на рисунке, если все резисторы имеют сопротивление 10 кОм.

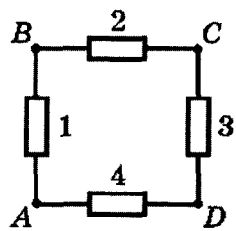


5.12. Резисторы, сопротивления которых 2 кОм и 3 кОм, соединены параллельно и подключены к источнику посто-

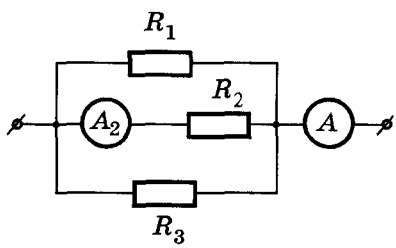
янного напряжения 15 В. Найдите силу тока через каждый из резисторов и сопротивление цепи.

5.13. Резисторы, сопротивления которых 600 Ом и 300 Ом, соединены последовательно и подключены к батарейке. Напряжение на первом резисторе 3 В. Найдите силу тока в цепи и общее напряжение в цепи.

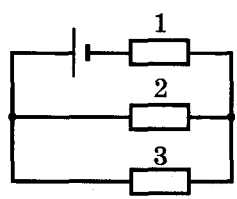
5.14. Сопротивления резисторов в цепи, изображенной на рисунке, $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $R_3 = 8$ Ом и $R_4 = 10$ Ом. Найдите сопротивления цепи между точками: а) A и B; б) A и C.



5.15. Вычислите величину сопротивления резистора R_3 в цепи, изображенной на рисунке, если $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $I_2 = 3$ А, $I = 9$ A.

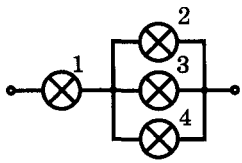


5.16. Найдите силу тока в каждом из резисторов (см. рисунок), если сопротивление каждого из этих резисторов 60 Ом, а напряжение источника тока $U = 18$ В.



5.17. Четыре одинаковые лампы соединены, как показано на рисунке, и подключены к источнику постоянного

напряжения. Как изменится накал каждой из ламп, если лампа 4 перегорит? Зависимость сопротивления ламп от накала не учитывайте.



5.18. Радиолюбителю нужен резистор сопротивлением 70 кОм. У него нашлись три резистора, сопротивления которых 100 кОм, 50 кОм и 25 кОм. Может ли он получить необходимое сопротивление? Если может, то как? Начертите схему.

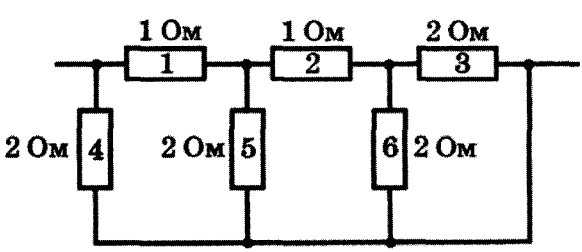
Высокий уровень

5.19. Из одинаковых резисторов по 10 Ом требуется составить цепь сопротивлением 6 Ом. Какое *наименьшее* количество резисторов для этого потребуется? Начертите схему цепи.

5.20. Из проволоки сопротивлением $R = 32$ Ом сделано кольцо. В каких точках кольца следует подключить провода, чтобы получить сопротивление, равное $R = 6$ Ом?

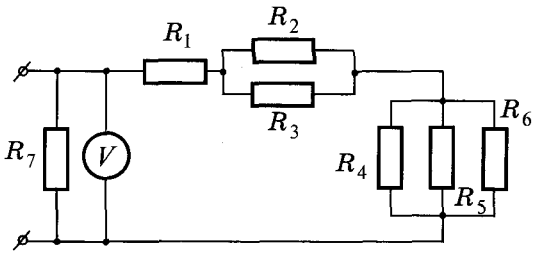
5.21. В ходе лабораторной работы ученик собрал цепь неправильно, поменяв местами амперметр и вольтметр. Будет ли в собранной цепи гореть лампочка? Что покажут приборы? Какой прибор может выйти из строя?

5.22. На рисунке приведена схема участка электрической цепи. Определите общее сопротивление всей цепи.

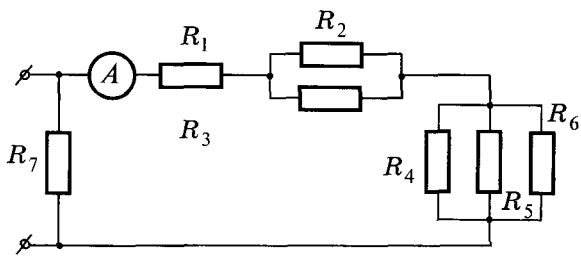


5.23. Найдите силу тока через каждый из резисторов на схеме, изображенной на рисунке, если вольтметр показыва-

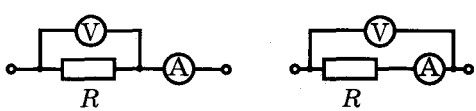
ет 110 В, а R_1 = 6,4 Ом, R_2 = 4 Ом, R_3 = 12 Ом, R_4 = = 6 Ом, R_5 = 3 Ом, R_6 = 8 Ом, R_7 = 20 Ом.



5.24. Найдите напряжение на каждом из резисторов на схеме, изображенной на рисунке, если амперметр показывает 10 А, а R_1 = 6,4 Ом, R_2 = 4 Ом, R_3 = 12 Ом, R_4 = 6 Ом, R_5 = 3 Ом, R_6 = 8 Ом, R_7 = 20 Ом.



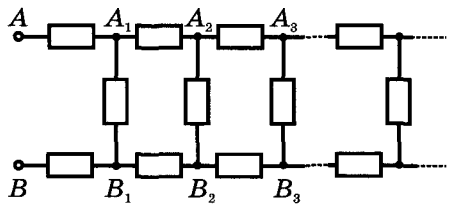
5.25. Вам необходимо измерить *как можно точнее* сопротивление R резистора с помощью амперметра сопротивлением несколько омов и вольтметра сопротивлением несколько килоомов. Какую из двух схем (см. рис. *а*, *б*) вы выберете, если вам известно, что значение R составляет: 1) несколько омов; 2) несколько десятков омов; 3) несколько килоомов?



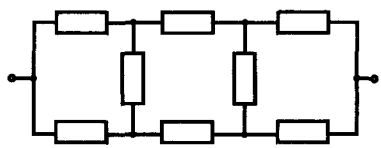
а *б*

5.26. Каково сопротивление каждого из двух резисторов, если при их последовательном соединении получается сопротивление 50 Ом, а при параллельном — 12 Ом?

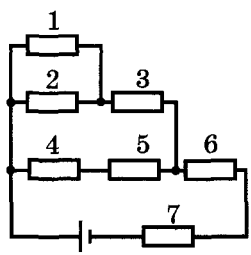
5.27. Определите сопротивление R_0 показанной на рисунке бесконечной*) электрической цепи между точками A и B. Сопротивление каждого из резисторов равно R.



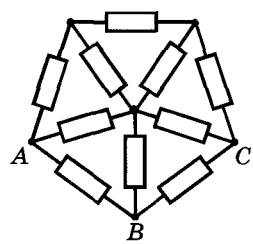
5.28. В показанной на рисунке цепи сопротивление каждого из резисторов 6 Ом. Каково сопротивление цепи?



5.29. Найдите силу тока в каждом из резисторов (см. рисунок). Напряжение источника тока 91 В, сопротивление каждого из резисторов 35 Ом.



5.30. Каково сопротивление показанной на рисунке цепи между точками A и B? Между точками A и C? Сопротивление каждого из резисторов 1,1 кОм.



---

*) *Бесконечных цепей, конечно, не существует, но существуют и применяются* цепи с большим количеством звеньев; при расчете такие цепи удобно считать бесконечными.

Человек раскрывается в борьбе с препятствиями.
Но, чтобы преодолеть их, ему необходимы орудия.

Антуан де Сент-Экзюпери

6. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ — ЛЕНЦА

$$A = UIt, \quad P = UI, \quad Q = I^2Rt$$

Примеры решения задач

1. В каком из двух резисторов $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 50$ Ом выделяется бóльшая мощность при: а) последовательном соединении; б) параллельном соединении? Во сколько раз бóльшая?

Дано:
$R_1 = 10$ Ом
$R_2 = 50$ Ом

P_1/P_2 — ?

Решение.

а) При последовательном соединении *сила тока* в обоих резисторах одинакова. Из формулы $P = I^2R$ следует, что при *последовательном* соединении мощность тока в резисторе *прямо* пропорциональна его сопротивлению. Отсюда получаем:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} = 5.$$

б) При параллельном соединении сила тока в резисторах не одинакова, поэтому использовать формулу $P = I^2R$ нецелесообразно. В этом случае на всех резисторах одно и то же *напряжение*, поэтому целесообразно воспользоваться формулой $P = U^2/R$. Из нее следует, что при *параллельном* соединении мощность тока в резисторе *обратно* пропорциональна его сопротивлению.

Таким образом,

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1} = 5.$$

Ответ: а) Во втором, в 5 раз; б) в первом, в 5 раз.

2. Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них вода закипает через $t_1 = 12$ мин, при включении другой — через $t_2 = 24$ мин. Через сколько времени закипит вода в чайнике, если

включить обе обмотки параллельно? Последовательно? Теплообменом с воздухом пренебречь.

Дано:
$t_1 = 12$ мин
$t_2 = 24$ мин

$t_{пар}$ — ?
$t_{посл}$ — ?

Решение.
Обозначим сопротивления обмоток R_1 и R_2, напряжение в сети U. Из закона Джоуля – Ленца $Q = I^2Rt$ следует, что количество теплоты, необходимое для доведения воды до кипения, равно: $Q = \frac{U^2}{R_1}t_1 = \frac{U^2}{R_2}t_2$. Отсюда $\frac{R_1}{R_2} = \frac{t_1}{t_2}$.

С учетом того, что при последовательном соединении обмоток их сопротивление равно $R_1 + R_2$, а при параллельном — $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, получаем:

$$Q = \frac{U^2}{R_1 + R_2}t_{посл} = \left(\frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2}\right)t_{пар}.$$

Рассчитаем время закипания воды при последовательном соединении.

$$\frac{U^2}{R_1}t_1 = \frac{U^2}{R_1 + R_2}t_{посл} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_{посл} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}t_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)t_1 = \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right)t_1 = t_1 + t_2.$$

Рассчитаем время закипания воды при параллельном соединении.

$$\frac{U^2}{R_1}t_1 = U^2\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)t_{пар} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_1 = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)t_{пар} = \left(1 + \frac{t_1}{t_2}\right)t_{пар} = \frac{t_1 + t_2}{t_2}t_{пар} \Rightarrow t_{пар} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}.$$

Таким образом, время закипания воды при последовательном включении обмоток $t_{посл} = 12 + 24 = 36$ (мин), а при параллельном включении — $t_{пар} = \frac{12 \cdot 24}{12 + 24} = 8$ (мин).

Ответ: через 8 минут; через 36 минут.

Решите устно

6.1. Как на практике можно определить работу электрического тока в цепи? Какие для этого нужны приборы?

6.2. Две лампы рассчитаны на напряжение 220 В каждая. Мощность одной лампы 60 Вт, а другой — 100 Вт. У какой лампы сопротивление больше?

6.3. Увеличится или уменьшится потребляемая елочной гирляндой мощность, если уменьшить количество лампочек на одну?

6.4. Нить лампы накаливания с течением времени становится тоньше из-за испарения и распыления материала с ее поверхности. Как это влияет на мощность, потребляемую лампой?

6.5. Отразится ли на работе электроплитки небольшое укорочение перегоревшей спирали?

6.6. Можно ли включить в сеть с напряжением 220 В последовательно две лампочки, рассчитанные на напряжение 110 В?

6.7. Для чего служат плавкие предохранители? Что выдерживает большую силу тока: плавкий предохранитель или цепь, в которую он включен?

6.8. Медный и алюминиевый провода одинаковых размеров включены параллельно. В каком из них выделяется большее количество теплоты за одно и то же время?

6.9. На часть раскаленной спирали электроплитки попала вода. Как изменился накал тех участков спирали, на которые вода не попала?

6.10. Почему электрические лампочки чаще перегорают в момент замыкания тока и очень редко в момент размыкания?

Достаточный уровень

6.11. По проводнику, к концам которого приложено напряжение 12 В прошло 500 Кл электричества. Определите работу электрического тока.

6.12. В электроприборе за 15 мин электрическим током силой 2 А совершена работа 9 кДж. Определите сопротивление прибора.

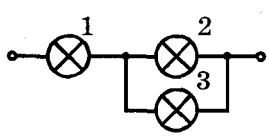
6.13. Каково напряжение на резисторе сопротивлением 360 Ом, если за 12 мин электрическим током была совершена работа 450 Дж?

6.14. Определите мощность тока в электрической лампе, включенной в сеть напряжением 220 В, если известно, что сопротивление нити накала лампы 242 Ом.

6.15. На лампочке для карманного фонарика написано «4 В, 1 Вт», а на лампе в прихожей «220 В, 40 Вт». Какая из ламп рассчитана на бóльшую силу тока? Во сколько раз? Каковы сопротивления нитей накала ламп в рабочем состоянии?

6.16. * Имеется пять электрических лампочек, рассчитанных на напряжение 9 В каждая. Три из них имеют расчетную мощность 4 Вт, две — по 6 Вт. Как следует включить их в сеть с напряжением 18 В, чтобы все они горели нормальным накалом?

6.17. В сеть с напряжением 120 В включены три одинаковые лампочки (см. рисунок). Определите напряжение на каждой из ламп. В какой из них выделится бóльшая мощность? Во сколько раз бóльшая?



6.18. Два резистора сопротивлениями 10 Ом и 30 Ом включены последовательно в сеть с напряжением 36 В. Какова мощность тока в каждом из резисторов?

6.19. Две электрические плитки включены в сеть параллельно. Сопротивление первой плитки 60 Ом, второй — 24 Ом. Какая из плиток потребляет бóльшую мощность и во сколько раз?

6.20. Электрическая печь для плавки металла потребляет ток силой 850 А при напряжении 220 В. Сколько теплоты выделяется в печи за 1 мин?

6.21. Какое количество теплоты выделится в реостате, сопротивление которого 6 Ом, если за 5 мин через него прошел электрический заряд, равный 600 Кл?

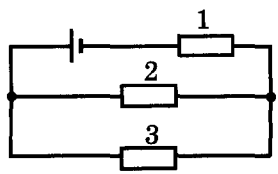
6.22. Два проводника сопротивлением 10 Ом и 23 Ом включены в сеть напряжением 100 В. Какое количество теплоты выделится за 1 с в каждом проводнике, если их соединить: а) последовательно; б) параллельно?

Высокий уровень

6.23. Из какого материала изготовлена спираль нагревательного элемента, мощность которого 480 Вт, если его длина 15 м, сечение 0,21 мм^2, а напряжение в сети 120 В?

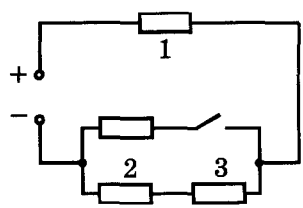
6.24. Если подключить два резистора последовательно к источнику постоянного напряжения, мощность тока в цепи 4 Вт; если те же резисторы подключить к этому источнику параллельно, то мощность тока 18 Вт. Какова будет мощность тока в каждом из резисторов, если их *поочередно* подключать к тому же источнику напряжения?

6.25. Какова мощность тока в каждом из резисторов (см. рисунок ниже), если напряжение на источнике тока 150 В, а сопротивления резисторов $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 30$ Ом?



6.26. Электровоз движется с постоянной скоростью 43,2 км/ч, развивая при этом среднюю силу тяги 43,7 кН. Определите КПД двигателей электровоза, если они работают под напряжением 1,5 кВ и потребляют силу тока 380 А.

6.27. Во сколько раз изменится мощность тока в каждом из резисторов 1, 2, 3 (см. рисунок ниже), если замкнуть ключ? Все резисторы одинаковы, напряжение в цепи считайте постоянным.



6.28. Электродвигатели трамвайных вагонов работают при силе тока 112 А и напряжении 550 В. С какой средней скоростью движется трамвай, если двигатели создают силу тяги 3,6 кН, а их КПД равен 70%?

6.29. Какой длины надо взять никелиновую проволоку площадью поперечного сечения 0,84 мм^2, чтобы изгото-

вить нагреватель на 220 В, при помощи которого можно было бы нагреть 2 л воды от 20 °С до кипения за 10 мин при КПД 80%?

6.30. Сколько льда, имеющего температуру −10 °С, можно растопить за 10 минут на электрической плитке, работающей от сети напряжением 220 В при силе тока 3 А, если КПД установки равен 80%?

6.31. Электрический нагреватель за 20 мин доводит до кипения 3 кг воды, начальная температура которой 10 °С. Сила тока в нагревателе 7 А, напряжение в сети 220 В. Какая часть потребляемой нагревателем энергии передается окружающей среде?

6.32. Подъемник, двигатель которого подключен к сети напряжением 120 В, при силе тока 4 А поднимает равномерно груз массой 72 кг. Определите скорость подъема груза, если КПД подъемника 73,5%.

— Зачем надевают кольцо золотое
На палец, когда обручаются двое? —
Меня любопытная леди спросила.
Не став пред вопросом в тупик,
Ответил я так собеседнице милой:
— Владеет любовь электрической силой,
А золото — проводник!

Роберт Бёрнс

7. ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

$$\mathscr{E} = \frac{A_{ст}}{q}, \quad I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$$

Пример решения задачи

Реостат подключен к источнику тока. При изменении сопротивления реостата от $R_1 = 4{,}0$ Ом до $R_2 = 9{,}5$ Ом сила тока в цепи изменяется от $I_1 = 8{,}0$ А до $I_2 = 3{,}6$ А. Найдите ЭДС $\mathscr{E}$ источника тока и его внутреннее сопротивление r.

Дано:
$R_1 = 4{,}0$ Ом
$R_2 = 9{,}5$ Ом
$I_1 = 8{,}0$ А
$I_2 = 3{,}6$ А

$\mathscr{E}$ – ?
r — ?

Решение.

Из закона Ома для полной цепи $I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$ следует соотношение $\mathscr{E} = I(R + r)$. Из этого соотношения получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \mathscr{E} = I_1(R_1 + r), \\ \mathscr{E} = I_2(R_2 + r). \end{cases}$$

Отсюда $r = \frac{I_2R_2 - I_1R_1}{I_1 - I_2}$, $\mathscr{E} = \frac{I_1I_2(R_2 - R_1)}{I_1 - I_2}$.

$$[r] = \frac{\text{А} \cdot \text{Ом}}{\text{А}} = \text{Ом}, \left[\mathscr{E}\right] = \frac{\text{А}^2 \cdot \text{Ом}}{\text{А}} = \text{А} \cdot \text{Ом} = \text{В}.$$

Подставив числовые значения, получаем $\mathscr{E} = 36$ В, $r = 0{,}5$ Ом.

Ответ: $\mathscr{E} = 36$ В, $r = 0{,}5$ Ом.

Решите устно

7.1. В замкнутой цепи сторонние силы совершили работу 25 Дж. Какую работу совершили за это же время кулоновские силы?

7.2. Является ли работа, совершаемая источником тока во внутренней части цепи, величиной постоянной для данного источника?

7.3. ЭДС батарейки карманного фонарика равна 4,5 В. Почему же в этом фонарике используют лампочку, рассчитанную на напряжение 3,5 В?

7.4. Почему нельзя при помощи вольтметра магнитоэлектрической системы непосредственно измерить ЭДС батарейки?

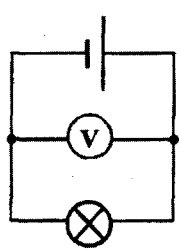
7.5. Можно ли точно измерить ЭДС при помощи чувствительного электрометра?

7.6. При каких условиях от данного элемента можно получить самый большой ток?

7.7. Почему при коротком замыкании напряжение на клеммах источника тока близко к нулю, ведь ток в цепи имеет наибольшее значение?

7.8. При измерении ЭДС старой батарейки для карманного фонарика вольтметр показал 4,3 В, однако лампочка от этой батарейки не горит. Почему?

7.9. Если перегорит лампочка в цепи (см. рисунок), то, казалось бы, вольтметр окажется включенным последовательно и будет показывать силу тока. Так ли это?



7.10. Можно ли применять формулу $P = \mathscr{E}^2/r$ для вычисления мощности электрического тока, которая выделяется в замкнутой цепи с нагрузкой?

Достаточный уровень

7.11. В замкнутой цепи сила тока равна 0,5 А. Какую работу совершают сторонние силы за 20 с, если ЭДС источника тока равна 24 В?

7.12. ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора равны соответственно 12 В и 0,5 Ом. К аккумулятору подключили реостат сопротивлением 7,5 Ом. Найдите силу тока в реостате и напряжение на клеммах аккумулятора.

7.13. К генератору, ЭДС которого 120 В, присоединили нагревательный элемент сопротивлением 38 Ом. Определите внутреннее сопротивление генератора и напряжение на его зажимах, если сила тока в цепи 3 А.

7.14. К батарее с ЭДС 2 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом подключили резистор. Определите сопротивление резистора и напряжение на нем, если сила тока в цепи 0,4 А.

7.15. Определите силу тока при коротком замыкании батареи с ЭДС 12 В, если при замыкании ее на внешнее сопротивление 3,5 Ом сила тока в цепи равна 3 А.

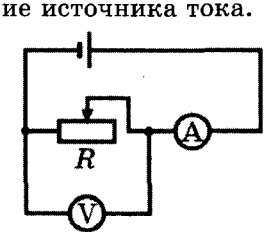
7.16. Напряжение на зажимах генератора 20 В, а сопротивление внешней цепи в 4 раза больше внутреннего сопротивления. Определите ЭДС генератора.

7.17. Сколько гальванических элементов с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом нужно соединить параллельно, чтобы сила тока была равной 0,5 А при сопротивлении внешней цепи 2,9 Ом?

7.18. Батарея аккумуляторов имеет ЭДС 12 В. Сила тока в цепи равна 4 А, а напряжение на клеммах 11 В. Определите силу тока короткого замыкания.

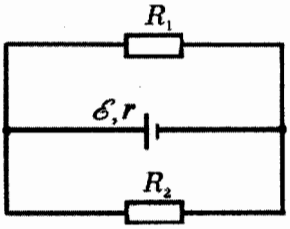
Высокий уровень

7.19. Для определения характеристик источника тока собрали цепь (см. рисунок). При одном положении движка реостата приборы показывают 1,8 В и 2 А, при другом — 1,83 В и 1,4 А. Найдите по этим данным ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.



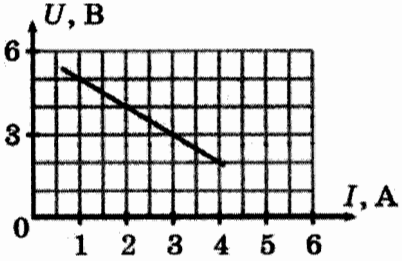
7.20. Источник электрической энергии с внутренним сопротивлением 0,5 Ом замкнут никелиновым проводником длиной 12,5 м и поперечным сечением 0,5 мм^2. Определите силу тока в цепи и ЭДС источника тока, если напряжение на его зажимах равно 5,25 В.

7.21. Найдите напряжение U на полюсах источника тока (см. рисунок). Каковы силы тока I_1 и I_2 в резисторах? Сопротивления резисторов $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 12$ Ом; ЭДС источника тока $\mathscr{E} = 20$ В, его внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом.



7.22. К источнику тока с ЭДС 15 В и внутренним сопротивлением 2,5 Ом подключен реостат. Постройте графики зависимостей силы тока в цепи и напряжения на реостате от сопротивления реостата R.

7.23. При изменении сопротивления внешней цепи изменяются и сила тока I, и напряжение U на источнике тока. Определите ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление по приведенному на рисунке графику зависимости $U(I)$.



7.24. ЭДС источника тока 2 В, а его внутреннее сопротивление 1 Ом. Определите силу тока, если внешняя часть цепи потребляет мощность 0,75 Вт.

7.25. Сила тока при коротком замыкании источника равна 1,5 А. При замыкании источника тока на резистор сопротивлением 4 Ом в нем выделяется мощность 1 Вт. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

Не смейтесь надо мной деленьем шкал,
Естествоиспытателя приборы!
Я, как ключи к замку, вас подбирал,
Но у природы крепкие затворы.

И.–В. Гете

8. МАГНИТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

$$F_А = BIl \cdot \sin\alpha, \qquad F_Л = qvB \cdot \sin\alpha$$

Пример решения задачи

Два параллельных проводника, по которым текут токи в одном направлении, притягиваются. Почему же два параллельных электронных пучка отталкиваются? Можно ли поставить опыт так, чтобы параллельные проводники, по которым текут токи в одном направлении, тоже отталкивались?

Решение. Проводники, по которым текут токи, обычно электрически нейтральны, и поэтому взаимодействие между ними — *только* магнитное. Между электронными пучками тоже действует магнитное притяжение, но гораздо более сильным оказывается электрическое отталкивание одноименно заряженных частиц. Это отталкивание приводит также к расширению пучков.

Параллельные проводники, по которым текут токи в одном направлении, тоже будут отталкиваться, если им сообщить достаточно большие одноименные заряды.

Решите устно

8.1. На какие частицы или тела действует электрическое поле? Магнитное?

8.2. Можно ли разрезать магнит так, чтобы один из полученных магнитов имел только северный полюс, а другой — только южный?

8.3. Можно ли изготовить полосовой магнит так, чтобы на концах его были одноименные полюсы?

8.4. ❓ Почему корпус компаса делают из меди, алюминия, пластмассы и других материалов, но не из железа?

8.5. ❓ Почему стальные полосы и рельсы, лежащие на складах, через некоторое время оказываются намагниченными?

8.6. ❓ В романе Жюля Верна «Пятнадцатилетний капитан» подлый Негоро один компас разбивает, а под другой подкладывает топор. А почему бы ему не разбить оба? И топор подложить нужно было умеючи, не так ли? Почему?

8.7. ❓ Как можно определить направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле?

8.8. ❓ От чего зависит направление силы, действующей на проводник с током, находящийся в магнитном поле?

8.9. ❓ Как можно изменить направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле?

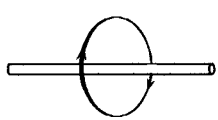
8.10. ❓ Притягиваются или отталкиваются провода троллейбусной линии, когда по ним проходит электрический ток?

Достаточный уровень

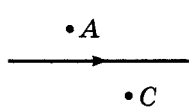
8.11. Нарисуйте магнитное поле подковообразного магнита и укажите направление силовых линий.

8.12. Турист нашел в лесу стальное полотно ножовки. Как он может определить, намагничено ли это полотно, если у него нет с собой предметов из магнитных материалов?

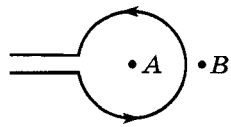
8.13. Какое направление имеет ток в проводнике, направление силовых линий магнитного поля которого указано стрелками?



8.14. По проводу (см. рисунок) идет электрический ток. В каком направлении повернется магнитная стрелка, помещенная в точку *A*? В точку *C*?



8.15. По витку провода (см. рисунок) идет электрический ток. В каком направлении повернется магнитная стрелка, помещенная в точку *A*? В точку *B*?



8.16. Определить наибольшее и наименьшее значение силы, действующей на проводник длиной 0,6 м с током 10 А, при различных положениях проводника в однородном магнитном поле, индукция которого равна 1,5 Тл.

8.17. Какая сила действует со стороны однородного магнитного поля с индукцией 30 мТл на находящийся в поле прямолинейный провод длиной 50 см, по которому идет ток 12 А? Провод образует прямой угол с направлением вектора магнитной индукции.

8.18. На провод обмотки якоря электродвигателя при силе тока 20 А действует сила 1 Н. Определите магнитную индукцию в месте расположения провода в данный момент, если длина провода 0,2 м.

8.19. Какая сила действует на электрон, движущийся со скоростью 60000 км/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,15 мТл? Электрон движется перпендикулярно линиям магнитной индукции поля.

8.20. Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью $2 \cdot 10^6$ м/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл? Протон движется под углом 60° к линиям магнитной индукции поля.

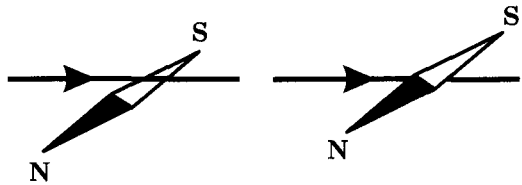
Высокий уровень

8.21. Почему магнитные стрелки, расположенные далеко друг от друга, ориентируются в одном направлении (см. рис. *а*), а расположенные поблизости друг от друга (см. рис. *б*) — в другом направлении?

а) *б)*

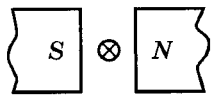
8.22. Как повернется магнитная стрелка вблизи провода, если по проводу пропустить достаточно сильный электрический ток? Рассмотрите два случая: а) провод проходит *над*

стрелкой (см. рис. *а*); б) провод проходит *под* стрелкой (см. рис. *б*).

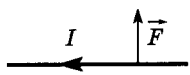


а) *б)*

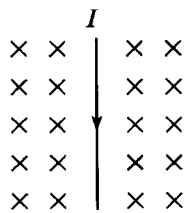
8.23. На рисунке показан проводник с током, находящийся в магнитном поле. Ток в проводнике направлен от наблюдателя. Укажите направление силы, действующей на проводник.



8.24. На рисунке показан проводник с током, находящийся в *магнитном поле. Зная направление тока в проводнике* и направление силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля, укажите направление линий магнитного поля. Вектор индукции магнитного поля направлен перпендикулярно проводнику.



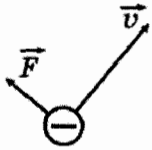
8.25. На рисунке представлен проводник с током, находящийся в магнитном поле. Сформулируйте и решите задачу.



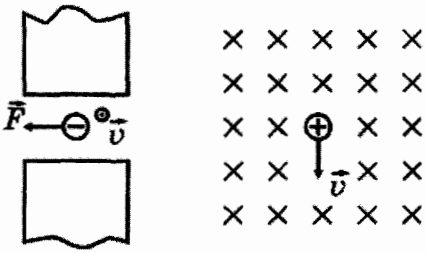
8.26. Горизонтальный проводник массой $m = 20$ г подвешен за концы на двух проводах. Средняя часть проводника длиной $l = 50$ см находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}10$ Тл; провода находятся вне области магнитного поля. По провод-

нику протекает ток $I = 2$ А. На какой угол α от вертикали отклоняются провода?

8.27. На рисунке показаны направление движения электрона и направление действующей на него со стороны магнитного поля силы Лоренца. Каково направление вектора магнитной индукции поля?



8.28. На рисунках схематически изображены различные случаи взаимодействия движущейся заряженной частицы и магнитного поля. Сформулируйте задачу в каждом случае и решите ее.



а *б*

И строгой физикой мой ум
Переполнял: профессор Умов.
Над мглой космической он пел,
Развив власы и выгнув выю,
Что парадоксами Максвелл
Уничтожает энтропию,
Что взрывы, полные игры,
Таят томсоновые вихри,
И что огромные миры
В атомных силах не утихли,
Что мысль, как динамит летит
Смелей, прикидчивей и прытче,
Что опыт — новый...
— «Мир — взлетит» —
Сказал, взрываясь, Фридрих Ницше...

Андрей Белый

9. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

$$\Phi = BS\cos\alpha, \mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Пример решения задачи

Магнит падает в длинной вертикальной трубе, воздух из которой откачан. Магнит с трубой не соприкасается. Опишите характер падения.

Решение. В трубе при движении магнита возникают индукционные (вихревые) токи. Согласно правилу Ленца магнитное поле этих токов препятствует падению магнита. Тормозящая сила возрастает с увеличением скорости падения (в этом смысле движение магнита напоминает падение тела в жидкости или газе). Ускорение магнита постепенно уменьшается, и, если труба достаточно длинная, движение магнита становится равномерным.

Решите устно

9.1. ❓ Предложите способы изменения магнитного потока, пронизывающего данный контур.

9.2. Как надо ориентировать проволочную рамку в однородном магнитном поле, чтобы магнитный поток через рамку был равен нулю? Был максимальным?

9.3. Как надо перемещать в магнитном поле Земли замкнутый проволочный прямоугольник, чтобы в нем наводился электрический ток?

9.4. Почему телефонные провода не следует подвешивать на одних и тех же столбах с проводами переменного тока для освещения?

9.5. Что является источником электромагнитного поля?

9.6. Назовите основные физические объекты, отражаемые в теории Максвелла.

9.7. Каковы исходные определяющие характеристики электромагнитного поля в модели Максвелла? Каков их физический смысл?

9.8. Назовите источники электрической компоненты электромагнитного поля?

9.9. Назовите источники магнитной компоненты электромагнитного поля?

9.10. Может ли электромагнитное поле согласно теории Максвелла существовать без зарядов и токов?

9.11. Какие физические процессы могут служить источниками электромагнитных волн?

9.12. Во время каких природных явлений излучаются электромагнитные волны?

9.13. Какие физические величины периодически меняются в электромагнитной волне?

9.14. Зависит ли скорость электромагнитных волн в вакууме от частоты колебаний?

9.15. Частоту электромагнитной волны увеличили в 3 раза. Как изменилась длина волны?

9.16. Во сколько раз нужно изменить длину электромагнитной волны, чтобы ее частота уменьшилась в 4 раза?

Достаточный уровень

9.17. Полосовой магнит падает сквозь проволочную катушку. Сравните время падения в случаях, когда катушка замкнута и когда разомкнута.

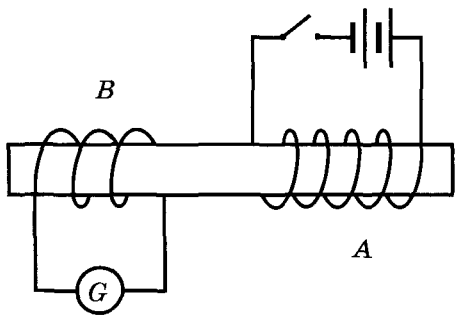
9.18. Магнитный поток через квадратную проволочную рамку со стороной 2 см, плоскость которой перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля, равен 0,1 мВб. Каков модуль вектора магнитной индукции поля?

9.19. Почему иногда недалеко от места удара молнии могут расплавиться предохранители в осветительной сети и повредиться чувствительные электроизмерительные приборы?

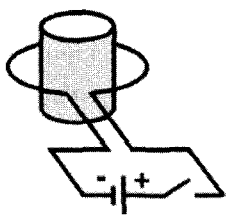
9.20. Магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур, равномерно возрастает с 4 мВб до 12 мВб за 4 мс. Какова ЭДС индукции в контуре?

9.21. В контуре проводника магнитный поток изменился за 0,3 с на 0,06 Вб. Какова скорость изменения магнитного потока? Какова ЭДС индукции в контуре? При каком условии ЭДС индукции будет постоянной?

9.22. При каком условии в катушке *B*, изображенной на рисунке, будет индуцироваться электрический ток?

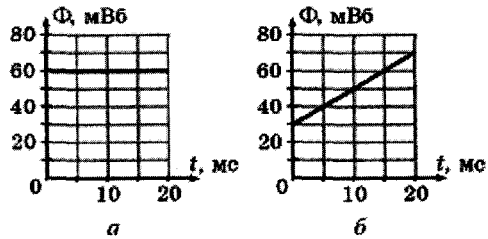


9.23. Короткозамкнутую катушку охватывает проволочный виток (см. рисунок). Определите направление индукционного тока в катушке: а) при замыкании ключа; б) при размыкании ключа.



9.24. На рис. *а* — *б* показаны графики зависимости от времени магнитных потоков через различные замкнутые

контуры. Найдите значение модуля ЭДС индукции для этих контуров.



9.25. Почему даже далекая гроза существенно сказывается на качестве радиосвязи?

9.26. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в этой среде, если их частота в вакууме 1 МГц?

9.27. Определите период и частоту радиопередатчика, работающего на волне длиной 30 м.

9.28. Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 300 м за время, равное периоду колебаний с частотой 2 кГц?

Высокий уровень

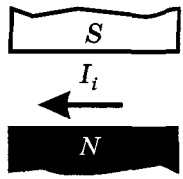
9.29. Как взаимодействуют соседние витки соленоида, когда по ним течет ток?

9.30. На столе имеются две катушки: одна замкнута на гальванометр, другая разомкнута. В обе катушки вводятся с одинаковой скоростью одинаковые магниты. Одинакова ли затрачиваемая работа?

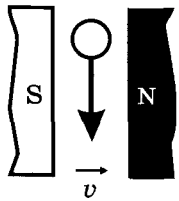
9.31. Магнит свободно падает внутри медной трубки вдоль ее оси. Можно ли пользоваться формулой $v = \sqrt{2gH}$ для вычисления скорости его падения с высоты H?

9.32. Маятник представляет собой маленький магнит, подвешенный на длинной нити. Изменится ли характер колебаний маятника, если к нему снизу поднести медный лист?

9.33. На рисунке приведена одна из ситуаций, в которой наблюдается явление электромагнитной индукции. Сформулировать и решить задачу.



9.34. На рисунке приведена одна из ситуаций, в которой наблюдается явление электромагнитной индукции. Сформулировать и решить задачу.



9.35. Какой заряд q пройдет через поперечное сечение замкнутого проводника с сопротивлением $R = 20$ Ом при изменении магнитного потока от $\Phi_1 = 15$ мВб до $\Phi_2 = 5$ мВб?

9.36. Как, согласно теории Максвелла, связаны изменения электрических и магнитных составляющих электромагнитного поля?

9.37. Почему утверждение о том, что в данной точке пространства существует только электрическое поле или только магнитное поле, не является вполне определенным?

9.38. Можно ли выбрать такую систему отсчета, в которой электронный луч в кинескопе телевизора не создает электрического поля? Магнитного поля?

9.39. Можно ли выбрать систему отсчета, в которой прямолинейный участок провода с постоянным током не создает магнитного поля?

9.40. Переносят ли электромагнитные волны энергию? Как вы можете обосновать свой ответ?

Говорят, что труд убивает время; но сие, последнее, нисколько от этого не уменьшается, продолжает служить человечеству и всей вселенной постоянно в одинаковой полноте и непрерывности.

Козьма Прутков
«Мысли и афоризмы», № 63

10. ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Пример решения задачи

Чтобы узнать, сколько витков содержится в первичной и вторичной обмотках трансформатора, на вторичную обмотку намотали 11 дополнительных витков провода. При включении первичной обмотки в сеть напряжением 220 В вольтметр показал, что на обмотке с 11 витками напряжение равно 4,4 В, а на вторичной обмотке — 12 В. Сколько витков в первичной и вторичной обмотках?

Решение. Соотношения в трансформаторе для основных и дополнительной обмоток трансформатора имеют вид:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}, \quad \frac{N_1}{\Delta N} = \frac{U_1}{\Delta U}.$$

Здесь N_1, N_2 и ΔN — число витков в первичной, вторичной и дополнительной обмотках трансформатора, U_1, U_2 и ΔU — соответствующие напряжения. Из второй формулы можно найти число витков в первичной обмотке:

$$N_1 = \Delta N \frac{U_1}{\Delta U}.$$

Из первой же формулы можно найти число витков во вторичной обмотке:

$$N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1} = \Delta N \frac{U_2}{\Delta U}.$$

Вычисления дают следующие результаты:

$$N_1 = 11\frac{220}{4,4} = 550; \quad N_2 = 11\frac{12}{4,4} = 30.$$

Ответ: 550; 30.

Решите устно

10.1. Каково главное преимущество переменного тока перед постоянным?

10.2. На каком принципе основана работа генераторов переменного тока?

10.3. Почему основным элементом генератора является рамка, вращающаяся в магнитном поле?

10.4. Может ли работать трансформатор в цепи постоянного тока?

10.5. Почему не применяют для освещения переменный ток с частотой 10 Гц?

10.6. В какой из обмоток понижающего трансформатора (первичной или вторичной) диаметр провода должен быть больше? Ответ поясните.

Достаточный уровень

10.7. Каковы основные этапы передачи энергии на большие расстояния?

10.8. Для чего в линиях электропередачи используют повышающие трансформаторы?

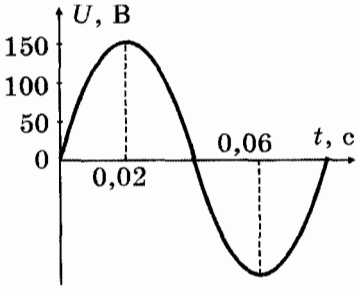
10.9. Зачем при передаче электроэнергии используют понижающие трансформаторы?

10.10. В первичной обмотке трансформатора 200 витков, а во вторичной — 25 витков. Повышает или понижает напряжение этот трансформатор? Во сколько раз?

10.11. Трансформатор повышает напряжение от 36 В до 220 В. Сколько витков во вторичной обмотке трансформатора, если первичная обмотка содержит 720 витков?

10.12. Значение силы тока, измеренное в амперах, задано уравнением $i = 0{,}1 \sin 250\pi t$, где t выражено в секундах. Определите амплитуду силы тока, частоту и период.

10.13. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду напряжения и период колебания.



10.14. Значение напряжения, измеренное в вольтах, задано уравнением $u = 200 \cos 100\pi t$, где t выражено в секундах. Чему равна амплитуда напряжения, период и частота?

Высокий уровень

10.15. ❓ Что может произойти, если случайно подключить трансформатор к источнику постоянного тока?

10.16. ❓ Изменяется ли мощность тока при преобразовании его в трансформаторе?

10.17. ❓ Если в обмотке трансформатора замкнется один виток, трансформатор выходит из строя. Почему?

10.18. ❓ Придумайте способ определения числа витков во вторичной обмотке трансформатора, не разматывая катушки.

10.19. ❓ Ток во вторичной обмотке трансформатора зависит от сопротивления подключенных приборов. Меняется ли в связи с этим ток в первичной обмотке?

10.20. ❓ Почему в качестве частоты переменного напряжения используется частота 50 Гц?

Мы одни во Вселенной, быть может,
И собратьев по разуму нет,
И на все, что томит и тревожит,
У себя лишь найдем мы ответ.

В. Шефнер

11. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Решите устно

11.1. Какое влияние оказывает ионосфера Земли на распространение радиоволн в пределах земли и в космическом пространстве?

11.2. Имеются ли существенные различия между условиями распространения радиоволн на Луне и Земле?

11.3. Почему работающие электрические звонки, швейные машины, пылесосы, лампы дневного света могут быть источниками радиопомех?

11.4. Почему затруднена радиосвязь на коротких волнах в горной местности?

11.5. Можно ли установить антенну на чердаке под железной крышей?

11.6. Поместите карманный радиоприемник в кастрюлю и прикройте крышкой. Радиоприем сразу же прекратится. Объясните почему.

11.7. Радиоволны какого диапазона могут быть приняты на противоположной стороне Земли?

11.8. Радиоволны какого диапазона используют для связи с космическими аппаратами?

Достаточный уровень

11.9. На какой частоте суда передают сигнал бедствия, если по международному соглашению длина радиоволны должна быть 600 м?

11.10. При какой частоте колебаний радиопередатчик излучает электромагнитные волны длиной 49 м? К каким волнам — длинным, средним, коротким — относятся они?

11.11. Каков период колебаний в открытом колебательном контуре, излучающем радиоволны с длиной волны 300 м?

11.12. ? Прием радиопередач на коротких волнах сопровождается периодическим ослаблением и усилением громкости приема. Как это можно объяснить?

11.13. ? Почему колебания высокой частоты, используемые при радиосвязи, называют несущими?

11.14. ? За счет чего в радиоприемнике происходит усиление принимаемых сигналов?

11.15. Кто раньше услышит голос оперного певца: зритель а первом ряду на расстоянии 8,5 м от певца или радиослушатель, сидящий у радиоприемника на расстоянии 750 км от театра?

11.16. Спутниковые телефоны передают сигнал через спутник, «висящий» на высоте 36000 км над Землей. Какой будет минимальная задержка сигнала при использовании таких телефонов?

Высокий уровень

11.17. ? Почему зимой и ночью радиоприем лучше, чем летом и днем?

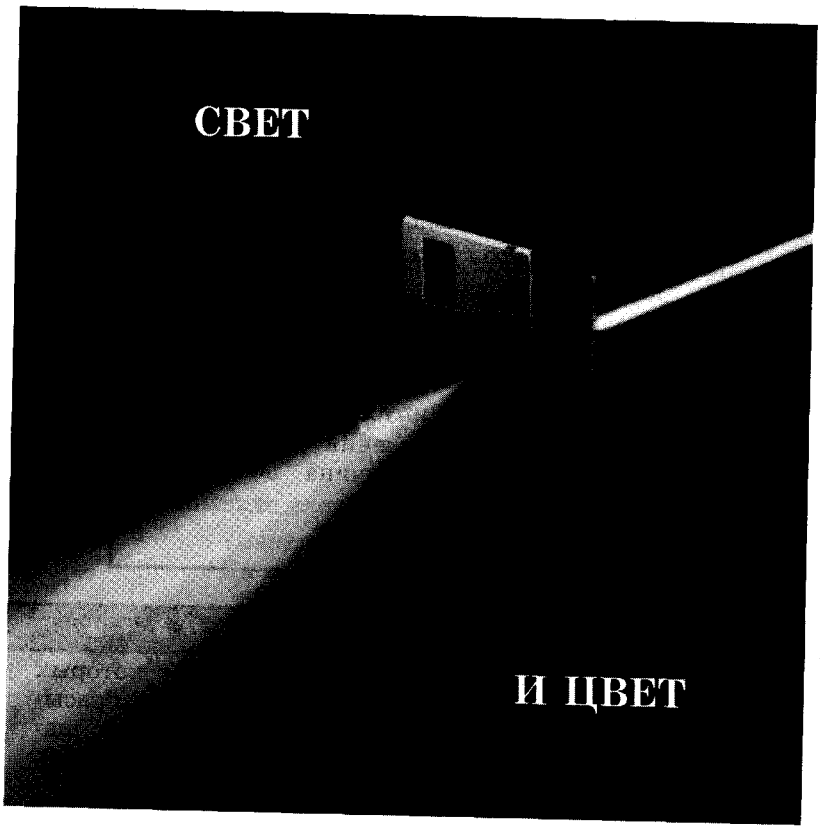
11.18. Радиостанция передает звуковой сигнал, частота которого 440 Гц. Определите число колебаний высокой частоты, переносящих одно колебание звуковой частоты, если передатчик работает на волне длиной 50 м.

11.19. ? Почему дальность действия передающей телевизионной станции ограничена линией горизонта? Почему башни телецентров строят очень высокими?

11.20. ? За счет какой энергии возбуждается колебательное движение заряженных частиц в антенне приемной радиостанции? Какова частота их колебаний? Какими — свободными или вынужденными — являются колебания?

11.21. ? В каком случае входной контур радиоприемника получает максимальную энергию от электромагнитных колебаний в антенне, возбужденных электромагнитной волной?

11.22. Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 300 м за время, равное периоду звуковых колебаний с частотой 2 кГц?


СВЕТ
И ЦВЕТ

Свет мой, зеркальце, скажи
Да всю правду доложи...

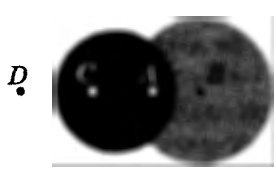
А. С. Пушкин

12. ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

1. В вакууме и в однородной среде свет распространяется прямолинейно.
2. Отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, восставленным в точке падения луча; угол отражения β равен углу падения α.
3. Преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, восставленным в точке падения луча; отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления γ для данных двух сред есть величина постоянная: $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n$.

Пример решения задачи

Шар освещен двумя лампами, мощности которых 100 Вт и 25 Вт. На рисунке показаны тени, отбрасываемые шаром. Какая лампа расположена ближе к шару? Из каких точек (*A*, *B*, *C*, *D*) можно увидеть 100-ваттную лампу?



Решение. Очевидно, в точку *D* попадает свет от обеих ламп, а в точку *A* свет от обеих ламп не попадает. В точки *B* и *C* попадает свет только от одной из ламп. Судя по размерам «теневых» кругов, в точку *B* попадает свет от более далекой

лампы, а в точку *C* — от более близкой. Поскольку, несмотря на это, точка *B* освещена сильнее, чем точка *C*, более далекая лампа ярче. Свет от нее попадает в точки *B* и *D*.

Следовательно, ближе к шару расположена лампа мощностью 25 Вт, 100-ваттную лампу можно увидеть из точек *B* и *D*.

Решите устно

12.1. Как просто и надежно проверить прямолинейность линейки? Начерченной на бумаге линии?

12.2. Почему предметы не отбрасывают тень в пасмурный день? Что является источником света в такой день?

12.3. Может ли вертикально поставленный столб не отбрасывать тени в солнечный день?

12.4. Когда лучше видны неровности дороги — в солнечный день или ночью при освещении дороги фарами автомобиля?

12.5. Почему тень от ног человека на земле резко очерчена, а от головы — расплывчатая?

12.6. Вспомните слова из сказки А. С. Пушкина:

«Свет мой, зеркальце, скажи
Да всю правду доложи...».

Всю ли правду говорит зеркальце?

12.7. Является ли отражение света от киноэкрана зеркальным или рассеянным?

12.8. Чему равен угол падения лучей на плоское зеркало, если угол между лучом и плоским зеркалом равен: 20°? 40°? 60°? 90°?

12.9. Чему равен угол падения лучей на плоское зеркало, если угол между падающим лучом и отраженным равен: 20°? 40°? 60°? 90°? 120°?

12.10. Луч света падает на плоское зеркало. Во сколько раз угол между падающим лучом и отраженным больше угла падения?

12.11. При каком угле падения луча на зеркало падающий и отраженный лучи совпадают?

12.12. Угол падения луча из воздуха в стекло равен 0°. Чему равен угол преломления?

Достаточный уровень

12.13. В солнечное утро человек ростом 180 см отбрасывает тень длиной 4,5 м, а дерево — тень длиной 30 м. Какова высота дерева?

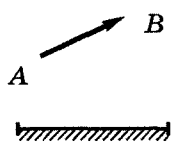
12.14. Тень от карандаша, освещенного настольной лампой, падает на стол. Опишите, как изменяются размер и вид тени по мере перемещения карандаша от лампы к столу. Объясните эти изменения, сделав схематические рисунки хода лучей для двух положений карандаша. Проверьте свое решение на опыте.

12.15. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен 120°. Чему равен угол падения?

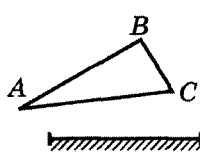
12.16. Угол между падающим лучом и плоским зеркалом равен углу между падающим лучом и отраженным. Чему равен угол падения?

12.17. Солнечные лучи падают под углом 50° к горизонту. Как нужно расположить плоское зеркало, чтобы отраженные лучи были направлены вертикально вверх?

12.18. Постройте изображение предмета *AB* в плоском зеркале. Определите графически область видения этого предмета в зеркале.



12.19. Постройте изображение треугольника ABC в плоском зеркале. Определите графически область видения изображения.



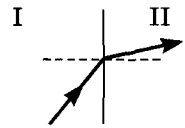
12.20. Луч света падает на плоскую границу раздела двух сред. Угол падения равен 40°, угол между отраженным лучом и преломленным 110°. Чему равен угол преломления?

12.21. Угол между отраженным лучом и преломленным 100°. Чему равна сумма углов падения и преломления?

12.22. Угол падения равен 30°, угол между падающим лучом и преломленным 140°. В какой среде луч распростра-

нялся вначале: в оптически более плотной или менее плотной?

12.23. На рисунке изображено преломление луча света на границе двух сред. Какая среда оптически более плотная?



12.24. Аквалангист, находясь под водой, определил, что солнечные лучи составляют с вертикалью угол 32°. Какова высота солнца над горизонтом для наблюдателя, находящегося на берегу

Высокий уровень

12.25. На ровной горизонтальной площадке стоят два вертикальных столба. Высота первого столба 3 м, высота второго 1 м. Может ли тень первого столба быть короче, чем тень второго столба, если источником света является: а) солнце; б) фонарь? Сделайте схематические рисунки, поясняющие ваш ответ.

12.26. Вы стоите на берегу реки, а на противоположном берегу находится дерево, высота которого вам известна. Опишите способ, с помощью которого можно измерить ширину реки, если в вашем распоряжении есть линейка с делениями.

12.27. Почему ночью лужа на неосвещенной дороге кажется водителю темным пятном на светлом фоне?

12.28. Как надо расположить плоское зеркало, чтобы изменить направление солнечного луча на горизонтальное, если луч, проходя сквозь малое отверстие в ставне, образует с горизонтальной поверхностью стола угол 50°?

12.29. Солнечные лучи составляют с поверхностью Земли угол 40°. Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы направить луч в узкую трубу, врытую вертикально в песок?

12.30. Показатель преломления прозрачной жидкости равен 1,6. Чему равен предельный угол полного отражения света на границе этой жидкости с воздухом?

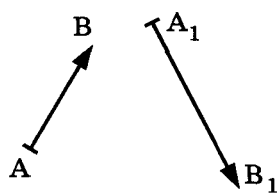
Стекло приводит нас чрез Оптику к сему,
Прогнав глубокую неведения тьму!
Преломленных лучей пределы в нем неложны,
Поставлены творцом; другие невозможны.
В благословенной наш и просвещенной век
Чего не мог дойти по оным человек?

Михаил Ломоносов

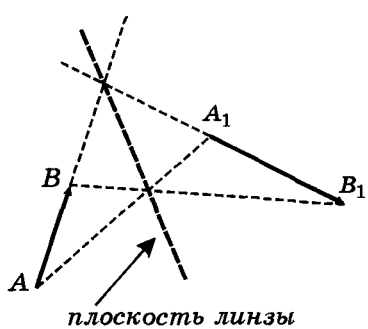
13. ГЛАЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Пример решения задачи

На рисунке показано положение предмета AB и его изображения A_1B_1. Найдите построением положение линзы и расположение ее фокусов.



Указание. Для решения этой задачи необходимо, прежде всего, построением найти плоскость линзы (см. рисунок).



Решите устно

13.1. По какому признаку можно узнать: собирающая эта стеклянная линза или рассеивающая, если судить только по форме?

13.2. Почему в солнечный день нельзя поливать цветы в саду?

13.3. С помощью линзы получено изображение некоторого предмета. В каком случае его можно увидеть на экране — когда это изображение является действительным или когда оно мнимое?

13.4. Почему вогнутая стеклянная линза в воздухе является рассеивающей, а выпуклая — собирающей?

13.5. Почему фокус рассеивающей линзы называется мнимым?

13.6. Как изменится изображение, даваемое собирающей линзой, если предмет, находящийся на расстоянии $d > F$, передвинуть на расстояние $d < F$?

13.7. Фокусные расстояние трех линз соответственно равны 0,8 м; 250 см; 200 мм. Какова оптическая сила каждой линзы?

13.8. Оптическая сила у очков соответственно равна 1,25 дптр; 2 дптр; 4 дптр. Каковы фокусные расстояния таких линз?

13.9. Чем отличаются друг от друга линзы, оптическая сила одной из которых равна +1,5 дптр, а другой −1,5 дптр?

13.10. Как изменяются фокусное расстояние и оптическая сила хрусталика глаза, когда человек переводит глаза со страницы книги на облака за окном?

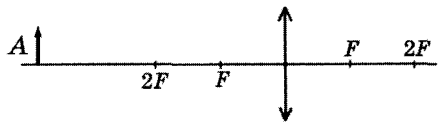
13.11. Что общего имеют оптическая система глаза и оптическая система фотоаппарата?

13.12. Можно ли в телескоп увидеть муху, севшую на объектив?

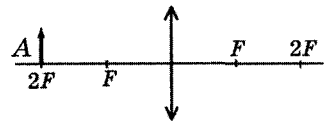
Достаточный уровень

13.13. Постройте изображение данного предмета в линзе (см. рисунок *а*) и определите тип изображения (дей-

ствительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное).



а

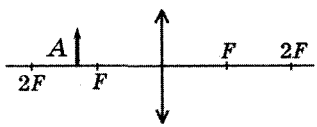


б

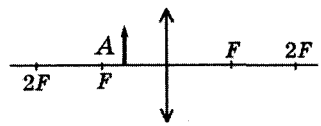
13.14. Постройте изображение данного предмета в линзе (см. рисунок *б*) и определите тип изображения (действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное).

13.15. Постройте изображение данного предмета в линзе (см. рисунок *в*) и определите тип изображения (действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное).

13.16. Постройте изображение данного предмета в линзе (см. рисунок *г*) и определите тип изображения (действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное).

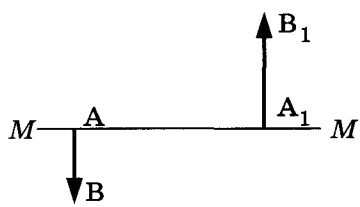


в



г

13.17. На рисунке показаны главная оптическая ось *MM* линзы, предмет *AB* и его изображение A_1B_1. Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.

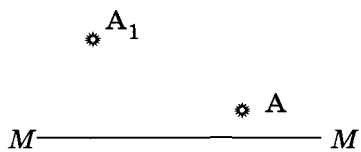


13.18. ❓ Какие линзы (собирающие или рассеивающие) в очках, предназначенных для близоруких людей? Ответ обоснуйте.

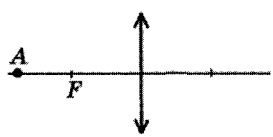
Высокий уровень

13.19. На рисунке показан ход луча относительно главной оптической оси тонкой линзы MM. Определить положение линзы и ее фокусов.

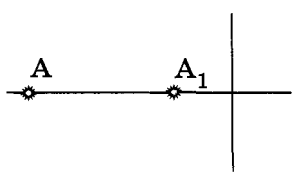
13.20. Определите построением, где находится оптический центр тонкой линзы и ее фокусы, если MM — главная оптическая ось линзы, A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. Определите также тип линзы и тип изображения.



13.21. Постройте изображение точки, находящейся на главной оптической оси рассеивающей линзы.



13.22. Даны точки A и A_1 на оси линзы неизвестной формы. Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая). Постройте фокусы линзы.



13.23. Какой дефект зрения «появится» у рыбы, которую вынули из воды, — близорукость или дальнозоркость?

13.24. В воде человек видит размытые контуры окружающих его предметов. Означает ли это, что под водой глаз становится очень близоруким или очень дальнозорким? Обоснуйте свой ответ.

13.25. Вы нашли очки. Предложите способ, с помощью которого можно определить, близорукость или дальнозоркость у их владельца.

13.26. Маленький предмет можно хорошо рассмотреть с малого (меньше 10 см) расстояния через маленькое отверстие (диаметром от 0,5 мм до 1 мм) в листе картона или черной бумаги. Каков принцип действия такого простого оптического прибора?

Если бы тени предметов зависели не от величины сих последних, а имели бы свой произвольный рост, то, может быть, вскоре не осталось бы на всем земном шаре ни одного светлого места.

Козьма Прутков
«Мысли и афоризмы», № 29

14. СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ

Пример решения задачи

Почему при наблюдении мыльной пленки, образованной в плоской вертикальной рамке, можно заметить, что интерференционные полосы с течением времени перемещаются вниз?

Решение. Вода в пленке постепенно стекает вниз, вследствие чего нижняя часть пленки утолщается, а верхняя становится тоньше. На участках разной толщины будут различны и условия интерференции, что приведет к появлению на поверхности пленки темных и светлых полос. По мере стекания воды толщина различных участков пленки изменяется, поэтому изменяются и условия интерференции, полосы при этом как бы перемещаются по пленке.

Решите устно

14.1. Благодаря какому явлению при освещении белым светом мыльного пузыря мы видим радужные пятна?

14.2. Почему возникают радужные полосы в тонком слое керосина, плавающего на поверхности воды?

14.3. Почему крылья стрекоз имеют радужную окраску?

14.4. Чем объяснить радужную окраску дисков для лазерных проигрывателей?

14.5. При изготовлении искусственных перламутровых пуговиц на их поверхности нарезают мельчайшую штриховку. Почему после этого пуговицы приобретают радужную окраску?

14.6. В морозные туманные дни и ночи вокруг Солнца, Луны, вокруг различных фонарей на улице можно наблюдать концентрические радужные «венцы». Объясните их природу.

14.7. Если, прищурив глаз, смотреть на нить лампочки накаливания, то нить кажется окаймленной светлыми бликами. Почему?

14.8. При сильном нагревании стальные изделия покрываются цветной пленкой (цветами побежалости). Как объяснить это явление?

Достаточный уровень

14.9. Могут ли интерферировать световые волны, идущие от двух электрических ламп?

14.10. Почему для запрещающих сигналов на транспорте принят красный цвет?

14.11. Свет переходит из стекла в вакуум. Как изменяется частота световой волны?

14.12. Свет переходит из воздуха в воду. Как изменяется длина волны света?

14.13. Световая волна с длиной волны 700 нм распространяется в воздухе. Какова длина этой волны в воде? Показатель преломления воды равен 1,33.

14.14. Длина волны некоторых лучей в воде равна 435 нм. Какова длина волны этих лучей в воздухе?

14.15. Два когерентных пучка света с длиной волны 400 нм пересекаются. Что будет наблюдаться в точке пересечения, для которой разность хода волн равна 0,5 мм: максимум или минимум колебаний?

14.16. Длина волны красного света в воздухе 780 нм. Найдите частоту колебаний.

14.17. Сколько длин волн светового излучения с частотой 4×10^{14} Гц укладывается на отрезке 1,5 м?

14.18. Световая волна с частотой $7{,}2 \cdot 10^{14}$ Гц при распространении в прозрачной среде имеет длину волны 312,5 нм. Какова скорость света в этой среде?

14.19. Говорят, что дифракция — это огибание светом контуров непрозрачных предметов. Как физически понимать такое явление — огибание? Можно ли толко-

вать его как искривление прямолинейной траектории распространения света?

Высокий уровень

14.20. При помощи двух щелей получили на экране интерференционные полосы. Что будет видно на экране, если: а) одну из щелей закрыть плотной бумагой; б) источник света сначала прикрыть красным, а потом фиолетовым стеклом?

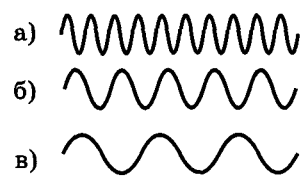
14.21. Что физически означает, что световые волны в данной точке пространства взаимно гасят или взаимно усиливают друг друга? Куда пропадает энергия в случае их взаимного гашения?

14.22. Если в театре встать за колонной, то артиста не видно, а голос его слышен. Почему?

14.23. Чем отличаются и в чем сходны картины интерференции и дифракции?

14.24. Если нанести на стеклянную пластину тонкий слой чистого спирта, то можно увидеть в пластинке изображение горящей электрической лампочки. Вскоре слой спирта приобретает легкую радужную окраску. Объясните это явление. Почему радужная окраска появляется не сразу, а через некоторое время?

14.25. На рисунке схематически изображены волны красного, фиолетового и желтого света. Какому цвету соответствует каждая волна?



14.26. Можно ли создать оптический микроскоп, позволяющий разглядеть атомы?

14.27. Хорошо ли инфракрасные лучи проходят через стекло? Какое это имеет значение при использовании стекла при постройке зданий?

14.28. Хорошо ли ультрафиолетовые лучи проходят через стекло? Положительную или отрицательную роль играет эта особенность стекла? Почему?

Всего мне мало... Пусть в мгновенье это
Все семь цветов я вижу без труда, —
Но все ж невольно жду восьмого цвета,
Который в детстве снился иногда.

В. Шефнер

15. ЦВЕТ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ

Пример решения задачи

Могут ли две разноцветные световые волны, например красного и зеленого излучений, иметь одинаковые длины волн? Если могут, то при каких условиях?

Решение. Могут. Цвет световой волны зависит от ее частоты, а не от длины волны. Так как длина волны красного цвета $\lambda_{кр}$ больше, чем длина волны $\lambda_з$ зеленого цвета, то, если пропустить красное излучение через прозрачную среду с оптической плотностью, большей воздуха, можно получить, что $\lambda_{кр} = n\lambda'_{кр}$, где n — показатель преломления среды, а $\lambda'_{кр}$ — длина волны красного цвета в этой среде. По условию задачи требуется, чтобы $\lambda_з = \lambda'_{кр}$. Отсюда следует, что $\lambda_{кр} = n\lambda'_з$. Тогда $n = \frac{\lambda_{кр}}{\lambda_з}$, откуда $n = \frac{760\ нм}{570\ нм} = 1{,}33$. Длина волны красного цвета в воде равна длине волны зеленого цвета в воздухе.

Решите устно

15.1. Чем определяется цвет, видимый глазом — длиной волны или частотой?

15.2. Если бы Солнце излучало монохроматический свет, например красный, то какими бы казались разноцветные тела на Земле?

15.3. Одинакова ли скорость распространения красного и фиолетового излучений в вакууме? в воде? Объясните.

15.4. Каким будет казаться цвет зеленых листьев, если смотреть на них через красное стекло?

15.5. Белый луч света падает на боковую грань призмы под углом 0°. Получим ли на экране спектр?

15.6. Рисунок сделан зеленым фломастером на белом листе бумаги. При каком освещении рисунок становится практически невидимым?

Достаточный уровень

15.7. Показатель преломления воды для красного света 1,331, а для фиолетового — 1,343. Найдите скорость распространения этих световых волн в воде.

15.8. Объясните происхождение цвета синей бумаги, синего стекла, синего неба.

15.9. Почему с Земли небо кажется голубым, а с Луны — черным?

15.10. Вода освещена красным светом с длиной волны 728 нм. Какова длина волны этого света в воде? Какой цвет увидит человек, открывший глаза под водой? Какой цвет зафиксирует положенная в воду цветная позитивная фотопленка?

15.11. Почему зимой в ясную погоду тени деревьев на снегу имеют голубоватый оттенок?

15.12. Можно ли увидеть предмет, глядя на него через два сложенных цветных стекла — зеленое и красное?

15.13. Почему виднеющийся на горизонте лес кажется не зеленым, а подернутым голубой дымкой?

15.14. Почему система цветного телевидения основана на применении трех цветов — красного, зеленого и синего?

Высокий уровень

15.15. Почему некоторые тела кажутся белыми, серыми и черными? Объясните.

15.16. С одинаковой ли скоростью приходят к границам атмосферы Земли от Солнца волны красной и фиолето-

вой части спектра? Одинакова ли их скорость в атмосфере и в любой иной среде?

15.17. Некоторые автомобили имеют дополнительные фары желтого света. Почему такие фары лучше освещают дорогу в туманную погоду?

15.18. Почему Солнце или Луна приобретают красный оттенок, когда находятся низко над горизонтом?

15.19. Почему освещенный столб дыма на темном фоне кажется синеватым, а на фоне светлого неба — желтым или красноватым?

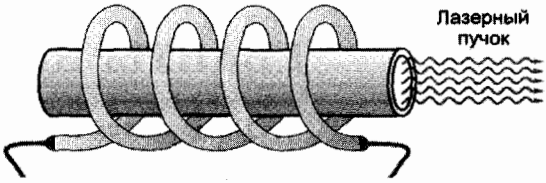
15.20. В темноте наблюдают сигналы светофора. Одинаково ли кажущееся расстояние до светофора при красном, желтом, зеленом свете?

15.21. Вода освещена красным светом. Какой свет видит человек, открывший глаза под водой?

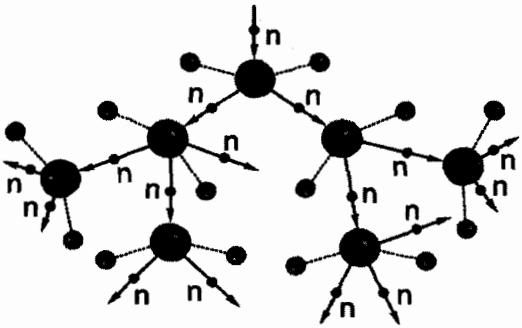
15.22. Длина волны в воде уменьшается в n раз, где n — показатель преломления. Означает ли это, что ныряльщик не может видеть окружающие его тела в естественном свете?

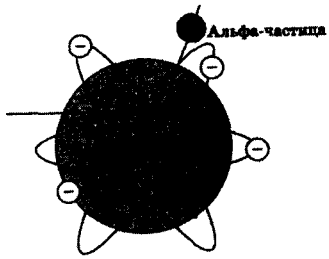
15.23. Чем обусловлен цвет прозрачных и непрозрачных тел, не являющихся самостоятельными источниками света?

15.24. От чего зависит цвет тел? Какие цвета называются дополнительными?



КВАНТЫ И АТОМЫ. АТОМНОЕ ЯДРО И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ





КВАНТЫ И АТОМЫ

После пятидесяти лет раздумий я так и не приблизился к ответу на вопрос, что же такое кванты света? Сегодня каждый проходимец считает, что ему это известно, но они заблуждаются.

А. Эйнштейн

16. ЯВЛЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

$$E = h\nu\,, \qquad h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$$

Пример решения задачи

Каким наименьшим напряжением полностью удерживаются электроны, вырванные ультрафиолетовыми лучами с длиной волны 0,1 мкм из вольфрамовой пластины. Работа выхода для вольфрама равна 4,5 эВ.

Дано:

$\lambda = 10^{-7}$ м

$A_{\text{в}} = 4{,}5 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж

$q_e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с

$U_{\text{з}}$ — ?

Решение.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A_{\text{вых}} + \dfrac{mv^2}{2}$.

Так как вылетевшие с поверхности металла электроны полностью задерживаются тормозящим электрическим полем, то изменение их кинетической энергии равно работе электрического поля:

$$\frac{mv^2}{2} = q_e U_{\text{з}}\,.$$

С учетом этого, получаем: $h\nu = A_{вых} + q_e U_з$. Откуда:

$$U_з = \frac{h\nu - A_{вых}}{q_e}.$$

С учетом того, что частота равна $\nu = \frac{c}{\lambda}$, получаем:

$$U_з = \frac{1}{q_e}\left(\frac{hc}{\lambda} - A_{вых}\right).$$

Проверяем единицы измерения:

$$[U_з] = \frac{1}{Кл}\left(\frac{Дж \cdot с \cdot м}{с \cdot м} - Дж\right) = \frac{Дж}{Кл} = В.$$

Вычисляем напряжение:

$$U_з = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}}\left(\frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{10^{-7}} - 4,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\right) \approx 7,9(В).$$

Ответ: 7,9 В.

Решите устно

16.1. Что нового внес Эйнштейн в развитие квантовых представлений по сравнению с гипотезой Планка?

16.2. Какие закономерности фотоэффекта невозможно объяснить с позиций классической физики?

16.3. Какие факты свидетельствуют о наличии у света волновых свойств?

16.4. Какие факты свидетельствуют о наличии у света корпускулярных свойств?

16.5. Почему посредством волновой модели света нельзя объяснить явление фотоэффекта?

16.6. Как объясняет фотоэффект квантовая модель света?

16.7. Какое предположение о взаимодействии фотона с электроном вещества лежит в основе уравнения Эйнштейна?

16.8. Может ли свободный электрон поглотить фотон? Что произойдет при взаимодействии фотона со свободным электроном?

16.9. Что такое красная граница фотоэффекта? Чем она определяется?

16.10. Почему существование красной границы в явлении фотоэффекта говорит в пользу корпускулярной теории света и против волновой?

16.11. Почему для разных веществ красная граница имеет различные значения?

16.12. На что расходуется энергия, затрачиваемая в процессе совершения работы выхода электрона из металла?

16.13. Как понимать утверждение: красная граница фотоэффекта для никеля равна 248 нм? Будет ли наблюдаться фотоэффект при освещении никеля светом с длиной волны 300 нм? 200 нм?

16.14. Два фотона имеют такое соотношение между частотами: $\nu_1 = k\nu_2$. Сравните их энергии и импульсы.

16.15. В опыте Столетова световой поток, падающий на цинк, увеличили в четыре раза, но это не произвело к увеличению фототока. Когда это возможно?

16.16. Выполняя опыты, Столетов заметил, что фотоэффект происходит быстрее при повышении температуры металла. Чем это объясняется?

Достаточный уровень

16.17. Сравните энергии фотонов красного и зеленого света.

16.18. Найдите энергию фотона видимого света с длиной 600 нм. Выразите энергию в джоулях и электронвольтах.

16.19. Найдите импульс фотона ультрафиолетового излучения с частотой $2 \cdot 10^{15}$ Гц.

16.20. Определите красную границу фотоэффекта у натрия, работа выхода электронов которого равна 4,2 эВ.

16.21. Работа выхода электронов из натрия равна $3{,}63 \times 10^{-19}$ Дж. Возникает ли фотоэффект при облучении натрия видимым излучением? инфракрасным?

16.22. При освещении поверхности металла светом с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц освобождаются фотоэлектроны. Какова работа выхода фотоэлектронов из металла при максимальной кинетической энергии электронов 1,2 эВ?

16.23. Определите наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия, при освещении его светом с частотой $7{,}5 \cdot 10^{14}$ Гц.

16.24. Как изменяются максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и задерживающее напряжение при уменьшении длины волны излучения, вызывающего фотоэффект?

16.25. Как изменяются при удалении источника света от вакуумного фотоэлемента: а) сила тока насыщения; б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов; в) количество фотоэлектронов, ежесекундно вылетающих с поверхности катода?

16.26. Работа выхода электронов из кадмия равна 4,08 эВ. Какова частота света, если максимальная скорость фотоэлектронов равна $7{,}2 \cdot 10^5$ м/с?

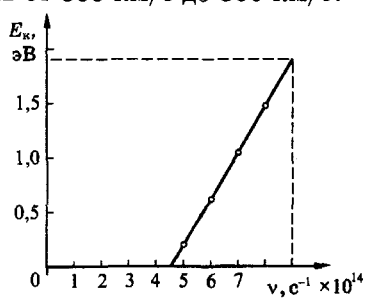
Высокий уровень

16.27. Когда длину волны излучения, падающего на катод фотоэлемента, уменьшили от $\lambda_1 = 500$ нм до $\lambda_2 = 400$ нм, максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась в 2 раза. Определите красную границу фотоэффекта λ_{max} для данного катода.

16.28. Падающий на поверхность катода желтый свет вызывает фотоэффект. Обязательно ли возникнет фотоэффект при освещении катода синим светом? Оранжевым светом?

16.29. На сколько надо изменить частоту падающего на поверхность металла излучения, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась от 500 км/с до 800 км/с?

16.30. На рисунке представлен результат экспериментального исследования зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, освобождаемых с поверхности катода фотоэлемента, от частоты падающего на катод света.



Используя эти результаты, определите работу выхода электронов и максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов при частоте падающего света $9 \cdot 10^{14}$ Гц.

16.31. В явлении фотоэффекта электроны, вырванные с поверхности металла излучением частотой $2 \cdot 10^{15}$ Гц,

полностью задерживаются тормозящим полем при напряжении 7 В, а при частоте $4 \cdot 10^{15}$ Гц — при напряжении 15 В. По этим данным вычислите постоянную Планка.

16.32. Когда частоту падающего на поверхность катода излучения увеличили на $2 \cdot 10^{14}$ Гц, максимальная энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза. Во сколько раз увеличится максимальная энергия фотоэлектронов, если частоту излучения увеличить еще раз на такую же величину? Какой была максимальная скорость фотоэлектронов до повышения частоты излучения?

Физики, будущие Нобелевские лауреаты, поклялись бросить физику, если идеи Бора окажутся правильными.

Ю. П. Степановский

17. СТРОЕНИЕ АТОМА. АТОМНЫЕ СПЕКТРЫ

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

Решите устно

17.1. На основании каких экспериментальных наблюдений Резерфорд пришел к выводу о планетарной модели атома?

17.2. При прохождении через вещество альфа-частицы тормозятся. Как вы думаете, в какие атомы обычно превращаются альфа-частицы?

17.3. В ядре атома серебра 107 частиц. Вокруг ядра обращается 47 электронов. Сколько в ядре этого атома нейтронов и протонов?

17.4. В ядре атома цинка 65 частиц, из них 30 протонов. Сколько нейтронов в ядре и сколько электронов обращается вокруг ядра этого атома?

17.5. Ядро атома и электроны имеют разные знаки зарядов и, следовательно, притягиваются друг к другу. Почему же электроны не падают на ядра атомов?

17.6. Можно ли с помощью формулы закона Кулона вычислить силу взаимодействия альфа-частицы с ядром атома?

17.7. Какие классические представления лежат в основе теории Бора?

17.8. В чем заключается противоречие между ядерной моделью атома по Резерфорду и законами классической физики? Выполняются ли законы классической физики при движении электрона в ускорителе? в атоме?

17.9. При каком условии электрон, связанный с атомом, не излучает энергию?

17.10. При каком условии электрон, связанный с атомом, излучает энергию?

17.11. В чем заключаются противоречия между постулатами Бора и законами классической механики?

17.12. Чем определяется частота излучения атома водорода по теории Бора?

17.13. Электрическую лампу накаливают постепенно. Какие изменения в спектре лампы при этом наблюдаются.

17.14. Как на основании теории Бора можно объяснить испускание и поглощение света атомом? Поясните на примере образования линейчатых спектров атома водорода.

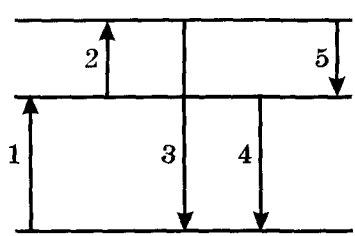
Достаточный уровень

17.15. При облучении атом водорода перешел из первого энергетического состояния в третье. При возвращении в исходное состояние он сначала перешел из третьего во второе, а затем из второго в первое. Сравните энергии фотонов, поглощенных и излученных атомом.

17.16. Минимальная частота излучения, которое может поглотить атом, находящийся на первом энергетическом уровне, равна $2 \cdot 10^{15}$ Гц. Каково «расстояние» между первым и вторым энергетическими уровнями атома?

17.17. При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ. Какова длина волны излучения, которое испускают атомы ртути при переходе в невозбужденное состояние?

17.18. На рисунке показаны энергетические уровни атома. Стрелками обозначены переходы между уровнями. При каких переходах происходит поглощение излучения? При каком переходе испускается излучение с максимальной длиной волны? При каком переходе испускается излучение с максимальной частотой?



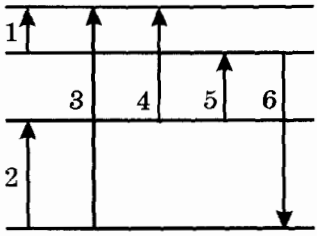
17.19. При переходе атома с одного энергетического уровня на другой поглощен фотон с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Увеличилась или уменьшилась в результате перехода энергия атома? На какую величину?

17.20. Какой спектр — непрерывный или линейчатый — можно наблюдать с помощью спектроскопа от следующих источников: спирали электрической плитки, раскаленного куска металла, лампы дневного света, газовой горелки?

Высокий уровень

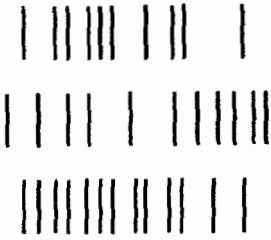
17.21. Атом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое испускает последовательно два кванта с длинами волн $\lambda_1 = 40\,510 \cdot 10^{-10}$ м и $\lambda_2 = 972{,}5 \cdot 10^{-10}$ м. Определите изменение энергии атома водорода.

17.22. На рисунке показаны энергетические уровни атома. Стрелками обозначены переходы между уровнями. Пусть λ_i — длина волны излучения, испускаемого или поглощаемого при соответствующем переходе. Выразите: а) λ_4 через λ_2 и λ_3; б) λ_3 через λ_1 и λ_6; в) λ_5 через λ_2 и λ_6.



17.23. Электрон, обладающий вдали от покоящегося протона скоростью 1,875 км/с, захватывается последним, в результате чего образуется возбужденный атом водорода. Определите длину волны фотона, который испускается при переходе атома в нормальное состояние.

17.24. На рисунке приведены три спектра излучения. Верхний спектр принадлежит некоторому чистому газу, два остальных — спектрам газовых смесей. В каком из спектров смеси содержится газ, вид которого представлен на верхнем рисунке? Объясните свой ответ.



Было время, когда газеты писали, что теорию относительности понимают только двенадцать человек. Мне лично не верится, что это правда... Но мне кажется, я смело могу сказать, что квантовой механики никто не понимает.

Р. Фейнман

18. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

$$\lambda = h/p, \quad \Delta p \cdot \Delta x \geq h$$

Пример решения задачи

Предположим, что нам удалось измерить радиус пятой круговой орбиты электрона в атоме водорода с точностью до 10%: $r_5 = 13{,}2 \cdot 10^{-10} \pm 1 \cdot 10^{-10}$ м. С какой точностью нам стала известна при этом скорость электрона?

Решение:

Возможности одновременного определения координаты и скорости любого материального объекта ограничиваются соотношением неопределенностей: $\Delta p_x \cdot \Delta x \geq h$, где Δp_x — неопределенность значения проекции импульса на ось x, Δx — неопределенность значения координаты x, h — постоянная Планка.

По известным значениям массы электрона ($m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг) и неопределенности координаты ($\Delta x = 10^{-10}$ м) найдем неопределенность значения проекции скорости Δv_x, если ось Ox направлена по радиусу:

$$\Delta v_x \geq \frac{h}{\Delta x \cdot m}.$$

Произведем вычисления:

$$\Delta v_x \geq \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{10^{-10} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}} \approx 7{,}3 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

Для определения относительной погрешности определения скорости найдем значение скорости кругового движения электрона по пятой боровской орбите:

$$v_n = \frac{nh}{mr_n}, \qquad v_5 = \frac{5 \cdot 6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 13{,}2 \cdot 10^{-10}} \approx 2{,}8 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

Мы получили, что неопределенность Δv_x значения скорости электрона превосходит значение v_x скорости в 2,6 раза:

$$\frac{\Delta v_x}{v_x} = \frac{7{,}3 \cdot 10^6}{2{,}8 \cdot 10^6} \approx 2{,}6.$$

Другими словами, неопределенность Δv_x значения скорости электрона превосходит значение v_x на 260%!

Решите устно

18.1. Какие объекты согласно представлениям классической физики имеют волновую природу, а какие корпускулярную?

18.2. Частоту кванта света можно записать двояко: а) $\nu = \frac{c}{\lambda}$; б) $\nu = \frac{E}{h}$, где λ — длина волны, E — энергия кванта, h — постоянная Планка. Какая из этих формул выражает волновые, а какая корпускулярные свойства света?

18.3. В формуле Планка $E = h\nu$ уже заложена идея корпускулярно-волнового дуализма. Прокомментируйте эту идею.

18.4. Верно ли утверждение: в природе света проявляется корпускулярно-волновой дуализм? Поясните почему?

18.5. Сравните постоянную Больцмана k с постоянной Планка h и укажите на формальное соответствие этих констант.

18.6. Как частица или как волна ведет себя электрон: а) в телевизионной трубке; б) в электронном микроскопе; в) в атоме?

18.7. Какие объекты согласно представлениям классической физики имеют волновую природу, а какие корпускулярную?

18.8. При каком условии свойства света хорошо описываются волновой теорией, а при каком — квантовой?

18.9. Как понимать корпускулярно-волновой дуализм?

18.10. Почему в квантовой механике понятие траектории не имеет смысла?

18.11. Зависит ли длина волны микрочастицы от ее массы и скорости?

18.12. Может ли микрочастица с точки зрения принципа неопределенности покоиться?

Достаточный уровень

18.13. Как на основе принципа неопределенности сделать заключение о том, что электрон в атоме не может двигаться по круговой орбите?

18.14. Чем массивнее частица, тем легче предсказать ее положение. Как это объяснить?

18.15. Почему соотношение неопределенностей не проявляется для макроскопических тел?

18.16. Как проявляется соотношение неопределенностей в микромире?

18.17. Определите длину волны пылинки массой 0,001 мг, движущейся со скоростью 5 м/с. Объясните полученный ответ.

18.18. Когда постоянную Планка можно принять равной нулю?

Высокий уровень

18.19. Как в одном и том же объекте могут сочетаться свойства неделимых частиц и распределенных в пространстве волн?

18.20. Докажите, что частица, локализованная в некоторой области пространства, не может покоиться.

18.21. Попробуйте с помощью соотношения неопределенностей объяснить стабильность атома.

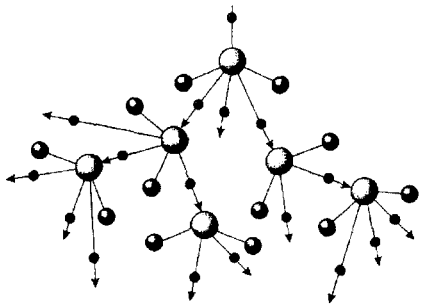
18.22. Попробуйте применить принцип неопределенности к выяснению состояния электрона в атоме водорода.

18.23. Вычислите длину волны электрона в электронно-лучевой трубке при анодном напряжении 2 кВ.

18.24. Попробуйте применить принцип неопределенности к движению электрона в электронно-лучевой трубке.

18.25. Вычислите длину волны электрона, движущегося со скоростью 10^7 м/с.

18.26. Можно ли измерить длину волны электрона в электронно-лучевой трубке при анодном напряжении 2 кВ, если располагать инструментом, дающим возможность выполнять измерения с точностью до 0,01 мм?



ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Вот атом, который построил Бор.
Это — протон,
Который в центр помещен
Атома,
который построил Бор.
А вот электрон,
Который стремглав облетает протон,
Который в центр помещен
Атома,
который построил Бор...

Вольный перевод
В. Турчина

19. СТРОЕНИЕ АТОМНОГО ЯДРА. ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ

Решите устно

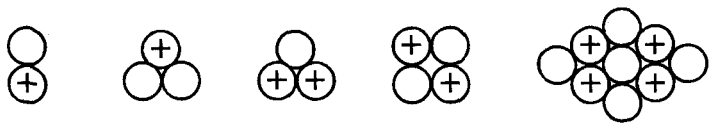
19.1. В ядре атома химического элемента 23 протона и 28 нейтронов. Назовите этот элемент.

19.2. Используя периодическую систему химических элементов, определите количество протонов, нейтронов и электронов в атомах азота, фосфора, индия, кадмия.

19.3. Существуют ли атомные ядра с зарядом, меньшим, чем у протона?

19.4. Назовите химический элемент, в атомном ядре которого содержатся нуклоны: а) $7p + 7n$; б) $18p + 22n$; в) $51p + 71n$; г) $101p + 155n$.

19.5. На рисунках схематически показаны некоторые ядра. Какие из них принадлежат изотопам одного и того же химического элемента? Назовите соответствующие изотопы.



19.6. Составьте символическую запись $^{A}_{Z}X$ ядра кобальта и определите его состав.

19.7. Чем отличаются ядра изотопов бериллия $^{7}_{4}Be$ и $^{9}_{4}Be$?

19.8. Что наводит нас на мысль, что в ядре, кроме электрических сил, действуют ядерные силы.

19.9. Каковы главные особенности ядерных сил?

19.10. Почему ядро атома меди устойчиво, а ядро атома урана неустойчиво?

Достаточный уровень

19.11. Заряды ядер атомов равны соответственно $0{,}4 \cdot 10^{-17}$ Кл, $5{,}6 \cdot 10^{-18}$ Кл, $88 \cdot 10^{-19}$ Кл. Какие химические элементы представляют эти атомы?

19.12. Чему равны заряды ядер атомов с порядковыми номерами в таблице Менделеева Z = 1, 5, 20?

19.13. Во сколько раз размеры атома превышают размеры ядра?

19.14. В ядре какого элемента содержится 14 протонов и столько же нейтронов? В ядрах каких элементов из числа первых 20 в таблице Менделеева содержится равное количество протонов и нейтронов?

19.15. Одинаковы ли ядерные силы, действующие между двумя протонами, между двумя нейтронами, между протоном и нейтроном? Что из этого следует?

Высокий уровень

19.16. Свободные нейтроны превращаются в протоны. Почему обратный процесс возможен только внутри атомных ядер?

19.17. О чем свидетельствует тот факт, что атомное ядро в целом имеет меньшую плотность, чем отдельные его частицы?

19.18. Какое ядро с одинаковым числом нейтронов и протонов имеет радиус в полтора раза меньший, чем ядро $^{27}_{13}Al$?

19.19. Плотность вещества как легких, так и тяжелых ядер почти одинаковая. О какой особенности ядерных сил свидетельствует этот факт?

19.20. Существуют ли между нуклонами в атомных ядрах силы отталкивания? Как вы считаете?

Во все века жила, затаена,
Надежда — вскрыть все таинства природы.

Валерий Брюсов

20. РАДИОАКТИВНОСТЬ. ПРАВИЛО СМЕЩЕНИЯ

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He; \quad {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e}$$

Пример решения задачи

Сколько α- и β-распадов происходит в результате превращения радия-226 в свинец-206?

Дано:
${}^{226}_{88}Ra$ — начальный продукт распада
${}^{206}_{82}Pb$ — конечный продукт распада

$n_\alpha = ?$ $n_\beta = ?$

Решение.
Известно, что атомы радиоактивных элементов неустойчивы и самопроизвольно распадаются, претерпевая различные превращения. При α-распаде массовое число начального атома уменьшается на четыре единицы, что позволяет определить n_α:

$$n_\alpha = \frac{M_{Ra} - M_{Pb}}{M_{He}} = \frac{226 - 206}{4} = 5,$$

где символами M обозначены массовые числа начального, конечного продуктов и α-частицы (ядра атома гелия). Зная n_α и Z_α — зарядовое число α-частицы, определяем, на сколько уменьшается зарядовое число при α-распаде: $\Delta Z_\alpha = n_\alpha Z_\alpha = 5 \cdot 2 = 10$.

Известно, что при β-распаде меняется лишь зарядовое число, возрастая на единицу. В результате превращения ${}^{226}_{88}Ra$ в ${}^{206}_{82}Pb$ зарядовое число уменьшается на ΔZ: $\Delta Z = Z_{Ra} - Z_{Pb} = 88 - 82 = 6$, следовательно,

$$n_\beta = \Delta Z_\alpha - \Delta Z = 4.$$

Ответ: $n_\alpha = 5$; $n_\beta = 4$.

Решите устно

20.1. О чем свидетельствует явление радиоактивности?

20.2. Что представляет собой альфа-излучение, бета-излучение и гамма-излучение? Какова их проникающая способность?

20.3. Какое из трех излучений (альфа, бета или гамма) не отклоняются магнитным и электрическим полями?

20.4. Альфа-частицу поглотило вещество. Куда же делась эта альфа-частица?

20.5. Какие ядерные процессы приводят к структурной перестройке ядер атомов, а какие — нет?

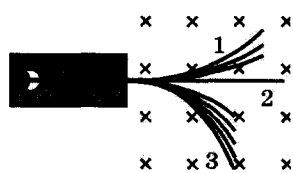
20.6. Что должно происходить с ядром при испускании альфа-частиц?

20.7. Что должно происходить с ядром при испускании бета-частиц?

20.8. Может ли при радиоактивном распаде ядра наблюдаться: а) увеличение его заряда и массы; б) увеличение заряда и уменьшение массы; в) уменьшение заряда при увеличении массы; г) уменьшение и заряда и массы?

Достаточный уровень

20.9. Излучение радиоактивного препарата, находящегося на дне канала в куске свинца, расщепляется в однородном магнитном поле на три пучка (см. рисунок). Какой из этих пучков образован α-частицами? β-частицами? γ-излучением? Почему?



20.10. Что произойдет с изотопом натрия-22 при β-распаде? Как изменяется массовое число нового элемента? Влево или вправо в таблице Менделеева происходит сдвиг? Запишите реакцию.

20.11. Узкий пучок β-излучения в однородном магнитном поле заметно расширяется. О чем это свидетельствует?

20.12. Запишите реакцию непосредственного превращения плутония-239 в уран-235. α- или β-распад имеет здесь место?

20.13. Запишите реакции α-распада урана $^{238}_{92}U$ и β-распада свинца $^{209}_{82}Pb$.

20.14. Ядро $^{216}_{84}Po$ образовалось после двух последовательных α-распадов. Из какого ядра оно образовалось?

Высокий уровень

20.15. Какой изотоп образуется из урана $^{239}_{92}U$ после двух β-распадов и одного α-распада?

20.16. Ядро тория $^{232}_{90}Th$ претерпевает три α-распада и два β-распада. Определите порядковый номер и массовое число нуклона и назовите его.

20.17. Во что превратится ядро изотопа урана $^{233}_{92}U$ после шести α- и трех β-распадов?

20.18. Для искусственно созданного радиоактивного изотопа нептуния $^{237}_{93}Np$ конечным (стабильным) продуктом распада является висмут-209. Определите общее число распадов в результате такого превращения.

20.19. Определите количество α- и β-распадов, в результате которых уран-238 превращается в изотоп свинца-206.

20.20. Сколько α- и β-распадов должно произойти, чтобы ядро тория-232 превратилось в ядро изотопа свинца-208?

Земля, и атом,
и пучина
Огня и звезд —
во всем согласность,
Подвластная первопричине
Волшебная шарообразность.

Но, проникая за сферичность,
Я тщетно мыслью дерзновенной
Постичь пытаюсь
Безграничность
Конечной
замкнутой Вселенной.

Григорий Санников

21. ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА. ПРИЧИНЫ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АТОМНЫХ ЯДЕР

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Пример решения задачи

В образцах урановой руды всегда содержится некоторое количество атомов тория-234, образовавшихся в результате распада урана-238 (период полураспада $T_U = 4{,}5 \cdot 10^9$ лет). Торий также радиоактивен (период полураспада $T_{Th} = 24$ сут). Сколько атомов тория содержится в образце урановой руды, в котором находится 0,5 г урана-238?

Дано:
$T_U = 4{,}5 \cdot 10^9$ лет
$T_{Th} = 24$ сут
$m = 5 \cdot 10^{-4}$ кг
$M_U = 0{,}238$ кг/моль

N_{Th} — ?

Решение.

В образце руды одновременно идут два процесса: распад урана, увеличивающий число атомов тория, и распад образовавшихся атомов тория. В результате число атомов тория остается практически неизменным. Число распадающихся за время $\tau \ll T$ радиоактивных атомов равно:

$$\Delta N = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{\tau}{T}} = N_0 \frac{\tau}{T} \ln 2 .$$

Здесь учтено, что $2^{-x} \approx 1 - x\ln 2$.

Приравняв количества распадов урана и тория, происшедших за одно и то же время, получаем $\frac{N_{Th}}{T_{Th}} = \frac{N_U}{T_U}$. Поскольку $N_U = \frac{m}{M_U} N_A$ (M_U — молярная масса урана, N_A — число Авогадро), находим:

$$N_{Th} = \frac{mN_A T_{Th}}{M_U T_U}.$$

Проверяем единицы измерения: $[N_{Th}] = \frac{\text{кг} \cdot \text{сут}}{\text{моль} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{сут}} = 1$.

Вычисляем число атомов тория:

$$N_{Th} = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23} \cdot 24}{0{,}238 \cdot 4{,}5 \cdot 10^{9} \cdot 365} \approx 1{,}8 \cdot 10^{10}.$$

Ответ: $1{,}8 \cdot 10^{10}$.

Решите устно

21.1. Можно ли изменить активность радиоактивного распада внешними воздействиями: нагреванием, электрическим или магнитным полем, механическими воздействиями?

21.2. Почему период полураспада не зависит от начального числа частиц?

21.3. Верно ли, что чем дольше существует атом, тем больше вероятность его распада?

21.4. Распадутся ли через сутки все ядра элемента, период полураспада которых равен 2 ч?

21.5. Почему активность урана за несколько лет заметно не изменяется?

21.6. Почему трудно предсказать время распада отдельного атома радиоактивного вещества?

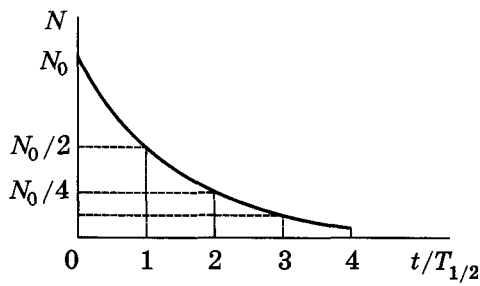
21.7. Чем определяется размер ядра? Может ли существовать ядро размеров в арбуз?

21.8. Могут ли существовать ядра диаметром в десятки километров?

Достаточный уровень

21.9. Имелось некоторое количество радиоактивного изотопа серебра. Масса радиоактивного серебра уменьшилась в 8 раз за 810 суток. Определите период полураспада радиоактивного серебра.

21.10. Период полураспада радиоактивного изотопа железа $^{55}_{26}Fe$ равен 2,9 года. Используя график, определите, за какое время число нераспавшихся атомов уменьшится в четыре раза.



21.11. Определите, какая доля начального числа атомов радиоактивного элемента распадается за время, равное средней продолжительности жизни этого элемента.

21.12. За 1 час распалось 1/4 начального количества нестабильных атомов. Какое количество — меньше половины или больше ее — останется еще через 1 час?

21.13. Каким было начальное количество радиоактивных атомов, если спустя время $t = T/4$, где T — период полураспада, их осталось 5000?

21.14. В некотором образце содержится $3 \cdot 10^{24}$ атомов углерода $^{14}_{6}C$. Сколько атомов останется через 1000 лет? Период полураспада атомов углерода 5700 лет.

21.15. Период полураспада иода-131 равен 8 сут. Сколько процентов начального количества атомов иода-131 останется через 24 сут?

Высокий уровень

21.16. Почему нет ядер, состоящих только из нейтронов?

21.17. Почему нуклоны вылетают из ядра только в виде α-частиц?

21.18. Из таблицы Д. И. Менделеева легко заметить, что число протонов в ядрах увеличивается от элемента к элементу медленнее, чем число нейтронов. Как пояснить эту закономерность?

21.19. Определите возраст образца урановой руды, если накопившийся за время его существования свинец составляет 41% от числа оставшихся ядер урана-238. Период полураспада урана 4,5 млрд. лет.

21.20. Кинетическая энергия частиц, вылетающих из ядра при радиоактивном распаде, в миллионы раз превышает кинетическую энергию электронов в атоме. Как объяснить такое огромное различие в энергиях?

Природа! Окруженные и охваченные ею, мы не можем ни выйти из нее, ни глубже в нее проникнуть. Непрошенная, нежданная, захватывает она нас в вихрь своей пляски и несется с нами, пока, утомленные, мы не выпадаем из рук ее...

Гёте

22. ДЕФЕКТ МАСС И ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ

$$E_{св} = \Delta mc^2 = \left(Zm_p + Nm_n - m_я\right) \cdot c^2$$

Пример решения задачи

Определите дефект масс и энергию связи ядра радия-226.

Дано:
$m_я = 226{,}02435$ а.е.м.
$m_{^1_1H} = 1{,}00783$ а.е.м.
$m_n = 1{,}00866$ а.е.м.
$c = 3 \cdot 10^8$ м/с

$E_{св}$ — ?

Решение.
Дефект масс ядра определяется по формуле: $\Delta m = \left(Zm_p + Nm_n\right) - m_я$. В таблице масс изотопов приводятся значение масс нейтральных атомов, а не массы ядер. Поэтому эту формулу *целесообразно* преобразовать так, чтобы вместо массы данного ядра $m_я$ в нее входила масса соответствующего нейтрального атома $m_а$.

Так как $m_я = m_а - Zm_e$, то $\Delta m = Zm_p + Nm_n - \left(m_а - Zm_e\right)$ или

$\Delta m = Z\left(m_p + m_e\right) + Nm_n - m_а$. Но $m_p + m_e = m_{^1_1H}$. Следовательно, окончательно получаем: $\Delta m = \left(Zm_{^1_1H} + Nm_n\right) - m_а$. Подставляя в эту формулу числовые значения масс в а.е.м., получаем:

$$\Delta m = 88 \cdot 1{,}00783 + 138 \cdot 1{,}00866 - 226{,}02435 = 1{,}85977 \text{ (а.е.м.)}.$$

Если мы хотим получить энергию связи в джоулях, то дефект масс нужно выразить в килограммах. Учитывая, что 1 а.е.м. = $1{,}66057 \cdot 10^{-27}$ кг, получаем: $\Delta m = 1{,}85977 \cdot 1{,}66057 \cdot 10^{-27} = 3{,}0883 \cdot 10^{-27}$ (кг).

Подставляя это значение дефекта масс в формулу $E_{св} = \Delta m \cdot c^2$, получаем:

$$E = 3{,}0883 \cdot 10^{-27} \cdot \left(3 \cdot 10^8\right)^2 = 27{,}795 \cdot 10^{-11} \text{ (Дж)}.$$

Ответ: 3,0883 · 10^{-27} кг; 27,795 · 10^{-11} Дж.

Решите устно

22.1. Как охарактеризовать прочность атомных ядер?

22.2. Как зависит прочность ядер атомов от их энергии связи?

22.3. Почему ядро меди устойчиво, а ядро урана не устойчиво?

22.4. Дефект масс ученик пояснил уменьшением масс покоя частиц, образовавших ядро. Так ли это?

22.5. Не пользуясь соответствующими таблицами, сравните энергии связи следующих двух ядер: $^{7}_{3}Li$ и $^{7}_{4}Be$.

22.6. Почему энергия связи атома водорода $^{1}_{1}H$ равна нулю?

22.7. Как изменится масса системы из одного свободного протона и одного нейтрона после соединения их в атомное ядро?

22.8. Энергия связи ядер железа-56 и урана-238 равны соответственно: 492,2 МэВ и 1801,7 МэВ. Какое из них более устойчиво? Почему?

Достаточный уровень

22.9. Определите (в а.е.м.) массу ядер $^{4}_{2}He$, $^{7}_{3}Li$, $^{27}_{13}Al$.

22.10. Используя результат решения задачи 14.9, вычислите дефект масс названных в ней атомных ядер.

22.11. Найдите энергию связи (в джоулях) ядра атома урана $^{238}_{92}U$.

22.12. У какого элемента удельная энергия связи больше:

а) у элемента с массовым числом 200 или 100;

б) у элемента с массовым числом 20 или 80?

22.13. Почему удельная энергия связи в тяжелых ядрах $\left(E_{св}/A\right)$ с увеличением массового числа A убывает?

22.14. При образовании ядра атома гелия $^{4}_{2}He$ из двух ядер дейтерия освобождается 23,8 МэВ энергии. На сколько при этом уменьшилась масса возникшего ядра?

22.15. Определите энергию связи атомных ядер лития $^{7}_{3}Li$ и цинка $^{64}_{30}Zn$.

Высокий уровень

22.16. При α-распаде неподвижного ядра радия-226 образуется ядро радона-222. Какова скорость образовавшегося ядра радона?

22.17. Энергия связи дейтерия (ядра тяжелого водорода) $^{2}_{1}H$ равна 2,23 МэВ. Определите массу ядра и массу нейтрального атома.

22.18. Энергия связи ядра одного из изотопов бериллия превышает энергию связи ядра его изотопа $^{9}_{4}Be$ на 38,6 МэВ, а разность масс их атомов составляет 5,00188 а.е.м. Определите неизвестный изотоп бериллия.

22.19. На сколько энергия связи ядра атома изотопа углерода $^{15}_{6}C$ больше энергии связи ядра его другого изотопа $^{12}_{6}C$, если разность масс соответствующих атомов этих изотопов составляет 3,0106 а.е.м.?

22.20. Определите наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра углерода $^{12}_{6}C$ на три одинаковые частицы.

Что нам еще? Целый мир в нашей власти,—
Легенда из алых, взывающих роз.
Строй и крепи свои жильные снасти.
Радио! Тракторы! Жизнь — Паровоз!

Василий Каменский

23. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ. ВЫДЕЛЕНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

$$\boxed{{}^{A_1}_{Z_1}\mathrm{X} + a \rightarrow {}^{A_2}_{Z_2}\mathrm{Y} + b}$$

Пример решения задачи

Выделяется или поглощается энергия при следующей ядерной реакции: ${}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$?

Решение:

Найдем разность Δm суммарной массы ядер и частиц до реакции и после реакции. Энерговыделение при такой ядерной реакции равно: $\Delta E = \left(m_{\mathrm{N}} + m_{\mathrm{He}} - m_{\mathrm{O}} - m_{\mathrm{H}}\right) \cdot c^2$. Если $\Delta E > 0$, реакция идет с *выделением* энергии. Если $\Delta E < 0$, реакция идет с *поглощением* энергии.

Проверяем единицы измерения:

$$[\Delta E] = \text{а. е. м.} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{а. е. м.}} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = \text{Дж.}$$

Производим вычисления:

$$\Delta E = (14{,}00307 + 4{,}00260 - 16{,}99913 - 1{,}00783) \times$$
$$\times 1{,}661 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = -1{,}93 \cdot 10^{-13} \text{ (Дж).}$$

Так как $\Delta E < 0$, то энергия поглощается.

Ответ: Реакция идет с поглощением энергии.

Решите устно

23.1. ❓ Какие законы сохранения выполняются при ядерных реакциях?

23.2. Чем ядерная реакция отличается от радиоактивного распада ядра?

23.3. При каких условиях возможно протекание ядерных реакций?

23.4. В чем главное отличие ядерных реакций на нейтронах от ядерных реакций, вызываемых заряженными частицами?

23.5. При каком условии ядерные реакции идут с выделением энергии?

23.6. При каком условии ядерные реакции идут с поглощением энергии?

Достаточный уровень

23.7. В каком из указанных случаев при прочих равных условиях наиболее вероятна ядерная реакция: а) при бомбардировке тяжелых ядер потоком α-частиц; б) при бомбардировке тяжелых ядер потоком протонов; в) при бомбардировке тяжелых ядер потоком нейтронов?

23.8. Произошел самопроизвольный распад ядра. Выделилась или поглотилась энергия во время этого распада? Ответ обоснуйте.

23.9. При бомбардировке лития ($^{7}_{3}Li$) протонами определенной энергии образуется бериллий ($^{7}_{4}Be$). Какая частица выбрасывается в ходе этой реакции? Запишите уравнение реакции.

23.10. Какими частицами необходимо бомбардировать ядро азота ($^{14}_{7}N$), чтобы получить изотоп углерода ($^{14}_{6}C$) и протон? Запишите уравнение реакции.

23.11. Допишите уравнение ядерной реакции:

$$^{198}_{80}Hg + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{198}_{79}Au + ?.$$

23.12. Допишите уравнение ядерной реакции:

$$^{9}_{4}Be + ? \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n.$$

23.13. Допишите уравнение ядерной реакции:

$$^{14}_{7}N + ? \rightarrow ^{11}_{5}B + ^{4}_{2}He.$$

23.14. Допишите уравнение ядерной реакции:

$$? + ^{1}_{1}p \rightarrow ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He.$$

Высокий уровень

23.15. Определите энергетический выход следующей ядерной реакции:

$$^{7}_{3}\mathrm{Li} + ^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{8}_{4}\mathrm{Be}.$$

23.16. Определите энергетический выход следующей ядерной реакции:

$$^{7}_{3}\mathrm{Li} + ^{1}_{1}p \rightarrow ^{7}_{4}\mathrm{Be} + ^{1}_{0}n.$$

23.17. Нейтрон впервые был выделен из ядра атома в результате бомбардировки α-частицы бериллия $^{9}_{4}\mathrm{Be}$. Запишите уравнение соответствующей ядерной реакции. Каков энергетический выход этой реакции?

23.18. Проведите энергетический расчет ядерной реакции и выясните, выделяется или поглощается энергия в этой реакции: $^{7}_{3}\mathrm{Li} + ^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ^{10}_{5}\mathrm{B} + ^{1}_{0}n.$

23.19. Какой минимальной энергией должны обладать γ-кванты, чтобы вызвать реакцию $^{12}_{6}\mathrm{C} + h\nu \rightarrow 3\,^{4}_{2}\mathrm{He}$?

23.20. Как посредством ядерной реакции осуществить мечту алхимиков — из ртути получить золото?

Ты открой мне, природа, объятия,
Чтоб я слился с красою твоей.

И. А. Бунин

24. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Пример решения задачи

При реакции деления ядер урана-235 выделилось $E = 1{,}204 \cdot 10^{26}$ МэВ энергии. Определите массу распавшегося урана, если при делении одного ядра выделяется $\Delta E = 200$ МэВ энергии.

Решение:

Число распавшихся ядер атомов $N = \dfrac{E}{\Delta E}$. С другой стороны $N = \dfrac{mN_A}{M}$. Откуда $\dfrac{E}{\Delta E} = \dfrac{mN_A}{M} \Rightarrow m = \dfrac{E \cdot M}{\Delta E \cdot N_A}$.

Проверка единиц измерения: $[m] = \dfrac{\text{МэВ} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}}{\text{МэВ} \cdot \text{моль}^{-1}} = \text{кг}$.

Вычисляем массу урана:

$$m = \frac{1{,}204 \cdot 10^{26} \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{200 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}} = 0{,}235 \ (\text{кг}).$$

Ответ: 235 г.

Решите устно

24.1. Почему нейтроны оказываются наиболее удобными частицами для бомбардировки атомных ядер?

24.2. Что происходит при попадании нейтрона в ядро урана?

24.3. Почему при делении ядер урана выделяется энергия?

24.4. Сгорает кусок бумаги. Является ли горение цепной реакцией, химической или ядерной?

24.5. В чем заключается управление ядерной реакцией?

24.6. Какую роль выполняют графит и вода в ядерных реакторах?

24.7. Почему для термоядерного синтеза используют легкие атомные ядра?

24.8. В чем состоит различие между цепной ядерной и термоядерной реакциями? Где происходит каждая из них?

Достаточный уровень

24.9. В урановом реакторе изотоп нептуния с массовым числом 239 испускает электроны. Напишите уравнение ядерной реакции.

24.10. Напишите цепочку ядерных превращений ядра урана $^{238}_{92}U$, захватившего нейтрон, в плутоний $^{239}_{94}Pu$, учитывая, что все вновь образованные ядра являются бета-радиоактивными, т. е. испытывают радиоактивный распад с испусканием электрона.

24.11. Ядро урана $^{235}_{92}U$ поглощает один нейтрон и делится на два осколка и четыре нейтрона. Один из осколков — ядро цезия $^{137}_{55}Cs$. Ядром какого изотопа является второй осколок?

24.12. Один-единственный нейтрон может вызвать в куске урана цепную реакцию с выделением огромного количества энергии. Как может в этом куске появиться нейтрон? Откуда?

24.13. Почему природный уран не является атомным горючим и хранение его не связано с опасностью взрыва?

24.14. Может ли выделяться энергия при синтезе ядер атомов химических элементов средней части Периодической системы элементов? Почему?

24.15. Источником энергии Солнца являются термоядерные реакции синтеза водорода и гелия. Почему же Солнце светит миллиарды лет с мало изменяющейся интенсивностью, а не взорвалось как водородная бомба?

Высокий уровень

24.16. Почему бомбардировка ядер урана медленными нейтронами может дать больший эффект, чем быстрыми?

24.17. Определите энергетический выход ядерной реакции

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{17}_{8}O,$$

если удельная энергия связи у ядра азота 7,48 МэВ/нук, у ядра гелия — 7,075 МэВ/нук, у ядра атома изотопа кислорода — 7,75 МэВ/нук.

24.18. Какая энергия выделяется при термоядерной реакции:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n\ ?$$

24.19. Примером термоядерной реакции может быть слияние изотопов водорода — дейтерия и трития. Напишите эту реакцию и подсчитайте выделившуюся в ней энергию.

24.20. В процессе термоядерного синтеза $5 \cdot 10^4$ кг водорода превращаются в 49644 кг гелия. Определите, сколько энергии выделяется при этом.

24.21. При делении одного ядра урана-235 на два осколка выделяется энергия 200 МэВ. Какая энергия освобождается при сжигании в ядерном реакторе 1 г этого изотопа? Сколько каменного угля нужно сжечь, чтобы получить столько же энергии? Удельная теплота сгорания каменного угля 29 МДж/кг.

24.22. В недрах Солнца происходит ядерная реакция синтеза ядер водорода в ядра гелия: $4\,^{1}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + 2\,^{0}_{+1}e + \Delta E$. Сколько энергии выделится при образовании 1 кг гелия, если энергия связи ядра гелия составляет 28,3 МэВ?

...Вот быстрый протон,
Который в ударе родил пи-мезон,
Который, распавшись, дал мю-мезон,
Который распался на электрон,
Который стремглав облетает протон,
Который в центр помещен
Атома,
который построил Бор.
А вот беватрон,
В котором ускорился тот протон,
Который в ударе родил пи-мезон,
Который распавшись, дал мю-мезон,
Который распался на электрон,
Который стремглав облетает протон,
Который в центр помещен
Атома,
который построил Бор...

Вольный перевод
В. Турчина

25. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Решите устно

25.1. Какое отличительное свойство характерно для всех элементарных частиц?

25.2. В чем заключается смысл утверждения, что «элементарные частицы могут превращаться друг в друга»?

25.3. Означает ли распад частицы на две (или большее число других частиц), что данная частица состоит из нескольких частиц?

25.4. Что произойдет, когда электрон столкнется с протоном?

25.5. Какие фундаментальные физические законы разрешают или запрещают те или иные превращения элементарных частиц?

25.6. Каким взаимодействием обусловлены ядерные силы между нуклонами в атомных ядрах?

25.7. Какие частицы участвуют в сильных взаимодействиях?

25.8. Какие частицы называют лептонами?

25.9. Какое взаимодействие характеризует процессы, происходящие с лептонами? Приведите примеры таких процессов.

25.10. Что понимают под веществом и антивеществом?

25.11. Какие элементарные частицы называются стабильными? Назовите стабильные частицы.

25.12. И атом водорода, и нейтрон могут распадаться на протон и электрон. Почему же атом водорода не считают элементарной частицей, а нейтрон причисляют к ним?

25.13. $^{+3}_{-2}He$ — что это за химический элемент?

Достаточный уровень

25.14. Нарисуйте схемы атомов гелия и антигелия, укажите, из каких элементарных частиц они состоят?

25.15. Определите энергию, которая выделяется при аннигиляции электрона и позитрона, если масса покоя электрона равна $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг.

25.16. Какое количество энергии выделится при аннигиляции нейтрона и антинейтрона, если масса покоя нейтрона равна $1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг.

25.17. Какое количество энергии выделится при аннигиляции протона и антипротона, если масса покоя протона равна $1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг.

25.18. Какое количество энергии выделилось бы при полной аннигиляции 1 кг вещества и 1 кг антивещества, если кинетическая энергия этих масс равна нулю?

25.19. При встрече электрона с позитроном, имеющих массу покоя, они превращаются в два фотона, которые массой покоя не обладают. О чем говорит этот факт?

25.20. При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых γ-кванта. Найдите длину волны, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.

25.21. При аннигиляции медленно движущихся электрона и позитрона образовалось два γ-кванта. Под каким углом друг к другу они разлетелись? Какова частота γ-квантов, возникающих при указанных условиях?

25.22. Определите тип фундаментального взаимодействия в следующих процессах:

1) ${}^{13}_{7}\mathrm{N} \to {}^{12}_{6}\mathrm{C} + {}^{0}_{+1}e + \nu_e$;

2) $e^- + e^+ \to \gamma + \gamma$;

3) ${}^{1}_{1}p + {}^{7}_{3}\mathrm{Li} \to 2{}^{4}_{2}\mathrm{He}$;

4) ${}^{40}_{19}\mathrm{K} + {}^{0}_{-1}e \to {}^{40}_{18}\mathrm{Ar} + \nu_e$;

5) ${}^{8}_{3}\mathrm{Li} \to {}^{0}_{-1}e + 2{}^{4}_{2}\mathrm{He}$;

6) ${}^{12}_{6}\mathrm{C} + {}^{1}_{1}p \to {}^{13}_{7}\mathrm{N} + \gamma$.

Высокий уровень

25.23. Почему свободный нейтрон распадается на протон и антинейтрино, а свободный протон не может распасться на нейтрон, позитрон и нейтрино?

25.24. Может ли один гамма-квант в вакууме превратится в пару электрон-позитрон?

25.25. При какой частоте ν излучение способно при взаимодействии с веществом вызвать рождение пары электрон-позитрон?

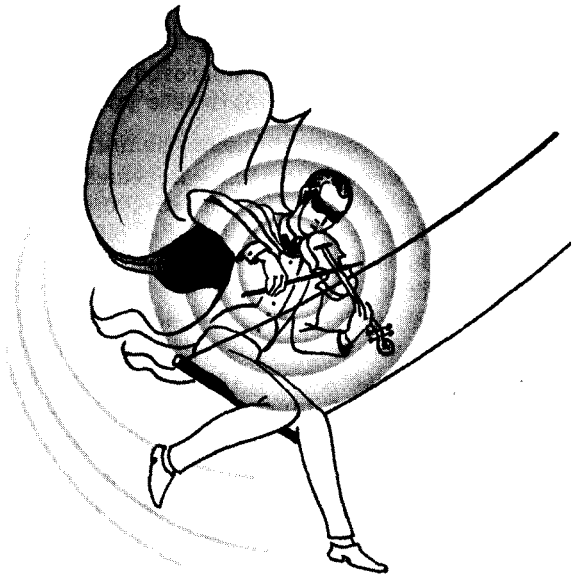
25.26. Может ли свободный электрон поглотить фотон?

25.27. При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых γ-кванта. Найдите импульс каждого из образовавшихся γ-квантов, считая частицы до аннигиляции неподвижными.

25.28. Элементарная частица пи-нуль-мезон (π^0) распадается на два γ-кванта. Найдите частоту γ-излучения, если масса покоя этой частицы равна 264,3 массы электрона.

Дерзайте ныне ободренны
Раченьем вашим показать,
Что может собственных Платонов
И быстрых разумом Невтонов
Российская земля рождать.

М. В. Ломоносов



САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Рекомендации по проведению самостоятельных работ

Учителю

☑ Каждая самостоятельная работа рассчитана на 10–15 минут и предусматривает решение учеником только ***одного задания*** начального, среднего или достаточного уровня.

☑ Учитель заранее сообщает дату проведения самостоятельной работы и предлагает ученику подготовиться к этой работе (т. е., просмотрев задания, выбрать себе уровень сложности).

☑ Предлагается два способа оценивания знаний учащихся:

1) В сильных классах за правильное решение задачи начального уровня ставится оценка «3», среднего уровня — оценка «4», достаточного уровня — оценка «5».
2) В слабых классах за правильное решение задачи ***любого*** уровня ставится оценка «5».

Это позволит учащихся сильных классов стимулировать решать трудные задачи, а учеников слабых классов «отучит» бояться решать трудные задачи (ведь получив несколько «пятерок» за решение более простых задач, ученик сможет без страха попробовать решить трудную задачу).

☑ Предлагается ввести систему амнистирования. Если ученик «переоценит» свои возможности — возьмет сложную задачу — и не решит, то «двойка» не выставляется при выполнении следующих условий: а) учащийся дома правильно (с подробным объяснением) решает эту же задачу; б) сам подбирает и решает 2–3 задачи такого же типа; в) перед следующим после самостоятельной работы уроком он сдает учителю выполненную работу.

☑ Если в самом начале самостоятельной работы учитель заметил, что большинство учащихся выбрали начальный уровень, а достаточный уровень — всего несколько человек, то очевидно, что учебный материал усвоен слабо. Учитель может отменить самостоятельную работу и вернуться к плохо усвоенному уроку.

☑ В книге предлагается 25 самостоятельных работ. Учитель сам выбирает те самостоятельные работы, которые дает в классе на уроке. Некоторые работы могут быть заданы на дом.

Пусть успехи ваших учеников будут вам наградой!

Ученику

☑ При подготовке к любой самостоятельной работе рекомендуется сначала внимательно разобраться с теоретическим материалом по учебнику, затем закрепить свои знания, решая задачи из сборника заданий (раздел «Хочешь понять лучше — попробуй решить!).

☑ Если у вас при выполнении домашнего задания возникнут проблемы с решением задач, обратите внимание на задачи, отмеченные знаком 🔑. Этим знаком отмечены ключевые задачи, к которым даны решения.

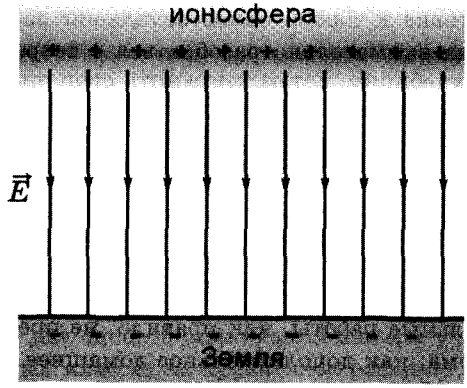
☑ Самостоятельные работы, как правило, не предназначены для решения дома, как дополнительное домашнее задание. Подготовиться к работе — означает: вы внимательно просматриваете тексты задач и прикидываете, какие из предложенных задач вам по силам. На уроке вы сообщаете учителю ваш уровень знаний на сегодняшний день (начальный, средний или достаточный), а учитель дает вам номер варианта задачи соответствующего уровня сложности.

☑ Если вы переоценили свои силы — взяли трудную задачу — и не решили, то не отчаивайтесь. Дома в спокойной обстановке разберитесь, в чем причина вашей неудачи, и решите эту же задачу. Кроме того, сами из любых сборников подберите 2–3 задачи такого же уровня (только не из «решебников»), решите и перед началом следующего урока сдайте учителю. Вы будете «амнистированы» за вашу неудачу!

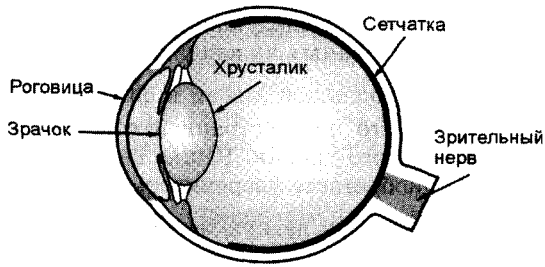
☑ Если у вас пока нет большой любви к физике, и вам не даются трудные задачи, то не расстраивайтесь: для начала выберите задачи начального уровня. Решая самые простые задачи, вы постепенно приобретаете уверенность в своих силах.

☑ Если вы успешно решили легкую задачу на уроке (начальный уровень), то попросите у учителя более трудную задачу (например, среднего уровня). Если на уроке не успели, то обратитесь к учителю с просьбой дать вам возможность решить более трудную задачу во внеурочное время.

Желаем творческих успехов
в вашей нелегкой учебной деятельности!



ЭЛЕКТРОДИНАМИКА



Быть может, эти электроны —
Миры, где пять материков,
Искусства, знанья, войны, троны
И память сорока веков!
Еще, быть может, каждый атом —
Вселенная, где сто планет;
Там все, что здесь в объеме сжатом,
Но также то, чего здесь нет.

Валерий Брюсов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Самостоятельная работа № 1

СТРОЕНИЕ АТОМА. ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ

Начальный уровень

1. В ядре атома азота 14 частиц, из них 7 нейтронов. Выберите правильное утверждение.
   А. Вокруг ядра атома вращаются 14 электронов.
   Б. В ядре атома азота 7 протонов.
   В. В отрицательном ионе азота меньше 7 электронов.
2. Стеклянную палочку потерли о шелковую ткань. Выберите правильное утверждение.
   А. При трении возникают новые заряженные частицы.
   Б. Отрицательно заряженные частицы перешли с ткани на палочку.
   В. Заряды, приобретенные палочкой и тканью, разного знака.
3. В атоме меди 29 электронов. Выберите правильное утверждение.
   А. В ядре атома меди 29 частиц.
   Б. Масса положительного иона меди больше массы атома меди.
   В. В ядре атома меди 29 протонов.
4. От водяной капли, обладающей электрическим зарядом $+2e$ отделилась капля с электрическим зарядом $-3e$. Выберите правильное утверждение.
   А. Электрический заряд оставшейся части капли равен $+5e$.

Б. Обе части капли после отделения отталкиваются.

В. Электрический заряд оставшейся части капли равен $-e$.

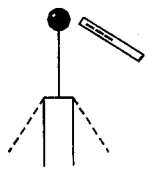
5. Наэлектризованной стеклянной палочкой прикоснулись к небольшому кусочку фольги. Выберите правильное утверждение.

А. Фольга стала притягиваться к палочке.

Б. Суммарный заряд палочки и фольги уменьшился.

В. Фольга приобрела заряд того же знака, что и палочка.

6. К шарику заряженного электроскопа поднесли отрицательно заряженную палочку, не касаясь ею шарика. Пунктиром показано начальное положение листочков. Выберите правильное утверждение.

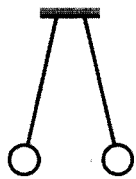


А. Электроскоп был заряжен отрицательно.

Б. Модуль заряда листочков электроскопа уменьшился.

В. Если палочку удалять от электроскопа, листочки электроскопа будут оставаться в прежнем положении.

7. Два легких металлических шарика висят рядом на шелковых нитях (см. рисунок). К шарикам подносят снизу отрицательно заряженный металлический лист. Выберите правильное утверждение.



А. Если заряды шариков отрицательны, расстояние между шариками уменьшится.

Б. Если заряды шариков положительны, расстояние между шариками увеличится.

В. Шарики заряжены одноименно.

8. Рассмотрите нейтральный атом цинка. Выберите правильное утверждение.

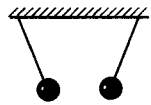
А. Количество частиц в ядре равно количеству электронов.

Б. Если из ядра «убрать» один нейтрон, получится атом другого химического элемента.

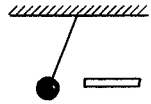
В. Количество протонов равно количеству электронов.

Средний уровень

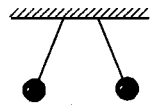
1. а) Можно ли при электризации трением зарядить только одно из соприкасающихся тел? Ответ обоснуйте.
   б) Существуют ли атомные ядра с зарядом меньшим, чем у протона?
   в) Что можно сказать о зарядах данных шариков? (см. рис.)



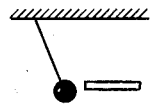
2. а) Почему при быстром перематывании пленки на магнитофоне она приобретает способность «прилипать» к различным предметам?
   б) Что можно сказать о зарядах шарика и палочки? (см. рис.)



   в) В каком случае атом водорода превращается в положительный ион?
3. а) Почему разряжается электроскоп, если коснуться его шарика пальцами?
   б) Что можно сказать о зарядах данных шариков? (см. рис.)

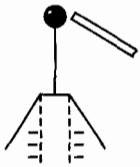


   в) Может ли атом водорода лишиться заряда, равного 1,5 заряда электрона?
4. а) Для чего к корпусу автоцистерны, предназначенной для перевозки бензина, прикреплена массивная цепь, несколько звеньев которой волочатся по земле?
   б) Что можно сказать о зарядах шарика и палочки? (см. рис.)



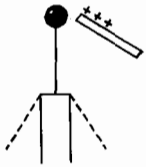
   в) Является ли нейтральным атом гелия, если вокруг его ядра обращается один электрон?

5. а) Почему расходятся листочки электроскопа, если его головки коснуться заряженным телом?
б) Как заряжена палочка? Пунктиром показано первоначальное положение листочков (см. рис.).



в) Какой заряд приобретает атом железа, если он потеряет один электрон?

6. а) Правильно ли выражение: «При трении создаются заряды»? Почему?
б) Определите знаки зарядов у шарика и листочков электроскопа. Пунктиром показано первоначальное положение листочков (см. рис.).



в) Атом хлора принял один электрон. Как называется полученная частица? Какой ее заряд?

Достаточный уровень

1. а) Почему заряженный электроскоп разрядится быстрее, если его шар покрыт пылью?
б) Что надо сделать, чтобы наэлектризовать металлический предмет, держа его в руке?
в) В ядре атома свинца 207 частиц. Вокруг ядра обращается 82 электрона. Сколько нейтронов и протонов в ядре этого атома?
2. а) Можно ли на концах эбонитовой палочки получить одновременно два разноименных заряда? Как это сделать?
б) Будет ли обнаружен на электроскопе заряд, если его шарик потереть наэлектризованной эбонитовой палочкой?
в) Существуют ли в природе тела, не содержащие электрических зарядов?

3. а) На тонкой шелковой нити висит заряженная бумажная гильза. Как узнать знак заряда гильзы, имея каучуковую расческу?

б) На тонких шелковых нитях подвешены две одинаковые легкие бумажные гильзы. Одна из них заряжена, а другая — нет. Как определить, какая из них заряжена?

в) Во что превратится атом натрия, если «убрать» из его ядра один протон, не изменяя количества электронов?

4. а) Почему шарик, висящий на шелковой нити, притянувшись к наэлектризованному предмету, после соприкосновения с ним отскакивает?

б) Что произойдет, если заряд сообщить не стержню электроскопа, а его металлической оправе? Электроскоп стоит на изолирующей подставке.

в) Во что превратится атом калия, если «добавить» в его ядро один протон, не изменяя количество электронов?

5. а) Можно ли наэлектризовать с помощью трения какой-нибудь проводник? Как это сделать?

б) Что произойдет, если к электроскопу, заряженному отрицательно, поднести, не прикасаясь к нему, положительно заряженную палочку из стекла?

в) В ядре атома золота 197 частиц, из них 79 протонов. Сколько нейтронов и электронов находятся в этом атоме?

6. а) Почему электризация при трении раньше всего была замечена на непроводящих электричество телах?

б) Могут ли тела электризоваться при соприкосновении без трения?

в) Почему масса атома водорода ненамного отличается от массы протона? Намного ли отличаются размеры атома водорода от размеров протона?

Самостоятельная работа № 2

ЗАКОН КУЛОНА

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений характеризует силу взаимодействия двух точечных зарядов? Выберите правильное утверждение.

   А. $k\frac{|q_0|}{r}$.

   Б. $k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$.

   В. $k\frac{|q_0|}{r^2}$.

2. Точечным зарядом называется электрический заряд,... . Выберите правильное утверждение.

   А. ...модуль которого во много раз меньше модуля заряда, с которым он взаимодействует.

   Б. ...помещенный на теле, размеры которого малы по сравнению с расстоянием до другого тела, с которым он взаимодействует.

   В. ... который помещен на материальную точку.

3. Как изменится сила взаимодействия двух точечных электрических зарядов при увеличении расстояния между ними в 2 раза? Выберите правильное утверждение.

   А. Уменьшится в четыре раза.

   Б. Не изменится.

   В. Увеличится в два раза.

4. Как изменится сила взаимодействия двух точечных электрических зарядов при увеличении модуля одного из них в 3 раза? Выберите правильное утверждение.

   А. Увеличится в $\sqrt{3}$ раза.

   Б. Уменьшится в три раза.

   В. Увеличится в три раза.

5. Два точечных электрических заряда q и $2q$ на расстоянии r друг от друга притягиваются с силой F. С какой силой будут притягиваться заряды $2q$ и $2q$ на расстоянии $2r$? Выберите правильное утверждение.

А. F.
Б. $2F$.
В. $\frac{1}{4}F$.

6. Два точечных заряда по 20 нКл находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Выберите правильное утверждение.
   А. Сила взаимодействия одноименных зарядов больше силы взаимодействия разноименных зарядов.
   Б. Заряды взаимодействуют с силой, большей 50 мН.
   В. Заряды взаимодействуют с силой, меньшей 10 мН.

Средний уровень

1. С какой силой взаимодействуют два точечных заряда 2 нКл и 4 нКл, находящиеся в вакууме на расстоянии 3 см?
2. Два одинаковых точечных заряда взаимодействуют в вакууме с силой 0,1 Н. Расстояние между зарядами равно 6 м. Найдите модуль этих зарядов.
3. С какой силой отталкиваются два электрона, находящиеся в вакууме друг от друга на расстоянии $2 \cdot 10^{-8}$ см?
4. Два положительных заряда q и 2q находятся на расстоянии 10 мм. Заряды взаимодействуют с силой $7{,}2 \cdot 10^{-4}$ Н. Как велик каждый заряд?
5. На каком расстоянии заряды по 1 Кл каждый взаимодействовали бы с силой 1 Н в вакууме?
6. Два точечных электрических заряда, находясь на расстоянии 3 см в вакууме, взаимодействуют с силой 1 мН. Определите модуль каждого из зарядов.

Достаточный уровень

1. Два очень маленьких тела, имеющие равные отрицательные электрические заряды, отталкиваются в воздухе с силой 0,9 Н. Определите число избыточных электронов в каждом теле, если расстояние между зарядами 8 см.
2. Два маленьких одинаковых проводящих шарика с зарядами 2 нКл и 4 нКл расположены в вакууме на расстоянии 0,3 м между их центрами. Шарики приводят в соприкосновение и вновь удаляют на прежнее расстояние. Какова сила электрического взаимодействия до и после соприкосновения шариков?
3. Во сколько раз сила кулоновского отталкивания между электронами в электронном пучке больше, чем сила гравитационного притяжения между ними?

4. Два маленьких одинаковых проводящих шарика, заряженные один отрицательным зарядом −15 мкКл, другой положительным 25 мкКл, приводят в соприкосновение и вновь раздвигают на расстояние 5 см. Определите заряд каждого шарика после соприкосновения и силу их взаимодействия.
5. На шелковой нити в воздухе висит неподвижно маленький шарик массой 2 г, имеющий заряд 30 нКл. Определите силу натяжения нити, если под шариком на расстоянии 10 см от него поместили другой шарик с одноименным зарядом 0,24 мкКл.
6. Одинаковые металлические шарики, заряженные одноименными зарядами q и $4q$, находятся на расстоянии x друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. На какое расстояние необходимо их раздвинуть, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?
7. Небольшой отрицательно заряженный шарик массой 0,9 г подвешен на тонкой шелковой нити. На какое расстояние необходимо приблизить к нему снизу такой же положительно заряженный шарик, чтобы нить оборвалась? Модуль зарядов шариков равен $2 \cdot 10^{-7}$ Кл. Предельное натяжение нити пятикратно силе тяжести, действующей на шарик.
8. Заряды 90 нКл и 10 нКл расположены на расстоянии 4 см друг от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы силы, действующие на него со стороны двух других зарядов, были равны по модулю и противоположны по направлению?

Самостоятельная работа № 3

НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие *напряженности* электрического поля? Выберите правильное утверждение.

   А. Физическая величина, характеризующая способность тела к электрическим взаимодействиям.

   Б. Физическая величина, равная силе, действующей на неподвижный положительный единичный точечный заряд.

   В. Физическая величина, характеризующая способность поля совершать работу по переносу электрического заряда в 1 Кл из одной точки поля в другую.

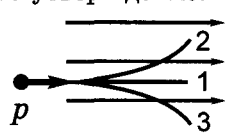
2. Какое из приведенных ниже выражений характеризует напряженность электрического поля в данной точке, удаленной на расстояние r от заряженного тела? Выберите правильное утверждение.

   А. Eq.

   Б. $k\frac{|q|}{r}$.

   В. $k\frac{|q|}{r^2}$.

3. В электрическое поле, силовые линии которого показаны на рисунке, влетает протон. Как он будет двигаться? Выберите правильное утверждение.



   А. По траектории 1 с увеличением скорости.

   Б. По траектории 2 с уменьшением скорости.

   В. По траектории 3 с увеличением скорости.

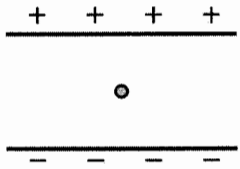
4. Электрическое поле создано двумя разноименными зарядами. Выберите правильное утверждение.

   А. Силовые линии поля могут касаться друг друга.

   Б. Силовые линии поля могут пересекаться.

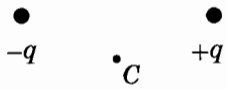
В. Силовые линии поля начинаются только на одном из этих зарядов.

5. Между двумя заряженными горизонтальными пластинками неподвижно «висит» заряженная капля воды. Выберите правильное утверждение.



А. Капля заряжена положительно.
Б. Капля заряжена отрицательно.
В. В более сильном электрическом поле капля двигалась бы вниз.

6. Куда направлен в точке С вектор напряженности электрического поля, созданного двумя зарядами (см. рисунок)? Выберите правильный ответ.



А. Вправо.
Б. Влево.
В. Вниз.

Средний уровень

1. На заряд 30 нКл, внесенный в данную точку поля, действует сила 24 мкН. Найдите напряженность поля в данной точке.
2. В электрическое поле напряженностью $2 \cdot 10^2$ Н/Кл внесли заряд, равный 0,1 мКл. Какая сила действует на этот заряд?
3. Заряд 5 нКл находится в электрическом поле с напряженностью 2 кН/Кл. С какой силой поле действует на заряд?
4. В некоторой точке поля на заряд 0,1 мКл действует сила 4 мН. Найдите напряженность поля в этой точке и определите заряд, создающий поле, если точка удалена от него на 0,3 м.
5. Электрическое поле образовано в вакууме точечным зарядом 6 мкКл. Найдите напряженность поля в точке, удаленной от заряда на расстояние 0,3 м.
6. В некоторой среде на расстоянии 5 см от точечного заряда 0,45 мкКл напряженность поля равна 20 кН/Кл. Определите диэлектрическую проницаемость среды.

Достаточный уровень

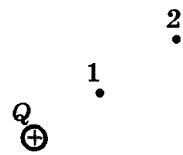
1. Между двумя неподвижными точечными зарядами 4 нКл и −5 нКл расстояние равно 0,6 м. Найдите напряженность поля в средней точке между зарядами.
2. Два одноименных заряда 0,27 мкКл и 0,17 мкКл находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Определите, в какой точке на прямой между зарядами напряженность электрического поля равна нулю.
3. В однородном электрическом поле электрон движется с ускорением, равным $3{,}2 \cdot 10^3$ м/с^2. Определите напряженность поля, если масса электрона равна $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг.
4. Между зарядами $+q$ и $+9q$ расстояние равно 8 см. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, в которой напряженность поля равна нулю.
5. Два заряда, один из которых по модулю в 4 раза больше другого, расположены на расстоянии а друг от друга. В какой точке пространства напряженность поля равна нулю, если заряды разноименные?
6. В однородном электрическом поле в вакууме находится пылинка массой 0,4 мг, обладающая зарядом $-1{,}6 \cdot 10^{-11}$ Кл. Определите модуль напряженности электрического поля, при котором пылинка остается в покое.

Самостоятельная работа №4

РАБОТА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ

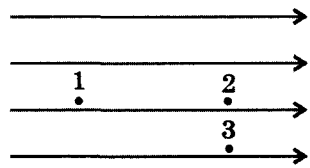
Начальный уровень

1. Положительно заряженный шарик перемещают из точки 1 в точку 2 в поле заряда Q. Выберите правильное утверждение.



А. Шарик притягивается к заряду Q.
Б. При перемещении шарика электрическое поле совершает положительную работу.
В. Потенциальная энергия взаимодействия шарика с зарядом Q остается неизменной.

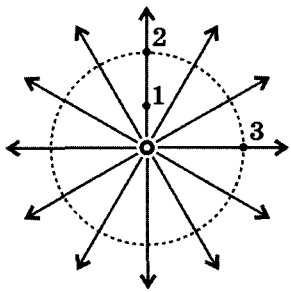
2. Электрон перемещается в поле, силовые линии которого показаны на рисунке. Выберите правильное утверждение.



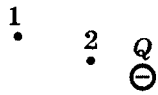
А. При перемещении электрона из точки 1 в точку 2 электрическое поле совершает отрицательную работу.
Б. На электрон действует сила, направленная вправо.
В. При перемещении электрона по траектории 1-2-3-1 электрическое поле совершает отрицательную работу.

3. Протон перемещается в поле, силовые линии которого показаны на рисунке. Выберите правильное утверждение.
А. На протон в точке 1 действует сила, направленная вверх.
Б. При перемещении протона из точки 1 в точку 2 электрическое поле совершает отрицательную работу.

В. При перемещении протона по траектории 1-2-3-1 электрическое поле совершает положительную работу.

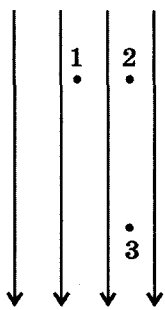


4. Отрицательно заряженный шарик перемещают из точки 1 в точку 2 в поле заряда Q. Выберите правильное утверждение.



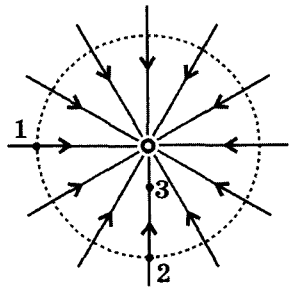
А. Шарик притягивается к заряду Q.
Б. При перемещении шарика из точки 1 в точку 2 электрическое поле совершает отрицательную работу.
В. Шарик перемещают в направлении, противоположном направлению вектора напряженности поля заряда Q.

5. Протон перемещается в поле, силовые линии которого показаны на рисунке. Выберите правильное утверждение.



А. На протон со стороны электрического поля действует сила, направленная вверх.
Б. При перемещении протона из точки 1 в точку 2 электрическое поле совершает положительную работу.
В. При перемещении протона из точки 2 в точку 3 электрическое поле совершает положительную работу.

6. Электрон перемещается в поле, силовые линии которого показаны на рисунке. Выберите правильное утверждение.



А. На электрон в точке 1 действует сила, направленная вправо.
Б. При перемещении электрона из точки 2 в точку 3 электрическое поле совершает положительную работу.
В. При перемещении электрона по траектории 1-2-3-1 работа электрического поля равна нулю.

Средний уровень

1. Какую работу совершает поле при перемещении заряда 4 нКл из точки с потенциалом 250 В в точку с потенциалом 50 В?
2. В точке поля с потенциалом 200 В заряженное тело имеет потенциальную энергию 0,4 мкДж. Каков его заряд?
3. Потенциальная энергия заряда 3 нКл в электрическом поле равна 12 мкДж. Чему равен потенциал поля в этой точке?
4. При переносе из точки А в точку В заряда 3 нКл электрическое поле совершило работу 15 мкДж. Какова разность потенциалов между точками А и В?
5. Электрические потенциалы двух изолированных проводников, находящихся в воздухе, равны 110 В и −110 В. Какую работу совершит электрическое поле этих двух зарядов при переносе заряда $5 \cdot 10^{-4}$ Кл с одного проводника на другой?
6. В однородном электрическом поле две точки лежат на одной силовой линии. Расстояние между точками равно 10 см. Каково напряжение между ними, если напряженность поля 150 кВ/м?

Достаточный уровень

1. Скорость электрона уменьшилась от 5000 км/с до нуля. Какую разность потенциалов прошел электрон?

2. Какую скорость может сообщить электрону, находящемуся в состоянии покоя, ускоряющая разность потенциалов в 500 В?
3. Между двумя плоскими пластинами, к которым приложена разность потенциалов 800 В, находится во взвешенном состоянии пылинка массой 0,5 мг. Расстояние между пластинами 4 см. Определите электрический заряд пылинки.
4. Определите разность потенциалов начальной и конечной точек пути электрона в электрическом поле, если его скорость увеличилась от 10^6 м/с до $3 \cdot 10^6$ м/с?
5. В кинескопах цветных телевизоров электроны проходят ускоряющую разность потенциалов 35 кВ. С какой скоростью электроны подлетают к экрану кинескопа?
6. Между двумя параллельными горизонтальными пластинами с разностью потенциалов 0,6 кВ висит капелька масла, масса которой 1,5 мг. Расстояние между пластинами 2 см. Определите электрический заряд капельки масла.

Самостоятельная работа №5

ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений характеризует электроемкость конденсатора? Выберите правильное утверждение.

   А. $C = \frac{U}{q}$.

   Б. $C = qU$.

   В. $C = \frac{q}{U}$.

2. Расстояние между пластинами плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Как изменилась емкость конденсатора? Выберите правильное утверждение.

   А. Увеличилась в 2 раза.

   Б. Не изменилась.

   В. Уменьшилась в 2 раза.

3. Какое из приведенных ниже выражений характеризует энергию электрического поля заряженного конденсатора? Выберите правильное утверждение.

   А. $W = \frac{qU^2}{2}$.

   Б. $W = \frac{q^2}{2C}$.

   В. $W = \frac{CU}{2}$.

4. Площадь пластин плоского конденсатора увеличили в 2 раза. Как изменилась емкость конденсатора? Выберите правильное утверждение.

   А. Уменьшилась в 2 раза.

   Б. Не изменилась.

   В. Увеличилась в 2 раза.

5. Как изменится энергия электрического поля конденсатора при увеличении напряжения на нем в 4 раза? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличится в 4 раза.
   Б. Увеличится в 16 раз.
   В. Уменьшится в 4 раза.
6. Как изменится электроемкость уединенного проводника при увеличении в 2 раза его заряда? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличится в 2 раза.
   Б. Не изменится.
   В. Уменьшится в 2 раза.

Средний уровень

1. В паспорте конденсатора указано: «400 мкФ, 200 В». Какой максимальный электрический заряд можно сообщить данному конденсатору?
2. Какова разность потенциалов между обкладками конденсатора емкостью 800 пФ, если заряд конденсатора равен 2 нКл?
3. Конденсатору емкостью 15 мкФ сообщили заряд 6 мкКл. Какова энергия заряженного конденсатора?
4. Если проводнику сообщить заряд 10^{-8} Кл, то его потенциал увеличится на 100 В. Определите электрическую емкость проводника.
5. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух пластин. Определите емкость конденсатора, если площадь каждой пластины 100 см^2, а расстояние между ними 5 мм.
6. Заряд конденсатора 3,2 мКл, напряжение на обкладках 500 В. Определите энергию электрического поля конденсатора.

Достаточный уровень

1. Конденсатор емкостью 4 мкФ соединили с источником тока, вследствие чего он получил заряд 9 нКл. Определите напряженность поля между пластинами конденсатора, если расстояние между ними 1,5 мм.
2. Определите заряд пластины плоского конденсатора емкостью 0,8 мкФ, если напряженность поля в конденсаторе 200 В/см, а расстояние между пластинами 3 мм.

3. Площадь пластины слюдяного конденсатора 36 см^2, толщина слоя диэлектрика 0,14 см. Вычислите электрическую емкость и энергию, запасенную конденсатором, если разность потенциалов на его пластинах 300 В, а диэлектрическая проницаемость слюды $\varepsilon = 7$.
4. Какой заряд был сообщен плоскому конденсатору емкостью 5 пФ, если напряженность поля между пластинами равна 20 кВ/м, а расстояние между пластинами 2 мм?
5. Какова напряженность электрического поля внутри плоского воздушного конденсатора, если его заряд равен 5 нКл, а площадь пластин 100 см^2?
6. Площадь пластины плоского слюдяного конденсатора 300 см^2, толщина слюды ($\varepsilon = 7$) 1 мм. Какая разность потенциалов была приложена к пластинам, если известно, что при разрядке конденсатора выделилась энергия, равная 0,21 Дж.

Когда разнородных металлов
Контакт обеспечит среда
Из водо-кислотных составов,
То ток возникает всегда!

Э. Г. Братута

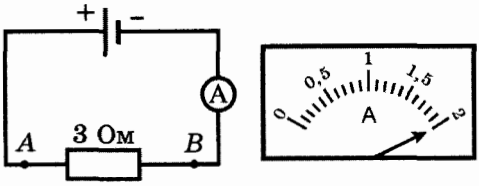
ПОСТОЯНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Самостоятельная работа № 6

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

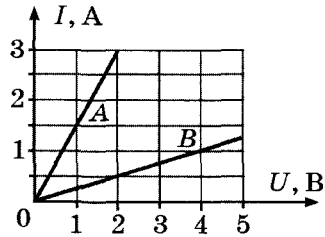
Начальный уровень

1. Через медный провод пропускают электрический ток. Выберите правильное утверждение.
   А. Сопротивление провода прямо пропорционально приложенному напряжению.
   Б. Сила тока обратно пропорциональна приложенному напряжению.
   В. Если провод укоротить, его сопротивление уменьшится.
2. На рисунке приведена схема электрической цепи и показание амперметра. Выберите правильное утверждение.



   А. Сила тока в сечении *B* меньше, чем в сечении *A*.
   Б. Напряжение на резисторе равно 6 В.
   В. Цена деления шкалы амперметра 0,5 А.
3. К стальному проводу приложено некоторое постоянное напряжение. Выберите правильное утверждение.
   А. Если напряжение уменьшить в три раза, сила тока увеличится в три раза.
   Б. Если провод укоротить, его сопротивление увеличится.
   В. Если взять стальной провод такой же длины, но большего диаметра, сила тока в проводе увеличится.

4. На рисунке приведены графики зависимости силы тока от напряжения для проводников *A* и *B*. Выберите правильное утверждение.

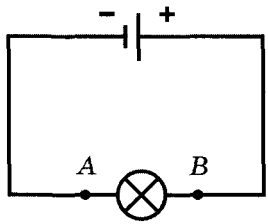


А. Сопротивление проводника *A* меньше, чем сопротивление проводника *B*.

Б. Сопротивление проводника *A* меньше 0,5 Ом.

В. Сопротивление проводника *B* больше 5 Ом.

5. На рисунке приведена схема электрической цепи. За 10 с через лампу проходит заряд 5 Кл. Выберите правильное утверждение.

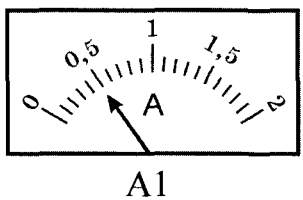


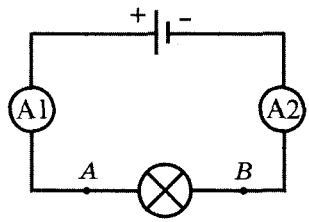
А. Сила тока в лампе равна 2 А.

Б. Электроны движутся от точки *B* к точке *A*.

В. Внутри источника тока действуют сторонние силы.

6. На рисунке приведена схема электрической цепи и показание амперметра А1. Выберите правильное утверждение.





А. За 20 с через лампу проходит заряд, меньший 12 Кл.

Б. Амперметр А2 показывает силу тока, большую, чем амперметр А1.

В. Ток через лампу идет от точки *B* к точке *A*.

Средний уровень

1. а) Является ли молния электрическим током?
   б) Ток в электрическом паяльнике 50 мА. Какое количество электричества пройдет через паяльник за 4 мин?
2. а) Почему тепловое движение электронов в проводнике не может быть названо электрическим током?
   б) Чему равно сопротивление 200 м медного провода сечением 2 мм^2?
3. а) Имеет ли значение для теплового действия тока его направление?
   б) В вольтметре, показывающем 120 В, сила тока равна 15 мА. Определите сопротивление вольтметра.
4. а) Почему проводники обладают сопротивлением? Почему сопротивление разных проводников различно?
   б) На какое напряжение рассчитана электрическая лампа сопротивлением 480 Ом, если она горит полным накалом при силе тока 0,25 А?
5. а) Ученик заменил перегоревшую медную спираль на стальную такого же сечения и длины. Как изменится сила тока в новой спирали по сравнению с медной, если напряжение на ее концах такое же, какое было на медной?
   б) Сколько метров никелинового провода сечением 0,1 мм^2 потребуется для изготовления реостата сопротивлением 180 Ом?
6. а) По двум проводникам прошло одинаковое количество электричества. При этом во втором проводнике была совершена работа в 2 раза большая, чем в первом. На концах какого из проводников напряжение меньше и во сколько раз?
   б) При напряжении 110 В, подведенном к резистору, сила тока в нем равна 5 А. Какова будет сила тока в резисторе, если напряжение на нем увеличить на 10 В?

Достаточный уровень

1. а) К концам медного и алюминиевого проводников одинаковых размеров приложены одинаковые напряжения. Одинаковы ли силы тока в них?
   б) Определите напряжение на концах стального проводника длиной 140 см и площадью поперечного сечения 0,2 мм^2, в котором сила тока 250 мА.
2. а) Имеются две проволоки одинакового сечения и длины. Одна проволока изготовлена из меди, другая — из никели-

на. Какая из них имеет меньшее сопротивление? Почему? Во сколько раз?

б) Определите удельное сопротивление сплава, если напряжение на концах проволоки сечением 0,5 мм^2 и длиной 4 м, сделанной из него, равно 9,6 В, а сила тока в ней 2 А.

3. а) В одну и ту же цепь включены электрическая лампа и электрическая плитка. Сила тока в плитке больше, чем в лампе. Почему?

б) В цепь источника тока, дающего напряжение 4 В, включили кусок стальной проволоки длиной 140 см и сечением 0,1 мм^2. Какая сила тока установилась в цепи?

4. а) Зависит ли величина сопротивления проводника от напряжения на его концах? Силы тока в нем? Поясните.

б) Сила тока в спирали электрокипятильника 2 А. Кипятильник включен в сеть с напряжением 220 В. Какова длина никелиновой проволоки, из которой изготовлена спираль кипятильника, если ее сечение 0,15 мм^2?

5. а) Имеются три проводника одинаковой длины и сечения. Один из них содержит чистый алюминий, другой — чистую медь, а третий — сплав алюминия и меди. Какой из этих проводников обладает наибольшим сопротивлением и почему? Объясните.

б) Определите силу тока, проходящего по алюминиевому проводу длиной 200 м и сечением 0,5 мм^2, при напряжении 36 В.

6. а) К концам медного и алюминиевого проводников одного сечения и массы приложены одинаковые напряжения. В каком проводнике сила тока больше?

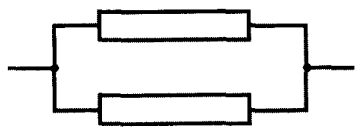
б) Какова напряженность электрического поля в медном проводнике с площадью поперечного сечения 1,7 мм^2 при силе тока 5 А?

Самостоятельная работа № 7

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

Начальный уровень

1. Медный и алюминиевый проводники одинаковой длины и одинакового диаметра включены в цепь так, как показано на рисунке. Выберите правильное утверждение.



А. Проводники соединены последовательно.

Б. Напряжение на медном проводнике меньше, чем на алюминиевом.

В. Сила тока в медном проводнике больше, чем в алюминиевом.

2. Два резистора включены в цепь так, как показано на рисунке. Выберите правильное утверждение.

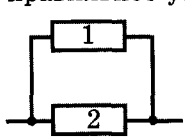
R_1=20 Ом
R_2=40 Ом

А. Общее сопротивление резисторов меньше 20 Ом.

Б. Напряжение на обоих резисторах одинаково.

В. Сила тока в обоих резисторах одинакова.

3. Два резистора включены в цепь так, как показано на рисунке. Выберите правильное утверждение.



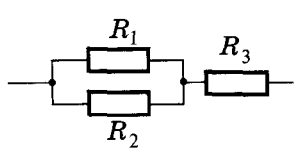
R_1=5 Ом
R_2=10 Ом

А. Общее сопротивление резисторов меньше 5 Ом.

Б. Сила тока в обоих резисторах одинакова.

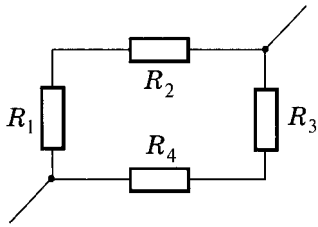
В. Напряжение на втором резисторе вдвое больше, чем на первом.

4. На рисунке изображена схема соединения проводников. Выберите правильное утверждение.



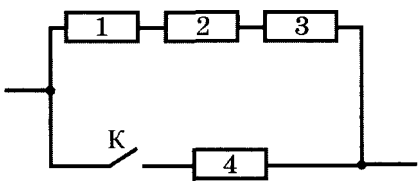
А. Резисторы R_1 и R_2 соединены последовательно.
Б. Резисторы R_2 и R_3 соединены последовательно.
В. Резисторы R_1 и R_2 соединены параллельно.

5. На рисунке изображена схема соединения проводников. Выберите правильное утверждение.



А. Резисторы R_1 и R_3 соединены параллельно.
Б. Резисторы R_1 и R_2 соединены последовательно.
В. Резисторы R_4 и R_2 соединены параллельно.

6. На рисунке приведена схема участка электрической цепи. Выберите правильное утверждение.

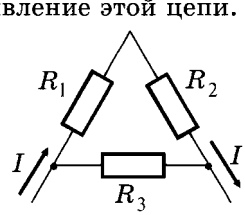


$R_1 = 60$ Ом
$R_2 = 15$ Ом
$R_3 = 3$ Ом
$R_4 = 12$ Ом

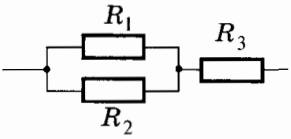
А. Сила тока в резисторе 1 больше силы тока в резисторе 3.
Б. Общее сопротивление всего участка при разомкнутом ключе больше 60 Ом.
В. Общее сопротивление всего участка при замкнутом ключе меньше 10 Ом.

Средний уровень

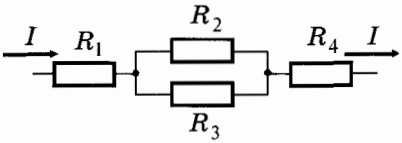
1. Резисторы с сопротивлениями $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 5$ Ом соединены по схеме, изображенной на рисунке. Найдите общее сопротивление этой цепи.



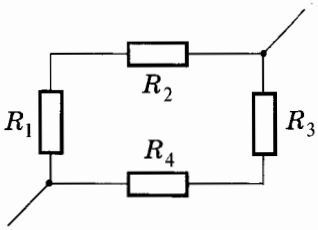
2. На рисунке изображена схема соединения резисторов, у которых $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $R_3 = 4$ Ом. Найдите общее сопротивление всей цепи.



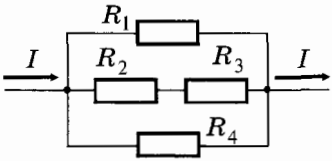
3. Чему равно общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 15$ Ом, $R_4 = 1$ Ом?



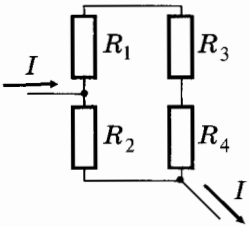
4. Четыре резистора $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 4$ Ом соединены по схеме, изображенной на рисунке. Определите общее сопротивление цепи.



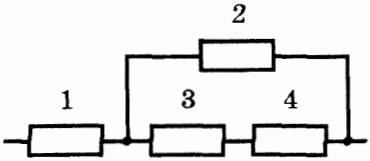
5. Вычислите общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 5$ Ом, $R_4 = 24$ Ом.



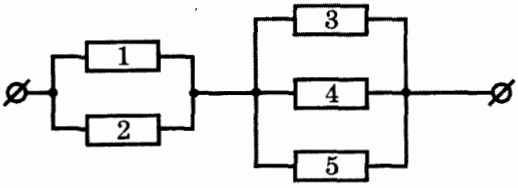
6. Чему равно общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если $R_1 = 60$ Ом, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 15$ Ом, $R_4 = 3$ Ом?



7. Чему равно общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если сопротивление каждого из четырех резисторов равно 2 Ом.



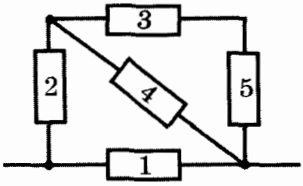
8. На рисунке приведена схема участка электрической цепи. Определите общее сопротивление всего участка.



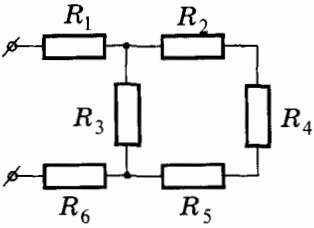
$R_1 = 1$ Ом
$R_2 = 2$ Ом
$R_3 = 3$ Ом
$R_4 = 3$ Ом
$R_5 = 3$ Ом

Достаточный уровень

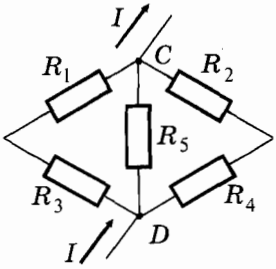
1. На рисунке приведена схема участка электрической цепи. Сопротивление каждого из резисторов равно 1 Ом. Определите общее сопротивление всего участка.



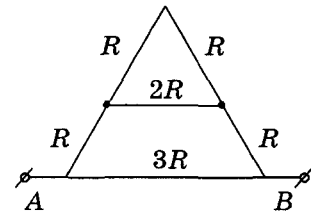
2. Найдите полное сопротивление R показанного на рисунке участка цепи, если $R_1 = R_2 = R_5 = R_6 = 3$ Ом, $R_4 = 24$ Ом, $R_3 = 20$ Ом.



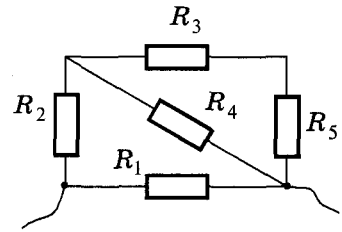
3. Определите полное сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, между точками C и D, если $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 5$ Ом, $R_3 = 20$ Ом, $R_4 = 5$ Ом, $R_5 = 10$ Ом.



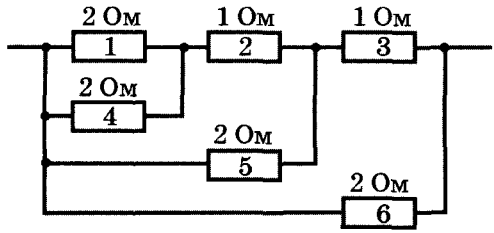
4. Определите общее сопротивление участка цепи AB, если $R = 1$ Ом.



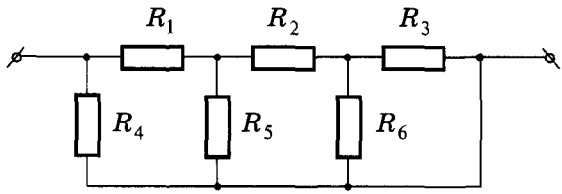
5. Вычислите полное сопротивление участка цепи, представленной на рисунке, если сопротивление каждого из резисторов равно 2 Ом.



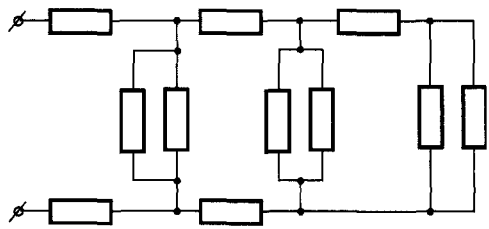
6. На рисунке приведена схема участка электрической цепи. Определите общее сопротивление этого участка.



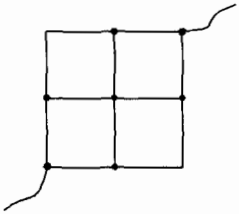
7. Определите общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если $R_1 = 1/2$ Ом, $R_2 = 3/2$ Ом, $R_3 = R_4 = R_6 = 1$ Ом, $R_5 = 2/3$ Ом.



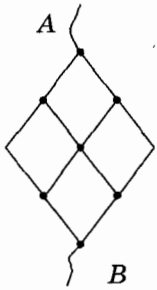
8. Найти общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если сопротивление каждого из резисторов равно 2 Ом.



9. Определите общее сопротивление контура, составленного из одинаковых резисторов $r = 2$ Ом.



10. Найдите общее сопротивление R участка цепи между точками А и В, если сопротивление каждого звена $r = 1$ Ом.



Самостоятельная работа № 8

РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ — ЛЕНЦА

Начальный уровень

1. Работу электрического тока на участке цепи можно определить следующим выражением. Выберите правильное утверждение.

   А. IU.

   Б. I^2R.

   В. $\frac{U^2}{R}t$.

2. Мощность электрического тока на участке цепи можно определить следующим выражением. Выберите правильное утверждение.

   А. IUt.

   Б. UI.

   В. I^2Rt.

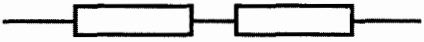
3. Количество теплоты, выделившейся в проводнике при прохождении электрического тока, определяется следующим выражением. Выберите правильное утверждение.

   А. I^2R.

   Б. UIt.

   В. $\frac{U^2}{R}$.

4. Стальной и алюминиевый проводники одинаковой длины и одинакового диаметра включены в цепь так, как показано на рисунке. Выберите правильное утверждение.



   А. Сила тока в стальном проводнике больше, чем в алюминиевом.

   Б. В стальном проводнике мощность тока больше, чем в алюминиевом.

В. В алюминиевом проводнике за одно и то же время выделится большее количество теплоты, чем в стальном.

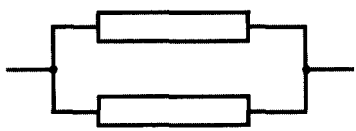
5. К медному проводу приложено некоторое напряжение. Выберите правильное утверждение.

А. Сила тока обратно пропорциональна приложенному напряжению.

Б. Если провод укоротить, то в проводнике будет выделяться большее количество теплоты за то же самое время.

В. При укорочении провода работа, совершаемая электрическим током за то же самое время, будет меньшая.

6. Медный и алюминиевый проводники одинаковой длины и одинакового диаметра включены в цепь так, как показано на рисунке. Выберите правильное утверждение.



А. Сила тока в медном проводнике больше, чем в алюминиевом.

Б. В алюминиевом проводнике выделяется большая мощность, чем в медном.

В. В обоих проводниках за одно и то же время выделится одинаковое количество теплоты.

Средний уровень

1. **а)** Приведите примеры использования теплового действия электрического тока в быту.

б) Какую работу совершит электрический ток силой 1,5 А за 5 мин при напряжении в цепи 36 В?

2. **а)** Две одинаковые лампочки, рассчитанные на напряжение 6,3 В, включены в электрическую цепь. Одна лампочка светила 1 мин, другая — 2 мин. В какой лампочке электрическим током была совершена большая работа?

б) Определите мощность электрического тока в лампочке, включенной в сеть напряжением 220 В, если известно, что сопротивление нити накала лампы 484 Ом.

3. **а)** Одна электрическая лампочка включена в сеть напряжением 127 В, а другая — в сеть напряжением 220 В. В какой лампочке при прохождении 1 Кл электричества совершается большая работа?

б) Сколько теплоты выделится за 1,5 мин в электрической печи, включенной в сеть с силой тока 4 А, если сопротивление печи равно 30 Ом?

4. а) Почему при прохождении электрического тока проводник нагревается?
   б) Сила электрического тока в лампе прожектора 2 А. Как велико напряжение, подведенное к прожектору, если он потребляет 45,6 кДж за 1 мин?
5. а) Какими приборами и как можно измерить мощность электрического тока на каком-либо участке цепи?
   б) Определите количество теплоты, выделяемое в проводнике электрическим током за 1,5 мин, если сила тока в цепи равна 5 А, а напряжение на концах проводника 200 В.
6. а) В чем причина короткого замыкания? К чему оно приводит в электрической цепи?
   б) Мощность, потребляемая из сети электрокамином, равна 0,98 кВт, а сила тока в его цепи 7,7 А. Определите величину напряжение на зажимах электрокамина.

Достаточный уровень

1. Лампа мощностью 500 Вт рассчитана на напряжение 110 В. Определите сопротивление лампы в режиме горения. Какое потребуется дополнительное сопротивление, чтобы включить лампу в сеть напряжением 127 В?
2. Два проводника, сопротивления которых 5 Ом и 7 Ом, соединяют параллельно и подключают к источнику электрической энергии. В первом выделилось 17,64 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделилось во втором проводнике за то же самое время?
3. Резистор подключен к источнику тока, напряжение на зажимах которого 6 В. Какая работа совершается электрическим током, если за 0,5 мин через резистор проходит заряд 24 Кл? Определите мощность электрического тока и сопротивление резистора.
4. Какое количество теплоты выделится в реостате, сопротивление которого 12 Ом, если за 3 мин через него прошел электрический заряд, равный 300 Кл?
5. Сколько электронов проходит каждую секунду через поперечное сечение вольфрамовой нити лампочки мощностью 70 Вт, включенной в сеть с напряжением 220 В?
6. Лампа, рассчитанная на напряжение 127 В, потребляет мощность 100 Вт. Какой дополнительный резистор нужно присоединить последовательно с лампой, чтобы включить ее в сеть с напряжением 220 В?
7. Электродвигатель трамвая, имея КПД 54%, работает от сети напряжением 550 В при силе тока 100 А и развивает

силу тяги 3,6 кН. Определите скорость трамвая при равномерном движении на горизонтальном участке пути.

8. В кипятильнике емкостью 5 л с КПД 70% вода нагревается от 10 °С до кипения за 20 мин. Какой силы ток проходит по обмотке нагревателя, если напряжение равно 220 В?

9. Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В, при этом сила электрического тока в его обмотке равна 16 А. Каков КПД установки, если груз массой 1,9 т кран поднимает на высоту 12 м за 1 мин?

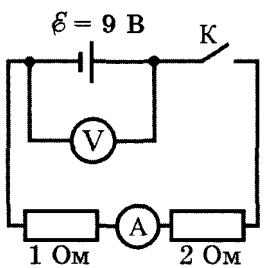
10. В электрическом чайнике за 8 мин нагревается 2,5 л воды от 20 °С до кипения. Определите сопротивление спирали чайника, если напряжение в сети 220 В, а КПД чайника 85%.

Самостоятельная работа № 9

ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

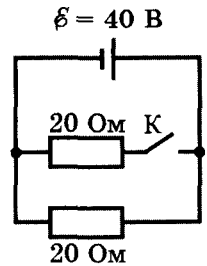
Начальный уровень

1. Какое из приведенных выражений характеризует работу сторонних сил по перемещению заряда внутри источника тока? Выберите правильное утверждение.
   А. $I\Delta t$.
   Б. $\mathscr{E}q$.
   В. Uq.
2. Какая из приведенных ниже формул соответствует закону Ома для полной цепи? Выберите правильное утверждение.
   А. $I = \dfrac{U}{R}$.
   Б. $I = \dfrac{P}{U}$.
   В. $I = \dfrac{\mathscr{E}}{R + r}$.
3. На рисунке приведена схема электрической цепи. Выберите правильное утверждение.



А. При разомкнутом ключе показание вольтметра больше ЭДС источника.
Б. При замкнутом ключе показание вольтметра равно 9 В.
В. При коротком замыкании сила тока через источник максимальная.

4. Режим короткого замыкания в цепи возникает при условии, что... Выберите правильное утверждение.
   А. ... внешнее сопротивление цепи $R \Rightarrow \infty$.
   Б. ... внешнее сопротивление цепи $R \Rightarrow 0$.
   В. ... внутреннее сопротивление источника тока очень мало.
5. Какая физическая величина определяется отношением ЭДС в цепи к общему сопротивлению этой цепи? Выберите правильное утверждение.
   А. Напряжение.
   Б. Сила тока.
   В. Работа электрического тока.
6. На рисунке приведена схема электрической цепи. Выберите правильное утверждение.



   А. Сила тока в цепи одна и та же, как при замкнутом ключе, так и при разомкнутом.
   Б. При замкнутом ключе ЭДС будет меньше 40 В.
   В. Сила тока в цепи при замкнутом ключе будет больше, чем при разомкнутом.

Средний уровень

1. ЭДС батарейки 4,5 В, а внутреннее сопротивление — 0,5 Ом. Найдите силу тока в цепи и напряжение на зажимах батареи, если внешнее сопротивление цепи равно 8,5 Ом.
2. К генератору, ЭДС которого 100 В, присоединили резистор сопротивлением 48 Ом. Определите внутреннее сопротивление генератора, если сила тока в цепи 2 А.
3. ЭДС батареи 6 В, внутреннее сопротивление 0,2 Ом. Найдите силу тока в цепи и напряжение на зажимах батареи, если внешнее сопротивление цепи равно 9,8 Ом.
4. В замкнутой цепи сила тока равна 1,5 А. Какую работу совершают сторонние силы за 0,5 мин, если ЭДС источника тока равна 12 В?

5. К аккумулятору с ЭДС 9 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом подключили резистор. Определите сопротивление резистора и напряжение на нем, если сила тока в цепи 1,5 А.
6. К батарейке от карманного фонарика с ЭДС 4,5 В подключили резистор сопротивлением 2,5 Ом. Определите внутреннее сопротивление батарейки, если сила тока в цепи 1,5 А.

Достаточный уровень

1. Проводник какого сопротивления надо включить во внешнюю цепь генератора с ЭДС 220 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом, чтобы на его зажимах напряжение оказалось равным 210 В?
2. Определите силу тока короткого замыкания батареи с ЭДС 12 В, если при замыкании ее на внешнее сопротивление 5 Ом сила тока в цепи равна 2 А.
3. Напряжение на зажимах генератора 60 В, а сопротивление внешней цепи в 5 раз больше внутреннего сопротивления. Определите ЭДС генератора.
4. ЭДС источника тока 1,5 В. Определите сопротивление нагрузки, при которой сила тока в цепи будет 0,6 А, если при коротком замыкании она равна 2,5 А.
5. При подключении к батарее гальванических элементов резистора сопротивлением 18 Ом сила тока в цепи была 1 А, а при подключении резистора сопротивлением 8 Ом сила тока стала 1,8 А. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление батареи.
6. Определите внутреннее сопротивление и ЭДС гальванического элемента, если при замыкании его на резистор сопротивлением 1 Ом напряжение на резисторе 2 В, а при замыкании на резистор сопротивлением 2 Ом напряжение — 2,4 В.

Два мира есть у человека;
Один, который нас творил,
Другой, который мы от века
Творим, по мере наших сил.

Н. Заболоцкий

МАГНИТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Самостоятельная работа № 10

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАГНИТОВ И ТОКОВ

Начальный уровень

1. Что наблюдается в опыте Эрстеда? Выберите правильное утверждение.
   А. Проводник с током действует на электрические заряды.
   Б. Магнитная стрелка поворачивается вблизи проводника с током.
   В. Магнитная стрелка поворачивается вблизи заряженного проводника.
2. Чем объясняется взаимодействие двух параллельных проводников с током? Выберите правильное утверждение.
   А. Действием электрического поля одного проводника с током на ток в другом проводнике.
   Б. Взаимодействием электрических зарядов.
   В. Действием магнитного поля одного проводника на ток в другом проводнике.
3. Выберите наиболее правильное продолжение фразы: «Магнитные поля создаются... »
   А. ... неподвижными электрическими зарядами.
   Б. ... как неподвижными, так и движущимися электрическими зарядами.
   В. ... движущимися электрическими зарядами.
4. Выберите наиболее правильное продолжение фразы: «Магнитное поле оказывает силовое действие ...»

А. ... только на покоящиеся электрические заряды.

Б. ... только на движущиеся электрические заряды.

В. ... как на движущиеся, так и на покоящиеся электрические заряды.

5. Выберите наиболее правильное продолжение фразы: «Движущийся электрический заряд создает...»

А. ... только магнитное поле.

Б. ... только электрическое поле.

В. ... как электрическое, так и магнитное.

6. «Поворот магнитной стрелки вблизи проводника с током объясняется тем, что на нее действует...» Выберите правильное утверждение.

А. ... электрическое поле, создаваемое зарядами проводника.

Б. ... магнитное поле, создаваемое движущимися в проводнике зарядами.

В. ... электрическое поле, созданное движущимися зарядами проводника.

Средний уровень

1. Каким способом можно узнать, есть ли электрический ток в проводнике, не пользуясь амперметром?
2. Молния ударила в ящик со стальными ножами. После этого они оказались намагниченными. Как это объяснить?
3. Как убедиться в том, что катушка с током имеет полюсы — северный и южный? Где они находятся?
4. Отклонится ли магнитная стрелка, если ее разместить вблизи пучка движущихся частиц: а) электронов; б) атомов; в) положительных ионов?
5. На какие частицы действует электрическое поле? Магнитное?
6. Магнитная стрелка, помещенная около провода, отклонилась при пропускании по нему тока. За счет какого вида энергии совершена работа, необходимая для поворота стрелки?

Достаточный уровень

1. Как с помощью силовых линий можно показать, что в одной области пространства магнитное поле сильнее, чем в другой?
2. Железные опилки, притянувшись к полюсу магнита, образуют веер расходящихся кистей. Почему?

3. Почему сужается струя расплавленного металла при пропускании через нее электрического тока?
4. Как намотать провод на полый керамический цилиндр, чтобы при пропускании тока по проводу внутри цилиндра не возникало магнитного поля?
5. Как взаимодействуют два воздушных провода троллейбусной линии: притягиваются или отталкиваются?
6. Как объяснить наличие магнитного поля вокруг постоянного магнита на основе молекулярной теории строения вещества?

Самостоятельная работа № 11

ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОВОДНИК С ТОКОМ

Начальный уровень

1. Что наблюдалось в опыте Ампера? Выберите правильное утверждение.
   А. Две магнитные стрелки взаимодействуют друг с другом.
   Б. Магнитная стрелка поворачивается вблизи проводника с током.
   В. Два проводника с током взаимодействуют друг с другом.
2. Какое из приведенных ниже выражений характеризует силу действия магнитного поля на проводник с током? Выберите правильное утверждение.
   А. BIl.
   Б. Bqv.
   В. Eq.
3. Как изменится сила Ампера, действующая на прямолинейный проводник с током в однородном магнитном поле, при увеличении силы тока в 2 раза? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличится в 2 раза.
   Б. Не изменится.
   В. Уменьшится в 2 раза.
4. По какой из приведенных ниже формул можно вычислить модуль индукции магнитного поля B по силе, действующей на проводник с током. Выберите правильное утверждение.
   А. FIl.
   Б. $\frac{I}{Fl}$.
   В. $\frac{F}{Il}$.
5. Как изменится сила Ампера, действующая на прямолинейный проводник с током в однородном магнитном поле, при уменьшении длины проводника в 2 раза? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличится в 2 раза.

Б. Не изменится.

В. Уменьшится в 2 раза.

6. Назовите прибор (устройство), в котором используется поворот рамки с током в магнитном поле. Выберите правильное утверждение.

А. Громкоговоритель.

Б. Электромагнит.

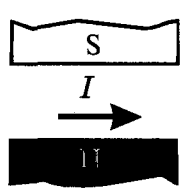
В. Амперметр.

Средний уровень

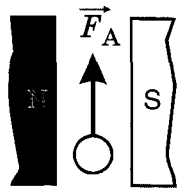
1. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с длиной активной части 5 см действует сила 50 мН? Сила тока в проводнике 25 А. Проводник расположен перпендикулярно индукции магнитного поля.
2. На прямой проводник длиной 0,5 м, расположенный перпендикулярно силовым линиям поля с индукцией 0,02 Тл, действует сила 0,15 Н. Найдите силу тока, протекающего по проводнику.
3. С какой силой действует однородное магнитное поле с индукцией 4 Тл на прямолинейный проводник длиной 20 см с током 10 А, расположенный перпендикулярно вектору индукции?
4. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с током в 25 А действует сила 0,05 Н? Длина активной части проводника 5 см. Направление линий индукции и тока взаимно перпендикулярны.
5. На проводник с током 5 А, расположенным перпендикулярно вектору магнитной индукции, действует сила 0,6 Н. Найдите длину проводника, если модуль индукции равен 0,2 Тл.
6. С какой силой действует однородное магнитное поле с индукцией 2 Тл на прямолинейный проводник длиной 40 см с током 10 А, расположенный перпендикулярно вектору индукции?

Достаточный уровень

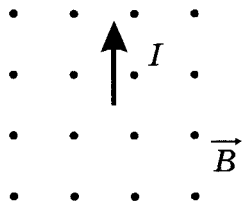
1. На рисунке представлен проводник с током, находящийся в магнитном поле. Сформулируйте и решите задачу для данного случая.



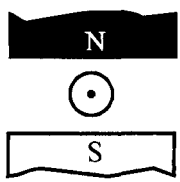
2. На рисунке представлен проводник с током, находящийся в магнитном поле. Сформулируйте и решите задачу для данного случая.



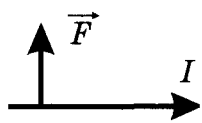
3. На рисунке представлен проводник с током, находящийся в магнитном поле. Сформулируйте и решите задачу для данного случая.



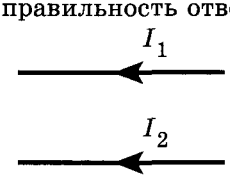
4. На рисунке представлен проводник с током, находящийся в магнитном поле. Сформулируйте и решите задачу для данного случая.



5. На рисунке представлен проводник с током, находящийся в магнитном поле. Сформулируйте и решите задачу для данного случая.



6. По двум параллельным проводникам течет ток, направление которого указано стрелками. Как взаимодействуют проводники? Доказать правильность ответа.



Нет краев пространству,
Времени конца нет.
Так рисуют футуристы едущее или идущее:
неизвестно,
что́ вещь,
что́ след,
сразу видишь вещь из прошедшего в грядущее.

В. Маяковский

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Самостоятельная работа № 12

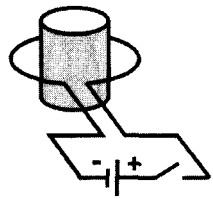
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений характеризует понятие электромагнитной индукции? Выберите правильное утверждение.
   А. Явление, характеризующее действие магнитного поля на движущийся заряд.
   Б. Явление возникновения в замкнутом контуре электрического тока при изменении магнитного потока.
   В. Явление, характеризующее действие магнитного поля на проводник с током.
2. Индукционный ток возникает в любом замкнутом проводящем контуре, если... Выберите правильное утверждение.
   А. ... контур находится в однородном магнитном поле.
   Б. ... контур движется поступательно в однородном магнитном поле.
   В. ... изменяется магнитный поток, пронизывающий контур.
3. С помощью какого правила определяют направление индукционного тока? Выберите правильное утверждение.
   А. Правило буравчика.
   Б. Правило правой руки.
   В. Правило Ленца.
4. Какое математическое выражение служит для определения магнитного потока, пронизывающего контур? Выберите все правильные утверждения.

А. $\Phi = BS$.
Б. $\Phi = BS \sin\alpha$.
В. $\Phi = BS \cos\alpha$.

5. На рисунке приведено схематическое изображение короткозамкнутой катушки, которую охватывает проволочный виток с источником тока и ключом. Выберите правильное утверждение.

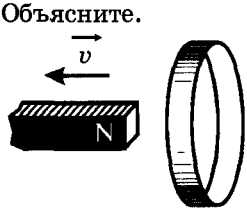


А. Индукционный ток в катушке будет существовать все время, пока ключ замкнут.
Б. Индукционный ток в катушке всегда направлен по часовой стрелке.
В. При замыкании ключа в катушке на короткое время возникает индукционный ток.

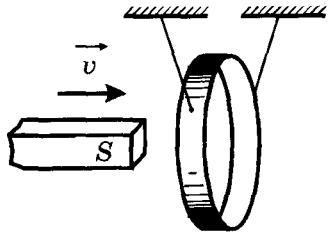
6. Выберите все правильные утверждения, которые отражают сущность явления электромагнитной индукции: «В замкнутом контуре электрический ток появляется...»
А. ... если магнитный поток не равен нулю.
Б. ... при уменьшении магнитного потока.
В. ... при увеличении магнитного потока.

Средний уровень

1. Катушка замкнута на гальванометр. При каких опытах возможно отклонение стрелки прибора? Приведите примеры.
2. Проволочная рамка находится в однородном магнитном поле. В каких случаях в ней может возникнуть индукционный ток?
3. Замкнутое металлическое кольцо движется в однородном магнитном поле поступательно. Возникает ли индукционный ток в кольце? Ответ объясните.
4. Какие явления происходят в проводящем кольце, если от него удалять магнит? Объясните.



5. Всегда ли при изменении потока магнитной индукции в проводящем контуре возникает индукционный ток?
6. В вертикальной плоскости подвешено на двух нитях медное кольцо. В него один раз вдвигают стальной стержень, а другой раз — магнит. Влияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?



Достаточный уровень

1. Как надо перемещать в магнитном поле Земли замкнутый проволочный прямоугольник, чтобы в нем наводился ток?
2. Почему колебания стрелки компаса быстрее прекращаются, если его корпус латунный или алюминиевый, и медленнее — если корпус прибора пластмассовый?
3. Рама автомобиля составляет замкнутый контур. Будет ли в ней возникать индукционный ток при движении автомобиля?
4. Как надо двигать в магнитном поле Земли медное кольцо, чтобы в нем возбуждался индукционный ток?
5. Сквозь горизонтальное проводящее кольцо падают с одинаковой высоты алюминиевый брусок и магнит. Какой предмет упадет первым?
6. Кольцо из проволоки, приведенное в быстрое вращение между полюсами электромагнита, заметно нагревается. Объясните это явление. Будет ли нагреваться при тех же условиях кольцо, имеющее разрез?

Самостоятельная работа № 13

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие электромагнитное поле? Выберите правильное утверждение.
   А. Процесс распространения колебаний заряженных частиц.
   Б. Особая форма материи, осуществляющая взаимодействие между любыми частицами.
   В. Особая форма материи, осуществляющая взаимодействие между заряженными частицами.
2. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие электромагнитная волна? Выберите правильное утверждение.
   А. Кратчайшее расстояние между двумя точками, колеблющимися в одинаковых фазах.
   Б. Процесс распространения колебаний заряженных частиц.
   В. Процесс распространения колебаний электрической напряженности и магнитной индукции.
3. Какое из перечисленных явлений является причиной возникновения электромагнитной волны? Выберите правильное утверждение.
   А. Постоянный ток в проводнике.
   Б. Колебания заряженных частиц.
   В. Равномерное движение заряженных частиц.
4. Как распространяется электромагнитная волна в вакууме? Выберите правильное утверждение.
   А. Мгновенно.
   Б. Со скоростью 340 м/с.
   В. Со скоростью $3 \cdot 10^8$ м/с.
5. Как изменится скорость распространения электромагнитной волны при переходе из вакуума в среду? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличится.
   Б. Уменьшится.
   В. Не изменится.
6. Почему в метро радиоприемник замолкает? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличивается дальность от передающей радиостанции.

Б. Проводящая поверхность Земли отражает электромагнитные волны.

В. Электромагнитные волны в земле не возникают.

Средний уровень

1. Определите период колебаний в колебательном контуре, излучающем электромагнитные волны длиной 450 м.
2. Генератор УВЧ (школьного типа) работает на частоте 150 МГц. Какова длина волны электромагнитного излучения?
3. При какой частоте колебаний радиопередатчик излучает электромагнитные волны длиной 49 м?
4. Определите частоту и длину волны радиопередатчика, если период его электромагнитных колебаний 10^{-6} с.
5. Радиостанция работает на частоте 100 МГц. На какую длину волны должен быть настроен радиоприемник? Чему равен период электромагнитных колебаний?
6. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в этой среде, если частота в вакууме 1 МГц.

Достаточный уровень

1. В некоторой точке пространства индукция магнитного поля электромагнитной волны изменяется от нуля до максимального значения за 2 мкс. Чему равна длина волны?
2. Длина радиоволны в вакууме равна 60 м. За какое время напряженность электрического поля волны уменьшится от максимума до нуля?
3. Сила тока в открытом колебательном контуре изменяется в зависимости от времени по закону $i = 0{,}8\sin 4 \cdot 10^5 \pi t$. Найдите длину излучаемой волны.
4. В некоторой точке пространства напряженность электрического поля волны изменяется от нуля до максимального значения за 8 мкс. Чему равна длина волны?
5. Сила тока в открытом колебательном контуре изменяется в зависимости от времени по закону $i = 0{,}5\cos 8 \cdot 10^5 \pi t$. Найдите длину излучаемой волны.
6. Радиолокационная станция посылает в некоторую среду электромагнитные волны длиной 10 см при частоте 2,25 ГГц. Чему равна скорость волн в этой среде и какую будут иметь длину электромагнитные волны в вакууме?

Так связан, съединен от века
Союзом кровного родства
Разумный гений человека
С творящей силой естества...

Федор Тютчев

Самостоятельная работа № 14

ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Начальный уровень

1. Переменный электрический ток представляет собой ... Выберите правильное утверждение.
   А. ... свободные электромагнитные колебания.
   Б. ... затухающие электромагнитные колебания.
   В. ... вынужденные электромагнитные колебания.
2. Значение силы переменного тока, измеренное в амперах, задано уравнением $x = 0{,}1\sin 100\pi t$. Выберите все правильные утверждения.
   А. Амплитуда силы тока 0,1 А.
   Б. Период равен 100 с.
   В. Частота равна 50 Гц.
3. Для передачи электроэнергии на большие расстояния напряжение повышают с помощью трансформатора. Это делают для... Выберите правильное утверждение.
   А. ... увеличения частоты переменного тока.
   Б. ... увеличения силы тока в линии.
   В. ... уменьшения потерь электроэнергии при передаче.
4. Каким образом осуществляется передача электрической энергии из первичной обмотки трансформатора во вторичную обмотку? Выберите все правильные утверждения.
   А. С помощью электромагнитных волн.
   Б. Через провода, соединяющие обмотки трансформатора.
   В. С помощью переменного магнитного поля, пронизывающего обе катушки.
5. В первичной обмотке трансформатора 100 витков, во вторичной обмотке — 20. Выберите все правильные утверждения.
   А. Коэффициент трансформации равен 5.
   Б. Трансформатор является понижающим.
   В. Коэффициент трансформации равен 0,2.

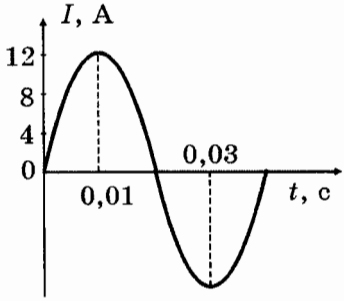
6. Трансформатор изменяет напряжение от 200 В до 1000 В. В первичной обмотке 20 витков. Выберите все правильные утверждения.
   А. Трансформатор является повышающим.
   Б. Во вторичной обмотке 100 витков.
   В. Коэффициент трансформации равен 5.

Средний уровень

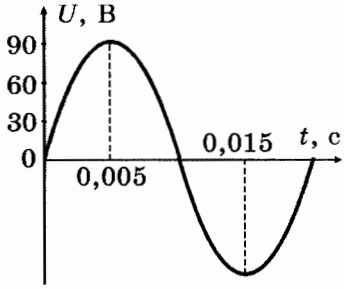
1. Первичная обмотка трансформатора содержит 800 витков, вторичная — 3200. Определите коэффициент трансформации.
2. Первичная обмотка понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации 5 включена в сеть с напряжением 220 В. Определите напряжение на зажимах вторичной обмотки.
3. Коэффициент трансформации понижающего трансформатора равен 6. Сколько витков во вторичной обмотке трансформатора, если в первичной обмотке 120 витков?
4. Под каким напряжением находится первичная обмотка трансформатора, имеющая 1000 витков, если во вторичной обмотке 3500 витков и напряжение 105 В? Каков коэффициент трансформации?
5. Трансформатор повышает напряжение с 220 В до 1,1 кВ и содержит 700 витков в первичной обмотке. Каков коэффициент трансформации? Сколько витков во вторичной обмотке?
6. Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 840 витков, повышает напряжение с 220 В до 660 В. Каков коэффициент трансформации? Сколько витков во вторичной обмотке?

Достаточный уровень

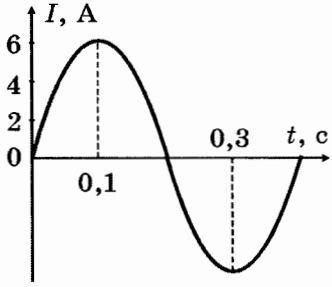
1. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду силы тока, период и частоту. Напишите уравнение мгновенного значения силы переменного тока.



2. Значение силы тока, измеренное в амперах, задано уравнением $i = 0{,}28 \sin 50\pi t$, где t выражено в секундах. Определите амплитуду силы тока, частоту и период.
3. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду напряжения и период колебания. Запишите уравнение мгновенного значения напряжения.



4. Значение напряжения, измеренное в вольтах, задано уравнением $u = 120 \cos 40\pi t$, где t выражено в секундах. Чему равна амплитуда напряжения, период и частота?
5. По графику, изображенному на рисунке, определите амплитуду силы тока, период и частоту. Напишите уравнение мгновенного значения силы переменного тока.



6. Значение силы тока, измеренное в амперах, задано уравнением $i = 0{,}02\sin 500\pi t$, где t выражено в секундах. Определите амплитуду силы тока, частоту и период.

Если у тебя спрошено будет: что полезнее, Солнце или месяц? — ответствуй: месяц.

Ибо Солнце светит днем, когда и без того светло, а месяц — ночью.

Козьма Прутков

СВЕТ И ЦВЕТ

Самостоятельная работа № 15

ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Начальный уровень

1. Если световой луч падает под некоторым углом на полированную металлическую поверхность, то наблюдается... Выберите правильное утверждение.

А. ... преломление.

Б. ... рассеянное отражение.

В. ... зеркальное отражение.

2. Световой луч, переходя из воздуха в воду, изменяет свое направление. Это явление называется... Выберите правильное утверждение.

А. ... зеркальным отражением света.

Б. ... преломлением света.

В. ... поглощением света.

3. В течение всего дня небо безоблачно. Выберите правильное утверждение.

А. Солнце — естественный источник света.

Б. Чем выше солнце над горизонтом, тем длиннее тени предметов.

В. Солнечные лучи зеркально отражаются от асфальта.

4. Ночью крытый бассейн освещает одна лампа. Выберите правильное утверждение.

А. В зеркальной глади воды образуется действительное изображение лампы.

Б. Угол падения луча — это угол между падающим лучом и перпендикуляром к поверхности воды.

В. В воде скорость света больше, чем в воздухе.

5. На стене в комнате вертикально висит плоское зеркало. Выберите правильное утверждение.

А. Зеркало дает действительное изображение.

Б. Расстояние от изображения до зеркала меньше, чем от предмета до зеркала.

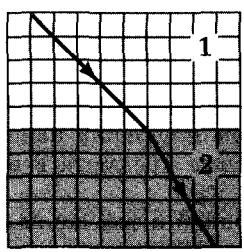
В. Размеры неровностей на поверхности зеркала меньшие, чем длина световых волн.

6. На рисунке показан световой луч, проходящий границу раздела двух сред. Выберите правильное утверждение.

А. Скорость света в среде 1 меньше, чем в среде 2.

Б. Оптическая плотность среды 2 больше, чем оптическая плотность среды 1.

В. Угол падения луча больше 60°.



7. В водной глади озера видны изображения предметов, расположенных на берегу. Эти изображения являются... Выберите правильное утверждение.

А. ... мнимыми.

Б. ... действительными.

В. ... увеличенными.

8. Угол падения луча из воздуха на поверхность стекла равен 60°, а угол преломления равен 30°. Выберите правильное утверждение.

А. Показатель преломления данного сорта стекла меньше 1,7.

Б. Скорость света в данном стекле меньше 150000 км/с.

В. Отраженный и преломленный лучи в данном случае взаимно перпендикулярны.

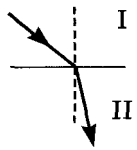
Средний уровень

1. а) Как доказать, что свет в однородной среде распространяется прямолинейно?

б) Чему равен угол падения луча на плоское зеркало, если угол между падающим лучом и отраженным равен 60°?

в) Какой угол — падения или преломления — будет больше в случае перехода луча света из стекла в воздух? Сделайте чертеж.

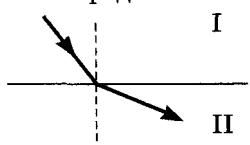
2. а) Объясните происхождение солнечных и лунных затмений.
б) При каком угле падения угол между падающим лучом и отраженным равен 80°?
в) На рисунке изображено преломление луча света на границе раздела двух сред. Какая среда оптически более плотная?



3. а) При каких условиях от предмета получается лишь полутень?
б) Угол между падающим и отраженным лучами составляет 50°. Под каким углом к зеркалу падает свет?
в) Почему изображение предмета в воде всегда менее ярко, чем сам предмет?

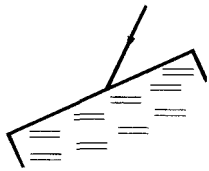
4. а) Как получить от одной и той же палки тень разной длины?
б) Угол между падающим лучом и плоским зеркалом равен углу между падающим лучом и отраженным. Чему равен угол падения?
в) Какие наблюдения и опыты наводят на мысль об изменении направления распространения света при переходе его в другую среду?

5. а) Как проверить, что три далеко расположенные друг от друга столба стоят вдоль одной прямой.
б) Как изменится угол между падающим на плоское зеркало лучом и отраженным лучом при уменьшении угла падения на 5°
в) На рисунке изображено преломление луча света на границе раздела двух сред. Какая среда оптически более плотная?



6. а) Как называют линию, вдоль которой распространяется свет?
б) Луч света падает на плоское зеркало. Во сколько раз угол между падающим лучом и отраженным больше угла падения?

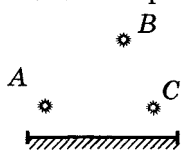
в) Луч света падает из воздуха в стекло. Изобразите дальнейший ход луча.



Достаточный уровень

1. **а)** Можно ли сказать, что увеличение высоты башни в степи в несколько раз приведет к такому же увеличению ее тени?

   б) Постройте изображение трех светящихся точек *A*, *B* и *C* в плоском зеркале. Определите графически область видения изображения всех точек в зеркале.



   в) Луч света падает на плоскую границу раздела двух сред. Угол падения равен 50°, угол между отраженным лучом и преломленным 100°. Чему равен угол преломления?

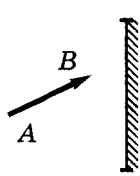
2. **а)** Измерения показали, что длина тени от предмета равна его высоте. Какова высота Солнца над горизонтом?

   б) Справедлив ли закон отражения света в случае падения света на лист белой бумаги?

   в) Луч света падает на границу раздела сред воздух–жидкость под углом 45° и преломляется под углом 30°. Каков показатель преломления жидкости?

3. **а)** В солнечный день высота тени от отвесно поставленной метровой линейки равна 50 см, а от дерева — 6 м. Какова высота дерева?

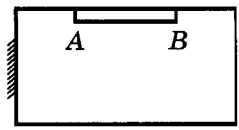
   б) Постройте изображение предмета *AB* в плоском зеркале. Определите графически область видения этого предмета в зеркале.



в) Почему ложка, поставленная в стакан с водой, кажется изогнутой?

4. **а)** Что длится дольше — полное затмение Солнца или полное затмение Луны? Почему?

б) В каких точках комнаты должен находиться человек, чтобы видеть в зеркале экран телевизора *AB* целиком?



в) Камушки, лежащие на дне водоема, кажутся колеблющимися, если поверхность воды в водоеме не совсем спокойная. Почему?

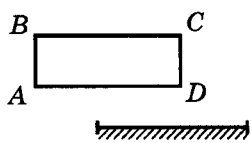
5. **а)** Почему тень ног на земле резко очерчена, а тень головы более расплывчата? При каких условиях тень всюду будет одинаково отчетлива?

б) Как изменится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в то место, где было изображение?

в) Определите, на какой угол отклонится луч света от своего первоначального направления при переходе из стекла в воздух, если угол падения 30°, а показатель преломления стекла равен 1,5.

6. **а)** Как нужно держать карандаш над столом, чтобы получить резко очерченную тень, если источником света служит закрепленная у потолка лампа дневного света, имеющая форму длинной трубки?

б) Постройте изображение прямоугольника *ABCD* в плоском зеркале. Определите графически область видения этого прямоугольника в зеркале.



в) Почему, находясь в лодке, трудно попасть копьем в рыбу, плавающую невдалеке?

От микроба до Вселенной — краткий путь,
Надо в линзы лишь другие заглянуть!

Э. Г. Братута

Самостоятельная работа № 16

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЛИНЗАХ

Начальный уровень

1. Чтобы с помощью собирающей линзы получить мнимое изображение, предмет нужно расположить... Выберите правильное утверждение.
   А. ... в фокальной плоскости линзы.
   Б. ... между линзой и ее фокусом.
   В. ... на расстоянии, большем двойного фокусного.
2. Точка, в которой пересекается параллельный пучок лучей после преломления в линзе, называется... Выберите правильное утверждение.
   А. ... оптическим центром линзы.
   Б. ... фокусом линзы.
   В. ... мнимым фокусом.
3. Если предмет находится на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию от собирающей линзы, то изображение предмета в этой линзе... Выберите правильное утверждение.
   А. ... действительное, уменьшенное.
   Б. ... действительное, увеличенное.
   В. ... действительное, равное.
4. Если расстояние от предмета до собирающей линзы больше фокусного, но меньше двойного фокусного расстояния, то изображение предмета в этой линзе... Выберите правильное утверждение.
   А. ... мнимое, увеличенное.
   Б. ... действительное, увеличенное.
   В. ... действительное, уменьшенное.
5. Если расстояние от предмета до собирающей линзы равно фокусному расстоянию линзы, то изображение предмета в этой линзе ... Выберите правильное утверждение.
   А. ... мнимое, уменьшенное.
   Б. ... действительное, уменьшенное.

В. ... изображения не будет

6. Если расстояние от предмета до рассеивающей линзы равно двойному фокусному расстоянию, то изображение предмета в этой линзе... Выберите правильное утверждение.

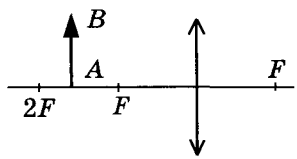
А. ... действительное, уменьшенное.

Б. ... мнимое, увеличенное.

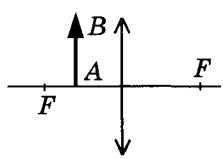
В. ... мнимое, уменьшенное.

Средний уровень

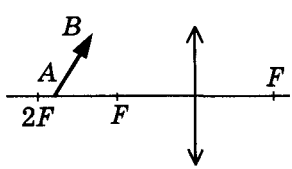
1. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



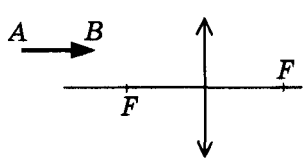
2. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



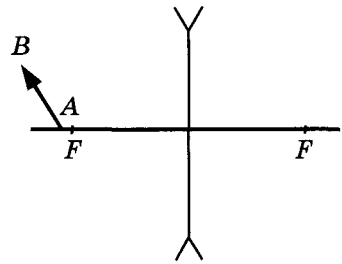
3. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



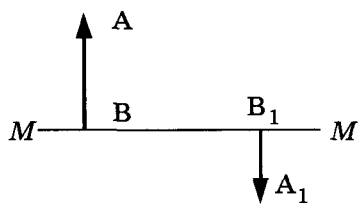
4. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



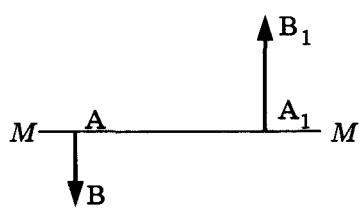
5. Постройте изображение данного предмета в линзе. Какое это изображение?



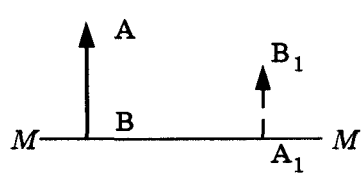
6. На рисунке показаны главная оптическая ось MM линзы, предмет AB и его изображение A_1B_1. Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.



7. На рисунке показаны главная оптическая ось MM линзы, предмет AB и его изображение A_1B_1. Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.

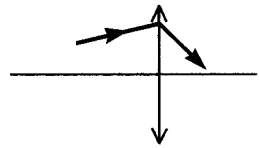


8. На рисунке показаны главная оптическая ось MM линзы, предмет AB и его изображение A_1B_1. Определите графически положение оптического центра и фокусов линзы.



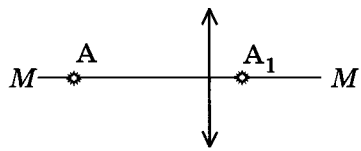
Достаточный уровень

1. Определите построением положение фокусов линзы, если задана главная оптическая ось и ход произвольного луча.

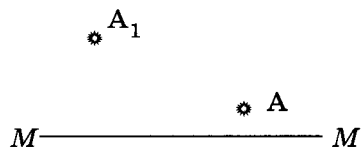


2. Определите построением, где находятся оптический центр тонкой линзы и ее фокусы, если MM — главная оптическая ось линзы, A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. Определите также тип линзы.

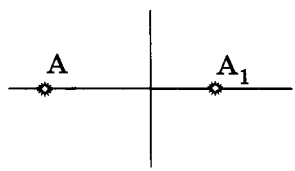
3. Определите построением положение фокусов линзы, если A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. MM — главная оптическая ось линзы.



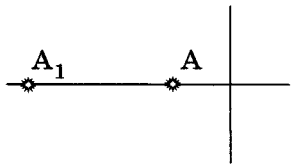
4. Определите построением, где находятся оптический центр тонкой линзы и ее фокусы, если MM — главная оптическая ось линзы, A — светящаяся точка, A_1 — ее изображение. Определите также тип линзы.



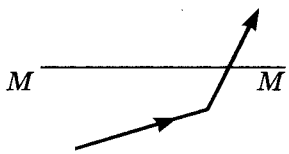
5. Даны точки A и A_1 на оси линзы неизвестной формы. Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая). Постройте фокусы линзы.



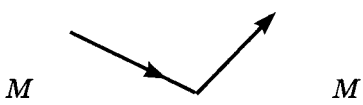
6. Даны точки A и A_1 на оси линзы неизвестной формы. Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая). Постройте фокусы линзы.



7. На рисунке показан ход луча относительно главной оптической оси тонкой линзы MM. Определите положение линзы и ее фокусов.



8. На рисунке показан ход луча относительно главной оптической оси тонкой линзы MM. Определите положение линзы и ее фокусов.



Свет — образец для искреннего слова:
Каких бы крепостей ни возвести —
Свет обойдет препятствия, чтоб снова
Стремиться по кратчайшему пути.

Александр Гитович

Самостоятельная работа № 17

СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ

Начальный уровень

1. Если посмотреть на компакт-диск, освещенный электрической лампочкой, то можно увидеть на поверхности диска радужные полоски. Это вызвано... Выберите правильное утверждение.
   А. ... поляризацией света.
   Б. ... дифракцией света.
   В. ... преломлением света.
2. Поверхность оконного стекла в кухне покрылась тончайшей пленкой жира. Если теперь осветить стекло белым светом, то на поверхности стекла можно увидеть радужные пятна. Это вызвано... Выберите правильное утверждение.
   А. ... интерференцией света.
   Б. ... дифракцией света.
   В. ... преломлением света.
3. В ясную погоду при заходе солнце окрашено в красные цвета. Выберите правильное утверждение
   А. Это объясняется отражением света от туч.
   Б. Это объясняется преломлением света на границе атмосферы.
   В. Это объясняется рассеиванием света в атмосфере.
4. Для просветления оптики используют явление... Выберите правильное утверждение.
   А. ... поляризации света.
   Б. ... дифракции света.
   В. ... интерференции света.
5. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие интерференции света? Выберите правильное утверждение.
   А. Разложение света в спектр при преломлении.
   Б. Огибание волной препятствия.

В. Наложение когерентных волн.

6. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие дифракции света? Выберите правильное утверждение.
   А. Наложение когерентных волн.
   Б. Разложение света в спектр при преломлении.
   В. Огибание волной препятствия.

Средний уровень

1. Мыльный пузырь на солнце играет всеми цветами радуги. Почему?
2. Почему с помощью микроскопа нельзя увидеть атом?
3. Если две волны интерферируют друг с другом, то изменяет ли одна волна распространение другой?
4. Если, прищурив глаз смотреть на нить лампочки накаливания, то нить кажется окаймленной светлыми бликами. Почему?
5. Могут ли интерферировать световые волны, идущие от двух электрических лампочек? Почему?
6. Почему дифракцию звука можно наблюдать более отчетливо, чем дифракцию света?

Достаточный уровень

1. Во сколько раз изменяется длина световой волны при переходе из воздуха в стекло, если скорость света в стекле равна $2 \times \times 10^8$ м/с?
2. Сколько длин волн монохроматического излучения с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц укладывается на отрезке длиной 1 м?
3. Воду освещают зеленым светом, длина волны которого в воздухе равна 500 нм. Какова длина световой волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?
4. Два точечных источника когерентного видимого света с длиной волны 600 нм освещают лист бумаги. Какой может быть разность хода световых волн от этих источников до точки на листе, в которой наблюдается интерференционный минимум?
5. Два когерентных луча с длинами волн 404 нм пересекаются в одной точке на экране. Что будет происходить в этой точке — усиление или ослабление света, если разность хода лучей равна 17,17 мкм?
6. Световые волны в некоторой жидкости имеют длину волны 500 нм и частоту $4{,}5 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите абсолютный показатель преломления этой жидкости.

Куда ни оглянись — везде иероглиф.
На краски радуги луч света раздробив,
Нам — что такое свет? —
не высказала призма.
Есть сердце у тебя: пади, благоговей
И бойся исказить догадкою своей
Сокрытое во тьме святого мистицизма!

В. Г. Бенедиктов

Самостоятельная работа № 18

ЦВЕТ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие дисперсия? Выберите правильное утверждение.
   А. Наложение когерентных волн.
   Б. Разложение света в спектр при преломлении.
   В. Огибание волной препятствия.
2. Сравните скорость распространения красного и фиолетового излучений в вакууме. Выберите правильное утверждение.
   А. $v_к > v_ф$.
   Б. $v_к = v_ф$.
   В. $v_к < v_ф$.
3. Как изменится частота зеленого излучения при переходе света из воздуха в воду? Выберите правильное утверждение.
   А. Уменьшается.
   Б. Не изменяется.
   В. Увеличивается.
4. Как изменится длина волны красного излучения при переходе света из воздуха в воду? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличивается.
   Б. Не изменяется.
   В. Уменьшается.
5. Чем объясняется дисперсия белого света? Выберите правильное утверждение.

А. Призма поглощает белый свет одной длины волны, а излучает свет с разными длинами волн.

Б. Цвет света определяется длиной волны. В процессе преломления длина световой волны изменяется, поэтому происходит превращение белого света в разноцветный спектр.

В. Белый свет есть смесь света разных частот, цвет определяется частотой, коэффициент преломления света зависит от частоты. Поэтому свет разного цвета идет по разным направлениям.

6. Узкий луч белого света проходит через стеклянную треугольную призму и попадает на экран. На экране наблюдается вертикальная радужная полоска (спектр). Появление спектра вызвано... Выберите правильное утверждение.

А. ... дифракцией света.

Б. ... интерференцией света.

В. ... дисперсией света.

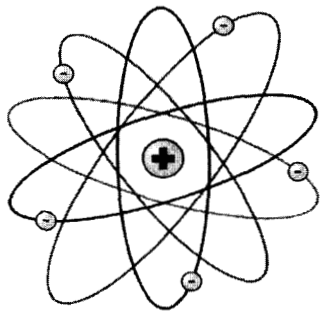
Средний уровень

1. На белой бумаге написан текст красными буквами. Через стекло какого цвета буквы будут казаться черными?
2. Почему в фонтане можно часто наблюдать радугу?
3. Чем объясняется желтоватый оттенок солнечного света?
4. В бутылку из зеленого стекла налиты красные чернила. Какого цвета кажутся чернила? Почему?
5. На листе написано слово «свет» зеленым карандашом. Глядя через стекло какого цвета, нельзя будет прочесть написанное?
6. Наблюдатель рассматривает сквозь стеклянную призму черную черту на белой бумаге. Что видит наблюдатель?

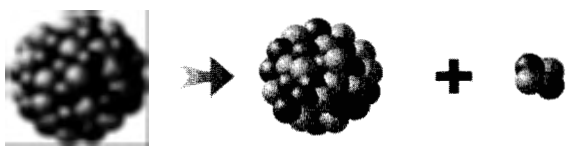
Достаточный уровень

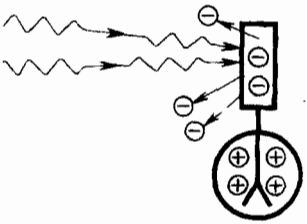
1. На поверхность воды падает пучок красного света, длина волны которого 760 нм. Какова длина волны этого света в воде? Показатель преломления воды для красного света 1,33. Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?
2. Вычислите скорость и длину волны жёлтого света в стекле с показателем преломления 1,56. Длина волны этого цвета в воздухе 589 нм.

3. Вода освещена зеленым светом, для которого длина волны в воздухе 500 нм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой? Показатель преломления воды для зеленого света 1,316.
4. Какова длина волны желтого света паров натрия в стекле с показателем преломления 1,56? Длина волны этого света в воздухе равна 589 нм.
5. Над бухтой взлетела красная ракета (длина волны 700 нм). Какова длина волны этого света в воде? Какой цвет увидит аквалангист, плывущий под водой?
6. При переходе лучей из воды в вакуум длина волны их увеличилась на 0,12 мкм. Определите длины волн этих лучей в вакууме и в воде.



КВАНТЫ И АТОМЫ. АТОМНОЕ ЯДРО





КВАНТЫ И АТОМЫ

Я слушаю и забываю,
Я вижу и запоминаю,
Я делаю и понимаю.

Мори Ван Мейтс

Самостоятельная работа № 19

ЯВЛЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений наиболее точно определяет понятие фотоэффекта? Выберите правильное утверждение.
   А. Испускание электронов веществом в результате его нагревания.
   Б. Вырывание электронов из вещества под действием света.
   В. Увеличение электрической проводимости вещества под действием света.
2. При фотоэффекте максимальная начальная скорость выбитых излучением с поверхности металла электронов... Выберите правильное утверждение.
   А. ... прямо пропорциональна интенсивности излучения.
   Б. ... определяется только частотой излучения.
   В. ... не зависит от длины волны излучения.
3. Корпускулярные свойства света проявляются при... Выберите правильное утверждение.
   А. ... дифракции света.
   Б. ... разложении белого света в спектр с помощью призмы.
   В. ... фотоэффекте.
4. Выберите правильное утверждение: энергия фотонов...
   А. ... красного света больше, чем у фотонов зеленого света.

Б. ... зеленого света больше, чем у фотонов фиолетового света.

В. ... синего света больше, чем у фотонов оранжевого света.

5. Волновые свойства света проявляются при... Выберите правильное утверждение.

А. ... фотоэффекте.

Б. ... дифракции света.

В. ...поглощении света атомом.

6. Укажите вещество, для которого возможен фотоэффект под действием фотонов с энергией $4{,}8 \cdot 10^{-19}$ Дж. Выберите правильное утверждение.

А. Платина ($A_{вых} = 8{,}5 \cdot 10^{-19}$ Дж.)

Б. Серебро ($A_{вых} = 6{,}9 \cdot 10^{-19}$ Дж.)

В. Литий ($A_{вых} = 3{,}8 \cdot 10^{-19}$ Дж.)

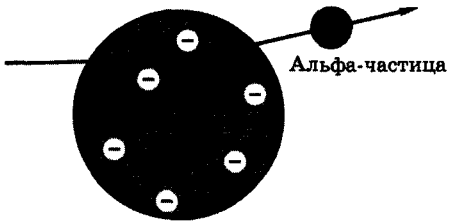
Средний уровень

1. Определите красную границу фотоэффекта для платины.
2. Наибольшая длина волны света, при которой наблюдается фотоэффект для калия, $6{,}2 \cdot 10^{-5}$ см. Найдите работу выхода электронов из калия.
3. Какой кинетической энергией обладают электроны, вырванные с поверхности меди, при облучении ее светом с частотой $6 \cdot 10^{16}$ Гц?
4. Работа выхода электрона у закиси меди 5,15 эВ. Вызовет ли фотоэффект ультрафиолетовое излучение с длиной волны 300 нм?
5. Работа выхода электронов из серебра равна 4,3 эВ. При какой наименьшей частоте излучения, падающего на поверхность серебра, будет наблюдаться фотоэффект?
6. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектрона калия при его освещении светом с длиной волны 400 нм, если работа выхода электронов у калия равна $3{,}6 \times \times 10^{-19}$ Дж.

Достаточный уровень

1. Найдите работу выхода электрона с поверхности некоторого материала, если при облучении этого материала желтым светом скорость выбитых электронов равна $0{,}28 \cdot 10^{6}$ м/с. Длина волны желтого света равна 590 нм.

2. Какой длины волны свет надо направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была 2 Мм/с?
3. Определите наибольшую скорость электрона, вылетевшего из цезия, при освещении его светом с длиной волны 400 нм.
4. При фотоэффекте с поверхности серебра задерживающее напряжение оказалось равным 1,2 В. Вычислите частоту падающего света.
5. Красная граница фотоэффекта для металла $6{,}2 \cdot 10^{-5}$ см. Найдите величину запирающего напряжения для фотоэлектронов при освещении металла светом с длиной волны 330 нм.
6. Если поочередно освещать поверхности металлов излучением с длинами волн 350 и 540 нм, то максимальные скорости фотоэлектронов будут отличаться в два раза. Определите работу выхода электрона для этого металла.



ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Наука изощряет ум, ученье вострит память.

К. Прутков,
афоризм № 7

Самостоятельная работа № 20

СТРОЕНИЕ АТОМА

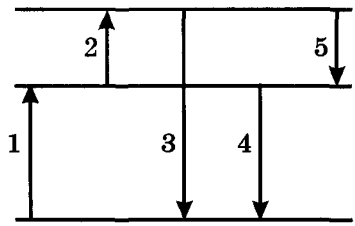
Начальный уровень

1. Согласно теории Бора атом может излучать свет при... Выберите правильное утверждение.
   А. ... любом ускоренном движении электронов.
   Б. ... переходе на более высокий энергетический уровень.
   В. ... переходе из возбужденного состояния в основное.
2. Частоты излученного света при переходе из состояния с энергией E_2 в состояние с энергией E_1 могут принимать только значения... Выберите правильное утверждение.
   А. $\frac{E_1 + E_2}{h}$.
   Б. $\frac{E_2}{h}$.
   В. $\frac{E_2 - E_1}{h}$.
3. При переходе с одного энергетического уровня на другой поглощен фотон с частотой $5 \cdot 10^{15}$ Гц. В результате перехода энергия атома... Выберите правильное утверждение.
   А. ... уменьшилась приблизительно на $3{,}3 \cdot 10^{-18}$ Дж.

Б. ... увеличилась приблизительно на $3{,}3 \cdot 10^{-18}$ Дж.

В. ... уменьшилась приблизительно на $6{,}63 \cdot 10^{-19}$ Дж.

4. На рисунке показаны три нижних энергетических уровня некоторого атома. Стрелки соответствуют переходам между уровнями. Выберите правильное утверждение.



А. При переходе 1 происходит излучение фотона.

Б. При переходе 2 происходит поглощение фотона.

В. Выполняется соотношение $\nu_5 = \nu_3 + \nu_4$.

5. Какое из приведенных ниже утверждений соответствует смыслу постулатов Бора? Выберите правильное утверждение.

А. В атоме электроны движутся по круговым орбитам и излучают при этом электромагнитные волны.

Б. При переходе из одного стационарного состояния в другое атом поглощает или излучает квант электромагнитного излучения.

В. Атомы могут излучать фотоны любой энергии, а поглощать — лишь с некоторыми определенными значениями энергии.

6. При переходе с одного энергетического уровня на другой испущен фотон с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц. В результате перехода энергия атома... Выберите правильное утверждение.

А. ... увеличилась приблизительно на $4 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Б. ... уменьшилась приблизительно на $4 \cdot 10^{-19}$ Дж.

В. ... увеличилась приблизительно на $6{,}63 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Средний уровень

1. Чем отличается атом, находящийся в стационарном состоянии, от атома в возбужденном состоянии?
2. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Как при этом изменилась энергия атома? Почему?
3. Как изменилась энергия атома водорода, если электрон в атоме перешел с первой орбиты на третью, а потом обратно?

4. Сколько квантов с различной энергией может испустить атом водорода, если электрон находится на третьей орбите?
5. Электрон в атоме водорода перешел с пятого энергетического уровня на второй. Как при этом изменилась энергия атома? Почему?
6. При облучении атома водорода электроны перешли с первой стационарной орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние они переходили сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую. Что можно сказать об энергии квантов, поглощенных и излученных атомом?

Достаточный уровень

1. При переходе электрона в атоме водорода с третьей стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны, соответствующие длине волны $6{,}52 \cdot 10^{-7}$ м, дающие красную линию водородного спектра. Какую энергию теряет атом водорода при излучении этого фотона?
2. При переходе электрона в атоме водорода из одного энергетического уровня на другой энергия атома уменьшилась на 1,89 эВ. При этом атом излучает квант света. Определите длину волны этого излучения.
3. При одном из переходов электрона в атоме водорода из одного стационарного уровня на другой произошло излучение кванта света с частотой $4{,}57 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите на сколько изменилась энергия электрона в атоме в результате этого излучения.
4. При переходе атома водорода из четвертого энергетического состояния во второе излучаются фотоны с энергией 2,55 эВ (зеленая линия водородного спектра). Определите длину волны этой линии спектра.
5. На сколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $4{,}86 \cdot 10^{-7}$ м?
6. Атом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое испускает последовательно два фотона с длинами волн 970 нм и 1250 нм. Определите изменение энергии атома водорода.

...в неведомых мирах души нет ни единой...

Л. Вышеславский

Самостоятельная работа № 21

РАДИОАКТИВНОСТЬ. ПРАВИЛО СМЕЩЕНИЯ

Начальный уровень

1. Что представляет собой альфа-излучение? Выберите правильное утверждение.
   А. Поток ядер водорода.
   Б. Поток ядер гелия.
   В. Поток нейтронов.
2. Что представляет собой бета-излучение? Выберите правильное утверждение.
   А. Поток быстрых нейтронов.
   Б. Поток квантов электромагнитного излучения.
   В. Поток нейтронов.
3. Что представляет собой гамма-излучение? Выберите правильное утверждение.
   А. Поток нейтронов.
   Б. Поток быстрых электронов.
   В. Поток квантов электромагнитного излучения.
4. Элемент ${}^{A}_{Z}X$ испытал α-распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y? Выберите правильное утверждение.
   А. ${}^{A}_{Z+1}Y$.
   Б. ${}^{A-4}_{Z-2}Y$.
   В. ${}^{A}_{Z-1}Y$.
5. Элемент ${}^{A}_{Z}X$ испытал β-распад. Какой заряд и массовое число будет у нового элемента Y ? Выберите правильное утверждение.
   А. ${}^{A-4}_{Z-2}Y$.
   Б. ${}^{A}_{Z-1}Y$.
   В. ${}^{A}_{Z+1}Y$.

6. Какой из трех типов излучений: α-, β- или γ-излучения обладает наибольшей проникающей способностью? Выберите правильное утверждение.

   А. α.

   Б. β.

   В. γ.

Средний уровень

1. Изменяется ли химическая природа элемента при испускании γ-излучения его ядрами?
2. Как изменится положение химического элемента в таблице Д. И. Менделеева после одного α-распада? одного β-распада?
3. Что такое γ-излучение? Чем оно отличается от рентгеновского излучения?
4. Во что превратился изотоп водорода $^{3}_{1}H$ при β-распаде? Запишите реакцию.
5. Во что превратилось ядро атома плутония $^{239}_{94}Pu$ при α-распаде? Запишите реакцию.
6. Какое из трех типов излучений (α-, β- или γ) не отклоняется магнитным и электрическим полями? Почему?

Достаточный уровень

1. Что произойдет с изотопом урана-237 при β-распаде? Как изменяется массовое число нового элемента? Влево или вправо в таблице Менделеева происходит сдвиг? Запишите реакцию.
2. Запишите реакцию непосредственного превращения актиния-227 во франций-223. α- или β-распад имеет здесь место?
3. Ядро изотопа висмута $^{211}_{83}Bi$ получилось из другого ядра после последовательных α- и β-распадов. Что это за ядро?
4. Во что превращается ядро атома урана $^{238}_{92}U$ после α-распада и двух β-распадов?
5. Во что превращается изотоп тория $^{234}_{90}Th$, ядра которого претерпевают три последовательных α-распада?
6. В результате какого радиоактивного распада натрий $^{22}_{11}Na$ превращается в магний $^{22}_{12}Mg$? Запишите реакцию.

7. Ядро изотопа тория $^{232}_{90}Th$ претерпевает α-распад, два β-распада и еще один α-распад. Какие ядра после этого получаются?
8. В какое вещество превращается атом таллия $^{210}_{81}Tl$ после трех последовательных β-распадов и одного α-распада?
9. Радиоактивный атом тория $^{232}_{90}Th$ превратился в атом висмута $^{212}_{83}Bi$. Сколько при этом произошло α- и β-распадов?
10. Ядро тория-232 превратилось в ядро изотопа свинца-208. Последовательность ядерных превращений такова: один α-распад, два β-распада, пять α-распадов и два β-распада. Запишите все ядерные реакции.

Тот, для кого Решенье
Уже томится в голове,
И ждет счастливого мгновенья,
Чтоб дать напутствие Судьбе.

Но Случай лишь тому пошлет Судьбу,
Чей ум все время начеку!

Э. Г. Братута

Самостоятельная работа № 22

ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Начальный уровень

1. Какая доля радиоактивных атомов распадется через промежуток времени, равный двум периодам полураспада? Выберите правильное утверждение.
   А. 25%.
   Б. 50%.
   В. 75%.
2. Какая доля радиоактивных атомов останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада? Выберите правильное утверждение.
   А. 1/4.
   Б. 1/3.
   В. 1/2.
3. Имеется 10^5 атомов радиоактивного изотопа с периодом полураспада 1,5 ч. Сколько примерно атомов из них испытывает превращение за 3 ч? Выберите правильное утверждение.
   А. 10^5.
   Б. $5 \cdot 10^4$.
   В. $7{,}5 \cdot 10^4$.
4. Имеется 10^5 атомов радиоактивного изотопа с периодом полураспада 30 мин. Сколько примерно атомов из них не испытывает превращение за 1 ч? Выберите правильное утверждение.
   А. $7{,}5 \cdot 10^4$.
   Б. $5 \cdot 10^4$.
   В. $2{,}5 \cdot 10^4$.

5. Во сколько раз уменьшается число радиоактивных ядер за время, равное четырем периодам полураспада? Выберите правильное утверждение.
   А. В 2 раза.
   Б. В 4 раза.
   В. В 16 раз.
6. Чему равен период полураспада одного из изотопов франция, если за 6 с количество ядер этого изотопа уменьшается в 8 раз? Выберите правильное утверждение.
   А. 2 с.
   Б. 12 с.
   В. 18 с.

Средний уровень

1. Сколько процентов ядер радиоактивного йода-131 с периодом полураспада 8 суток останется через 16 сут?
2. Сколько процентов радиоактивных ядер кобальта останется через 3 суток, если период полураспада данного изотопа составляет 18 ч?
3. Период полураспада селена-75 равен 120 сут. Сколько процентов атомов этого изотопа распадется за 840 сут?
4. Период полураспада кислорода-15 равен 122 с. Сколько процентов начального количества атомов кислорода-15 останется через 6 мин 3 с?
5. Период полураспада радиоактивного йода-131 равен восьми суткам. Сколько процентов атомов этого изотопа распадется за 48 суток?
6. Сколько процентов радиоактивных ядер радона-222 останется через 14,4 года, если период полураспада данного изотопа составляет 3,8 года?

Достаточный уровень

1. Каков период полураспада радиоактивного изотопа, если за 12 ч в среднем распадается 7500 атомов из 8000 атомов?
2. Период полураспада цезия-134 равен 2 года. За какое время количество этого изотопа в образце уменьшается в 8000 раз?
3. Период полураспада радиоактивного изотопа равен 20 мин. Через какое время в образце массой 4 г останется 500 мг данного изотопа?

4. Период полураспада радиоактивного йода-131 равен восьми суткам. За какое время количество атомов йода-131 уменьшится в 1000 раз?
5. Имелось некоторое количество радиоактивного радона. Количество радона уменьшилось в 8 раз за 11,4 суток. Каков период полураспада радона?
6. Имеются $25 \cdot 10^6$ атомов радия. Со сколькими из них произойдет радиоактивный распад за одни сутки, если период полураспада радия 1620 лет?

Искусство экспериментатора состоит в том, чтобы уметь задавать природе вопросы и понимать ее советы.

Майкл Фарадей

Самостоятельная работа № 23

ДЕФЕКТ МАСС И ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ

Начальный уровень

1. Какие силы обеспечивают устойчивость атомного ядра? Выберите правильное утверждение.
   А. Электростатические.
   Б. Гравитационные.
   В. Ядерные.
2. Какое соотношение между массой $m_я$ радиоактивного ядра и суммой масс свободных протонов Zm_p и свободных нейтронов Nm_n, из которых составлено это ядро? Выберите правильное утверждение.
   А. $m_я > (Zm_p + Nm_n)$.
   Б. $m_я = (Zm_p + Nm_n)$.
   В. $m_я < (Zm_p + Nm_n)$.
3. Какая формула связывает энергию связи и дефект масс? Выберите правильное утверждение.
   А. $\Delta E_{св} = \dfrac{\Delta m}{c^2}$.
   Б. $\Delta E_{св} = \Delta mc^2$.
   В. $\Delta E_{св} = \dfrac{c^2}{\Delta m}$.
4. Какое соотношение справедливо для полных энергий свободных протонов E_p, нейтронов E_n и атомного ядра $E_я$, составленного из них? Выберите правильное утверждение.

А. $E_я > E_p + E_n$.

Б. $E_я = E_p + E_n$.

В. $E_я < E_p + E_n$.

5. Как изменится масса системы из одного свободного протона и одного нейтрона после соединения их в атомное ядро? Выберите правильное утверждение.
   А. Увеличится.
   Б. Не изменится.
   В. Уменьшится.
6. Какие силы препятствуют сближению атомных ядер? Выберите правильное утверждение.
   А. Ядерные.
   Б. Гравитационные.
   В. Электростатические.

Средний уровень

1. Найдите дефект масс ядра атома азота $^{15}_{7}N$.
2. Какова энергия связи ядра атома углерода $^{13}_{6}C$?
3. Определите дефект масс ядра дейтерия $^{2}_{1}H$.
4. Какова энергия связи ядра атома кремния $^{30}_{14}Si$?
5. Найдите дефект масс ядра атома бора $^{10}_{5}B$.
6. Какова энергия связи ядра атома кислорода $^{16}_{8}O$?

Достаточный уровень

1. а) Существуют ли между нуклонами в атомных ядрах силы отталкивания? Как вы думаете?
   б) Вычислите энергию, необходимую для расщепления ядра атома азота $^{14}_{7}N$ на протоны и нейтроны.
2. а) Равна ли масса ядра сумме масс протонов и нейтронов, из которых ядро состоит? Приведите примеры.
   б) Вычислите энергию, необходимую для расщепления ядра атома лития $^{7}_{3}Li$ на протоны и нейтроны.
3. а) Каковы главные особенности ядерных сил?
   б) Какова удельная энергия связи ядра атома радия $^{226}_{88}Ra$?
4. а) Одинаковы ли ядерные силы, действующие между двумя протонами, между двумя нейтронами, между протоном и нейтроном? Что из этого следует?

б) Какая минимальная энергия необходима для расщепления ядра атома кислорода $^{16}_{8}O$ на протоны и нейтроны?

5. а) Каким образом можно охарактеризовать прочность ядер?
б) Какова удельная энергия связи ядра атома $^{27}_{13}Al$?

6. а) Зависят ли ядерные силы от знака заряда нуклонов?
б) Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы расщепить ядро атома гелия $^{4}_{2}He$ на протоны и нейтроны?

Сколько неизвестных и опасных
Перевалов сделано впотьмах!
Сколько честных проб и формул ясных
Прочно отчеканилось в умах!

И когда земное тяготенье
Шло на убыль и сошло на нет,
И Земля, подернутая тенью,
Стала только ближней из планет.

Павел Антокольский

Самостоятельная работа № 24

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ. ВЫДЕЛЕНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

Начальный уровень

1. В каком из приведенных ниже уравнений ядерных реакций выполняется закон сохранения массового числа? Выберите правильное утверждение.

   А. ${}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{18}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}p$.

   Б. ${}^{15}_{7}\mathrm{N} + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{11}_{5}\mathrm{B} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

   В. ${}^{9}_{4}\mathrm{Be} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + {}^{1}_{0}n$.

2. В каком из приведенных ниже уравнений ядерных реакций выполняется закон сохранения заряда? Выберите правильное утверждение.

   А. ${}^{27}_{13}\mathrm{Al} + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{24}_{10}\mathrm{Na} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

   Б. ${}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{10}_{5}\mathrm{B} + {}^{1}_{0}n$.

   В. ${}^{27}_{13}\mathrm{Al} + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{27}_{12}\mathrm{Mg} + {}^{1}_{0}n$.

3. Первую в мире ядерную реакцию с получением нового элемента получил Резерфорд: ${}^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow ? + {}^{1}_{1}p$. Какой элемент получил Резерфорд? Выберите правильное утверждение.

   А. ${}^{19}_{9}\mathrm{F}$.

   Б. ${}^{17}_{8}\mathrm{O}$.

В. $^{16}_{8}O$.

4. Полное превращение элементов впервые наблюдалось в ядерной реакции: $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}p \rightarrow ?$, в результате которой появилось два одинаковых атома. Что это за атомы? Выберите правильное утверждение.
   А. Бериллий.
   Б. Гелий.
   В. Водород.
5. Укажите второй продукт ядерной реакции: $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}p \rightarrow ? + ^{4}_{2}He$. Выберите правильное утверждение.
   А. p.
   Б. n.
   В. $^{4}_{2}He$.
6. При осуществлении ядерных реакций энергия может... Выберите правильное утверждение.
   А. ...только поглощаться.
   Б. ...только выделяться.
   В. ...выделяться, может поглощаться.

Средний уровень

1. Под действием каких частиц протекают следующие ядерные реакции:
   а) $^{11}_{5}B + ? \rightarrow ^{8}_{4}Be + ^{4}_{2}He$;
   б) $^{9}_{4}Be + ? \rightarrow 2^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$?
2. С какими атомными ядрами осуществлены следующие ядерные реакции:
   а) $? + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{99}_{43}Tc + ^{1}_{0}n$;
   б) $? + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{27}_{14}Si + ^{1}_{0}n$?
3. Определите продукты следующих ядерных реакций:
   а) $^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ? + 2^{1}_{0}n$;
   б) $^{62}_{28}Ni + ^{1}_{1}p \rightarrow ? + \gamma$.
4. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:
   а) $? + ^{1}_{1}p \rightarrow ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He$;
   б) $^{27}_{13}Al + \gamma \rightarrow ^{26}_{12}Mg + ?$.
5. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:

а) $^{55}_{25}Mn + ? \rightarrow ^{56}_{26}Fe + ^{1}_{0}n$.

б) $? + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{27}_{14}Si + ^{1}_{0}n$.

6. Определите возможные бомбардирующие и испускаемые частицы в ядерных реакциях:

а) $^{40}_{20}Ca + ? \rightarrow ^{38}_{19}K + ^{1}_{1}p + ?$;

б) $^{10}_{5}B + ? \rightarrow ^{8}_{4}Be + ?$.

Достаточный уровень

1. Произведите энергетический расчет ядерной реакции и выясните, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:

$$^{6}_{3}Li + ^{1}_{1}p \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{3}_{2}He.$$

2. При бомбардировке ядер алюминия $^{27}_{13}Al$ α-частицами образуются атомы фосфора $^{30}_{15}P$. Запишите эту реакцию и подсчитайте выделенную энергию.
3. При обстреле ядра фтора $^{19}_{9}F$ протонами образуются атомы кислорода $^{16}_{8}O$. Какая энергия освобождается при этой ядерной реакции, и какие еще ядра образуются? Запишите эту реакцию.
4. Произведите энергетический расчет ядерной реакции и выясните, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:

$$^{9}_{4}Be + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n.$$

5. При бомбардировке ядер бора $^{10}_{5}B$ α-частицами наблюдается вылет нейтронов. Напишите уравнение ядерной реакции, приводящей к вылету одного нейтрона. Каков энергетический выход этой реакции?
6. Произведите энергетический расчет ядерной реакции и выясните, выделяется или поглощается энергия в этой реакции:

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n.$$

Природа вечно творит и вечно разрушает. Из простейшего вещества творит она противоположнейшие произведения, без малейшего усилия, с величайшим совершенством, и на все кладет какое-то нежное покрывало. У каждого ее создания особенная сущность, у каждого явления отдельное понятие, а все едино.

Гёте.

Самостоятельная работа № 25

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Начальный уровень

1. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие *реакция деления ядра урана*? Выберите правильное утверждение.

   А. Процесс превращения ядер урана в результате их взаимодействия с элементарными частицами.

   Б. Процесс самопроизвольного распада ядер урана.

   В. Процесс распада ядер урана на две примерно равные части, происходящий под действием нейтронов.

2. Какое из приведенных ниже выражений определяет понятие *цепная ядерная реакция*? Выберите правильное утверждение.

   А. Процесс превращения атомных ядер, происходящий в результате их взаимодействия с элементарными частицами или друг с другом.

   Б. Процесс самопроизвольного распада ядер атомов некоторых химических элементов.

   В. Процесс деления атомных ядер некоторых химических элементов, происходящий под действием нейтронов, образующихся в процессе самой ядерной реакции.

3. Термоядерные реакции... Выберите правильное утверждение.

   А. ... происходят только в искусственно созданных установках.

   Б. ... представляют собой реакции синтеза между легкими ядрами.

В. ... представляют собой реакции деления тяжелых ядер.

4. Какое вещество из перечисленных ниже может быть использовано в ядерных реакторах в качестве замедлителя нейтронов? Выберите правильное утверждение.

А. Обычная вода.

Б. Тяжелая вода.

В. Азот.

5. В какой из приведенных ниже ядерных реакций имеет место термоядерный синтез. Выберите правильное утверждение.

А. ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$.

Б. ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$.

В. ${}^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{7}_{3}Li$.

6. Какая реакция более выгодна с точки зрения получения энергии? Выберите правильное утверждение.

А. Реакция, происходящая при бомбардировке ядер алюминия ${}^{27}_{13}Al$ α-частицами.

Б. Реакция синтеза ядер атома водорода ${}^{1}_{1}H$ и дейтерия ${}^{2}_{1}H$.

В. Реакция объединения двух ядер натрия ${}^{23}_{11}Na$.

Средний уровень

1. Ядро урана ${}^{235}_{92}U$, захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, при этом освободилось два нейтрона. Один из осколков оказался ядром атома ксенона ${}^{140}_{54}Xe$. Что собой представляет второй осколок? Напишите уравнение ядерной реакции.

2. После захвата нейтрона ядром атома урана ${}^{238}_{92}U$ и двух последовательных β-распадов последний превращается в ядро атома плутония ${}^{239}_{94}Pu$. Напишите уравнение ядерной реакции.

3. Какие превращения происходят с ядром атома урана ${}^{238}_{92}U$ в результате захвата им быстрого нейтрона? Запишите уравнение ядерной реакции.

4. Ядро урана ${}^{235}_{92}U$, захватив один нейтрон, распалось на два осколка и выбросило два нейтрона. Один из осколков является ядром атома бария ${}^{139}_{56}Ba$. Запишите уравнение ядерной

реакции и определите, какой еще химический элемент образуется при этом распаде.

5. В каких реакциях (ядерных или термоядерных) энергия, выделяющаяся на один нуклон, выше? Почему?
6. Объясните, почему для свершения термоядерной реакции наиболее удобно использовать ядра водорода, особенно его тяжелые изотопы: дейтерий и тритий. Напишите уравнение ядерной реакции.

Достаточный уровень

1. Напишите ядерную реакцию синтеза легких ядер дейтерия в ядра гелия и определите энергетический выход этой реакции.
2. Осуществление управляемой термоядерной реакции создает огромные возможности для получения энергии. При использовании дейтерия, содержащегося в литре обычной воды, в реакции термоядерного синтеза выделяется столько же энергии, сколько получается при сжигании 350 л бензина. Подсчитайте эту энергию. Удельная теплота сгорания бензина 44 МДж/кг.
3. Напишите ядерную реакцию синтеза легких ядер дейтерия и трития в ядра гелия и определите энергетический выход этой реакции.
4. При делении одного ядра атома $^{235}_{92}U$ на два осколка в ядерном реакторе выделяется около 200 МэВ энергии. Какое количество энергии выделяется при полном делении 1 г урана $^{235}_{92}U$?
5. Определите энергию, которая освобождается при термоядерной реакции $^{6}_{3}Li + ^{2}_{1}H \rightarrow 2\,^{4}_{2}He$.
6. При делении одного ядра $^{235}_{92}U$ на два осколка выделяется около 200 МэВ энергии. Какое количество энергии освобождается при «сжигании» в ядерном реакторе $m = 1$ кг этого изотопа? Какое количество каменного угля m_1 надо сжечь для получения такого же количества энергии? Удельная теплота сгорания угля 27 МДж/кг.

Мир — рвался в опытах Кюри
Атомной, лопнувшею бомбой
На электронные струи
Невоплощенной гекатомбой;
Я — сын эфира, Человек, —
Свиваю со стези надмирной
Своей порфирою эфирной
За миром мир, за веком век...

Андрей Белый

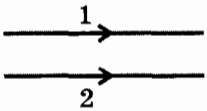
Контрольная работа № 1

ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. МАГНИТОСТАТИКА. ЭЛЕКТРОМАГНТНОЕ ПОЛЕ

Начальный уровень

Вариант 1

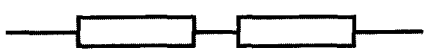
1. Электростатическое поле создают заряды, которые в данной системе отсчета... Выберите правильное утверждение.
   А. ...покоятся.
   Б. ...движутся равномерно.
   В. ...движутся равноускоренно.
   Г. ...движутся равнозамедленно.
2. Через алюминиевый провод пропускают электрический ток. Выберите правильное утверждение.
   А. Сопротивление провода прямо пропорционально приложенному напряжению.
   Б. Сила тока обратно пропорциональна приложенному напряжению.
   В. Если заменить алюминиевый провод стальным такой же длины и такого же диаметра, сопротивление цепи уменьшится.
   Г. Если провод укоротить, его сопротивление уменьшится.
3. На рисунке изображены два провода, по которым текут токи в указанных стрелками направлениях. Выберите правильное утверждение.



А. Провода притягиваются.
Б. Провода отталкиваются.
В. Магнитное поле создается только током, текущим в проводе 2.
Г. Если в обоих проводах изменить направление тока на противоположное, они будут отталкиваться.

Вариант 2

1. Два точечных электрических заряда q и $2q$ на расстоянии r друг от друга отталкиваются с силой F. С какой силой будут отталкиваться эти заряды на расстоянии $2r$? Выберите правильный ответ.
   А. $2F$.
   Б. $\frac{1}{2}F$.
   В. $4F$.
   Г. $\frac{1}{4}F$.
2. Стальной и алюминиевый проводники одинаковой длины и одинакового диаметра включены в цепь так, как показано на рисунке. Выберите правильное утверждение.



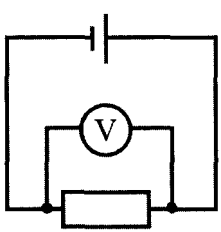
   А. Сила тока в стальном проводнике больше, чем в алюминиевом.
   Б. Проводники соединены параллельно.
   В. В стальном проводнике мощность тока больше, чем в алюминиевом.
   Г. Напряжение на стальном проводнике меньше, чем на алюминиевом.
3. В однородном изменяющемся магнитном поле находится неподвижная замкнутая проволочная рамка. Выберите правильное утверждение.
   А. Если вектор индукции магнитного поля перпендикулярен плоскости рамки, в рамке возникает индукционный ток.
   Б. Индукционный ток в рамке возникает при любом положении рамки.
   В. ЭДС индукции в рамке зависит только от площади рамки.
   Г. Если вектор индукции магнитного поля перпендикулярен плоскости рамки, магнитный поток через плоскость рамки все время равен нулю.

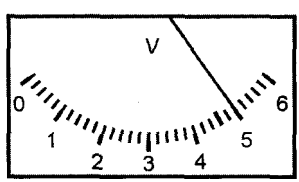
Вариант 3

1. Основным свойством электрического поля является силовое действие на... Выберите правильное утверждение.
   А. ...постоянные магниты.
   Б. ...атомы или молекулы.
   В. ...заряженные частицы.
   Г. ...частицы, не имеющие электрического заряда.
2. Количество теплоты, выделившейся в проводнике при прохождении электрического тока, определяется следующим выражением. Выберите правильное утверждение.
   А. I^2R.
   Б. $\frac{U^2}{R}$.
   В. I^2Rt.
   Г. IU.
3. Монохроматическая электромагнитная волна (ЭМВ) распространяется в вакууме. Выберите правильное утверждение.
   А. Длина волны периодически изменяется.
   Б. Скорость волны периодически изменяется.
   В. Электрическое поле ЭМВ остается постоянным.
   Г. Магнитное поле ЭМВ периодически изменяется.

Вариант 4

1. Какая физическая величина является силовой характеристикой электрического поля? Выберите правильное утверждение.
   А. Электрический заряд.
   Б. Электрическое напряжение.
   В. Напряженность.
   Г. Сила тока.
2. На рисунке приведена схема электрической цепи и показание вольтметра. Выберите правильное утверждение.





А. Цена деления шкалы вольтметра 0,1 В.

Б. Сила тока в резисторе меньше 0,5 А.

В. За 10 с в резисторе выделится количество теплоты, равное 250 Дж.

Г. Напряжение на резисторе меньше 5 В.

3. Как изменится сила Ампера, действующая на прямолинейный проводник с током в однородном магнитном поле при увеличении силы тока в проводнике в 2 раза? Проводник расположен перпендикулярно вектору индукции. Выберите правильное утверждение.

А. Не изменится.

Б. Уменьшится в 2 раза.

В. Увеличится в 2 раза.

Г. Увеличится в 4 раза.

Вариант 5

1. Как изменится по модулю напряженность электрического поля точечного заряда при увеличении расстояния от заряда в 4 раза? Выберите правильное утверждение.

А. Уменьшится в 4 раза.

Б. Увеличится в 4 раза.

В. Уменьшится в 16 раз.

Г. Увеличится в 16 раз.

2. Режим короткого замыкания в цепи возникает, когда... Выберите правильное утверждение.

А. ...внутреннее сопротивление источника тока очень мало.

Б. ...внутреннее сопротивление источника тока велико.

В. ...сопротивление внешней цепи $R \to 0$.

Г. ...сопротивление внешней цепи $R \to \infty$.

3. В неподвижной проволочной рамке, находящейся в магнитном поле, возникает индукционный ток. Выберите правильное утверждение.

А. Сила тока тем больше, чем медленнее изменяется магнитный поток через рамку.

Б. Сила тока максимальна, когда магнитный поток через рамку не изменяется.

В. Сила тока прямо пропорциональна сопротивлению рамки.

Г. Если плоскость рамки параллельна линиям индукции магнитного поля, магнитный поток через рамку равен нулю.

Вариант 6

1. Взаимодействие между неподвижными заряженными частицами осуществляется посредством... Выберите правильное утверждение.
   А. ...гравитационного поля.
   Б. ...электростатического поля.
   В. ...магнитного поля.
   Г. ...конвекционных потоков.
2. В реостате сопротивлением 80 Ом проходит ток силой 2А. Выберите правильное утверждение.
   А. Мощность тока в реостате больше 0,5 кВт.
   Б. Напряжение на реостате равно 40 В.
   В. Если реостат изготовлен из никелиновой проволоки длиной 50 м, то площадь поперечного сечения проволоки меньше 0,2 мм^2.
   Г. В реостате происходит превращение электрической энергии во внутреннюю.
3. Трансформатор понижает напряжение от 220 В до 36 В. Выберите правильное утверждение.
А. Количество витков во вторичной обмотке больше, чем в первичной.
   Б. Трансформатор может понижать постоянное напряжение.
   В. ЭДС во вторичной обмотке возникает вследствие явления электромагнитной индукции.
   Г. Рабочий ток во вторичной обмотке меньше, чем в первичной.

Средний уровень

Вариант 1

1. Два электрических заряда, один из которых в два раза меньше другого, находясь в вакууме на расстоянии 0,6 м, взаимодействуют с силой 2 мН. Определите величины этих зарядов.
2. ЭДС элемента 4,5 В, а внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Какова сила тока в цепи, если сопротивление внешней цепи равно 2 Ом?
3. В однородное магнитное поле с индукцией 85 мТл влетает электрон со скоростью $4{,}6 \cdot 10^7$ м/с, направленной перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определите силу, действующую на электрон в магнитном поле.

4. Во время каких природных явлений образуются и излучаются электромагнитные волны?

Вариант 2

1. Найдите величину заряда, создающего электрическое поле, если на расстоянии 5 см от заряда напряженность электрического поля равна 0,15 МН/Кл.
2. Какую работу совершает электрический ток за 5 мин на участке цепи, если напряжение на этом участке 12 В, а сила тока 0,2 А?
3. В однородном магнитном поле с индукцией 0,8 Тл на проводник с током силой 30 А, длина активной части которого 10 см, действует сила 1,5 Н. Под каким углом к вектору индукции расположен проводник?
4. Что является источником электромагнитного поля?

Вариант 3

1. С какой силой взаимодействуют в вакууме два точечных электрических заряда по 12 нКл, если расстояние между ними 3 см? Во сколько раз уменьшится сила взаимодействия, если заряды будут находиться в воде?
2. На цоколе электрической лампочки написано 6,3 В; 0,28 А. Найдите сопротивление спирали лампочки.
3. Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью $2 \cdot 10^6$ м/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл? Протон движется под углом 30° к линиям магнитной индукции поля.
4. Как направлены электрическое и магнитное поля в электромагнитной волне?

Вариант 4

1. На заряд 30 нКл, внесенный в данную точку поля, действует сила 24 мкН. Найдите напряженность поля в данной точке.
2. Какое количество теплоты выделится в резисторе сопротивлением 15 Ом при протекании по нему тока силой 0,6 А за 2,5 мин?
3. Проводник, сила тока в котором равна 8 А, находится в однородном магнитном поле. Какова индукция магнитного поля, если на прямолинейный участок проводника длиной 10 см, образующий угол 30° с направлением вектора магнитной индукции, действует со стороны магнитного поля сила 10 мН?

4. Какое явление было предсказано Максвеллом?

Вариант 5

1. Два положительных заряда q и $2q$ находятся на расстоянии 10 мм. Заряды взаимодействуют с силой 0,72 мН. Как велик каждый заряд?
2. К источнику тока с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом подключен нагреватель сопротивлением 3,6 Ом. Чему равна сила тока в цепи?
3. Какая сила действует на электрон, движущийся со скоростью $3 \cdot 10^7$ м/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл? Электрон движется перпендикулярно линиям магнитной индукции поля.
4. Где могут распространяться электромагнитные волны? Чем они отличаются от механических волн?

Вариант 6

1. Заряд 5 нКл находится в электрическом поле с напряженностью 8 кН/Кл. С какой силой поле действует на этот заряд?
2. Электрический паяльник рассчитан на напряжение 36 В и силу тока 2,5 А. Какое количество теплоты выделится в паяльнике за 45 мин работы?
3. Какая сила действует со стороны однородного магнитного поля с индукцией 15 мТл на находящийся в поле прямолинейный провод длиной 20 см, по которому идет ток 12 А? Провод образует прямой угол с направлением вектора магнитной индукции.
4. Как, согласно теории Максвелла, связаны изменения электрических и магнитных составляющих электромагнитного поля?

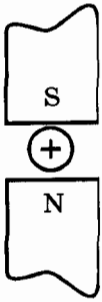
Достаточный уровень

Вариант 1

1. Два одинаковых проводящих шарика с зарядами $-1{,}5 \times \times 10^{-5}$ Кл и $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ Кл вследствие притяжения соприкоснулись и вновь разошлись на 5 см. Определите заряд каждого шарика после соприкосновения и силу электрического взаимодействия между ними.
2. Батарея аккумуляторов с внутренним сопротивлением 0,2 Ом питает десять параллельно соединенных ламп со-

противлением 250 Ом каждая. Определите ЭДС батареи, если сила тока в каждой лампе 0,5 А.

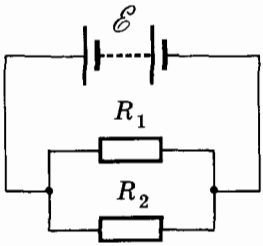
3. В каком направлении должен двигаться проводник, расположенный перпендикулярно к плоскости чертежа, если ток в проводнике идет от наблюдателя?



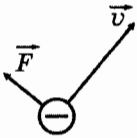
4. Как должна двигаться заряженная частица, чтобы возникло электромагнитное излучение?

Вариант 2

1. С каким ускорением движется протон в электрическом поле с напряженностью 40 кН/Кл?
2. Цепь состоит из источника тока, ЭДС которого 7,5 В, а внутреннее сопротивление 0,3 Ом, и двух параллельно соединенных проводников R_1 = 3 Ом и R_2 = 2 Ом. Определите силу тока во втором проводнике.



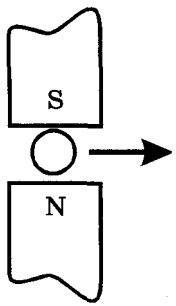
3. На рисунке показаны направление движения электрона и направление действующей на него со стороны магнитного поля силы Лоренца. Каково направление вектора магнитной индукции поля?



4. Какие факты свидетельствуют о переносе энергии электромагнитными волнами?

Вариант 3

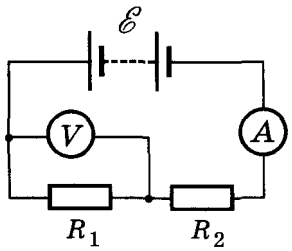
1. Сколько избыточных электронов содержит пылинка, если в электрическом поле с напряженностью $1{,}5 \cdot 10^5$ Н/Кл на нее действует сила $2{,}4 \cdot 10^{-10}$ Н?
2. Определите силу тока при коротком замыкании батарейки с ЭДС 4,5 В, если при замыкании ее на внешнее сопротивление 1,5 Ом сила тока в цепи равна 2,5 А.
3. Определите направление тока в проводнике, находящемся в магнитном поле. Стрелка указывает направление движения проводника.



4. Почему возникают электромагнитные волны? Что представляет собой электромагнитная волна?

Вариант 4

1. В однородном электрическом поле электрон движется с ускорением $3{,}2 \cdot 10^{13}$ м/с^2. Определите напряженность поля, если масса электрона равна $9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг.
2. Каковы показания амперметра и вольтметра в цепи, изображенной на рисунке, если ЭДС источника 6 В, его внутреннее сопротивление 0,2 Ом, а $R_1 = 1{,}8$ Ом, $R_2 = 10$ Ом?

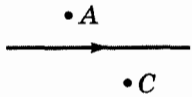


3. На рисунке показаны направление движения электрона и направление действующей на него со стороны магнитного поля силы Лоренца. Каково направление вектора магнитной индукции поля?

4. Перечислите основные свойства электромагнитных волн.

Вариант 5

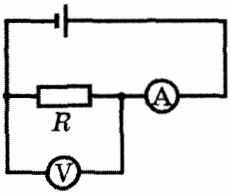
1. Два шарика имеют массы по 20 г. Какие одинаковые заряды необходимо сообщить этим шарикам, чтобы кулоновское отталкивание уравновесило гравитационное притяжение? Расстояние между шариками велико по сравнению с их радиусами.
2. Напряжение на зажимах генератора равно 18 В, а сопротивление внешней цепи в 6 раз больше внутреннего сопротивления. Какова ЭДС генератора?
3. По проводу (см. рисунок) идет электрический ток. В каком направлении повернется магнитная стрелка, помещенная в точку *A*? В точку *C*?



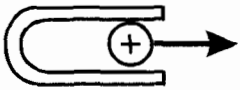
4. Почему Максвелл предположил, что магнитное поле порождается не только электрическим током, но и переменным электрическим полем?

Вариант 6

1. Заряженные шарики, находящиеся на расстоянии 2 м друг от друга, отталкиваются с силой 1 Н. Общий заряд шариков равен $5 \cdot 10^{-5}$ Кл. Как распределен этот заряд между шариками?
2. В электрической цепи (см. рисунок) вольтметр показывает 6 В, а амперметр 3 А. ЭДС источника тока равна 9 В. Найдите сопротивление резистора и внутреннее сопротивление источника тока.



3. Определите полюса магнита, если известно, что при направлении электрического тока в проводнике от наблюдателя проводник перемещается вправо.



4. Какова взаимная ориентация векторов $\vec{B}$, $\vec{E}$ и $\vec{v}$ в электромагнитной волне? Изобразите графически взаимное положение этих векторов в электромагнитной волне.

Разоблаченных тайн святой родник
Их упоит в бессонной жажде знанья.
И Красоты осуществленный лик
Насытит их предельные желанья.

Свершатся сроки: загорится век,
Чей луч блестит на быстрине столетий,
И твердо станет вольный Человек
Пред ликом неба на своей планете.

Валерий Брюсов

Контрольная работа № 2

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Начальный уровень

Вариант 1

1. В атоме бора 5 электронов. Выберите правильное утверждение.
   А. Заряд ядра атома бора меньше $1{,}6 \cdot 10^{-18}$ Кл.
   Б. Атом бора электрически нейтрален.
   В. Заряд атома отрицателен.
   Г. Масса электронов составляет больше половины массы атома.
2. Выберите из перечисленных ниже явлений то, в котором проявляются квантовые свойства света.
   А. Фотоэффект.
   Б. Преломление света.
   В. Интерференция света.
   Г. Дисперсия света.
3. В уране-235 может происходить цепная ядерная реакция. Выберите правильное утверждение.
   А. В результате деления ядра образуются только электроны.
   Б. Цепная реакция происходит с поглощением энергии.
   В. При цепной реакции деление ядра происходит в результате попадания в него нейтрона.
   Г. При цепной реакции деление ядра происходит в результате попадания в него протона.

Вариант 2

1. Воспользовавшись периодической системой элементов, выберите правильное утверждение.
   А. В ядре атома фтора 19 нейтронов.
   Б. В атоме фтора 19 электронов.
   В. В ядре атома фтора 10 протонов.
   Г. Атом фтора электрически нейтрален.
2. Отрицательно заряженная цинковая пластина теряет свой заряд при освещении светом дугового разряда. Выберите правильное утверждение.
   А. С поверхности пластины вылетают протоны.
   Б. Если пластину закрыть непрозрачным экраном, заряд пластины будет продолжать уменьшаться.
   В. Чем больше интенсивность излучения, тем быстрее разряжается пластина.
   Г. Если бы заряд пластины был положительным, освещение пластины также приводило бы к уменьшению заряда.
3. Произошел α-распад изотопа тория $^{234}_{90}Th$. Выберите правильное утверждение.
   А. Образовалось ядро атома другого химического элемента.
   Б. Образовалось ядро с атомным номером 92.
   В. Образовалось ядро с массовым числом 232.
   Г. Число протонов в ядре уменьшилось на 1.

Вариант 3

1. Заряд ядра атома гелия равен $3{,}2 \cdot 10^{-19}$ Кл. Выберите правильное утверждение.
   А. Масса ядра атома намного меньше массы атома.
   Б. Атом гелия имеет положительный заряд.
   В. Практически вся масса атома гелия сосредоточена в ядре.
   Г. В атоме гелия 4 электрона.
2. Свет обнаруживает как волновые, так и корпускулярные свойства. Выберите из приведенных ниже утверждений правильное.
   А. Интерференция света свидетельствует о его корпускулярной природе.
   Б. Дисперсия света свидетельствует о его корпускулярной природе.
   В. Существование красной границы фотоэффекта можно объяснить на основе волновой теории.

Г. Согласно постулатам Бора атомы излучают свет отдельными квантами.

3. В результате попадания нейтрона в ядро атома алюминия $^{27}_{13}Al$ образуется α-частица и ядро некоторого химического элемента. Выберите правильное утверждение.

А. Атомный номер образовавшегося ядра больше 12.

Б. Уравнение реакции имеет вид: $^{27}_{13}Al + ^{0}_{1}n \rightarrow ^{25}_{13}Al + ^{2}_{1}H$.

В. Уравнение реакции имеет вид:

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{24}_{11}Na + ^{4}_{2}He.$$

Г. α-частица представляет собой ядро атома тяжелого водорода.

Вариант 4

1. В ядре изотопа атома лития три протона. Выберите правильное утверждение.

А. Химические свойства всех атомов лития одинаковы.

Б. Атом лития имеет положительный заряд.

В. В ядре атома лития 6 нейтронов.

Г. В состав атома лития входят 6 электронов.

2. Фотоэлементы входят в состав многих устройств. Выберите правильное утверждение.

А. Фотоэлементы превращают электрический сигнал в световой.

Б. Фотоэлемент практически мгновенно реагирует на изменение освещенности.

В. Сила тока в вакуумном фотоэлементе тем больше, чем меньше освещенность катода.

Г. В вакуумных фотоэлементов электроны движутся от анода к катоду прибора.

3. Произошел β-распад изотопа атома водорода $^{3}_{1}H$. Выберите правильное утверждение.

А. Заряд ядра уменьшился.

Б. Образовалось ядро с атомным номером 3.

В. Образовалось ядро с массовым числом 2.

Г. Образовалось ядро $^{3}_{2}He$.

Вариант 5

1. Заряд ядра атома неона равен $1,6 \cdot 10^{-18}$ Кл. Выберите правильное утверждение.

А. В атоме неона 10 электронов.

Б. Масса ядра атома меньше массы электронов.

В. Атом неона имеет положительный заряд.

Г. Радиус ядра атома больше половины радиуса атома.

2. Ученик наблюдает явление дифракции света, рассматривая лампочку сквозь капроновую ткань. Выберите правильное утверждение.

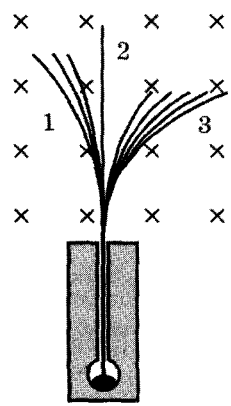
А. Корпускулярная теория объясняет дифракцию света.

Б. Волновые свойства света наблюдаются только при фотоэффекте.

В. Лампочка испускает свет отдельными порциями энергии — квантами.

Г. Корпускулярные свойства света проявляются только при его распространении.

3. Радиоактивный препарат, находящийся на дне канала в куске свинца, дает узкий пучок радиоактивного излучения. В магнитном поле пучок расщепляется на три части (см. рисунок). Выберите правильное утверждение.



А. Пучок 1 представляет собой поток α-частиц.

Б. Пучок 2 представляет собой поток β-частиц.

В. Пучок 3 представляет собой поток γ-квантов.

Г. Если закрыть отверстие канала несколькими листами бумаги, пучок 2 исчезнет.

Вариант 6

1. Воспользовавшись периодической системой элементов, выберите правильное утверждение.

А. В атоме алюминия 27 электронов.

Б. В ядре атома алюминия 13 нейтронов.

В. В ядре атома алюминия 13 протонов.

Г. В ядре атома алюминия 13 нуклонов.

2. На тонкую пленку падает свет, частота которого равна ν. Выберите правильное утверждение.

   А. Все падающие фотоны отражаются от пленки.

   Б. Корпускулярная теория позволяет объяснить интерференцию света в тонких пленках.

   В. Пленка может поглотить энергию света, равную $h\nu/4$.

   Г. Пленка может поглотить энергию света, равную $4h\nu$.

3. Нейтрон впервые был выделен из ядра атома в результате бомбардировки α-частицами бериллия $^{9}_{4}Be$. Выберите правильное утверждение.

   А. При реакции образовалось ядро элемента с атомным номером 12.

   Б. Массовое число образовавшегося ядра равно 6.

   В. Уравнение реакции имеет вид $^{9}_{4}Be + ^{2}_{4}He \rightarrow ^{11}_{7}N + ^{0}_{1}n$.

   Г. Уравнение реакции имеет вид $^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$.

Средний уровень

Вариант 1

1. Сколько нуклонов в ядре атома серебра $^{107}_{47}Ag$? Сколько в нем протонов? нейтронов?
2. Напишите недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:

$$? + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{4}_{2}He.$$

3. Что наводит нас на мысль, что в ядре, кроме электрических сил, действуют ядерные силы?
4. При переходе электрона в атоме водорода с одной орбиты на другую, более близкую к ядру, излучаются фотоны с энергией $3{,}03 \times 10^{-19}$ Дж. Определите частоту излучения атома.

Вариант 2

1. Назовите химический элемент, в атомном ядре которого содержится нуклонов: а) $6p + 6n$; б) $54p + 77n$; в) $88p + 138n$.
2. Напишите недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:

$$? + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n.$$

3. Может ли нейтрон в составе ядра превратиться в протон?

4. При переходе электрона в атоме водорода с третьей стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны, соответствующие длине волны 0,652 мкм (красная линия водородного спектра). Какую энергию теряет при этом атом водорода?

Вариант 3

1. Сколько нуклонов в ядре атома германия $^{73}_{32}Ge$? Сколько в нем протонов? нейтронов?
2. Написать недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:

$$^{2}_{1}H + \gamma \rightarrow ? + ^{1}_{0}n.$$

3. Почему открыть нейтрон было значительно сложнее, чем открыть протон?
4. При какой длине электромагнитной волны энергия фотона была бы равна $9{,}93 \cdot 10^{-19}$ Дж?

Вариант 4

1. Как изменится положение химического элемента в таблице Менделеева после α–распада ядер его атома?
2. Напишите недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:

$$^{198}_{80}Hg + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{198}_{79}Au + ?$$

3. Почему нейтроны являются лучшими «снарядами» для разрушения ядра атома, чем другие частицы?
4. Красная граница фотоэффекта для калия соответствует длине волны 600 нм. Определите работу выхода электронов из калия.

Вариант 5

1. Как изменится положение химического элемента в таблице Менделеева после β-распада ядер его атомов?
2. Напишите недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:

$$^{41}_{19}K + ? \rightarrow ^{44}_{20}Ca + ^{1}_{1}H.$$

3. α-частицу поглотило вещество. Куда же делась эта α-частица?
4. При переходе электронов в атоме водорода с четвертой стационарной орбиты на вторую излучается фотон, дающий зеленую линию в спектре водорода. Определить длину волны этой линии, если при излучении фотона теряется 2,53 эВ энергии.

Вариант 6

1. Изменяется ли химическая природа элемента при испускании γ–лучей его ядрами?
2. Напишите недостающие обозначения в следующей ядерной реакции:

$$^{65}_{30}Zn + ^{1}_{0}n \rightarrow ? + ^{4}_{2}He.$$

3. Могут ли от ядер отделяться частицы большей массы, чем α-частицы?
4. Глаз человека воспринимает свет длиной волны 500 нм, если световые лучи, попадающие в глаз, несут энергию не менее $20{,}8 \cdot 10^{-18}$ Дж. Какое количество квантов света при этом ежесекундно попадает на сетчатку глаза?

Достаточный уровень

Вариант 1

1. Чем отличаются друг от друга атомы различных химических элементов?
2. Определите энергию связи, приходящуюся на один нуклон в ядре атома $^{23}_{11}Na$, если масса последнего 22,99714 а.е.м.
3. Напишите ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке лития $^{7}_{3}Li$ протонами и сопровождающуюся выбиванием нейтронов.
4. Для некоторого металла красной границей фотоэффекта является свет с длиной волны 690 нм. Определить работу выхода электрона из этого металла и максимальную скорость, которую приобретут электроны под действием излучения с длиной волны 190 нм.

Вариант 2

1. Что является главной характеристикой определенного химического элемента?
2. Определите удельную энергию связи ядра атома радия $^{226}_{88}Ra$.
3. Напишите ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке бериллия $^{9}_{4}Be$ α-частицами и сопровождающуюся выбиванием нейтронов.
4. Работа выхода электрона из цинка равна 3,74 эВ. Определите красную границу фотоэффекта для цинка. Какую ско-

рость получат электроны, вырванные из цинка при облучении его ультрафиолетовым излучением с длиной волны 200 нм?

Вариант 3

1. Почему масса атома водорода ненамного отличается от массы протона? Намного ли отличаются размеры атома водорода от размеров протона?
2. Вычислите дефект масс ядра изотопа $^{20}_{10}Ne$.
3. При бомбардировке изотопа алюминия $^{27}_{13}Al$ α-частицами получается радиоактивный изотоп фосфора $^{30}_{15}P$, который затем распадается с выделением позитронов. Напишите уравнение обеих реакций.
4. Какую максимальную скорость приобретут фотоэлектроны, вырванные с поверхности молибдена излучением с частотой $3 \cdot 10^{20}$ Гц? Работа выхода электрона для молибдена 4,27 эВ.

Вариант 4

1. Во что превратится атом натрия, если «убрать» из его ядра один протон, не изменяя количества электронов?
2. Определите энергию связи ядра атома цинка $^{65}_{30}Zn$.
3. При бомбардировке ядра атома азота $^{14}_{7}N$ нейтронами из образовавшегося ядра выбрасывается протон. Запишите схему данной ядерной реакции.
4. Работа выхода электронов из кадмия 4,08 эВ. Какими лучами нужно освещать кадмий, чтобы максимальная скорость вылетающих электронов была $7,2 \cdot 10^5$ м/с?

Вариант 5

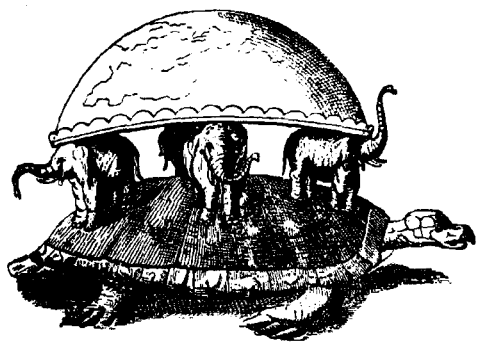
1. Что имеет большую массу: атом лития или положительный ион лития? Атом хлора или отрицательный ион хлора?
2. Вычислите массу ядра атома бериллия $^{9}_{4}Be$, если энергия связи для него равна 6,46 МэВ/нуклон.
3. При бомбардировке нейтронами изотопа бора $^{11}_{5}B$ образуются α-частицы. Напишите уравнение этой ядерной реакции.
4. Красная граница фотоэффекта для рубидия равна 0,81 мкм. Какое задерживающее напряжение надо приложить к фотоэлементу, чтобы задержать электроны, вырываемые из рубидия ультрафиолетовыми лучами длиной волны 0,1 мкм?

Вариант 6

1. О чем свидетельствовало явление радиоактивности?
2. Найдите дефект масс для ядра атома кобальта $^{59}_{27}Co$.
3. Радиоактивный марганец $^{54}_{25}Mn$ получают двумя путями. Первый путь состоит в облучении изотопа железа $^{56}_{26}Fe$ дейтронами, второй — в облучении изотопа железа $^{54}_{26}Fe$ нейтронами. Напишите ядерные реакции.
4. Красная граница для фотоэффекта для материала катода фотоэлемента равна $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Рассчитайте начальную скорость фотоэлектронов при освещении фотокатода синим светом с длиной волны 540 нм.

...Передо мною мир стоит
Мифологической проблемой:
Мне Менделеев говорит
Периодической системой;
Соединяет разум мой
Законы Бойля, Ван-дер-Ваальса —
Со снами вещего вальса,
С богами зреющею тьмой:
Я вижу огненное море
Кипящих веществом существ;
Сижу в дыму лабораторий
Над разложением веществ;
Кристаллизуются растворы
Средь колб, горелок и реторт...
Готово: порошок растерт...

Андрей Белый



ОТВЕТЫ

ХОЧЕШЬ ПОНЯТЬ ЛУЧШЕ — ПОПРОБУЙ РЕШИТЬ!

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И ОПТИКА

1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

1.6. Да, могут. **Решение** Именно так электризуются тщательно отполированные тела (если они изготовлены из разных материалов). Одно из тел «перетягивает» электроны с поверхности другого и заряжается отрицательно, другое тело при этом заряжается положительно.

1.7. Если один конец палочки, находящийся в руке, будет покрыт изоляционным материалом.

1.8. Заряженный шарик привести в соприкосновение с двумя такими же, на которых заряда нет.

1.15. Поровну: 8 нКл; 9 мН. **1.16.** 23 нН; в $2{,}3 \cdot 10^{39}$ раз.

1.17. 2,3 мкН. **1.18.** $8{,}6 \cdot 10^{-13}$ Кл.

1.19. **Решение** Надо коснуться шарика электроскопа заряженным проводником. Трением стеклянной палочки о шелк зарядить ее. Если после прикосновения палочки к шарику электроскопа, его листочки разойдутся на больший угол, заряд на проводнике положительный.

1.20. 0,98 нКл. **1.21.** $3{,}8 \cdot 10^{12}$ м/с^2. **1.22.** 12 см; 27 мкН.

1.23. $5{,}1 \cdot 10^{11}$ Н/Кл; $2{,}2 \cdot 10^{6}$ м/с. **1.24.** 0,6 нКл и 0,2 нКл; $3{,}75 \cdot 10^{9}$ и $3{,}75 \cdot 10^{9}$.

1.25. $12 \cdot 10^{-8}$ Кл; $-4 \cdot 10^{-8}$ Кл; 90 мкН.

1.27. В точке, лежащей на 15 см ниже заряда.

1.28. На расстоянии 15 см от меньшего заряда и 45 см от большего.

1.29. а) На расстоянии 4 см от меньшего заряда и 8 см от большего; б) на расстоянии 12 см от меньшего заряда и 24 см от большего.

1.30. $9 \cdot 10^{-19}$; 1,9 мкг.

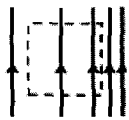
2. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ. ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

2.2. Поле, в котором работа не зависит от формы пути; поле тяготения, электростатическое поле.

2.7. Статические заряды располагаются лишь на внешней поверхности проводника.

2.8. Вследствие разделения зарядов в электрическом поле.

2.11. 1,6 кВ. **2.12.** –6 нКл. **2.13.** –0,6 мкДж. **2.14.** 3 кВ.
2.15. –6 кВ. **2.16.** 80 мДж. **2.17.** 15 кВ. **2.18.** 3 см.
2.19. Да; положительную. **2.20.** $\varphi_A > \varphi_B$, $E_A > E_B$; $\varphi_C > \varphi_D$, $E_C < E_D$.
2.21. ***Указание.*** Силовые линии перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям и направлены в сторону уменьшения потенциала.
2.22. Во всех случаях работа одинакова.
2.23. $-4{,}55 \cdot 10^{-25}$ Дж; $\Delta\varphi = 2{,}8$ мкВ.
2.24. Нельзя, т.к. работа такого поля при перемещении заряда по замкнутой траектории (см. рисунок) могла бы быть отличной от нуля.



2.25. 2,4 см. **2.26.** 4,2 МВ.

3. ЭЛЕКТРОЕМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

3.4. С уменьшением расстояния между пластинами при неизменном заряде разность потенциалов будет уменьшаться, так как емкость увеличивается. При увеличении расстояния между пластинами разность потенциалов будет увеличиваться.
3.7. а) Заряд не изменится; б) электроемкость уменьшится в 2 раза; в) напряженность электрического поля не изменится; г) разность потенциалов увеличится.
3.10. Из формулы $W = \dfrac{CU^2}{2}$ следует, что в первом случае необходима в три раза меньшая энергия.
3.11. а) 10 нКл; б) 0. **3.12.** 20 пФ. **3.13.** 0,2 мКл.
3.14. 30 В. **3.15.** 2 кВ/м.
3.16. 3,2 мкКл. **3.17.** 400 пФ. **3.18.** 1,44 Дж.
3.19. 20 мкФ. **3.20.** 1 кВ.
3.21. 3,2 мм. **3.22.** 11 В. **3.23.** 7,2 нКл. **3.24.** 22,6 МВ/м.
3.25. 3. **Решение** Так как конденсатор отключен от источника, то его заряд в обоих случаях будет одинаков: $q_1 = q_2$. Принимая во внимание, что $q_1 = U_1C_1$ и $q_2 = U_2C_2$, находим $U_1C_1 = U_2C_2$, откуда $U_2/U_1 = C_1/C_2$. Учитывая, что для плоского конденсатора $C_1 = \varepsilon_1\varepsilon_0 S/d$ и $C_2 = \varepsilon_2\varepsilon_0 S/d$, получаем

$C_1 / C_2 = \varepsilon_1 / \varepsilon_2$. Таким образом, $U_2 / U_1 = \varepsilon_1 / \varepsilon_2$, откуда получаем: $\varepsilon_1 = \frac{U_2}{U_1}\varepsilon_2$, или $\varepsilon_1 = \frac{3 \cdot 10^3}{10^3} \cdot 1 = 3$.

3.26. Возможно, раздвигая его пластины. Затрачиваемая при раздвижении пластин энергия внешних сил будет израсходована на увеличение энергии конденсатора.

3.27. 0,1 Дж.

3.28. Энергия конденсатора уменьшается; увеличивается энергия, запасенная в аккумуляторе; энергия отключенного от источника конденсатора при раздвижении пластин растет.

Решение Энергия заряженного конденсатора $W = \frac{CU^2}{2}$, где $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$. Пока конденсатор соединен с источником, $U = \text{const}$. Емкость C при увеличении расстояния d между пластинами уменьшается. Значит, уменьшается и W. Куда же «исчезает» энергия конденсатора и вдобавок энергия, затраченная на раздвигание пластин? Противоречие с законом сохранения энергии, разумеется, кажущееся: ведь конденсатор не является замкнутой системой, он подключен к аккумулятору. При уменьшении емкости конденсатора уменьшается и его заряд. Уходящий с конденсатора заряд проходит через аккумулятор, совершая работу *против* сторонних сил. Вследствие этого увеличивается запасенная в аккумуляторе энергия, т. е. аккумулятор подзаряжается. Если же цепь разомкнуть, то напряжение на конденсаторе уже не будет постоянным. Теперь постоянным будет заряд q конденсатора. Поэтому формулу для энергии заряженного конденсатора удобно записать в виде $W = \frac{q^2}{2C}$. При уменьшении C (раздвигании пластин) энергия конденсатора увеличивается: внешние силы совершают положительную работу, а энергии «уйти» некуда!

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

4.3. Возможен. **4.4.** От экрана.

4.11. $2{,}6 \cdot 10^5$ Кл. **4.12.** 30 м.

4.13. 0,2 Ом·мм^2/м. **4.14.** 10 мКл; $625 \cdot 10^{13}$. **4.17.** 8 кОм.

4.21. 0,35 А. **4.22.** 0,9 А. **4.23.** 0,36 В. **4.24.** 0,1 мм^2.

4.25. 5,7 А. **4.26.** 5 м.

4.27. 81,3 м; 1,38 мм^2. **Решение** Для решения задачи воспользуемся формулами $R = \rho \dfrac{l}{S}$ и $m = dV = dlS$, где ρ — удельное сопротивление меди, а d — ее плотность. Перемножив почленно оба уравнения, находим: $Rm = \rho \dfrac{l}{S} dlS = \rho\, dl^2$, откуда $l = \sqrt{\dfrac{Rm}{\rho\, d}}$.

Теперь разделим второе уравнение на первое: $\dfrac{m}{R} = \dfrac{dS^2}{\rho}$, откуда получаем: $S = \sqrt{\dfrac{m\rho}{Rd}}$.

4.28. 40 мВ/м.

5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

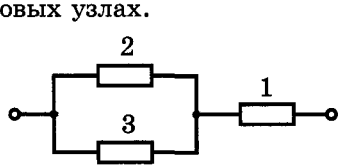
5.2. а) Увеличится; б) уменьшится; ответ не зависит от типа соединения проводников в цепи.

5.7. Лампа не загорится, поскольку при таком включении почти все напряжение приходится на вольтметр, у которого сопротивление, как правило, большее, чем у лампы.

5.8. В цепи возникает очень большой ток (практически — короткое замыкание, так как сопротивление амперметра очень мало), ведущий к порче амперметра.

5.9. 6 Ом. **5.10.** 4 Ом. **5.11.** 27,5 кОм. **5.12.** 7,5 мА; 5 мА; 1,2 кОм. **5.13.** 5 мА; 4,5 В. **5.14.** 3,4 Ом; 64 Ом. **5.15.** 3 Ом.

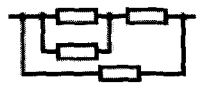
5.16. $I_1 = 0{,}2$ А, $I_2 = I_3 = 0{,}1$ А. **Решение** Прежде всего определим, каковы типы соединений резисторов в данной цепи. Для этого нарисуем эквивалентную схему. Мысленно заменим провода упругими «нитями» и растянем цепь, «взявшись» за полюса источника тока (см. рисунок); преобразуя цепь, нельзя *разрывать* провода, по которым идет ток, и *соединять* их в новых узлах.



Теперь нетрудно найти сопротивление цепи: $R = R_1 + R_{23}$. Следовательно, $I_1 = I = U/R$, $I_2 = I_3 = I/2$.

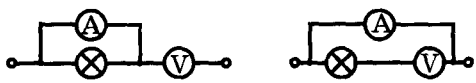
5.17. **Решение** Перегорание лампы 4 приведет к увеличению сопротивления цепи. Следовательно, полная сила тока в цепи уменьшится. Поэтому уменьшатся накал лампы 1 и напряжение на ней. Поскольку *общее* напряжение в цепи не изменяется, увеличится напряжение на участке с параллельным соединением ламп. Значит, накал ламп 2 и 3 увеличится.

5.19. Четыре резистора (см. рисунок).



5.20. Точки подключения должны делить кольцо в отношении 1:3.

5.21. **Решение** В результате ошибки может получиться одна из двух цепей, схемы которых показаны на рисунках *а*, *б*.



а *б*

В случае *а* напряжение на вольтметре практически совпадает с полным напряжением на участке цепи, а напряжение на лампочке практически равно нулю. Поэтому вольтметр показывает напряжение в цепи, но ток в цепи настолько мал, что лампочка не горит и показание амперметра практически равно нулю. В случае *б* практически весь ток идет через амперметр (при параллельном соединении сила тока в ветви цепи обратно пропорциональна сопротивлению этой ветви). Лампочка не горит; вольтметр показывает напряжение, равное нулю. Если амперметр выйдет из строя и на его месте в цепи возникнет разрыв, то вольтметр будет показывать напряжение в цепи, но лампочка так и не загорится.

5.22. 1 Ом.

5.23. $I_1 = 10$ А, $I_2 = 7{,}5$ А, $I_3 = 2{,}5$ А, $I_4 = 2{,}7$ А, $I_5 = 5{,}3$ А, $I_6 = 2$ А, $I_7 = 5{,}5$ А.

5.24. $U_1 = 64$ В, $U_2 = U_3 = 30$ В, $U_4 = U_5 = U_6 = 16$ В, $U_7 = 110$ В.

5.25. **Решение** Сопротивление вычисляется по формуле $R = U/I$, где U и I — показания соответственно вольтметра и амперметра. Обозначим сопротивления вольтметра и амперметра R_V и R_A. Полученное значение R не может быть точным по следующим причинам: а) в схеме *а* амперметр измеряет не силу тока через резистор, а *суммарную* силу тока через резистор и вольтметр, т. е. $I = \frac{U}{R} + \frac{U}{R_V}$, откуда

$$\frac{I}{U} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}. \qquad (1)$$

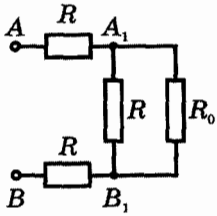
б) В схеме *б* вольтметр измеряет не напряжение на резисторе, а *суммарное* напряжение на резисторе и амперметре, т. е. $U = IR + IR_A$, откуда

$$\frac{U}{I} = R + R_A. \qquad (2)$$

Если бы выполнялось условие $R_A << R << R_V$, то вторыми слагаемыми в правых частях формул (1) и (2) можно было бы пренебречь, и обе эти формулы приняли бы вид $R = U/I$. В этом случае для измерения сопротивления годились бы *обе* схемы. Однако в случае 1 нельзя пренебречь вторым слагаемым в формуле (2), а в случае 3 — вторым слагаемым в формуле (1). Следовательно, в случае 1 (для измерения малых сопротивлений) следует использовать схему *а*; в случае же 3 (для измерения больших сопротивлений) — схему *б*. В случае 2 *ни одна* из схем не позволяет получить достаточно точный результат. Можно, однако, провести измерения по *обеим* схемам, а затем учесть, что измерение по схеме *а* дает заниженный результат, а по схеме *б* — завышенный.

5.26. 30 Ом и 20 Ом.

5.27. **Решение** Для решения этой задачи можно воспользоваться тождеством: море ± капля = море. То есть, если мы к морю добавим или зачерпнем из него каплю воды, то объем моря не изменится. Или иначе, если от бесконечности отнять (или прибавить) единицу, то получим «все ту же» бесконечность. Другими словами, если убрать *первую* из одинаковых ячеек бесконечной цепи, то сопротивление цепи не изменится. Значит, сопротивление цепи, находящейся правее звена A_1B_1, также равно R_0. На рисунке показано, в каком виде можно представить эквивалентную схему *всей* цепи.



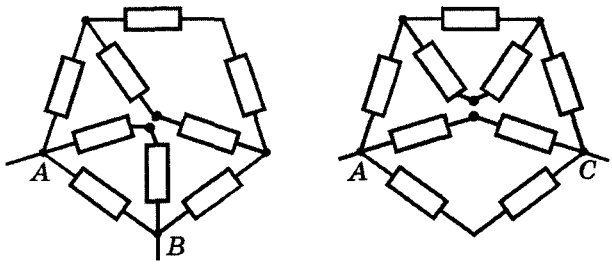
Следовательно, должно выполняться соотношение: $\frac{R_0R}{R+R_0} + 2R = R_0$, откуда находим $R_0 = (\sqrt{3}+1)R \approx 2{,}732R$.

Интересно проследить, как быстро приближается сопротивление конечной цепочки к найденному нами значению при увеличении числа звеньев: одно звено имеет сопротивление $3R$, сопротивление цепочки из двух звеньев $2{,}75R$, из трех звеньев — уже $2{,}733R$.

5.28. 9 Ом.

5.29. $I_1 = I_2 = 0{,}26$ А, $I_3 = 0{,}52$ А, $I_4 = I_5 = 0{,}39$ А, $I_6 = I_7 = 0{,}91$ А.

5.30. 0,6 кОм; 0,8 кОм. ***Указание.*** См. рис. *а* и *б*, на которых показаны соответствующие эквивалентные схемы.



а *б*

6. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ТОКА. ЗАКОН ДЖОУЛЯ — ЛЕНЦА

6.3. Увеличится. **6.4.** Потребляемая мощность уменьшается.

6.5. Да, накал спирали увеличится.

6.6. **Решение** Если обе лампочки *одинаковой* мощности, то *можно*, так как напряжение распределится поровну; если же лампочки *разной* мощности, то *нельзя*, так как на менее мощной лампочке напряжение будет больше 110 В.

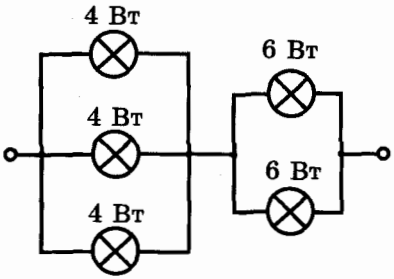
6.9. Накал увеличился.

6.10. Сопротивление холодного металла меньше, чем раскаленного. Поэтому при том же напряжении при включении количество выделяемой в единицу времени теплоты будет больше.

6.11. 6 кДж. **6.12.** 2,5 Ом. **6.13.** 15 В. **6.14.** 200 Вт.

6.15. Лампочка для карманного фонарика, в 1,4 раза; 16 Ом, 1,2 кОм.

6.16. **Решение** Необходимо обратить внимание на то, что при параллельном включении трех лампочек номинальной мощностью по 4 Вт или двух по 6 Вт получаются «потребители», рассчитанные на одинаковое напряжение и одинаковую мощность, а значит — имеющие одинаковые сопротивления.



6.17. $U_1 = 80$ В, $U_2 = U_3 = 40$ В; в 4 раза бо́льшая в первой лампочке.

6.18. 8,1 Вт; 24,3 Вт.

6.19. Электроплитка с меньшим сопротивлением потребляет в 2,5 раза бо́льшую мощность.

6.20. 11,22 МДж. **6.21.** 7,2 кДж. **6.22.** а) 92 Дж, 211 Дж; б) 1 кДж, 435 Дж.

6.23. Из никелина ($\rho = 0{,}42$ Ом · мм^2/м). **6.24.** 6 Вт, 12 Вт.

6.25. 300 Вт, 720 Вт, 480 Вт.

6.26. 92%. **Решение** За время t электрический ток в двигателях электровоза совершает работу $A_з = UIt$; за то же время совершается полезная работа $A_п = Fs = Fvt$. Согласно определению КПД получаем $\eta = \frac{A_п}{A_з} \cdot 100\% = \frac{Fvt}{UIt} \cdot 100\% =$

$= \frac{Fv}{UI} \cdot 100\%$.

6.27. P_1 увеличится в 81/25 раза; P_2 и P_3 уменьшатся в 25/9 раза.

6.28. 12 м/с.

6.29. 69 м. **Решение** Количество теплоты, выделяющееся в нагревателе при прохождении электрического тока $Q_1 = \frac{U^2}{R} t$. Количество теплоты, необходимое для нагревания воды $Q_2 = mc\Delta t$. С учетом КПД получаем:

$\eta Q_1 = Q_2$ или $\eta \frac{U^2}{R} t = mc\Delta t$. Откуда $R = \frac{\eta \cdot U^2 t}{mc\Delta t}$.

С другой стороны $R = \rho \frac{l}{S}$. Решая последние два уравнения совместно, получаем $l = \frac{\eta \cdot U^2 t \cdot S}{mc\Delta t \cdot \rho}$.

6.30. 0,89 кг. **6.31.** 39%. **6.32.** 0,5 м/с.

7. ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

7.1. Полная работа кулоновских сил равна нулю.

7.2. Постоянной является лишь сумма работ, совершаемых источником во внутренней и внешней частях цепи. С изменением внешнего сопротивления изменяется лишь соотношение между ними.

7.3. При замыкании цепи напряжение на лампочке будет меньше ЭДС (разницу составляет падение напряжения внутри батареи).

7.4. Проходящий через вольтметр (а значит, и через батарейку) ток создает падение напряжения на батарейке, вследствие чего напряжение на вольтметре будет меньше ЭДС батарейки.

7.5. Так как через электрометр не проходит ток, то им можно измерить ЭДС. Для этого его корпус следует присоединить к одному из полюсов источника тока, а стержень — к другому.

7.6. При коротком замыкании.

7.7. Вследствие большого тока будет весьма велико падение напряжения внутри источника тока, близкое к значению ЭДС.

7.8. У старой батарейки большое внутреннее сопротивление, что приводит к уменьшению силы тока в цепи.

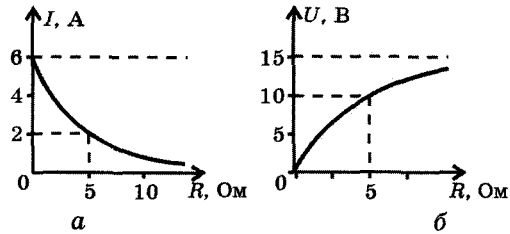
7.9. Вольтметр будет показывать ЭДС источника (если это вольтметр электростатической системы). Вольтметры других систем будут показывать напряжение на самих себе.

7.10. Эту формулу можно использовать только в случае короткого замыкания источника, когда сопротивление внешней цепи равно нулю.

7.11. 240 Дж. **7.12.** 1,5 А; 11,25 В. **7.13.** 2 Ом; 114 В.
7.14. 4,8 Ом; 1,92 В.
7.15. 24 А. **7.16.** 25 В. **7.17.** 5. **7.18.** 48 А. **7.19.** 1,9 В; 0,05 Ом.
7.20. 0,5 А; 5,5 В.

7.21. $U = 15$ В; $I_1 = 3{,}75$ А; $I_2 = 1{,}25$ А. **Решение** Сопротивление внешней цепи $R = R_1R_2/(R_1 + R_2)$, сила тока в цепи $I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$. Напряжение в цепи равно $U = IR$, сила тока — $I_1 = U/R_1$, $I_2 = U/R_2$.

7.22. ***Указание.*** Соответствующие зависимости даются формулами: $I = \frac{\mathscr{E}}{R + r}$ и $U = IR = \mathscr{E}R/R+r$. При увеличении сопротивления реостата сила тока в цепи уменьшается (рис. *а*). При увеличении сопротивления реостата напряжение на реостате возрастает. При достаточно большом сопротивлении $U \approx \mathscr{E}R/R = \mathscr{E}$ (рис. *б*).



а *б*

7.23. 6 В; 1 Ом. ***Указание.*** Продлите график до пересечения с осями координат: в разомкнутой цепи $U = \mathscr{E}$, при коротком замыкании $U = 0$.

7.24. ***Указание.*** Мощность, выделяемая во внешней цепи, равна разности мощностей, выделяемых во всей цепи и во внутренней ее части:
$P = \mathscr{E}I - I^2r$, I — ток в цепи. Решая квадратное уравнение $I^2r - \mathscr{E}I + P = 0$, получаем: $I_1 = 1{,}5$ А, $I_2 = 0{,}5$ А. Двум значениям силы тока соответствуют два различных сопротивления внешней цепи.

7.25. 3 В; 2 Ом.

8. МАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

8.12. ***Указание***: Можно подвесить полотно за середину на нити и проверить, ориентируется ли оно магнитным полем Земли; можно также разломать полотно на две части и проверить, есть ли магнитное взаимодействие между частями.

8.14. Северным полюсом к нам; северным полюсом от нас.

8.16. 9 Н; 0. **8.17.** 0,18 Н. **8.18.** 0,25 Тл. **8.19.** $1{,}44 \cdot 10^{-12}$ Н.

8.20. $2{,}8 \cdot 10^{-14}$ Н.

8.24. На 27°. **Решение** На проводник действует в горизонтальном направлении сила Ампера $F_A = BIl$. Равнодействующая этой силы и силы тяжести должна быть направлена параллельно проводам подвеса, откуда находим $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{BIl}{mg}$.

8.27. К нам.

9. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

9.3. Так, чтобы изменялся поток магнитной индукции, пронизывающий прямоугольник; например, вращать вокруг одной из его сторон.

9.4. Магнитное поле переменного тока, меняющееся с частотой 50 Гц, возбуждает переменные токи звуковой частоты в телефонных проводах. В телефоне будет слышен характерный «фон».

9.6. Заряды, токи, электромагнитное поле.

9.7. Векторы $\vec{E}, \vec{B}$ — силовые характеристики электромагнитного поля.

9.8. Заряды, переменное во времени магнитное поле.

9.9. Электрический ток, переменное во времени электрическое поле. **9.10.** Да.

9.11. Ускоренное движение зарядов; электрический разряд.

9.18. 0,25 Тл. **9.20.** 2 В. **9.21.** 0,2 Вб/с; 0,2 В; при равномерном изменении магнитного поля.

9.23. а) По часовой стрелке (если смотреть сверху); б) против часовой стрелки. ***Указание***: Магнитное поле индукционного тока направлено: а) при замыкании ключа — противоположно магнитному полю витка; б) при размыкании ключа — в ту же сторону, что и магнитное поле витка.

9.24. а) 0; б) 2 В.

9.26. 200 м. **9.27.** 10^{-7} с; 10 МГц. **9.28.** 500.

9.29. Витки соленоида прижимаются друг к другу.

9.30. Разная. В первом случае больше. **9.31.** Нет.

9.32. Колебания будут быстрее затухать.

9.35. 0,5 мКл. **Решение** Разобьем мысленно весь процесс на такие короткие этапы, что на протяжении каждого из них скорость изменения магнитного потока можно считать постоянной. Используем закон Ома для полной цепи и закон электромагнитной индукции: $IR = \mathcal{E}_i = -\Delta\Phi/\Delta t$. В течение каждого этапа через проводник проходит заряд $\Delta q = I\Delta t = -\Delta\Phi/R$. Просуммировав аналогичные соотношения для всех этапов процесса, получим $q = (\Phi_1 - \Phi_2)/R$.

9.38. Нельзя. Можно, система отсчета должна двигаться со скоростью электронного луча.

10. ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

10.10. Повышает в 8 раз. **10.11.** 4400 витков. **10.12.** 0,1 А; 125 Гц; 8 мс.

10.13. 150 В; 0,08 с. **10.14.** 200 В; 0,02 с; 50 Гц.

10.20. ***Указание***: Такой эталон частоты выбран с учетом инерционности человеческого зрения, позволяющего различать сигналы длительностью не менее 0,05 с. Частота 50 Гц дос-

таточна для того, чтобы человеческий глаз не замечал изменения интенсивности излучения ламп накаливания.

11. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ

11.1. Ионосфера Земли отражает и преломляет радиоволны длиной более 10–15 м. **11.2.** Так как Луна лишена атмосферы и не имеет ионосферы, то радиоволны не могут распространяться так, как на Земле, и многократно отражаться от поверхности Луны.

11.4. Короткие радиоволны не огибают гор; за ними образуются «зоны молчания».

11.9. 500 кГц. **11.10.** 6,1 МГц; к коротким. **11.11.** 1 мкс.

11.12. Результат интерференции волн, пришедших к приемнику от одной радиостанции, но разными путями благодаря отражениям.

11.14. За счет источника электрической энергии.

11.15. Радиослушатель. **11.16.** 0,24 с.

11.17. Зимой и ночью слой ионосферы, поглощающий радиоволны, находится выше (на высоте 300 – 600 км). Днем и летом слой опускается ниже (80 – 100 км) и более интенсивно поглощает радиоволны. Различие в приеме особенно сказывается на средних и длинных волнах и слабо — на коротких, так как последние преломляются и отражаются ионосферой.

11.18. ≈ 13600.

11.19. Телецентры работают на ультракоротких волнах (< 10 м). Эти волны почти не дифрагируют (не огибают кривизну поверхности Земли).

11.20. За счет энергии электромагнитных волн, излучаемых передающими радиостанциями; при работе одной передающей станции равна ее частоте. Вынужденными колебаниями.

11.21. При настройке контура в резонанс с электромагнитными колебаниями в антенне.

11.22. 500.

12. ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

12.3. Может. ***Указание***: Столб не отбрасывает тени, когда солнце находится точно в зените (т. е. когда солнечные лучи вертикальны). Это действительно может наблюдаться вблизи экватора.

12.4. ***Указание***: Тень от высоко расположенного источника света короче, чем тень от фары автомобиля, поэтому неровности дороги менее заметны.

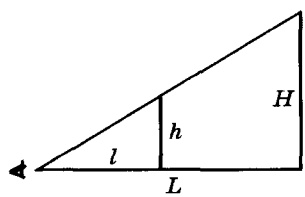
12.7. Рассеянным (диффузным).

12.13. 12 м. **12.16.** 30°. **12.17.** Под углом 20° к горизонту.

12.20. 30°. **12.21.** 80°.

12.22. В менее плотной. **12.24.** 45°. **12.25.** а) нет; б) да.

12.26. **Решение** С помощью линейки надо измерить длину вытянутой руки (обозначим эту длину l). Затем, держа линейку в вытянутой руке (см. рисунок), надо «измерить» видимую «высоту» дерева (обозначим ее h). Тогда ширина реки L находится из пропорции $\frac{L}{H} = \frac{l}{h}$, где H — высота дерева. При расчетах можно пренебречь длиной руки по сравнению с шириной реки.



12.27. **Решение** И лужу, и дорогу освещают ночью только фары автомобиля. От гладкой поверхности воды свет отражается зеркально, т. е. вперед, а при отражении от шероховатой дороги свет рассеивается, так что часть отраженного света попадает в глаза водителю. По той же причине при свете фар встречного автомобиля вид дороги преобразится в «противоположный»: лужа будет казаться ярким пятном на темном фоне.

12.28. Зеркало должно составлять с горизонтальной поверхностью стола угол 25°. **12.29.** 65°. **12.30.** 39°.

13. ЛИНЗЫ. ГЛАЗ И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

13.7. 1,25 дптр; 0,4 дптр; 5 дптр. **13.8.** 0,8 м; 0,5 м; 0,25 м.

13.10. Фокусное расстояние увеличивается, оптическая сила уменьшается.

13.11. Глаз и фотоаппарат дают действительное перевернутое изображение. В отличие от линз фотоаппарата фокусное расстояние зрачка — переменное. **13.23.** Близорукость.

13.24. Очень дальнозорким. ***Указание***: Преломление на границе вода–роговица намного слабее, чем на границе воздух–роговица.

13.26. **Решение** Приближая предмет к глазу, мы увеличиваем угол, под которым виден предмет. Однако при этом для создания четкого изображения на сетчатке требуется все большая деформация хрусталика. А поскольку хрусталик не может деформироваться слишком сильно, изображение очень близко расположенного предмета будет нечетким. Если же с помощью маленького отверстия уменьшить ширину попадающего в глаз светового пучка, изображение станет более четким (хотя и менее ярким).

14. СВЕТОВЫЕ ВОЛНЫ

14.2. Радужные полосы в тонких пленках возникают в результате интерференции световых волн, отраженных от верхней и нижней границ пленки.

14.4. Дифракцией света на дорожках диска.

14.6. Явление объясняется дифракцией света на имеющихся в воздухе мельчайших частичках водяной пыли или кристалликах льда.

14.7. Имеет место дифракция на щели, образованной веками прищуренного глаза, и на решетке, образованной ресницами.

14.10. **Решение** Лучи красного цвета имеют большую длину волны по сравнению с лучами других цветов, входящих в состав спектра. Лучи с большей длиной волны меньше рассеиваются атмосферой, находящимися в ней пылинками, водяным паром и т. д., поэтому они лучше видны издалека.

14.11. Не изменяется. **14.12.** Увеличивается. **14.13.** 526 нм.

14.14. 579 нм. **14.15.** Максимум. **14.16.** $3{,}9 \cdot 10^{14}$ Гц. **14.17.** $2 \cdot 10^{6}$.

14.18. $2.25 \cdot 10^{8}$ м/с.

14.20. а) Равномерная освещенность экрана; б) во втором случае полосы будут ближе друг к другу.

14.21. С энергетической точки зрения интерференционная картина представляет собой пространственное перераспределение энергии световых волн в строгом соответствии с законом сохранения энергии. В одних областях пространства имеют место максимумы энергии световых колебаний, в других — минимумы.

14.22. Размеры колонны сравнимы с длиной звуковых волн, поэтому они огибают колонну. Световые волны не огибают колонну.

14.24. Толстый слой поглощает свет; лишь после испарения толщина пленки достигает значения, при котором наступает интерференция.

14.25. Фиолетовому, красному, желтому.

14.27. Инфракрасное излучение значительно хуже проходит через стекло, чем видимое. Благодаря этому тепло удерживается в помещении.

14.28. Плохо; в этом отношении обычные стекла неудобны, так как не пропускают в жилище лучи, которые уничтожают бактерии и необходимы для нормального развития организма человека.

15. ЦВЕТ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ

15.2. ***Указание***: Тела красного цвета были бы видны красными, а тела других цветов — черными, так как красные лучи Солнца были бы поглощены этими телами. Природа казалась бы двухцветной — красно-черной.

15.4. Зеленые листья будут казаться черными, потому что зеленое излучение будет поглощено красным стеклом и в глаз наблюдателя не проникнут никакие лучи.

15.7. 225500 км/с; 223400 км/с.

15.8. Освещенные белым светом: синяя бумага отражает свет синего цвета, поглощая остальные; синее стекло пропускает свет синего цвета, поглощая остальные; воздух рассеивает синий свет.

15.9. Атмосфера Земли рассеивает световые волны голубой части спектра. У Луны нет атмосферы.

15.10. 547 нм; красный; красный.

15.11. Снег в тени освещен светом, рассеянным атмосферой.

15.12. Нет. **15.13.** Сильнее всего воздухом рассеиваются синие и голубые лучи.

15.15. **Решение** Монохроматических электромагнитных излучений белого, серого и черного цветов в природе нет. Такие цвета объясняются различным свойством тел отражать и поглощать излучения, падающие на них. Если тело освещено солнечным излучением, то оно кажется: 1) белым — при полном отражении этого излучения; 2) черным — при поглощении этого излучения; 3) серым — при частичном отражении и поглощении цветных лучей сложного белого излучения.

15.16. **Решение** В вакууме дисперсии волн нет; скорость света всех длин волн одинакова. Во всякой другой прозрачной среде скорость распространения красного света больше, чем фиолетового.

15.17. Желтый свет воздухом не рассеивается.

15.18. **Решение** Когда светило находится низко над горизонтом, свет от него проходит в атмосфере наибольшее рас-

стояние. На более длинном пути заметно рассеиваются не только синие и голубые составляющие солнечного света, но также желтые и зеленые. Остаются лишь самые длинные световые волны — красные.

15.19. На темном фоне мы наблюдаем дым в рассеянном свете, а на фоне светлого неба — в проходящем. Мелкие частицы дыма сильнее всего рассеивают коротковолновую часть солнечного излучения.

15.20. При красном ближе. ***Указание***: Красные лучи преломляются слабее. Для получения изображения на сетчатке глаза увеличивается оптическая сила хрусталика, и расстояние до предмета кажется меньшим.

15.21. Человек видит красный свет, так как окраска света, воспринимаемая глазом, зависит не от длины волны, которая изменилась при переходе света в воду, а от частоты колебаний, которая осталась прежней.

15.23. Цвет прозрачного тела определяется составом света, проходящего через него; цвет непрозрачного тела определяется смесью тех цветов, которые оно отражает.

15.24. Для прозрачного — от проходящего света, для непрозрачного — от смеси отраженных цветных лучей. Цвета, при наложении которых возникает белый цвет.

КВАНТЫ И АТОМЫ. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

16. ЯВЛЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

16.14. Энергия и импульс первого фотона в k раз больше, чем второго.

16.15. Когда длина волны этого света была большей, чем длина волны красной границы фотоэффекта.

16.16. При нагревании металла увеличивается энергия движения электронов и уменьшается их взаимодействие с ионами, что приводит к уменьшению работы выхода, и этим «облегчает» процесс фотоэффекта.

16.18. $3{,}3 \cdot 10^{-19}$ Дж; 2,1 эВ. **16.19.** $4 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с. **16.20.** 295 нм.

16.21. Да, нет. **16.22.** 0,9 эВ. **16.23.** $6{,}5 \cdot 10^{5}$ м/с. **16.26.** $1{,}33 \cdot 10^{15}$ Гц.

16.27. 545 нм. **Решение** После изменения длины волны излучения максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 4 раза. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$hc/\lambda_1 = A + E_{k1},\ \ hc/\lambda_2 = A + E_{k2} = A + 4E_{k1}.$$

Исключая из этих уравнений E_{k1}, найдем $A = \frac{hc(4\lambda_2 - \lambda_1)}{3\lambda_1\lambda_2}$.

Поскольку $A = \frac{hc}{\lambda_{max}}$, получаем $\lambda_{max} = \frac{3\lambda_1\lambda_2}{4\lambda_2 - \lambda_1}$.

16.29. Увеличить на $2{,}7 \cdot 10^{14}$ Гц. **16.30.** 1,86 эВ; 1,85 эВ.
16.31. $6{,}4 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.
16.32. Увеличится еще в полтора раза; 540 км/с.

17. СТРОЕНИЕ АТОМА. АТОМНЫЕ СПЕКТРЫ

17.6. Нельзя, так как эта формула применима лишь для неподвижных точечных зарядов, а скорость альфа-частиц достаточно велика.
17.8. По классической теории атом в модели Резерфорда должен быть неустойчивым, что не согласуется с опытом. Да; нет.
17.9. Когда он движется по одной из дозволенных стационарных орбит.
17.10. В момент перехода с более удаленной на менее удаленную от ядра атома орбиту.
17.12. Изменением энергии атома при его переходе с одного энергетического уровня на другой.
17.15. Энергия излученных фотонов меньше.
17.16. 8,3 эВ. **17.17.** 250 нм.
17.19. Увеличилась на $4 \cdot 10^{-19}$ Дж.
17.21. $21 \cdot 10^{-19}$ Дж. ***Решение*** Изменение энергии атома после перехода равно: $\Delta E = h\nu_1 + h\nu_2$. С учетом того, что $\nu = \frac{c}{\lambda}$, получаем, что $\Delta E = \frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2} = hc\left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}\right) = hc\frac{\lambda_2 + \lambda_2}{\lambda_2 \cdot \lambda_2}$.

17.22. $\lambda_4 = \frac{\lambda_2\lambda_3}{\lambda_2 - \lambda_3}$, $\lambda_3 = \frac{\lambda_1\lambda_6}{\lambda_1 + \lambda_6}$, $\lambda_5 = \frac{\lambda_2\lambda_6}{\lambda_2 - \lambda_6}$.

17.23. $\lambda = \frac{2hc}{mv^2} \approx 124$ нм.

18. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

18.2. Формула а) выражает волновые, а формула б) — корпускулярные свойства света. **18.3.** В левой части формулы величина E характеризует частицу, а в правой частота ν — волну.

18.4. Нет, корпускулярно-волновой дуализм проявляется в свойствах света, а не в природе, которая является электромагнитной.

18.5. Константа k связывает термодинамическую температуру — макропараметр — со средней кинетической энергией движения молекул, характеризующей микропараметры; h — константа, связывающая корпускулярные и волновые свойства материальных объектов.

18.6. В случаях а) и в) — как частица; в случае б) — как волна.

18.9. Как способность микрообъекта проявлять волновые или корпускулярные свойства в зависимости от внешних условий.

18.11. Да. **18.12.** Нет, так как в этом случае импульс частицы был бы бесконечно большим.

18.13. Неопределенность координаты электрона в атоме одного порядка с размерами атома.

18.14. Чем больше масса тела, тем больше неопределенность его импульса, следовательно, тем меньше неопределенность координаты.

18.15. Причина этого состоит в чрезвычайной малости постоянной Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с по сравнению с «макроскопическими» величинами.

18.17. $1,3 \cdot 10^{-25}$ м. Длина волны оказалась в 10^{15} раз меньше размеров атома. Разумеется, никакими приборами невозможно измерить подобную длину волны.

18.18. Когда речь идет о законах макроскопической физики. Законы макроскопической (классической) физики являются частным случаем законов квантовой физики и могут быть получены при условии, что $h = 0$.

18.22. ***Решение*** По теории Бора, электрон движется вокруг ядра по определенным орбитам. В этом случае положение электрона может быть определено с точностью до размеров атома, следовательно, Δx имеет порядок 10^{-10} м. По принципу неопределенности импульс можно найти с погрешностью Δp, приблизительно равной $\frac{h}{\Delta x}$:

$$\Delta p = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{10^{-10}} \approx 6,63 \cdot 10^{-24} \left(\text{кг} \cdot \text{м/с}\right).$$

Погрешность скорости $\Delta v \ \frac{\Delta p}{m}$, $\Delta v = 7 \cdot 10^6$ м/с. Считая электрон материальной точкой, движущейся по окружности радиусом $R = 10^{-10}$ м, найдем его скорость из соотношения $\frac{mv^2}{2} = k\frac{e^2}{R^2}$, откуда $v = 5 \cdot 10^6$ м/с. Получается, что скорость

электрона оказывается одного порядка с погрешностью (неопределенностью скорости): $v \approx \Delta v$. Таким образом, нельзя говорить о движении электрона по орбите, нельзя указать, в какой точке орбиты оказывается электрон в каждый момент времени. В квантовой физике понятие орбиты электрона в атоме не имеет смысла. Можно лишь говорить о вероятности обнаружить электрон на определенном расстоянии от ядра.

18.23. Из формулы $eU = \frac{mv^2}{2}$ следует, что $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$. На основании формулы $\lambda = \frac{h}{mv}$ находим, что длина волны равна $2{,}7 \cdot 10^{-11}$ м.

18.24. ***Решение*** В предыдущей задаче было подсчитано, что при напряжении 2000 В в электронно-лучевой трубке длина волны электрона равна $2{,}7 \cdot 10^{-11}$ м, а его скорость — $2{,}65 \cdot 10^7$ м/с. Будем исходить из того, что в макромасштабе траектория может быть определена с погрешностью не меньше $\Delta x = 10^{-6}$ м (это довольно точные измерения). Так как $v = \frac{\Delta p}{m}$, то $\Delta v = \frac{\Delta p}{m}$, но $\Delta p = \frac{h}{\Delta x}$. Поэтому получается $\Delta v = 7 \cdot 10^2$ м/с. Следовательно, если измерять координату с погрешностью $\Delta x = 10^{-6}$ м, то погрешность в измерении скорости может составлять 0,003%. Как видим, решение задач на макроскопическом уровне возможно с чрезвычайно малыми погрешностями.

18.25. $7 \cdot 10^{-11}$ м.

18.26. Нет, так как погрешность прибора 10^5 м, а длина волны 10^{-11} м.

19. СТРОЕНИЕ АТОМНОГО ЯДРА. ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ

19.1. Ванадий. **19.4.** Азот, аргон, сурьма, менделевий.

19.11. Марганец, бром, цезий.

19.12. $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл; $8 \cdot 10^{-19}$ Кл; $32 \cdot 10^{-19}$ Кл. **19.13.** 10^5.

19.14. В ядре атома кремния; в ядрах гелия, углерода, азота, кислорода, неона, магния, серы и кальция.

19.15. Да; ядерные силы не имеют электромагнитной природы.

19.16. Для превращения в нейтрон протон должен получить дополнительную энергию. В ядре он ее получает от соседних частиц.

19.17. Между нуклонами существуют свободные промежутки.

19.18. Объем такого ядра меньше объема ядра алюминия в 1,5 раза. Так как плотность вещества ядер почти одинаковая, то массовое число искомого ядра будет $\frac{27}{1,5^3} = 8$. Таким образом, интересующее нас ядро является ${}^{8}_{4}\mathrm{Be}$.

19.19. Ядерные силы короткодействующие. Каждый нуклон взаимодействует только с ближайшими к нему нуклонами, а не со всеми сразу.

19.20. Да. Ядро имеет конечный объем, поэтому нуклоны находятся там на определенных конечных расстояниях один от другого. Значит, начиная с некоторого расстояния, силы притяжения между ними поступаются перед силами отталкивания.

20. РАДИОАКТИВНОСТЬ. ПРАВИЛО СМЕЩЕНИЯ

20.4. Превратилась в обычный атом гелия.

20.5. α- и β-распад изменяет состав ядра, γ-излучение — нет.

20.8. Возможны варианты: б) и г).

20.11. β-частицы, вылетевшие из различных ядер одного и того же изотопа, имеют различные скорости.

20.14. Из ядра ${}^{224}_{88}\mathrm{Ra}$. **20.15.** ${}^{235}_{92}\mathrm{U}$. **20.16.** 86, 220; ${}^{220}_{86}\mathrm{Rn}$.

20.17. ${}^{209}_{83}\mathrm{Bi}$. **20.18.** 11. **20.19.** Восемь и шесть.

20.20. Шесть α-распадов и четыре β-распада.

21. ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА. ПРИЧИНЫ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АТОМНЫХ ЯДЕР

21.4. Нет, так как останется небольшое их количество.

21.7. Размер ядра определяется радиусом действия ядерных сил. Вот почему нет ядер размером с арбуз.

21.8. Существуют ядра диаметром в десятки километров. Это — так называемые нейтронные звезды. Существование их возможно только потому, что в нейтронной звезде на помощь ядерным силам притяжения приходят большие гравитационные силы притяжения, которые являются дальнодействующими — именно они и удерживают нуклоны в нейтронной звезде.

21.9. 270 сут. ***Решение*** Так как $m = m_0 2^{-\frac{t}{T}}$, то $2^{-\frac{t}{T}} = \frac{m}{m_0}$, откуда $2^{-\frac{810}{T}} = \frac{1}{8}$. Тогда $2^{-\frac{810}{T}} = 2^{-3}$, откуда $T = \frac{810}{3} = 270$ суток.

21.10. За 5,8 года.

21.11. $\Delta N = 0,63N_0$; здесь ΔN — доля распавшихся атомов. N_0 — их начальное значение.

21.12. Больше половины.

21.13. $N_0 = N\sqrt[4]{2} = 5946$.

21.14. $\dfrac{3 \cdot 10^{24}}{2^{1000/5700}} = 2,7 \cdot 10^{24}$.

21.15. 12,5%.

21.16. Согласно принципу Паули, который запрещает двум нейтронам находиться в одном и том же состоянии, если бы ядро строилось только из нейтронов, они должны были бы располагаться на все более и более высоких энергетических уровнях (так как нижние уровни были бы уже заполнены).

21.17. ***Решение*** Согласно принципу Паули два нейтрона и два протона образуют стабильную группу. Это — α-частица, то есть ядро гелия ^4_2He. Даже находясь в составе «общего» ядра, нуклоны большую часть времени проводят не поодиночке, а «компаниями» по 2 нейтрона и 2 протона, то есть в виде α-частиц. Эти «компании» сохраняются даже при радиоактивном распаде ядра — вот почему нуклоны из ядра вылетают не поодиночке, а сразу «четверкой» — в виде α-частиц.

21.18. ***Решение*** Каждый протон взаимодействует со всеми другими посредством электромагнитного поля. С увеличением числа протонов силы отталкивания между ними увеличиваются. Они могут быть скомпенсированы появлением в ядре каждый раз большего числа нейтронов, которые усиливают ядерное притяжение, но в электрическом отталкивании участия не принимают. Так как каждый протон притягивается лишь ближайшими нуклонами, то с увеличением их числа в ядре число нейтронов должно увеличиваться быстрее, чем число протонов.

21.19. $2,25 \cdot 10^9$ лет.

21.20. ***Решение*** Из соотношения неопределенности следует, что неопределенность импульса нуклона в ядре в десятки и сотни тысяч раз больше неопределенности импульса электрона в атоме. Это означает, что нуклоны в ядре с большой вероятностью имеют огромные импульсы, а, значит, и огромные кинетические энергии: расчеты показывают, что кинетические энергии нуклонов в ядре оказываются действительно порядка миллионов электрон-вольт.

22. ДЕФЕКТ МАСС И ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ

22.4. Нет. К энергии покоя частиц, образовавших ядро, добавляется энергия связи, от чего уменьшается полная энергия ядра и соответствующая масса.

22.5. Энергия связи $^{7}_{3}Li$ больше, так как в ядре меньше протонов.

22.6. Ядро атома водорода состоит из одного протона.

22.8. Ядро атома железа, так как удельная энергия связи его больше.

22.9. 4,0015 а.е.м.; 7,01436 а.е.м.; 26,97441 а.е.м.

22.10. 0,03038 а.е.м.; 0,04213 а.е.м.; 0,24149 а.е.м.

22.11. $2{,}845 \cdot 10^{-10}$ Дж.

22.12. а) у элемента с массовым числом 200; б) у элемента с массовым числом 20.

22.13. Энергия притяжения растет пропорционально числу протонов, а энергия электростатического отталкивания пропорциональна квадрату их зарядов.

22.14. На $2{,}55 \cdot 10^{-2}$ а.е.м. ($4{,}23 \cdot 10^{-29}$ кг).

22.15. 39,2 МэВ; 559,1 МэВ.

22.16. $1{,}9 \cdot 10^{5}$ м/с. ***Решение*** При распаде ядра выделяется энергия, равная $E = \Delta m \cdot c^2$, где Δm — разность между массой ядра радия и суммарной массой двух образовавшихся ядер:

$$\Delta m = (m_{Ra})_я - (m_{Rn})_я - (m_{He})_я =$$
$$= (m_{Ra} - 88m_e) - (m_{Rn} - 86m_e) - (m_{He} - 2m_e) =$$
$$= m_{Ra} - m_{Rn} - m_{He} = 2{,}53 \cdot 10^{-3} \text{ (а.е.м.)}.$$

Согласно закону сохранения импульса, образовавшиеся ядра разлетаются в противоположных направлениях с одинаковыми по модулю импульсами: $m_{Rn}v_{Rn}$ $m_{He}v_{He}$.

Из закона сохранения энергии $\Delta m \cdot c^2 = \frac{m_{Rn}v_{Rn}^2}{2} + \frac{m_{He}v_{He}^2}{2}$ получаем: $v_{Rn} = c \cdot \sqrt{\frac{2m_{He} \cdot \Delta m}{m_{Rn}(m_{Rn} + m_{He})}}$.

Проверка единиц измерения: $[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Вычисляем скорость:

$$v_{Rn} = 3 \cdot 10^{8} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 2{,}53 \cdot 10^{-3}}{222 \cdot (222 + 4)}} = 1{,}9 \cdot 10^{5} \text{ (м/с)}.$$

22.17. 2,01355 а.е.м.; 2,0141 а.е.м.
22.19. 14,3 МэВ. **22.20.** 7,28 МэВ.

23. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ. ВЫДЕЛЕНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

23.2. Распад радиоактивного ядра самопроизволен (не требует затрат энергии извне), здесь нет бомбардирующей ядро частицы.

23.8. ***Решение*** Выделилась. В результате самопроизвольного распада ядро переходит в состояние с меньшей энергией связи — в более устойчивое состояние.

23.9. Нейтрон. **23.10.** Нейтронами.

23.15. Выделяется энергия 15 МэВ.

23.16. Поглощается энергия 1,7 МэВ.

23.17. Выделяется энергия 5,7 МэВ. **23.18.** Поглощается энергия 2,8 МэВ.

23.19. 7,27 МэВ.

23.20. *Путем осуществления ядерной реакции. В природе существует* один стабильный изотоп золота (${}^{197}_{79}\mathrm{Au}$) и семь ртути. Значит, в ходе ядерной реакции из ядра ртути необходимо удалить один протон и либо три, четыре, пять или семь нейтронов. Например, ${}^{198}_{80}\mathrm{Hg} + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{197}_{79}\mathrm{Au} + {}^{1}_{1}p + {}^{1}_{0}n$.

24. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

24.4. Химической.

24.6. Используются в качестве замедлителя нейтронов.

24.7. Кулоновские силы отталкивания возрастают с увеличением порядкового номера элемента, и для их преодоления требуется кинетическая энергия, соответствующая большей температуре.

24.8. Первая происходит при делении тяжелых ядер — используется в атомных реакторах; вторая осуществляется в результате синтеза легких ядер при высоких температурах — имеет место в звездах.

24.10. ${}^{238}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{239}_{93}\mathrm{Np} + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{239}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{0}_{-1}e$.

24.12. Нейтрон может появиться за счет самопроизвольного деления ядра урана; при этом каждое деление дает 2–3 свободных нейтрона.

24.13. ***Решение*** Нейтроны, являющиеся результатом спонтанного деления ядер урана, как правило, поглощаются ядра-

ми $^{238}_{92}U$, при этом цепная реакция не происходит. Столкновения же их с ядрами $^{235}_{92}U$ происходят очень редко из-за малого (0,7%) количества последнего в урановой руде.

24.14. ***Решение*** Нет, потому что суммарная энергия связи ядер, полученных в результате реакции, окажется меньше суммарной энергии связи исходных ядер, а это означает, что ядерная реакция синтеза таких ядер атомов должна протекать с поглощением энергии.

24.15. Термоядерные реакции на Солнце идут с небольшой интенсивностью в связи с недостаточно высокой температурой в недрах Солнца.

24.16. Быстрые нейтроны зачастую вылетают из толщи вещества урана, не успев вступить в цепную реакцию. Медленные нейтроны дольше находятся вблизи ядра, поэтому возрастает вероятность захвата их ядром урана.

24.17. −1,27 МэВ. ***Решение*** Освобождающаяся при ядерных реакциях энергия равна разности между суммарной энергией связи образовавшихся ядер и суммарной энергией связи исходных ядер. Энергия связи ядра равна произведению удельной энергии связи на число нуклонов в ядре.

$$\Delta E = 7{,}75 \cdot 17 - 7{,}48 \cdot 14 - 7{,}075 \cdot 4 =$$
$$= 131{,}75 - 104{,}72 - 28{,}3 = -1{,}27 \text{ (МэВ)}.$$

Так как освобождающаяся энергия отрицательная, то это означает, что ядерная реакция происходит при поглощении энергии извне.

24.18. $2{,}82 \cdot 10^{-12}$ Дж. ***Решение*** Для расчета энергии, выделяемой в данной термоядерной реакции, воспользуемся формулой: $\Delta E = \Delta mc^2$, где $\Delta m = m_{^2_1H} + m_{^3_1H} - m_{He} - m_n$.

Вычисления дают следующие результаты:

$$\Delta m = 2{,}01410 + 3{,}0165 - 4{,}00260 - 1{,}00866 = 0{,}0189 \text{ а.е.м.} =$$
$$= 3{,}14 \cdot 10^{-29} \text{ кг}.$$
$$\Delta E = 3{,}14 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2{,}82 \cdot 10^{-12} \text{ (Дж)}.$$

24.19. 17,6 МэВ. **24.20.** $3{,}2 \cdot 10^{19}$ Дж.

24.21. $82{,}8 \cdot 10^{12}$ Дж; 2,8 т.

24.22. $4{,}259 \cdot 10^{27}$ МэВ.

25. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

25.1. Взаимопревращаемость элементарных частиц.

25.2. Здесь имеется в виду то, что при взаимодействии одних элементарных частиц могут возникнуть другие элементар-

ные частицы. Они «не строятся из материала» начальных частиц, как, например, дом из кирпичей.

25.5. Законы сохранения тех физических величин, которые характеризуют состояние совокупности частиц в целом до и после взаимодействия (например, энергии, импульса, заряда).

25.6. Сильным взаимодействием.

25.7. Адроны (барионы: нуклоны и гипероны; мезоны).

25.8. Нейтрино, электрон, таон и соответствующие им античастицы.

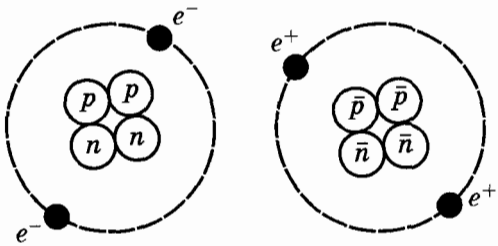
25.9. Слабое взаимодействие; например, взаимодействие лептонов с ядрами атомов.

25.10. Вещество состоит из совокупности элементарных частиц, например, протонов, нейтронов, электронов. Антивещество состоит из совокупности античастиц.

25.11. Элементарные частицы, которые могут существовать в свободном состоянии неограниченное время, называются стабильными. Стабильных частиц в природе четыре: фотон, электрон, протон и нейтрино. Стабильными частицами также являются их античастицы.

25.13. Антигелий.

25.14. На рисунке изображены схемы атомов гелия и антигелия. Ядро атома гелия состоит из двух протонов и двух нейтронов, а оболочка — из двух электронов. Ядро атома антигелия состоит из двух антипротонов и двух антинейтронов, а оболочка — из двух позитронов.



25.15. $1{,}638 \cdot 10^{-13}$ Дж. **Решение** Так как $m_{0e^-} = m_{0e^+}$, то $E = 2m_0c^2$. Откуда получаем: $E = 2 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16} = 1{,}638 \cdot 10^{-13}$ (Дж).

25.16. $3 \cdot 10^{-10}$ Дж. **25.17.** $3 \cdot 10^{-10}$ Дж.

25.18. $1{,}8 \cdot 10^{17}$ Дж. **Решение** Так как в аннигиляции участвуют 1 кг вещества и 1 кг антивещества, то $E = 2m_0c^2$. Откуда получаем: $E = 2 \cdot 1 \cdot 9 \cdot 10^{16} = 1{,}8 \cdot 10^{17}$ (Дж).

25.20. $2{,}4 \cdot 10^{-12}$ м. **Решение** Электрон и позитрон имеют одинаковую массу m_e, поэтому в предположении их нулевой кинетической энергии до аннигиляции из закона сохранения энергии следует: $2m_ec^2 = 2\frac{hc}{\lambda}$, откуда получаем $\lambda = \frac{h}{m_ec}$. Производим вычисления:

$$\lambda = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^8} = 2{,}4 \cdot 10^{-12}\,(\text{м}).$$

25.21. $1{,}2 \cdot 10^{20}$ Гц. **Решение** Можно считать, что сумма импульсов частиц, движущихся очень медленно, равна нулю, поэтому векторная сумма импульсов обоих фотонов также должна равняться нулю. Следовательно, гамма-кванты разлетаются под углом 180°. Частоту γ-кванта находим из закона сохранения энергии: $2m_0c^2 = 2h\nu$, $\nu = \frac{m_0c^2}{h}$. Откуда

$$\nu = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot \left(3 \cdot 10^8\right)^2}{6{,}63 \cdot 10^{-34}} \approx 1{,}2 \cdot 10^{20}\ (\text{Гц}).$$

25.22. Сильное взаимодействие: 3), 6); слабое взаимодействие: 1), 4), 5); электромагнитное взаимодействие: 2).

25.23. Второй вид распада запрещен законом сохранения энергии. Масса покоя протона, а следовательно, и энергия покоя меньше массы и энергии покоя нейтрона.

25.24. Не может. ***Указание.*** Рассмотрите описанный в задаче процесс в системе отсчета центра масс электрона и позитрона, воспользовавшись законами сохранения энергии и импульса.

25.25. $\nu > 2{,}5 \cdot 10^{20}$ Гц. ***Указание.*** В отличие от процесса, описанного в задаче 25.24, данный процесс возможен благодаря передаче импульса веществу. Энергия каждого кванта должна при этом превышать энергию покоя пары электрон-позитрон.

25.26. **Решение** В системе отсчета, в которой электрон *после* взаимодействия покоится, процесс выглядел бы так: движущийся электрон поглощает фотон и останавливается. Это явно противоречит закону сохранения энергии. Однако возможен процесс, при котором электрон, поглотив фотон, испускает другой фотон.

25.27. $2{,}7 \cdot 10^{-22}$ кг · м/с. **25.28.** $1{,}63 \cdot 10^{22}$ Гц.

САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Самостоятельная работа № 2

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	80 мкН	20 мкКл	5,76 нН	2нКл; 4 нКл	95 км	10 нКл

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	$5 \cdot 10^{12}$	0,8 мкН; 0,9 мкН	в $4{,}2 \cdot 10^{42}$ раз	5 мкКл; 90 Н

№	5	6	7	8
	13,5 мН	$1{,}25x$	3 мм	в 1 см от меньшего и в 3 см от большего заряда

Самостоятельная работа № 3

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	800 Н/Кл	20 мкН	10 мкН	40 Н/Кл; 400 нКл	0,6·МН/Кл	81

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	0,9 кН/Кл	2 см	12,3 см	182 Н/Кл

№	5	6
	на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии a от меньшего заряда и $2a$ от большего	245 Н/Кл

Самостоятельная работа № 4

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	0,8 мкДж	2 нКл	4 кВ	5 кВ	0,11 Дж	15 кВ

Достаточный уровень

№	1	2	3
	71 В	$1{,}3 \cdot 10^4$ км/с	25 нКл

№	4	5	6
	22,75 В	$1{,}1 \cdot 10^8$ м/с	0,5 нКл

Самостоятельная работа № 5

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	0,08 Кл	2,5 В	1,2 мкДж	100 пФ	17,7 пФ	0,8 Дж

Достаточный уровень

№	1	2	3
	1,5 В/м	48 мкКл	160 пФ; 7,2 мкДж

№	4	5	6
	0,2 нКл	56 кВ/м	15 кВ

ПОСТОЯНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Самостоятельная работа № 6

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	12 Кл	1,7 Ом	8 кОм	120 В	43 м	5,45 А

Достаточный уровень

№	1	2	3
	0,21 В	0,6 Ом·мм^2/м	2,4 А

№	4	5	6
	39,3 м	3,2 А	50 мВ/м

Самостоятельная работа № 7

Средний уровень

№	1	2	3	4
	2,5 Ом	6 Ом	9 Ом	2,1 Ом

№	5	6	7	8
	3 Ом	10,4 Ом	3,3 Ом	1,7 Ом

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5
	5/8 Ом	18 Ом	4 Ом	1,5 Ом	1,25 Ом

№	6	7	8	9	10
	1 Ом	0,5 Ом	6,62 Ом	3 Ом	1,5 Ом

Самостоятельная работа № 8

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	16,2 кДж	100 Вт	43,2 кДж	380 В	90 кДж	127 В

Достаточный уровень

№	1	2	3	4
	24,2 Ом; 3,74 Ом	12,6 Дж	144 Дж; 4,8 Вт; 7,5 Ом	6 кДж

№	5	6	7	8	9	10
	$2 \cdot 10^{18}$	118 Ом	30 км/ч	10,2 А	62,5%	23,5 Ом

Самостоятельная работа № 9

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	0,5 А; 4,25 В	2 Ом	0,6 А; 5,88 В	540 Дж	5,5 Ом; 8,25 В	0,5 Ом

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
	2,1 Ом	12 А	72 В	1,9 Ом	22,5 В; 4,5 Ом	0,5 Ом; 3 В

МАГНИТОСТАТИКА

Самостоятельная работа № 11

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	40 мТл	15 А	8 Н	40 мТл	0,6 м	8 Н

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Самостоятельная работа № 13

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	1,5 мкс	2 м	6,1 МГц	1 МГц; 300	3 м; 10^{-8} с	200 м

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
	2,4 км	50 нс	1,5 км	9,6 км	750 м	$2{,}25 \cdot 10^8$ м/с; 13,3 см

Самостоятельная работа № 14

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	0,25	44 В	20	30 В; 0,29	0,2; 3500	1/3; 2520

СВЕТ И ЦВЕТ

Самостоятельная работа № 17

Достаточный уровень

№	1	2	3
	Уменьшится в 1,5 раза	$2 \cdot 10^6$	376 нм

№	4	5	6
	300 нм · $(2k + 1)$, где $k = 0, 1, 2, \ldots$	ослабление света ($k = 85$)	1,33

Самостоятельная работа № 18

Достаточный уровень

№	1	2	3
	571 нм	$1{,}92 \cdot 10^8$ м/с; 378 нм	380 нм

№	4	5	6
	377 нм	530 нм	480 нм; 360 нм

КВАНТЫ И АТОМЫ

Самостоятельная работа № 19

Средний уровень

№	1	2	3
	$1{,}28 \cdot 10^{15}$ Гц	$3{,}2 \cdot 10^{-19}$ Дж	$4 \cdot 10^{-17}$ Дж

№	4	5	6
	фотоэффект не наступит	$1{,}04 \cdot 10^{15}$ Гц	$1{,}35 \cdot 10^{-19}$ Дж

Достаточный уровень

№	1	2	3
	$3{,}04 \cdot 10^{-19}$ Дж	94,3 нм	$6{,}7 \cdot 10^{5}$ м/с

№	4	5	6
	$1{,}33 \cdot 10^{15}$ Гц	1,76 В	$3 \cdot 10^{-19}$ Дж

Самостоятельная работа № 20

Достаточный уровень

№	1	2	3
	$3 \cdot 10^{-19}$ Дж	660 нм	$3 \cdot 10^{-19}$ Дж

№	4	5	6
	486 нм	$4{,}4 \cdot 10^{-19}$ Дж	$36{,}4 \cdot 10^{-19}$ Дж

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Самостоятельная работа № 22

Средний уровень

№	1	2	3	4	5	6
	25%	6,25%	99,22%	12,5%	98,44%	6,25%

Достаточный уровень

№	1	2	3	4	5	6
	3 ч	За 26 лет	Через 1 ч	80 сут	3,8 сут	30

Самостоятельная работа № 23

Средний уровень

№	1	2	3
	0,124 а.е.м.	97 МэВ	0,019 а.е.м.

№	4	5	6
	256 МэВ	0,07 а.е.м.	127,6 МэВ

Достаточный уровень

№	1	2	3
	105 МэВ	37,4 МэВ	7,7 МэВ/нуклон

№	4	5	6
	128 МэВ	8,3 МэВ/нуклон	28,3 МэВ

Самостоятельная работа № 24

Достаточный уровень

№	1	2	3
	поглощается	3 МэВ	8,15 МэВ

№	4	5	6
	выделяется	0,17 МэВ	поглощается (5,7 МэВ)

Самостоятельная работа № 25

Достаточный уровень

№	1	2	3
	23,9 МэВ	$1{,}1 \cdot 10^{10}$ Дж	17,6 МэВ

№	4	5	6
	$8{,}2 \cdot 10^{10}$ Дж	22,4 МэВ	$8{,}2 \cdot 10^{13}$ Дж; $3 \cdot 10^{3}$ т

Контрольная работа № 1

Средний уровень

№	1	2	3
1	400 нКл; 200 нКл	42 нКл	1,44 мН; в 81 раз
2	1,8 А	720 Дж	2,25 Ом
3	$6{,}3 \cdot 10^{-13}$ Н	39°	$1{,}6 \cdot 10^{-14}$ Н

№	4	5	6
1	800 Н/Кл	2 нКл; 4 нКл	40 мкН
2	810 Дж	1,5 А	243 кДж
3	25 мТл	$9{,}6 \cdot 10^{-13}$ Н	36 мН

Достаточный уровень

№	1	2	3
1	5 мкКл; 90 Н	$3{,}8 \cdot 10^{12}$ м/с^2	10^4
2	126 В	3 А	9 А

№	4	5	6
1	182 Н/Кл	$1{,}72 \cdot 10^{-12}$ Кл	38 мкКл; 12 мкКл
2	0,5 А; 0,9 В	21 В	2 Ом; 1 Ом

Контрольная работа № 2

Средний уровень

№	1	2	3
4	$4{,}6 \cdot 10^{15}$ Гц	$3 \cdot 10^{-19}$ Дж	0,2 мкм

№	4	5	6
4	$33{,}1 \cdot 10^{-20}$ Дж	490 нм	53

Достаточный уровень

№	1	2	3
2	8,1 МэВ	7,7 МэВ/нуклон	$2{,}882 \cdot 10^{-28}$ кг
4	$2{,}9 \cdot 10^{-19}$ Дж; $1{,}3 \cdot 10^6$ м/с	332 нм; $9{,}3 \cdot 10^5$ м/с	$2{,}85 \cdot 10^8$ м/с

№	4	5	6
2	121 МэВ	$1{,}5 \cdot 10^{-23}$ кг	0,5554 а.е.м.
4	223 нм	10,8 В	$3{,}11 \cdot 10^5$ м/с

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Элементарный электрический заряд — $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона — $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг $= 5{,}5 \cdot 10^{-4}$ а.е.м.
Масса покоя протона — $m_p = 1{,}673 \cdot 10^{-27}$ кг $= 1{,}00728$ а.е.м.
Масса покоя нейтрона — $m_n = 1{,}675 \cdot 10^{-27}$ кг $= 1{,}00867$ а.е.м.
Энергия покоя электрона — $E_{0e} = m_e c^2 = 8{,}187 \cdot 10^{-14}$ Дж $= 0{,}511$ МэВ
Энергия покоя протона — $E_{0p} = m_p c^2 = 1{,}503 \cdot 10^{-10}$ Дж $= 938{,}26$ МэВ
Энергия покоя нейтрона — $E_{0n} = m_n c^2 = 1{,}505 \cdot 10^{-10}$ Дж $= 939{,}55$ МэВ
Скорость света в вакууме — $c = 3 \cdot 10^8$ м/с
1 а.е.м. $= 1{,}66057 \cdot 10^{-27}$ кг
Постоянная Планка $h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с

Коэффициент пропорциональности между единицами измерения массы и энергии — $c^2 = \dfrac{E}{m} = 931{,}5\ \dfrac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}}$

Отношение заряда электрона к его массе — $\dfrac{e}{m_e} = 1{,}759 \cdot 10^{11}$ Кл/кг

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

1. Диэлектрическая проницаемость

Винипласт	3,5	Парафин	2
Вода	81	Слюда	7,5
Керосин	2,1	Стекло	8
Масло машинное	2,5	Текстолит	7

2. Удельное сопротивление проводников
(при 20 °С)

Вещество	ρ, 10^{-8} Ом · м	Вещество	ρ, 10^{-8} Ом · м
Алюминий	2,8	Нихром	110
Вольфрам	5,5	Свинец	21
Латунь	7,1	Серебро	1,6
Медь	1,7	Сталь	12
Никелин	42	Константан	50

3. Скорость звука, м/с

Вода	1500	Воздух	340	Стекло	5500

4. Показатель преломления

Алмаз	2,42	Сероуглерод	1,63
Бензол	1,5	Спирт этиловый	1,36
Вода	1,33	Стекло	1,5

5. Работа выхода электронов, эВ

Вольфрам	4,5	Платина	5,3
Калий	2,2	Серебро	4,3
Литий	2,4	Цезий	1,8
Оксид бария	1,3	Цинк	4,2

6. Относительная атомная масса некоторых изотопов, а. е. м.

(для определения массы ядра необходимо вычесть от массы атома суммарную массу электронов)

Изотоп	Масса нейтрального атома	Изотоп	Масса нейтрального атома
$^{1}_{1}H$ (водород)	1,00783	$^{12}_{6}C$ (углерод)	12,00000
$^{2}_{1}H$ (дейтерий)	2,01410	$^{13}_{6}C$ (углерод)	13,00335
$^{3}_{1}H$ (тритий)	3,01605	$^{14}_{7}N$ (азот)	14,00307
$^{3}_{2}He$ (гелий)	3,01602	$^{15}_{7}N$ (азот)	15,00011
$^{4}_{2}He$ (гелий)	4,00260	$^{16}_{8}O$ (кислород)	15,99491
$^{6}_{3}Li$ (литий)	6,01513	$^{17}_{8}O$ (кислород)	16,99913
$^{7}_{3}Li$ (литий)	7,01601	$^{27}_{13}Al$ (алюминий)	26,98146
$^{8}_{4}Be$ (бериллий)	8.00531	$^{30}_{14}Si$ (кремний)	29,97376
$^{9}_{4}Be$ (бериллий)	9,01219	$^{40}_{20}Ca$ (кальций)	39,96259
$^{10}_{5}B$ (бор)	10,01294	$^{56}_{26}Fe$ (железо)	55,93494
$^{11}_{5}B$ (бор)	11,00931	$^{226}_{88}Ra$ (радий)	226,02435

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гельфгат И. М., Генденштейн Л. Э., Кирик Л. А.* 1001 задача по физике с ответами, указаниями, решениями. — М.: Илекса, 2002.
2. *Кирик Л. А.* Физика-11. Разноуровневые самостоятельные и контрольные работы. — М.: Илекса, 2004.
3. *Гельфгат И. М., Ненашев И. Ю.* Физика-11. Сборник задач. — Харьков: Гимназия, 2004.
4. *Гельфгат И. М., Кирик Л. А.* Физика-11. Тесты для тематического контроля. — К.: Лицей, 2003.
5. *Рымкевич А. П.* Физика. Сборник задач для 10—11 классов. — М.: Дрофа, 2002.
6. *Тульчинский М. Е.* Качественные задачи по физике в средней школе. — М.: Просвещение, 1976.

Учебное издание

Кирик Леонид Анатольевич
Дик Юрий Иванович

ФИЗИКА

11 класс

Сборник заданий и самостоятельных работ

Научный редактор *Е.Н. Евлахова*
Литературный редактор *Л.В. Дмитриева*
Компьютерная верстка *С.И. Удалов*
Корректор *К.П. Бондаренко*

Подписано в печать 18.03.2009. Формат 60×90/16.
Уч.-изд. л. 16,00. Тираж 10 000 экз. Заказ 435.

ООО «Илекса», 105187, г. Москва, Измайловское шоссе, 48а,
сайт: www.ilexa.ru, E-mail: real@ilexa.ru,
факс 8(495) 365-30-55, телефон 8(495) 984-70-83

Отпечатано в ОАО «Чеховский полиграфический комбинат»
Сайт: www.chpk.ru E-mail:marketing@chpk.ru
факс 8(49672) 6-25-36, тел. 8(499) 270-73-59

Л.А.Кирик
Ю.И.Дик

ФИЗИКА 11

Сборник заданий и самостоятельных работ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКТ ПО ФИЗИКЕ

- ☐ Учебник
- ■ Сборник заданий и самостоятельных работ
- ☐ Методические материалы
- ☐ Компакт-диск с электронным приложением
- ☐ Тетрадь для лаборато

книги MB7077166 Физика. Тренажер. Универсальное издание для подготовки к ЕГЭ
www.bolero.ru

ISBN 978-5-89237-156-8
9 785892 371568