

Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик,
И. М. Гельфгат, И. Ю. Ненашев

ФИЗИКА

11 класс

В двух частях
Часть 2

ЗАДАЧНИК

для общеобразовательных учреждений
(базовый уровень)

Под редакцией Л. Э. ГЕНДЕНШТЕЙНА

2-е издание, исправленное



Москва 2010

УДК 373.167.1:53

ББК 22.3я72

Г34

Генденштейн Л. Э.

Г34 Физика. 11 класс. В 2 ч. Ч. 2. Задачник для общеобразовательных учреждений (базовый уровень) / Л. Э. Генденштейн, Л. А. Кирик, И. М. Гельфгат, И. Ю. Ненашев ; под ред. Л. Э. Генденштейна. — 2-е изд., испр. — М. : Мнемозина, 2010. — 96 с. : ил.

ISBN 978-5-346-01484-3

Задачник содержит качественные, расчетные и экспериментальные задания, сгруппированные по темам, изучаемым в 11-м классе в соответствии с действующей программой по физике. В каждый раздел включено достаточное количество задач трех уровней сложности. К расчетным задачам в конце книги приведены ответы, к некоторым даны указания или решения.

УДК 373.167.1:53

Учебное издание

Генденштейн Лев Элевич, Кирик Леонид Анатольевич,
Гельфгат Илья Маркович, Ненашев Игорь Юрьевич

ФИЗИКА

11 класс

В двух частях

Часть 2

ЗАДАЧНИК

для общеобразовательных учреждений
(базовый уровень)

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 77.99.60.953.Д.003577.04.09 от 06.04.2009.

Формат 60×90 ¹/₁₆. Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Школьная».

Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,0. Тираж 30 000 экз. Заказ № 25621 (Ж-Гэ).

Издательство «Мнемозина». 105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29б.

Тел.: 8 (499) 367 5418, 367 5627, 367 6781; факс: 8 (499) 165 9218.

E-mail: ioc@mnmnozina.ru www.mnmnozina.ru

Магазин «Мнемозина»

(розничная и мелкооптовая продажа книг,
«КНИГА — ПОЧТОЙ», ИНТЕРНЕТ-магазин).

105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29 б.

Тел./факс: 8 (495) 783 8284; тел.: 8 (495) 783 8285.

E-mail: magazin@mnmnozina.ru www.shop.mnmnozina.ru

Торговый дом «Мнемозина» (оптовая продажа книг).

Тел./факс: 8 (495) 665 6031 (многоканальный). E-mail: td@mnmnozina.ru

Отпечатано в ОАО «Смоленский полиграфический комбинат».

214020, г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1.

© «Мнемозина», 2009

© «Мнемозина», 2010, с изменениями

© Оформление. «Мнемозина», 2010

Все права защищены

ISBN 978-5-346-01482-9 (общ.)

ISBN 978-5-346-01484-3 (ч. 2)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный задачник является вторым основным компонентом учебно-методического комплекта по физике для 11-го класса (авторы учебника Л. Э. Генденштейн, Ю. И. Дик). В книге содержатся качественные, расчетные и экспериментальные задания, сгруппированные по тематическим разделам, в каждом из которых выделено три уровня сложности.

Разделы, как правило, начинаются с «Устной разминки», после которой следуют задания в порядке возрастания уровня сложности.

Не все задания в сборнике являются обязательными для каждого учащегося. Учитель имеет возможность подобрать задачи с учетом особенностей каждого класса.

Для удобства в книге использованы специальные обозначения:



для задач, к которым даны указания;



для задач, к которым даны полные решения.

Все необходимые для решения задач справочные данные приведены на форзацах.

ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

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

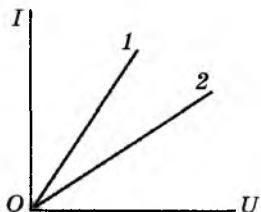
1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ДЕЙСТВИЯ ТОКА. ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ

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

УСТНАЯ РАЗМИНКА

- 1.1. Двигаются ли заряженные частицы в проводнике, когда по нему не идет ток?
- 1.2. Как определить, не разрывая цепь, идет ли по проводу электрический ток?
- 1.3. Каково направление электрического тока электронного луча в кинескопе телевизора: к экрану или от него?
- 1.4. Каково назначение источника тока в электрической цепи? Можно ли сказать, что он *создает* заряды на полюсах?
- 1.5. В каких устройствах используется тепловое действие тока? магнитное действие?
- 1.6. В чем различие движения свободных электронов в металлическом проводнике в двух случаях: когда он присоединен к полюсам источника тока и когда он отсоединен от источника?
- 1.7. Капля дождя в процессе падения электризуется. Можно ли говорить о наличии электрического тока между землей и облаком в данном случае?
- 1.8. Согласно закону Ома сопротивление $R = \frac{U}{I}$. Означает ли это, что сопротивление зависит от силы тока и напряжения?
- 1.9. Обладает ли проводник электрическим сопротивлением, когда по нему не идет ток?

1.10. На рисунке показаны графики зависимости силы тока от напряжения для двух проводников. Какой из проводников имеет большее сопротивление? Обоснуйте свой ответ.



1.11. Какой заряд проходит каждую секунду через поперечное сечение провода, питающего лампу, если сила тока в лампе равна 1 А?

1.12. При какой силе тока за 4 с через поперечное сечение проводника проходит заряд 32 Кл?

Первый уровень

1.13. Зарядка автомобильного аккумулятора длилась 5 ч. Какой заряд прошел по цепи, если сила тока равнялась 10 А?

1.14. Какова сила тока в резисторе сопротивлением 200 Ом при напряжении 5 В?

1.15. Каково сопротивление электрического нагревателя, если при напряжении 200 В сила тока в нем равна 4 А?

1.16. Сила тока в вольтметре, который показывает 120 В, равна 15 мА. Определите сопротивление вольтметра.

1.17. Сила тока в проводнике сопротивлением 2 кОм равна 30 мА. Каково напряжение на проводнике?

1.18. Реостат сопротивлением 40 Ом рассчитан на максимальную силу тока 2 А. Можно ли включать этот реостат в цепь с напряжением 70 В? 100 В?

1.19. Каково сопротивление медного провода длиной 500 м, если площадь его поперечного сечения 0,25 мм²?

1.20. Внешние размеры сплошного медного стержня и медной трубки одинаковы. Какое из этих тел имеет большее электрическое сопротивление?

Второй уровень

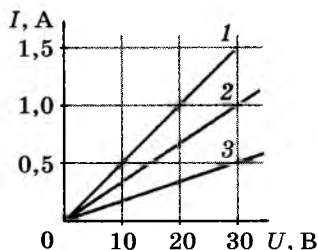
1.21. Сила тока электронного луча кинескопа равна 100 мкА. Сколько электронов каждую секунду попадает на экран кинескопа?

1.22. Безопасной для человека считается сила тока 1 мА. Какой заряд проходит по цепи за 10 с при такой силе тока? Сколько электронов должно проходить через поперечное сечение проводника за 1 с, чтобы создать такую силу тока?

1.23. Для питания лампы фотовспышки используется конденсатор электроемкостью 800 мкФ, заряженный до напряжения 300 В. Какова средняя сила тока разрядки конденсатора, если длительность вспышки составляет 20 мс?

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

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



1.26. Для изготовления реостата сопротивлением 126 Ом использовали никелиновую проволоку с площадью поперечного сечения 0,1 мм². Какова длина проволоки?

1.27. Определите удельное сопротивление проводника, если его длина 2,4 м, площадь поперечного сечения 0,4 мм², а сопротивление 1,2 Ом.

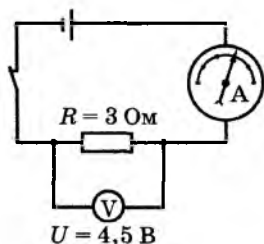
1.28. Какова площадь поперечного сечения алюминиевой проволоки, если сопротивление 100-метрового отрезка этой проволоки равно 5,6 Ом?

1.29. Спираль изготовлена из нихромовой проволоки с площадью поперечного сечения 0,8 мм². Какова длина проволоки, если при силе тока 0,5 А напряжение на спирали 22 В?

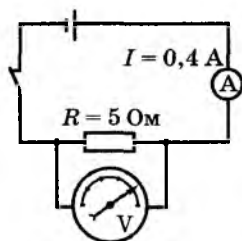
1.30. Реостат с максимальным сопротивлением 150 Ом подключен к источнику постоянного напряжения 9 В. Постройте график $I(R)$ зависимости силы тока в цепи от сопротивления реостата.

1.31. Возможен ли электрический ток в отсутствие электрического поля?

1.32. Какова цена деления шкалы амперметра (см. рисунок)? До замыкания ключа стрелка амперметра находилась напротив первого штриха шкалы.



1.33. Какова цена деления шкалы вольтметра (см. рисунок)? До замыкания ключа стрелка вольтметра находилась напротив первого штриха шкалы.



1.34. Сила тока в медном проводнике с поперечным сечением $1,5 \text{ мм}^2$ и длиной 14 м равна $2,2 \text{ А}$. Определите напряжение на концах этого проводника.


1.35. Сила тока в никелиновом проводнике длиной 40 м равна $0,5 \text{ А}$. Определите площадь поперечного сечения проводника, если к его концам приложено напряжение 84 В .

1.36. В цепь источника тока, дающего напряжение $6,3 \text{ В}$, включили кусок никелиновой проволоки длиной 25 см с площадью поперечного сечения $0,05 \text{ мм}^2$. Какая сила тока установилась в цепи?

1.37. Сила тока в спирали электрокипятильника 4 А . Кипятильник включен в сеть напряжением 220 В . Какова длина нихромовой проволоки, из которой изготовлена спираль кипятильника, если площадь ее поперечного сечения равна $0,1 \text{ мм}^2$?

Третий уровень

1.38. Определите силу тока в цепи, если суммарная масса всех электронов, проходящих за $0,5 \text{ с}$ через поперечное сечение проводника, равна 10^{-9} г .

 **1.39.** Медная проволока массой $m = 300 \text{ г}$ имеет электрическое сопротивление $R = 57 \text{ Ом}$. Найдите длину проволоки l и площадь ее поперечного сечения S . Плотность меди равна 8900 кг/м^3 .

1.40. Сопротивление медной проволоки 1 Ом, ее масса 1 кг. Какова длина проволоки и площадь ее поперечного сечения? Плотность меди равна 8900 кг/м³.

1.41. Какова напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике площадью поперечного сечения 1,4 мм² при силе тока 2 А?

О, как божественно соединенье
Извечно созданного друг для друга!
Н. Гумилев

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

$$R = R_1 + R_2 + \dots, \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Устная разминка

2.1. Как соединены между собой электроприборы в вашей квартире?

2.2. Как изменится сопротивление цепи, если сопротивление одного из резисторов в этой цепи:

- а) увеличить;
- б) уменьшить?

Зависит ли ответ от типа соединения проводников?

2.3. Два куска проволоки одинакового размера, изготовленные из меди и алюминия, соединены параллельно и подключены к батарее. В каком из них сила тока больше?

2.4. В электропоезде ток идет по воздушному проводу, двигателю и рельсу. Одинакова ли сила тока в тонком проводе и толстом рельсе?

2.5. Ученик по ошибке включил вольтметр вместо амперметра при измерении силы тока в лампе. К чему привела эта ошибка?

Первый уровень

2.6. Каково сопротивление участка цепи, состоящего из трех последовательно соединенных резисторов сопротивлениями 10, 20 и 30 Ом?


2.7. Каково сопротивление участка цепи, состоящего из двух параллельно соединенных резисторов сопротивлениями 40 и 60 Ом?

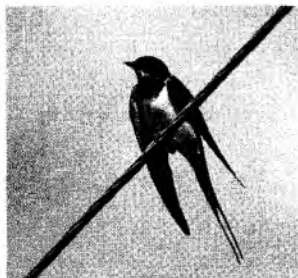
2.8. Сколько одинаковых резисторов сопротивлением $200\ \Omega$ потребуется, чтобы получить сопротивление цепи $1,6\ \text{к}\Omega$?

2.9. Сколько одинаковых резисторов сопротивлением $600\ \Omega$ потребуется, чтобы получить сопротивление цепи $120\ \Omega$?

2.10. Каким может быть сопротивление участка цепи, состоящего из двух резисторов, сопротивления которых 2 и $3\ \text{к}\Omega$?

Второй уровень

 **2.11.** Почему птицы спокойно садятся на провода высоковольтной цепи?



2.12. Как изменится сопротивление электрической цепи, если подключить к любому звену цепи еще один резистор:

- последовательно;
- параллельно?

2.13. В елочной гирлянде, включенной в сеть $220\ \text{В}$, последовательно соединены 20 одинаковых лампочек. Каковы напряжение на каждой лампочке и ее сопротивление в рабочем режиме, если сила тока в гирлянде $46\ \text{мА}$?

2.14. В елочной гирлянде последовательно соединены лампочки для карманного фонарика. При включении этой гирлянды в сеть на каждую из лампочек приходится напряжение $3\ \text{В}$. Почему же опасно, выкрутив одну из лампочек, сунуть в ее патрон палец?

2.15. К источнику постоянного напряжения $48\ \text{В}$ подключили три резистора, соединенные последовательно. Сила тока через первый резистор равна $1\ \text{А}$, сопротивление второго составляет $12\ \Omega$, а напряжение на третьем резисторе $15\ \text{В}$. Каковы сопротивления первого и третьего резисторов?

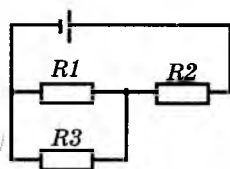
2.16. Автомобильную лампу, рассчитанную на напряжение $12\ \text{В}$ и силу тока $8\ \text{А}$, нужно включить в сеть напряжением $172\ \text{В}$. Какое необходимо добавочное сопротивление и как его нужно подключить к лампе?

2.17. Два резистора соединены параллельно. Сопротивление первого резистора 25 Ом. Сила тока во втором резисторе 7,5 А, напряжение на нем 150 В. Какова общая сила тока в цепи?

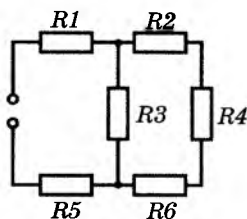
2.18. Каким может быть сопротивление участка цепи, состоящего из одинаковых резисторов сопротивлением по 12 кОм, если можно использовать не более трех резисторов?

2.19. Каким может быть сопротивление участка цепи, состоящего из одинаковых резисторов сопротивлением по 24 кОм, если можно использовать не более четырех резисторов? Начертите возможные схемы этого участка цепи.

2.20. В электрической цепи (см. рисунок) резисторы R_1 — R_3 имеют сопротивление 10 Ом каждый. Каковы напряжение на каждом резисторе и сила тока в каждом из них, если напряжение источника тока 30 В?

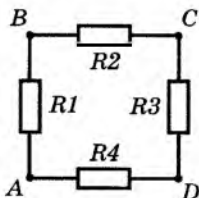


2.21. К источнику тока напряжением 110 В подключена электрическая цепь (см. рисунок). Все резисторы имеют сопротивление 10 кОм каждый. Найдите силу тока в каждом резисторе.

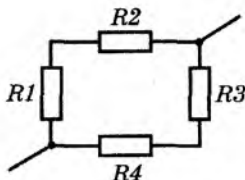


2.22. Сопротивления резисторов R_1 — R_4 (см. рисунок) $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 6$ Ом и $R_4 = 4$ Ом. Найдите сопротивление цепи между точками:

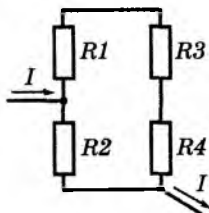
- а) А и В;
- б) А и С.



2.23. Четыре резистора сопротивлениями $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $R_2 = 18 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$ и $R_4 = 16 \text{ Ом}$ соединены по схеме, изображенной на рисунке. Определите общее сопротивление цепи.



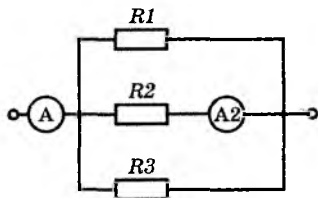
2.24. Чему равно общее сопротивление участка цепи, изображенного на рисунке, если $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = R_3 = 20 \text{ Ом}$ и $R_4 = 30 \text{ Ом}$?



2.25. Резисторы, сопротивления которых 1 и 1,5 кОм, соединены параллельно и подключены к источнику постоянного напряжения 15 В. Найдите силу тока, проходящего через каждый резистор, и сопротивление цепи.

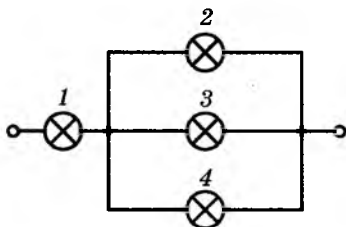
2.26. Резисторы, сопротивления которых 600 и 300 Ом, соединены последовательно и подключены к батарейке. Напряжение на первом резисторе 3 В. Найдите силу тока и общее напряжение в цепи.

2.27. Вычислите сопротивление резистора R_3 в цепи, изображенной на рисунке, если сопротивления резисторов $R_1 = 6 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, а показания амперметров $I_2 = 3 \text{ А}$, $I = 9 \text{ А}$.



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

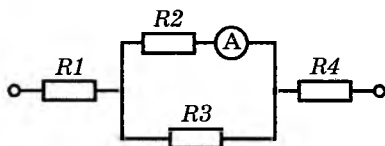
Как изменится яркость свечения каждой из ламп, если лампа 4 перегорит? Зависимость сопротивления ламп от температуры не учитывайте.



2.29. Радиолюбителю нужен резистор сопротивлением 70 кОм. У него нашлись три резистора, сопротивления которых 100, 50 и 25 кОм. Как он может получить необходимое сопротивление? Начертите схему.

2.30. Три одинаковые лампы, рассчитанные на напряжение 36 В и силу тока 1,5 А, нужно соединить параллельно и питать от сети напряжением 45 В. Добавочный резистор какого сопротивления нужно подключить последовательно с лампами, чтобы они работали в нормальном режиме?

2.31. Цепь, изображенная на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения 44 В. Амперметр показывает 500 мА. Найдите напряжение на каждом из резисторов, если $R_1 = R_4$, а $R_2 = 44$ Ом.



Третий уровень

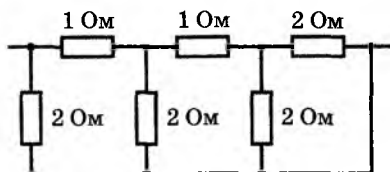
2.32. Каково сопротивление каждого из двух резисторов, если при их последовательном соединении получается сопротивление 50 Ом, а при параллельном — 12 Ом?

2.33. Из проволоки сопротивлением 32 Ом сделано кольцо. В каких точках кольца следует подключить провода, чтобы получить сопротивление 6 Ом?

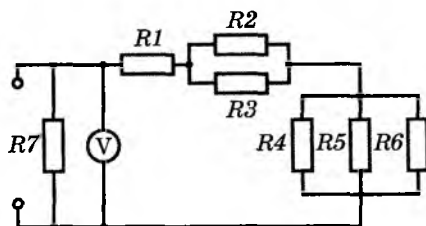
2.34. Из одинаковых резисторов по 10 Ом требуется составить цепь сопротивлением 6 Ом. Какое наименьшее количество резисторов для этого потребуется? Начертите схему цепи.

2.35. В ходе лабораторной работы по измерению силы тока в лампочке и напряжения на ней 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?

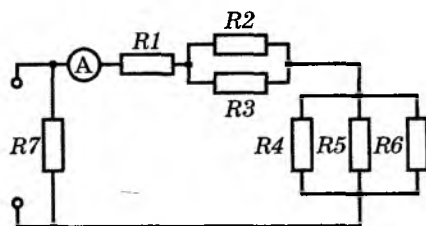
2.36. На рисунке приведена схема участка электрической цепи. Определите сопротивление этого участка.



2.37. Найдите силу тока через каждый из резисторов (см. рисунок), если вольтметр показывает 110 В, а сопротивления резисторов $R_1 = 6,4 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 12 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$, $R_5 = 3 \text{ Ом}$, $R_6 = 8 \text{ Ом}$, $R_7 = 20 \text{ Ом}$.

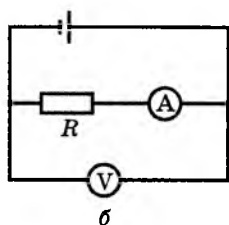
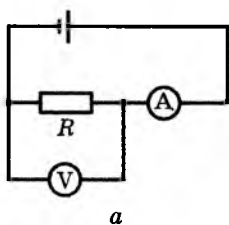


2.38. Найдите напряжение на каждом из резисторов (см. рисунок), если амперметр показывает 10 А, а сопротивления резисторов $R_1 = 6,4 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 12 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$, $R_5 = 3 \text{ Ом}$, $R_6 = 8 \text{ Ом}$, $R_7 = 20 \text{ Ом}$.

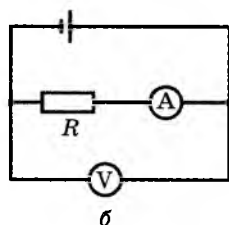
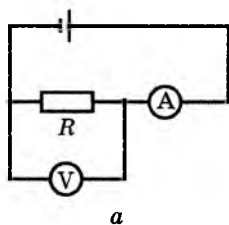


2.39. Вам необходимо измерить сопротивление R проводника с помощью амперметра сопротивлением $0,05 \text{ Ом}$ и вольтметра сопротивлением 6 кОм . Какую из двух схем (рис. а, б) вы

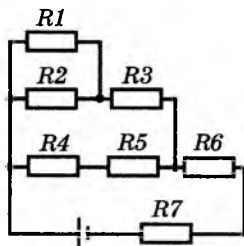
выберете, если вам известно, что значение сопротивления резистора R составляет несколько десятых ома?



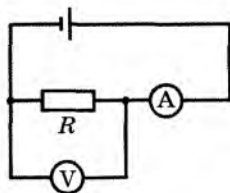
2.40. Вам необходимо измерить сопротивление резистора R с помощью амперметра сопротивлением $0,05$ Ом и вольтметра сопротивлением 6 кОм. Какую из двух схем (рис. *a*, *б*) вы выберете, если известно, что значение сопротивления составляет несколько килоом?



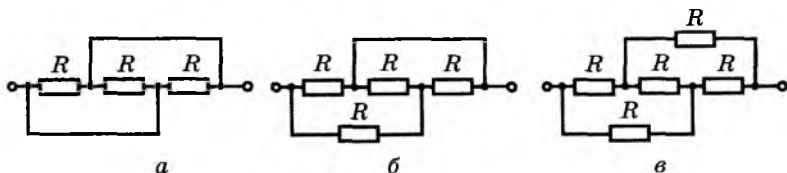
2.41. Найдите силу тока в каждом из резисторов (см. рисунок). Напряжение источника тока 91 В, сопротивление каждого из резисторов 35 Ом.



2.42. Для измерения сопротивления резистора R собрана показанная на рисунке цепь. Амперметр показывает силу тока $I = 0,3$ А, а вольтметр — напряжение $U = 100$ В. Найдите сопротивление резистора R , если сопротивление вольтметра 3 кОм. Почему в данном случае нельзя применить формулу $R = \frac{U}{I}$?



2.43. Найдите сопротивление каждой из цепей (рис. а, б, в), если сопротивление каждого из резисторов равно 15 кОм.



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

И. В. Гёте

3. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

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

УСТНАЯ РАЗМИНКА

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

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

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

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

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

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

Первый уровень

3.7. По проводнику, к концам которого приложено напряжение 12 В, прошел электрический заряд 500 Кл. Определите работу электрического тока.

3.8. Какова работа электрического тока за 1 мин в электрической лампе, если напряжение 12 В, а сила тока 1 А?

3.9. Сила тока в электрической печи для плавки металла равна 850 А при напряжении 220 В. Какое количество теплоты выделяется в печи за 1 мин?

3.10. Напряжение на резисторе равно 20 В, а сила тока в резисторе 0,5 А. За какое время электрический ток совершит работу 1 кДж?


3.11. Электрический прибор подключен к источнику напряжения 36 В. Какова мощность тока в приборе, если сила тока в нем 1,5 А?

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

3.13. Вольтметр, сопротивление которого 6 кОм, показывает 3 В. Какова мощность тока в вольтметре?

Второй уровень

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

 **3.15.** Можно ли включить в сеть напряжением 220 В последовательно две лампы, рассчитанные на напряжение 110 В?

3.16. На часть раскаленной спирали электроплитки попала вода. Как изменилась яркость свечения тех участков спирали, на которые вода не попала?

3.17. В электроприборе за 15 мин электрическим током совершена работа 9 кДж. Сила тока в цепи 2 А. Определите сопротивление прибора.

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

3.19. При какой силе тока мощность тока в резисторе сопротивлением 20 Ом равна 0,8 Вт?

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

3.21. Сопротивления двух резисторов $R_1 = 10 \text{ Ом}$ и $R_2 = 50 \text{ Ом}$. В каком из резисторов мощность тока больше и во сколько раз:

- при последовательном соединении;
- параллельном соединении?

3.22. Сопротивление первого резистора в 4 раза превышает сопротивление второго. Сравните мощности тока в резисторах, соединенных:

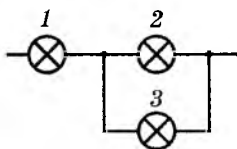
- последовательно;
- параллельно.

3.23. 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 напряжением 18 В, чтобы они горели нормальным накалом?

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

3.25. Две электрические плитки включены в сеть параллельно. Сопротивление первой плитки 60 Ом, второй — 24 Ом. Сравните мощности тока в плитках.

3.26. Сравните мощность тока в лампах 1 и 2 (см. рисунок), если все три лампы одинаковы. Зависимость сопротивления лампы от температуры не учитывайте.



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

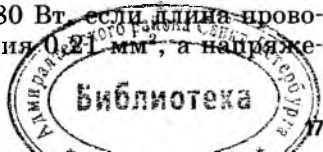
3.28. Резисторы сопротивлениями 60 и 20 Ом включают в сеть напряжением 120 В. Найдите суммарную мощность тока в резисторах, если они соединены:

- последовательно;
- параллельно.

3.29. Два проводника сопротивлениями 10 и 40 Ом включены в сеть напряжением 20 В. Какое количество теплоты выделится за 1 с в каждом проводнике, если их соединить:

- последовательно;
- параллельно?

3.30. Из какого материала может быть изготовлена спираль нагревательного элемента мощностью 480 Вт, если длина провода 15 м, площадь его поперечного сечения $0,21 \text{ мм}^2$, а напряжение в сети 120 В?

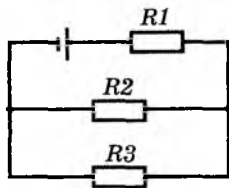


Третий уровень

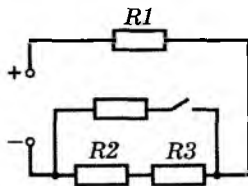
3.31. Почему электрические лампы накаливания чаще перегорают при включении и очень редко — при выключении?

3.32. 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?

3.33. Какова мощность тока в каждом из резисторов (см. рисунок), если напряжение на полюсах источника тока 15 В, а сопротивления резисторов $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$ и $R_3 = 30 \text{ Ом}$?



3.34. Во сколько раз изменится мощность тока в каждом из резисторов R_1 , R_2 и R_3 (см. рисунок), если замкнуть ключ? Все резисторы одинаковы, напряжение в цепи считайте постоянным.



3.35. Электровоз движется с постоянной скоростью 43,2 км/ч, развивая при этом среднюю силу тяги 40 кН. Определите КПД двигателей электровоза, если они работают под напряжением 1,5 кВ и потребляют силу тока 380 А.

3.36. 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 равен 75 %. Считайте $g = 10 \text{ м/с}^2$.

3.37. Электродвигатель модели электромобиля работает при напряжении 9 В. Модель массой 2 кг движется с постоянной скоростью 1,5 м/с. Какова сила тока в электродвигателе, если КПД модели 75 %, а сила сопротивления движению составляет 0,08 силы тяжести? Считайте $g = 10 \text{ м/с}^2$.

3.38. Электродвигатель трамвая работает при силе тока 110 А и напряжении 550 В. С какой скоростью движется трамвай, если двигатель создает силу тяги 3,5 кН, а его КПД равен 70 %?

3.39. 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. За какое время закипит вода в чайнике, если включить обе обмотки параллельно? последовательно? Тепловые потери не учитывайте.

3.40. Сколько льда, имеющего температуру -10°C , можно растопить за 10 мин на электрической плитке, работающей от сети напряжением 220 В при силе тока 3 А, если КПД установки 80 %? Удельная теплоемкость льда $2,1$ кДж/(кг · К), а удельная теплота плавления 330 кДж/кг.

3.41. Электрический нагреватель за 20 мин доводит до кипения 3 кг воды, начальная температура которой 10°C . Сила тока в нагревателе 7 А, напряжение в сети 220 В. Какая часть потребляемой нагревателем энергии передается окружающей среде? Удельная теплоемкость воды $4,2$ кДж/(кг · К).

3.42. Электрический чайник нагревает 2 л воды от 10 до 100°C за 7 мин. Какова длина никелиновой проволоки, из которой изготовлен нагревательный элемент? Площадь сечения проволоки равна $0,63$ мм², КПД чайника 80 %, напряжение в сети 220 В. Удельная теплоемкость воды $4,2$ кДж/(кг · К).

— 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!

Р. Бёрнс

4. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}, I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}, \mathcal{E} = U + Ir$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

4.1. Какие силы действуют внутри любого источника тока?

4.2. Какие источники тока есть у вас дома?

4.3. К батарее подключена лампочка. Правильно ли утверждение: внутри батареи ток идет от ее положительного полюса к отрицательному?

4.4. В замкнутой цепи сторонние силы совершили работу 5 Дж. Какую работу совершили за это же время кулоновские силы во всей цепи?

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

4.6. При каких условиях от данного источника тока можно получить самую большую силу тока? Каково напряжение на полюсах источника тока в этом случае?

4.7. Как изменяются ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки, когда она «стареет»?

4.8. При запуске автомобильного двигателя с помощью стартера напряжение в электрической цепи снижается. Почему?

Первый уровень

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

4.10. В замкнутой цепи сила тока равна 1 А. Какую работу совершают сторонние силы за 10 с, если ЭДС источника тока 12 В?

4.11. Аккумулятор мотоцикла имеет ЭДС 6 В и внутреннее сопротивление 0,5 Ом. К нему подключили реостат сопротивлением 5,5 Ом. Найдите силу тока в реостате и напряжение на клеммах аккумулятора.

4.12. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока равны соответственно 12 В и 0,5 Ом. К нему подключили реостат сопротивлением 7,5 Ом. Найдите силу тока в реостате и напряжение на полюсах источника тока.


4.13. ЭДС батареи аккумуляторов равна 6 В, а внутреннее сопротивление батареи 0,25 Ом. Найдите силу тока короткого замыкания.

4.14. ЭДС источника тока равна 12 В, его внутреннее сопротивление 1,5 Ом. Какова сила тока в цепи, если сопротивление внешней цепи 8,5 Ом?

4.15. Внутреннее сопротивление источника тока 2 Ом. Какова его ЭДС, если сила тока в цепи 2,5 А, а напряжение на полюсах источника тока 13 В?

4.16. Какова сила тока в цепи, если ЭДС источника тока 24 В, а его внутренним сопротивлением можно пренебречь? Сопротивление внешней цепи 40 Ом.

Второй уровень

 **4.17.** Если к «старой» батарее подключить только вольтметр, он показывает 4,4 В. Но когда к той же батарее подключают лампочку, рассчитанную на напряжение 3,5 В, лампочка не загорается. Чем это объясняется?

4.18. Изменится ли сила тока в электрической цепи, если заменить один гальванический элемент другим такого же типа, но с большим размером пластин?

4.19. 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.

4.20. 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.

4.21. 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.

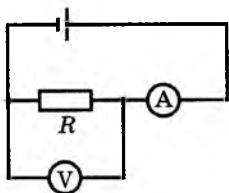
4.22. Напряжение на зажимах генератора 20 В, а сопротивление внешней цепи в 4 раза больше внутреннего сопротивления. Определите ЭДС генератора.

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

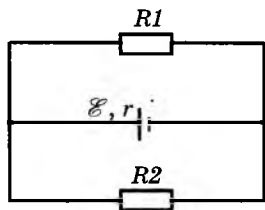
4.24. При каком сопротивлении внешней цепи напряжение во внешней цепи равно половине ЭДС источника?

4.25. Автомобильную лампу, на которой написано «12 В, 100 Вт», подключили к аккумулятору с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 0,06 Ом. Найдите силу тока и мощность тока в лампе.

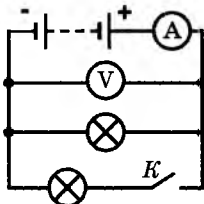
4.26. В цепи (см. рисунок) вольтметр показывает напряжение 11 В, а амперметр — силу тока 2 А. ЭДС источника тока 12 В. Найдите сопротивление резистора и внутреннее сопротивление источника тока.



4.27. Найдите напряжение U на полюсах источника тока (см. рисунок). Какова сила тока в резисторах R_1 и R_2 ? Сопротивления резисторов $R_1 = 8 \text{ Ом}$, $R_2 = 24 \text{ Ом}$; ЭДС источника тока $\mathcal{E} = 40 \text{ В}$, его внутреннее сопротивление $r = 2 \text{ Ом}$.



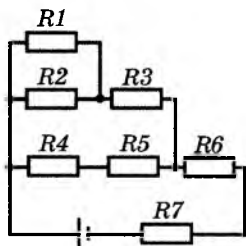
4.28. Как изменятся показания амперметра и вольтметра при замыкании ключа (см. рисунок)? Внутреннее сопротивление источника сравнимо с сопротивлениями лампочек.



4.29. Источник тока с ЭДС 60 В и внутренним сопротивлением $0,05 \text{ Ом}$ соединен алюминиевым кабелем площадью поперечного сечения 140 мм^2 и длиной 500 м с мощным нагревателем. Сила тока в цепи 100 А . Каковы напряжения на источнике и нагревателе?

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

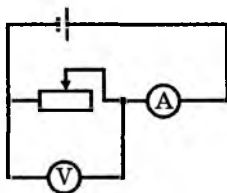
4.31. Найдите силу тока источника и напряжение на источнике (см. рисунок), если его ЭДС 17 В , а внутреннее сопротивление 5 Ом . Сопротивление каждого из резисторов 28 Ом .



Третий уровень

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

4.33. Для определения характеристик источника тока собрали цепь (см. рисунок). При одном положении движка реостата приборы показывают 4,5 В и 0,5 А, при другом — 4 В и 1 А. Найдите по этим данным ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.



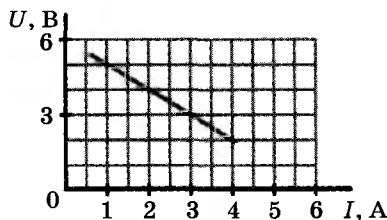
4.34. Когда к источнику тока подключили резистор сопротивлением 32 Ом, сила тока в этом резисторе составила 500 мА. Когда резистор заменили другим, сопротивлением 16 Ом, сила тока увеличилась до 900 мА. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

4.35. Каковы ЭДС и внутреннее сопротивление источника, если при силе тока 6 А мощность во внешней цепи равна 90 Вт, а при силе тока 2 А эта мощность снижается до 60 Вт?

4.36. ЭДС источника тока 12 В. Когда к источнику подключили резистор, напряжение во внешней цепи оказалось 6 В. Каким станет это напряжение, если подключить еще один такой же резистор:

- последовательно с первым;
- параллельно первому?

4.37. 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 $U(I)$.

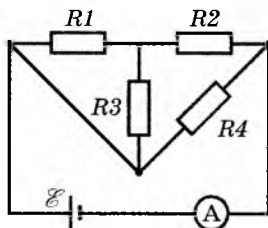


4.38. Источник электрической энергии с внутренним сопротивлением $0,5 \text{ Ом}$ замкнут никелиновым проводником длиной $12,5 \text{ м}$ и поперечным сечением $0,5 \text{ мм}^2$. Определите силу тока в цепи и ЭДС источника тока, если напряжение на его зажимах равно $5,25 \text{ В}$.

4.39. ЭДС источника тока 2 В , а его внутреннее сопротивление 1 Ом . Определите силу тока, если мощность тока во внешней цепи $0,75 \text{ Вт}$.

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

4.41. Какую силу тока покажет амперметр в изображенной на рисунке цепи? Сопротивления резисторов: $R_1 = 6 \text{ Ом}$, $R_2 = 8 \text{ Ом}$, $R_3 = 12 \text{ Ом}$, $R_4 = 24 \text{ Ом}$. ЭДС источника 36 В , его внутреннее сопротивление 1 Ом .



4.42. Когда к батарее аккумуляторов подключена одна лампа, напряжение на зажимах батареи равно 20 В . При параллельном подключении еще одной такой же лампы напряжение падает до 15 В . Найдите сопротивление каждой лампы. Считайте, что сопротивление ламп не зависит от температуры. Внутреннее сопротивление батареи 1 Ом .

5. МАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

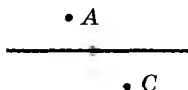
$$F_A = BIl \cdot \sin\alpha, F_L = qvB \cdot \sin\alpha$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

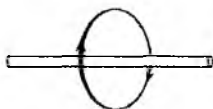
- 5.1.** На какие частицы или тела действует электрическое поле? магнитное?
- 5.2.** Действует ли магнитное поле на неподвижный электрон?
- 5.3.** Как должен двигаться электрон в однородном магнитном поле, чтобы на него не действовала сила Лоренца?
- 5.4.** Можно ли разрезать магнит так, чтобы один из полученных магнитов имел только северный полюс, а другой — только южный?
- 5.5.** Можно ли изготовить полосовой магнит так, чтобы на его концах были одноименные полюсы?
- 5.6.** Почему корпус компаса делают из меди, алюминия, пластмассы и других материалов, но не из железа?
- 5.7.** Почему стальные полосы и рельсы, лежащие на складах, через некоторое время оказываются намагниченными?
- 5.8.** В романе Жюль Верна «Пятнадцатилетний капитан» преступник разбивает один из двух компасов на судне, а под другой подкладывает топор. Какую функцию выполнял в этом случае топор? Чего добивался преступник?
- 5.9.** Как можно определить направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле?
- 5.10.** От чего зависит направление силы, действующей на проводник с током, находящийся в магнитном поле?
- 5.11.** Как можно изменить направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле?

Первый уровень

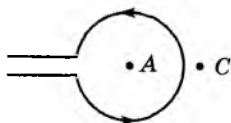
5.12. По проводу (см. рисунок) идет электрический ток. В каком направлении повернется магнитная стрелка, помещенная в точку A ? в точку C ?



5.13. На рисунке показана одна из линий магнитной индукции поля проводника с током. Каково направление тока?



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



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

5.16. Проводник, сила тока в котором 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?

5.17. Проводник, сила тока в котором равна 15 А, находится в однородном магнитном поле индукцией 50 мТл. Какой угол образует с направлением вектора магнитной индукции прямолинейный участок проводника длиной 20 см, если на этот участок действует со стороны магнитного поля сила 75 мН?

5.18. Какая сила действует на электрон, движущийся со скоростью $60\,000$ км/с в однородном магнитном поле индукцией $0,15$ Тл? Электрон движется перпендикулярно линиям магнитной индукции поля.

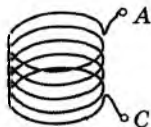
5.19. Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью 2000 км/с в однородном магнитном поле индукцией 0,1 Тл? Протон движется под углом 60° к линиям магнитной индукции поля.

Второй уровень

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

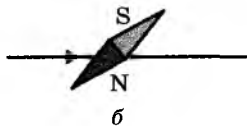
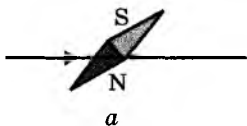
5.21. Как взаимодействуют соседние витки катушки, по которой течет электрический ток?

5.22. Внутри катушки (см. рисунок) вектор индукции магнитного поля направлен снизу вверх. Какая из клемм (A или C) подключена к положительному полюсу источника тока?



5.23. Как повернется магнитная стрелка вблизи провода, если по проводу пропустить достаточно сильный электрический ток? Рассмотрите два случая:

- а) провод проходит над стрелкой;
- б) провод проходит под стрелкой.



5.24. 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?

5.25. Пробку, которая закручивается в отверстие для слива масла из поддона автомобильного двигателя, изготавливают из магнитного материала. Для чего?

5.26. Можно ли применять электромагнитные подъемные краны для перемещения отливок из алюминия? из стали? из цинка?

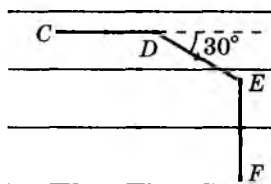
5.27. Нарисуйте магнитное поле дугообразного магнита и укажите направление линий магнитной индукции.

5.28. Чтобы магнит не растерял своих свойств, его нельзя сильно трясти, бить по нему молотком и сильно нагревать. Почему?

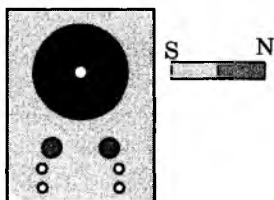
5.29. Где на Земле совершенно нельзя доверять компасу?

5.30. Определите наибольшее и наименьшее значение силы, действующей на проводник длиной 0,6 м, сила тока в котором 10 А, при различных положениях проводника в однородном магнитном поле с индукцией 1,5 Тл.

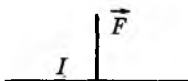
5.31. Провод, сила тока в котором 10 А, находится в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 20 мТл (см. рисунок). Какие силы действуют на отрезки провода CD , DE , EF ? Длина каждого из этих отрезков 40 см.



5.32. Электронный луч на экране осциллографа дает светящуюся точку. К осциллографу (см. рисунок) подносят полосовой магнит. Куда сместится светящаяся точка?

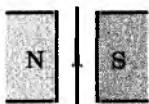


5.33. На рисунке показан проводник с током, находящийся в магнитном поле. Зная направление тока в проводнике и направление силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля, укажите направление линий магнитного поля. Вектор индукции магнитного поля направлен перпендикулярно проводнику.



5.34. Как изменяется в результате действия магнитного поля кинетическая энергия движущейся заряженной частицы? модуль и направление импульса частицы?

5.35. Проводник с током находится между полюсами магнита (см. рисунок). Куда направлена действующая на проводник сила Ампера?



5.36. Средняя часть металлического стержня массой 40 г, подвешенного горизонтально на двух проводах, находится в однородном магнитном поле с индукцией 40 мТл. Ширина области поля равна 50 см, линии магнитной индукции горизонтальны и перпендикулярны стержню. Замыкая ключ, через стержень пропускают электрический ток. Какова сила тока, если после замыкания ключа сила натяжения проводов уменьшилась в 2 раза? Считайте $g = 10 \text{ м/с}^2$.

5.37. Электрон влетает в однородное магнитное поле под прямым углом к линиям магнитной индукции. Магнитная индукция поля равна 50 мТл, скорость электрона 20 000 км/с. Найдите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон, и период его обращения.


5.38. В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции влетают два электрона со скоростями v_1 и $v_2 = 2v_1$. Сравните радиусы окружностей, по которым они будут двигаться, и периоды их обращения по этим окружностям.

5.39. В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции влетают с одинаковой скоростью протон и электрон. Сравните радиусы окружностей, по которым они будут двигаться, и периоды их обращения по этим окружностям.

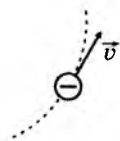
5.40. Электрон влетает в однородное магнитное поле со скоростью 10 000 км/с и движется по окружности радиусом 2 см. Какова магнитная индукция поля?

5.41. Протон движется в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 20 мТл по окружности радиусом 5 см. Найдите скорость протона.

Третий уровень

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

5.43. На рисунке показано направление движения электрона, описывающего окружность в однородном магнитном поле. Как направлена индукция магнитного поля?



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



а



б

5.45. 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 $B = 0,1$ Тл; провода находятся вне области магнитного поля. По проводнику протекает ток. Сила тока $I = 2$ А. На какой угол α от вертикали отклоняются провода? Считайте $g = 10$ м/с².

5.46. На гладкой горизонтальной поверхности лежит петля из гибкого провода. Какую форму примет эта петля, если создать в ней сильный электрический ток?

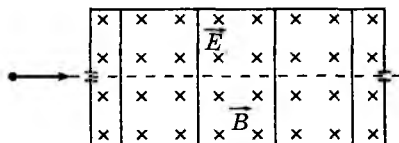
5.47. Электрон, разогнанный разностью потенциалов $U = 2$ кВ, влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 150$ мТл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определите радиус окружности, которую опишет электрон.

5.48. В однородное магнитное поле с магнитной индукцией 30 мТл перпендикулярно линиям магнитной индукции влетает электрон с кинетической энергией 50 кэВ. Определите радиус окружности, которую опишет электрон.

5.49. Протон, влетевший после разгона в однородное магнитное поле с индукцией 50 мТл, движется по окружности радиусом 5 см. Какую разность потенциалов прошел протон при разгоне?

5.50. Заряженная частица, разогнанная разностью потенциалов U , влетает в однородное магнитное поле с индукцией B и движется по окружности радиусом R . Определите по этим данным удельный заряд частицы, т. е. отношение ее заряда к массе $\frac{q}{m}$.

5.51. Объясните действие «фильтра скоростей», показанного на рисунке. Внутри прибора созданы однородные поля: магнитное с индукцией B и электрическое напряженностью E . Поля направлены перпендикулярно друг к другу и к начальной скорости заряженных частиц.



Во всем подслушать жизнь стремясь,
Спешат явления обездушить,
Забыв, что если в них нарушить
Одушевляющую связь,
То больше нечего и слушать.

И. В. Гёме

6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

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

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, W_m = \frac{LI^2}{2}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

6.1. Предложите способы изменения магнитного потока, пронизывающего данный контур.

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

6.3. Как надо перемещать в магнитном поле Земли замкнутый проволочный прямоугольник, чтобы в нем возникал индукционный электрический ток?

6.4. Почему телефонные провода не следует подвешивать слишком близко к проводам сети переменного тока?

6.5. Почему при размыкании цепи питания трансформатора или электродвигателя может возникнуть сильная искра?

Первый уровень

6.6. Линии магнитной индукции однородного магнитного поля вертикальны. Каков магнитный поток через горизонтальный контур площадью 50 см^2 , если модуль магнитной индукции равен 60 мТл ?

6.7. Линии магнитной индукции однородного магнитного поля образуют угол 30° с вертикалью. Модуль магнитной индукции равен $0,2 \text{ Тл}$. Какой магнитный поток пронизывает горизонтальное проволочное кольцо радиусом 10 см ?

6.8. Магнитный поток через квадратную проволочную рамку со стороной 5 см , плоскость которой перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля, равен $0,1 \text{ мВб}$. Каков модуль магнитной индукции поля?

6.9. Магнитный поток через замкнутый контур изменился на $0,06 \text{ Вб}$ за $0,3 \text{ с}$. Какова средняя скорость изменения магнитного потока? При каком условии ЭДС индукции постоянна?

6.10. Магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур, за 6 мс равномерно возрастает с 2 до 14 мВб . Какова ЭДС индукции в контуре?

6.11. Какова индуктивность контура, если при силе тока 6 А его пронизывает магнитный поток $0,3 \text{ мВб}$?

6.12. Какая ЭДС самоиндукции возникает в катушке индуктивностью 20 мГн при равномерном изменении силы тока на 15 А за 1 с ?

6.13. Какой должна быть скорость изменения силы тока, чтобы в катушке индуктивностью 50 мГн возникла ЭДС самоиндукции 30 В ?

6.14. Какова индуктивность контура, если при равномерном изменении силы тока на 5 А за 50 мс в этом контуре создается ЭДС 10 В ?

6.15. В катушке индуктивностью $0,4 \text{ Гн}$ сила тока равна 5 А . Какова энергия магнитного поля катушки?

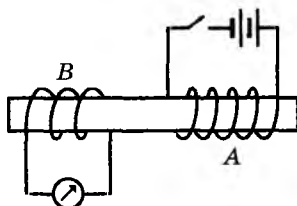
6.16. Энергия магнитного поля катушки индуктивностью $0,5 \text{ Гн}$ равна $0,25 \text{ Дж}$. Какова сила тока в катушке?

6.17. Какова индуктивность катушки, если при силе тока 3 А энергия магнитного поля катушки равна $1,8 \text{ Дж}$?

Второй уровень

6.18. Почему недалеко от места удара молнии могут сработать предохранители в осветительной сети и выйти из строя чувствительные электроизмерительные приборы?

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



6.20. Короткозамкнутую катушку охватывает проволочный виток (см. рисунок). Определите направление индукционного тока в катушке:

- а) при замыкании ключа; б) при размыкании ключа.



6.21. На вставленный в катушку *A* вертикальный сердечник *B* надето медное кольцо *C* (см. рисунок). При подключении катушки к источнику тока кольцо подпрыгивает. Объясните это явление.



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

6.23. Автомобильная катушка зажигания питается через прерыватель от сети напряжением 12 В. Почему при движении автомобиля напряжение между контактами прерывателя может превышать 300 В?

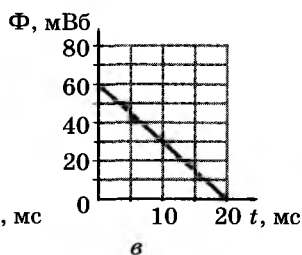
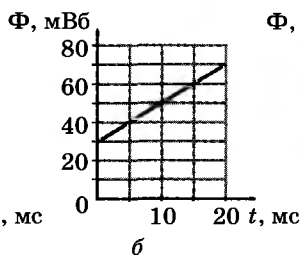
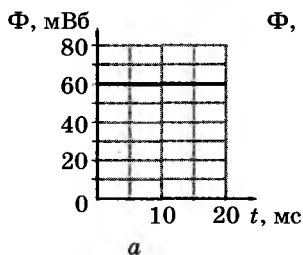
6.24. Куда направлен индукционный ток в показанной на рисунке короткозамкнутой катушке?



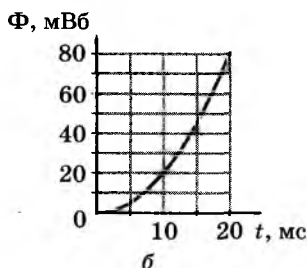
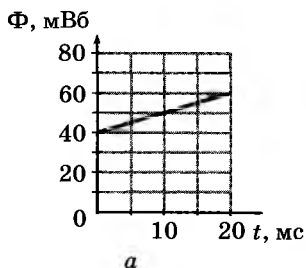
6.25. На рисунке показано направление индукционного тока в короткозамкнутой катушке. Куда перемещают магнит?



6.26. На рисунках приведены графики зависимости от времени магнитных потоков через различные замкнутые контуры. Найдите значение модуля ЭДС индукции для этих контуров.



6.27. На рисунках приведены графики зависимости от времени магнитных потоков через различные замкнутые контуры. В каком из контуров ЭДС индукции не зависит от времени? Найдите значение модуля ЭДС индукции для этого контура.



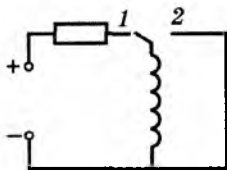
6.28. В катушке из 200 витков возбуждается постоянная ЭДС индукции 160 В. На сколько изменился в течение 5 мс магнитный поток через каждый из витков?

6.29. Магнитная индукция однородного магнитного поля изменяется со скоростью 20 Тл за секунду. При этом в катушке с площадью поперечного сечения 6 см^2 возбуждается ЭДС индукции 12 В. Сколько витков в катушке? Ось катушки параллельна линиям магнитной индукции.

6.30. Магнитная индукция однородного магнитного поля изменяется со скоростью 20 Тл за секунду. При этом в катушке с площадью поперечного сечения 6 см^2 , содержащей 1000 витков, возбуждается ЭДС индукции 6 В. Какой угол образует ось катушки с линиями магнитной индукции поля?

6.31. В катушке индуктивностью 20 мГн сила тока равна 0,5 А. На сколько увеличится энергия магнитного поля, если в катушку вставить железный сердечник, который увеличит индуктивность катушки в 50 раз? Сила тока в цепи не изменяется.

6.32. Сила тока в катушке индуктивностью 0,8 Гн равна 2 А. Какое количество теплоты выделится в катушке, если ключ (см. рисунок) перевести из положения 1 в положение 2?



Третий уровень

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

6.34. Если резко встряхнуть компас, стрелка начинает колебаться. Как изменится время затухания этих колебаний, если пластмассовый корпус компаса заменить на алюминиевый?

6.35. Клеммы электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы при транспортировке замыкают проводящей перемычкой. Зачем?

6.36. Полосовой магнит резко выдергивают из полого цилиндра. В каком случае совершаемая работа больше: если цилиндр картонный или если он медный?

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

6.38. В две одинаковые катушки вводят с одинаковой скоростью одинаковые магниты. Каковы совершаемые работы, если одна катушка замкнута на гальванометр, а другая разомкнута?

6.39. Медное проволочное кольцо расположено горизонтально в однородном вертикальном магнитном поле. Магнитная индукция поля изменяется со скоростью 2 Тл/с . Какова сила тока в кольце, если радиус кольца 5 см , а радиус проволоки 1 мм ?

6.40. Металлический стержень длиной l движется поступательно со скоростью \vec{v} в однородном магнитном поле с магнитной индукцией \vec{B} . Определите ЭДС индукции в стержне, если векторы индукции \vec{B} и скорости \vec{v} перпендикулярны стержню, а угол между ними равен α .

6.41. Вертикальный металлический стержень длиной 50 см движется горизонтально со скоростью 3 м/с в однородном магнитном поле индукцией $0,15 \text{ Тл}$. Линии магнитной индукции поля направлены горизонтально под прямым углом к направлению вектора скорости стержня. Какова ЭДС индукции в стержне?

6.42. Горизонтальный стальной стержень длиной 40 см движется вертикально вниз со скоростью 2 м/с в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 10 мТл . Какова ЭДС индукции в стержне? Вектор магнитной индукции поля направлен под прямым углом к стержню и образует угол 60° с вертикалью.

6.43. Самолет с размахом крыльев 20 м летит горизонтально со скоростью 720 км/ч вдоль магнитного меридиана. Какова разность потенциалов между концами крыльев? Вертикальная составляющая магнитного поля Земли 50 мкТл .

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

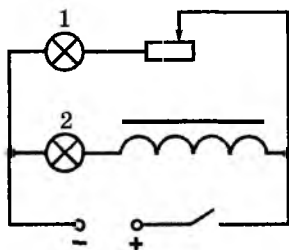
6.45. Кольцо из алюминиевой проволоки расположено горизонтально в однородном вертикальном магнитном поле, магнитная индукция которого равна $0,5 \text{ Тл}$. Какой заряд пройдет через поперечное сечение проволоки, если:

а) магнитное поле исчезнет;

б) кольцо повернут на 180° вокруг горизонтальной оси?

Радиус кольца равен 3 см , радиус проволоки 1 мм .

6.46. В показанной на рисунке цепи при замкнутом ключе сила тока в обеих лампах одинакова. Какая из ламп раньше загорается при замыкании ключа? раньше гаснет при размыкании ключа?

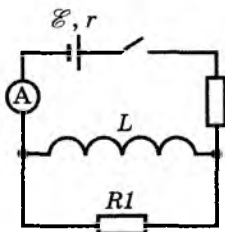


6.47. Свинцовое кольцо радиусом r расположено горизонтально между полюсами электромагнита, создающего вертикальное однородное магнитное поле с магнитной индукцией \vec{B} . Охлаждая кольцо, его переводят в сверхпроводящее состояние. Какой магнитный поток Φ будет пронизывать плоскость кольца после выключения электромагнита?

6.48. С помощью электродвигателя постоянного тока поднимают груз на тросе. Если отключить электродвигатель от источника напряжения и замкнуть его ротор накоротко, груз будет опускаться с *постоянной* скоростью. Объясните это явление. В какую форму переходит потенциальная энергия груза?

6.49. В каком случае обмотка электромотора сильнее нагревается проходящим по ней током — когда мотор вращается вхолостую или совершает работу? Напряжение в сети считайте постоянным.

6.50. При замкнутом ключе амперметр (см. рисунок) показывает силу тока 2 А. Какое количество теплоты выделится после размыкания ключа в резисторе $R1$, если сопротивление $R_1 = 8 \text{ Ом}$? Сопротивление катушки равно 2 Ом, ее индуктивность 2 Гн.



7. ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

7.1. На каком физическом явлении основана работа генератора электрического тока?

7.2. Какие превращения энергии происходят на тепловой электростанции?

7.3. Какие превращения энергии происходят на гидроэлектростанции?

7.4. Каково главное преимущество переменного тока перед постоянным?

7.5. Может ли трансформатор повышать или понижать напряжение постоянного тока?

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

Первый уровень

7.7. Как нужно изменить силу тока в линии электропередачи, чтобы при повышении напряжения в 100 раз передаваемая по линии мощность не изменилась?

7.8. Как связаны силы тока в первичной и вторичной обмотках повышающего трансформатора, если мощность тока в обеих обмотках практически одинакова?

7.9. Трансформатор в рабочем режиме повышает напряжение в 20 раз. Во сколько раз сила тока во вторичной обмотке отличается от силы тока в первичной? Потери энергии в трансформаторе не учитывайте.

7.10. Во сколько раз уменьшаются потери энергии в линии электропередачи при повышении напряжения в 50 раз?

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

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

7.13. Сила тока в первичной обмотке трансформатора, понижающего напряжение в 5,5 раз, равна 5 А. Найдите силу тока и напряжение во вторичной обмотке, если первичная подключена к сети переменного напряжения 220 В. Потери энергии в трансформаторе не учитывайте.

Второй уровень

7.14. Почему стандартная частота переменного тока во всех странах менее 100 Гц?

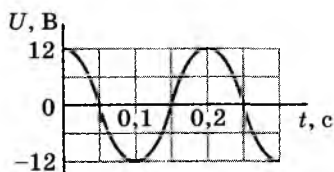
7.15. Каковы основные этапы передачи энергии на большие расстояния?

7.16. На каком этапе при передаче электроэнергии используют повышающие трансформаторы?

7.17. На каком этапе при передаче электроэнергии используют понижающие трансформаторы?

7.18. Простейшей моделью генератора переменного тока является рамка, вращающаяся в магнитном поле. Во сколько раз изменится амплитудное значение напряжения на рамке, если частоту ее вращения увеличить в 2 раза?

7.19. Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле. По графику зависимости напряжения на рамке от времени определите частоту вращения.



Третий уровень

7.20. Трансформатор рассчитан на подключение к сети переменного тока напряжением 220 В. Что может произойти, если случайно подключить его к источнику постоянного напряжения 100 В?

7.21. Изменяется ли мощность тока при преобразовании его в трансформаторе? Если изменяется, то почему?

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

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

7.24. Придумайте, как определить количество витков во вторичной обмотке трансформатора, не разматывая катушки.

7.25. Почему в промышленных генераторах переменного тока предпочитают вращать электромагнит, а не ту обмотку, в которой создается переменная ЭДС?

7.26. На сердечник трансформатора намотали дополнительную обмотку из 11 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?

7.27. Источником тока в цепи является рамка, равномерно вращающаяся в однородном магнитном поле. Зависимость силы тока от времени имеет вид $i = 0,15 \sin 6\pi t$ (все величины выражены в СИ). Определите амплитудное значение силы тока и частоту вращения рамки.

Легко объяснить, как работает беспроводной телеграф. Представьте себе очень длинного кота — вы тянете его за хвост в Нью-Йорке, а он мяукает в Лос-Анджелесе. А беспроводный телеграф — это то же самое, только без кота.

А. Эйнштейн

8. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ И ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

8.1. Что является источником электрического поля?

8.2. Что является источником магнитного поля?

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

8.4. Какие физические процессы могут служить источниками электромагнитных волн?

8.5. Во время каких природных явлений излучаются электромагнитные волны?

8.6. Какие физические величины периодически изменяются в электромагнитной волне?

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

8.8. Почему работающие электрические звонки, швейные машины, пылесосы, газоразрядные лампы могут быть источниками радиопомех?

8.9. Какие превращения энергии происходят при свободных незатухающих колебаниях в колебательном контуре?

8.10. С какой целью во входной колебательный контур радиоприемника включают конденсатор переменной емкости?

Первый уровень

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

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

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

8.14. При какой частоте колебаний радиопередатчик излучает электромагнитные волны длиной 49 м? К каким волнам (длинным, средним или коротким) относятся эти волны?

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

8.16. Радиостанция работает на частоте 100 МГц. На какую длину волны должен быть настроен радиоприемник?

8.17. Спутниковые телефоны передают сигнал через спутник, «висящий» на высоте 36 000 км над Землей. Какой будет минимальная задержка сигнала при использовании таких телефонов?

8.18. Космический корабль с экипажем приблизился к Марсу. Через какое минимальное время командир корабля может получить ответ на свой вопрос, адресованный в Центр управления полетом? Расстояние от Земли до Марса во время сеанса связи составляет 150 млн км.

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

Второй уровень

- 8.20.** Какое влияние оказывает ионосфера Земли на распространение радиоволн?
- 8.21.** Имеются ли существенные различия между условиями распространения радиоволн на Луне и Земле?
- 8.22.** Почему затруднена радиосвязь в горной местности?
- 8.23.** Имеет ли смысл устанавливать антенну на чердаке под железной крышей?
- 8.24.** За счет какой энергии возбуждается колебательное движение заряженных частиц в антенне радиоприемника? Какова частота их колебаний?
- 8.25.** Поместите карманный радиоприемник в кастрюлю и прикройте крышкой. Почему прекратился радиоприем?
- 8.26.** Радиоволны какого диапазона могут быть приняты без ретрансляции на противоположной стороне Земли?
- 8.27.** Радиоволны какого диапазона используют для связи с космическими аппаратами?
- 8.28.** Радиоволны какого диапазона используют для телевидения?
- 8.29.** Зачем передающие антенны телецентров располагают на многометровых вышках?
- 8.30.** Прием радиопередач на коротких волнах сопровождается периодическим ослаблением и усилением громкости приема. Как это можно объяснить?
- 8.31.** Почему колебания высокой частоты, используемые при радиосвязи, называют несущими?
- 8.32.** Почему даже далекая гроза существенно сказывается на качестве принимаемых телевизионной антенной сигналов?
- 8.33.** Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью 200 000 км/с. Какова длина волны с частотой 1 МГц?
- 8.34.** Электроемкость конденсатора колебательного контура уменьшили в 2 раза. Во сколько раз надо изменить индуктивность катушки, чтобы частота колебаний в контуре осталась прежней?
- 8.35.** Каков период свободных электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора электроемкостью 400 мкФ и катушки индуктивностью 90 мГн?
- 8.36.** Какова частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора электроемкостью 250 пФ и катушки индуктивностью 40 мкГн?

8.37. Во сколько раз изменится период колебаний в колебательном контуре, если увеличить емкость конденсатора в 4,5 раза, а индуктивность катушки — в 2 раза?

8.38. Частота колебаний в колебательном контуре равна 100 кГц. Какой станет частота колебаний, если уменьшить емкость конденсатора в 8 раз, а индуктивность катушки увеличить в 2 раза?

8.39. Каков диапазон частот свободных колебаний в контуре, если его индуктивность можно изменять от 0,2 до 20 мГн, а емкость конденсатора — от 200 пФ до 0,02 мкФ?

8.40. Колебательный контур генератора радиопередатчика имеет емкость 3,5 пФ и индуктивность 14 мкГн. Какова длина радиоволн, излучаемых антенной этого радиопередатчика?

8.41. Емкость входного контура радиоприемника равна 2 пФ. Какова длина волны радиостанции, на которую настроен этот радиоприемник, если индуктивность входного колебательного контура 1,28 мкГн?

8.42. Индуктивность приемного контура радиоприемника равна 0,5 мГн, а его емкость может изменяться от 25 до 225 пФ. В каком диапазоне длин волн может работать этот радиоприемник?

8.43. Длину волны, на которую настроен радиоприемник, уменьшили в 9 раз, изменив емкость входного колебательного контура. Во сколько раз ее изменили?

8.44. Во сколько раз нужно изменить индуктивность входного колебательного контура, чтобы в 4 раза увеличить частоту, на которую настроен радиоприемник?

8.45. Сколько электромагнитных колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны в вакууме 25 см в течение одного периода звуковых колебаний с частотой 800 Гц?

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

Третий уровень

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

8.48. В вакууме радиоволны не поглощаются. Однако чем дальше от Земли находится межпланетный космический аппарат, тем больше должна быть мощность радиопередатчика для связи с ним. Почему?


8.49. В некоторой точке пространства индукция магнитного поля электромагнитной волны изменяется от нуля до максимального значения за 2 мкс. Чему равна длина волны?


8.50. Длина радиоволны в вакууме равна 60 м. За какое время напряженность электрического поля волны уменьшится от максимума до нуля?

8.51. Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны 1,5 м. Во сколько раз нужно изменить емкость конденсатора контура, чтобы настроиться на частоту 100 МГц?

8.52. Дорожная служба для связи с патрульными машинами использует радиоволны длиной волны 24 м. Какова емкость входного контура радиоприемников патрульных машин, если индуктивность входного контура 0,5 мкГн?

8.53. Радиоприемник настроен на прием радиоволн с длиной 21 м. При этом емкость конденсатора входного колебательного контура радиоприемника равна 20 пФ. Какова индуктивность контура?

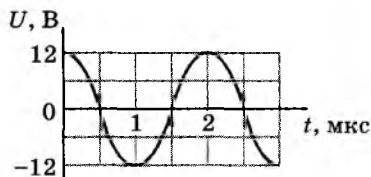
 **8.54.** Сколько необходимо сменных катушек во входном колебательном контуре, чтобы радиоприемник можно было настроить на любые радиостанции, работающие в диапазоне длин волн от $\lambda_{\min} = 50$ м до $\lambda_{\max} = 1200$ м? Емкость конденсатора колебательного контура можно изменять от $C_1 = 20$ пФ до $C_2 = 180$ пФ.

 **8.55.** Амплитудное значение напряжения на конденсаторе входного колебательного контура $U_{\max} = 20$ мВ, а амплитудное значение силы тока в контуре $I_{\max} = 8$ мА. На какой длине волны работает радиоприемник, если емкость конденсатора $C = 2000$ пФ?

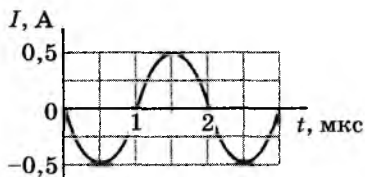
8.56. Емкость конденсатора колебательного контура равна 2 мкФ, индуктивность катушки 6 мГн. Максимальный заряд конденсатора 0,4 мКл. Каково амплитудное значение силы тока в контуре?

8.57. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 400 мкГн и конденсатора емкостью 0,5 мкФ. Конденсатор первоначально зарядили до напряжения 65 В. Какова сила тока в контуре к моменту, когда напряжение на конденсаторе уменьшилось до 25 В? Колебания считайте незатухающими.

8.58. На рисунках приведены графики изменений напряжения на конденсаторе колебательного контура и силы тока в катушке этого контура. Найдите емкость конденсатора и индуктивность катушки контура.



a



б

8.59. На какой максимальной дальности L от телецентра можно принимать телепрограммы, если высота приемной антенны $h = 25$ м? Передающая антенна телецентра находится на высоте $H = 450$ м.

8.60. Антенна областного телецентра находится на высоте 150 м. Какой высоты должна быть мачта приемной антенны в поселке, удаленном от телецентра на 60 км?

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

А. С. Пушкин

9. 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, восстановленным в точке падения луча; угол отражения β равен углу падения α .
3. Преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным в точке падения луча; отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления γ для данных двух сред есть величина постоянная:
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n.$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

9.1. Как просто и надежно проверить прямолинейность линейки? начерченной на бумаге линии?

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

9.3. Может ли вертикально поставленный столб не отбрасывать тень в солнечный день?

9.4. Когда неровности дороги отбрасывают более длинные тени — в солнечный день или ночью при освещении дороги фарами автомобиля?

9.5. Почему тень на земле от ног человека резко очерчена, а от головы — имеет расплывчатые границы?

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

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

Всю ли правду говорит зеркальце?

9.7. Каким является отражение света от киноэкрана: зеркальным или рассеянным (диффузным)?

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

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

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

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

9.12. Угол падения луча из воздуха на поверхность стекла равен нулю. Чему равен угол преломления?

9.13. Действительные или мнимые изображения деревьев на берегу озера дает водная гладь?

Первый уровень

9.14. Сколько времени идет свет от Солнца до Плутона? Расстояние от Солнца до Плутона считайте равным 6 млрд км.

9.15. Какую величину можно измерять в световых годах? Выразите световой год в СИ.

9.16. Расстояние от ближайшей звезды (Проксима Центавра) до Солнца свет проходит за 4,3 года. Выразите расстояние от Солнца до Проксима Центавра в метрах.

9.17. Шест высотой 1,5 м, установленный вертикально, отбрасывает тень длиной 1 м. Какова угловая высота Солнца?

9.18. Предмет находится на расстоянии 15 см от плоского зеркала. Чему равно расстояние от предмета до его изображения в зеркале?

9.19. Световой луч падает на плоское зеркало под некоторым углом (см. рисунок). Зеркало поворачивают по часовой стрелке на 30° . В какую сторону и на сколько повернется отраженный луч?



9.20. Перед плоским зеркалом находится светящаяся точка S (см. рисунок). Где должен располагаться наблюдатель, чтобы видеть изображение точки S в зеркале?

$S \bullet$



9.21. Угол падения луча из воздуха на поверхность прозрачного пластика равен 50° , угол преломления — 25° . Каков показатель преломления этого пластика относительно воздуха?

9.22. Водолаз, находящийся на дне озера, направил луч фонаря на поверхность воды. Угол падения луча равен 25° . Найдите угол преломления луча.

9.23. Угол падения луча из воздуха на поверхность воды равен 30° . Найдите угол преломления и угол между преломленным лучом и поверхностью воды.

Второй уровень

9.24. Почему зрачок нашего глаза кажется черным?

9.25. Можно ли вместо белого экрана в кинотеатре использовать плоское зеркало?

9.26. Почему луч прожектора хорошо виден в тумане и гораздо хуже — в чистом прозрачном воздухе?

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

9.28. 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.

9.29. Два фотокорреспондента, находящиеся в 3 м от берега реки, одновременно фотографируют проплывающую по реке на расстоянии 60 м от берега баржу длиной 100 м. Снимки получились неудачными: на одном из них стоящее на берегу дерево закрывает нос баржи, а на другом — корму. На каком расстоянии друг от друга находились фотокорреспонденты?


9.30. Мальчик держит на расстоянии 60 см от глаза спичечный коробок. Коробок закрывает половину этажей здания, расположенного в 450 м от мальчика. Какова высота здания, если высота спичечного коробка равна 5 см?

9.31. Метеорологический зонд представляет собой воздушный шар радиусом 7 м. Оцените высоту, с которой зонд в ясную погоду перестает отбрасывать тень на поверхность Земли. Считайте, что во время подъема зонда Солнце находится в зените.

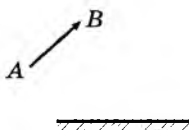
9.32. Тень от карандаша, освещенного настольной лампой, падает на стол. Опишите, как изменяются размер и вид тени по

мере перемещения карандаша от лампы к столу. Объясните эти изменения, сделав схематические рисунки хода лучей для двух положений карандаша. Проверьте свое решение на опыте.

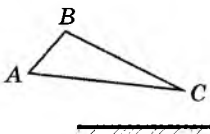
9.33. Угол между падающим лучом и плоскостью зеркала равен углу между падающим лучом и отраженным. Чему равен угол падения?

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

9.35. Постройте изображение предмета AB (см. рисунок) в плоском зеркале. Определите графически область видения этого предмета в зеркале.



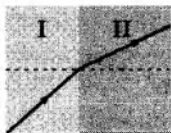
9.36. Постройте изображение треугольника ABC (см. рисунок) в плоском зеркале. Определите графически область видения изображения.



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

9.38. Угол между отраженным и преломленным лучами равен 100° . Какова сумма углов падения и преломления?

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

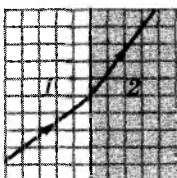


9.40. Угол падения луча равен 30° , угол между падающим и преломленным лучами 135° . В какой среде луч распространялся вначале: в оптически более плотной или менее плотной?

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

9.42. Когда на поверхность прозрачной жидкости падает световой луч под углом 30° к поверхности, угол преломления составляет 40° . Каким будет угол преломления, если угол между падающим лучом и поверхностью жидкости увеличить до 60° ?

9.43. Световой луч идет из среды 1 в среду 2 (см. рисунок). Найдите показатель преломления второй среды относительно первой.



9.44. Луч света переходит из стекла в воздух. Угол преломления луча в два раза превышает угол падения. Найдите эти углы.

9.45. Каким должен быть угол падения светового луча из стекла на границу раздела «стекло»—«вода», чтобы угол между отраженным и преломленным лучами был прямым?

9.46. Докажите, что после прохождения через плоскопараллельную пластинку световой луч смещается в сторону, не изменяя направления.

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

Третий уровень

9.48. Опыт Физо. Световой пучок проходит через узкую прорезь между зубцами вращающегося колеса, отражается от зеркала, расположенного на расстоянии 8,7 км от колеса, и возвращается к наблюдателю, опять проходя между зубцами колеса. При какой минимальной частоте вращения колеса отраженный свет не будет виден наблюдателю, если общее число зубцов равно 720?

9.49. При повторении опыта Физо (см. предыдущую задачу) частоту вращения колеса постепенно увеличивают. После первого исчезновения отраженный свет появляется и опять исчезает. Следующее появление отраженного света происходит при частоте вращения колеса 30 с^{-1} . На каком расстоянии от колеса находится зеркало, если число зубцов на колесе равно 540?

9.50. 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.

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

9.52. Солнечные лучи составляют с поверхностью Земли угол 40° . Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы осветить дно глубокого колодца?

9.53. Часть прямолинейного отрезка железнодорожного полотна проходит через туннель. Когда высота солнца над горизонтом составляет 40° , тени стоящих у насыпи столбов параллельны полотну и направлены от туннеля. Под каким углом к горизонту следует расположить зеркало, чтобы отраженный от него солнечный свет проник в туннель как можно дальше?


9.54. Загорающий на скале человек разглядывает стоящую неподалеку яхту (см. рисунок). Лучи от верхушки мачты, попадающие к нему в глаза, образуют с горизонтом угол $\alpha = 17^\circ$. Лучи от верхушки мачты, попадающие к нему в глаза после отражения от поверхности воды, образуют с горизонтом угол $\beta = 25^\circ$. Какова высота H мачты над уровнем воды, если глаза человека находятся на высоте $h = 3$ м над уровнем воды?



9.55. Два вертикальных зеркала образуют двугранный прямой угол. На одно из них падает горизонтальный луч света и после отражения падает на второе зеркало. Как изменится направление распространения света после отражения от двух зеркал?

9.56. Светящаяся точка S находится между двумя зеркалами, образующими двугранный прямой угол. Постройте все изображения точки S в зеркалах.

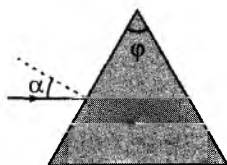
9.57. Если смотреть сверху на неглубокий водоем с чистой водой, его глубина кажется меньше, чем на самом деле. Почему? Во сколько раз меньше?

 **9.58.** В дно бассейна вмонтирована лампочка. Когда лампочка горит, на поверхности воды виден светлый круг диаметром 4 м. Какова глубина бассейна?

9.59. Угол падения светового луча на стеклянную плоскопараллельную пластинку толщиной 3 см равен 60° . Определите длину пути луча в пластинке и смещение луча.

9.60. Пройдя через стеклянную плоскопараллельную пластинку, световой луч сместился на 10 мм. Угол падения луча равен 50° . Какова толщина пластинки?

9.61. Преломляющий угол φ стеклянной призмы (см. рисунок) равен 60° . Угол падения луча на грань призмы $\alpha = 30^\circ$. Найдите угол отклонения луча от первоначального направления после прохождения через призму.



Словно смотришь в бинокль перевернутый —
Все, что сзади осталось, уменьшено...

К. Симонов

10. ЛИНЗЫ. ГЛАЗ. ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

10.1. Как можно по форме стеклянной линзы узнать, собирающая это линза или рассеивающая?

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

10.3. Какое изображение называют мнимым?

10.4. Какое изображение — действительное или мнимое — можно наблюдать на экране?

10.5. Почему фокус рассеивающей линзы называют мнимым?

10.6. Собирающая линза дает изображение предмета, находящегося за ее фокусом. Как изменится тип изображения, если предмет поместить между линзой и ее фокусом?

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

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

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

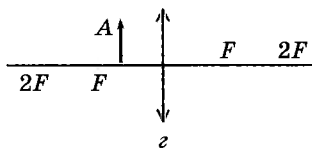
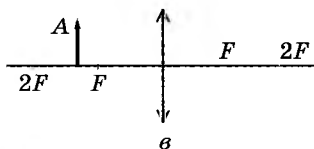
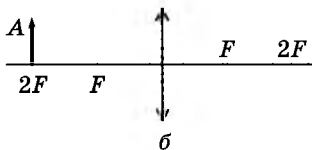
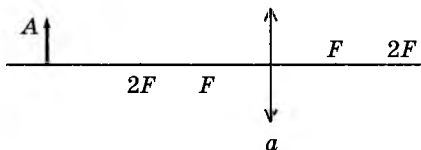
10.10. Можно ли в телескоп увидеть муху, севшую на объектив?

■ □ Первый уровень

10.11. Фокусные расстояния трех линз соответственно равны $0,8$ м, 250 см и 200 мм. Какова оптическая сила каждой линзы?

10.12. Каковы фокусные расстояния линз с оптическими силами $0,8$, 2 и 4 дптр?

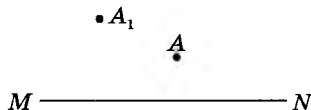
10.13. Найдите построением (рис. $a-g$) изображение предмета A в собирающей линзе и определите тип изображения (действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное).



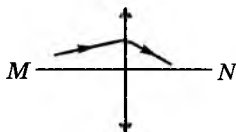
■ □ Второй уровень

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

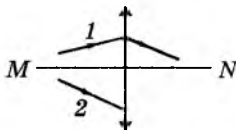
10.15. На рисунке показана главная оптическая ось MN тонкой линзы, светящаяся точка A и ее изображение A_1 . Найдите построением положение оптического центра линзы и ее фокусов. Определите также тип линзы (собирающая или рассеивающая) и тип изображения (действительное или мнимое).



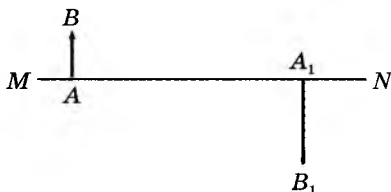
10.16. На рисунке показаны главная оптическая ось MN линзы и ход одного из лучей. Найдите построением положение фокусов линзы.



10.17. На рисунке показан ход луча 1 через собирающую линзу. Постройте дальнейший ход луча 2.



10.18. На рисунке приведены главная оптическая ось MN линзы, предмет AB и его изображение A_1B_1 . Найдите графически положение оптического центра и фокусов линзы.



10.19. Предмет высотой $h = 2$ см находится на расстоянии $d = 40$ см от линзы. Линза дает изображение этого предмета на экране, расстояние до которого $f = 60$ см. Определите фокусное расстояние F и оптическую силу D линзы, высоту H изображения.

10.20. Предмет высотой 6 мм находится на расстоянии 24 см от собирающей линзы с фокусным расстоянием 8 см. Какова высота изображения предмета?

10.21. Расстояние между предметом и его действительным изображением равно 45 см. Каково фокусное расстояние линзы, если изображение в 2 раза больше предмета?

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


10.23. Какое увеличение дает лупа с фокусным расстоянием 3 см?

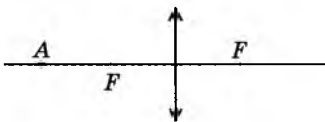
10.24. Каково фокусное расстояние лупы, которая дает 7-кратное увеличение?

10.25. Увеличение объектива микроскопа равно 25. Каково увеличение микроскопа, если увеличение окуляра 12?

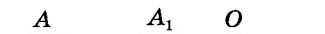
10.26. Каково увеличение телескопа, если фокусное расстояние объектива в 150 раз превышает фокусное расстояние окуляра?

Третий уровень

 **10.27.** Постройте изображение точки A , лежащей на главной оптической оси собирающей линзы (см. рисунок).



10.28. На рисунке показаны светящаяся точка A и ее изображение A_1 , находящиеся на главной оптической оси линзы, а также оптический центр O линзы. Определите вид линзы (собирающая или рассеивающая). Найдите построением фокусы линзы.




10.29. 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.

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

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

10.32. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата равно 35 мм. Каким должно быть расстояние от центра объектива до пленки при съемке удаленных объектов? Как следует изменить это расстояние, чтобы фотографировать близкие предметы?

 **10.33.** Фотографирование здания высотой 20 м производят с расстояния 85 м. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата равно 34 мм. Какова высота изображения здания на пленке?

10.34. Какое изображение (действительное или мнимое, прямое или обратное) дает микроскоп?

10.35. Зависит ли увеличение телескопа от радиуса его объектива? Для чего увеличивают радиус объектива?

Горит, как хвост павлиний,
Каких цветов в нем нет!
Лиловый, красный, синий,
Зеленый, желтый цвет!

С. Я. Маршак

11. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ И ДИФРАКЦИЯ СВЕТА. СВЕТ И ЦВЕТ

УСТНАЯ РАЗМИНКА

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

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

11.3. Почему крылья стрекоз имеют радужную окраску?

11.4. Чем объяснить радужную окраску дисков для лазерных проигрывателей?

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

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

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

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

11.9. Объясните происхождение цвета синей бумаги и синего стекла.

11.10. Если посмотреть через красное стекло на белый светильник, то он кажется красным. Почему?

11.11. На детском рисунке показаны все цвета радуги. Какими мы увидим эти цвета при красном освещении?

11.12. Одинаковы ли скорости распространения красного и фиолетового излучений в вакууме? в воде? Объясните свой ответ.

11.13. С одинаковой ли скоростью приходят к границам атмосферы Земли от Солнца волны красной и фиолетовой части спектра? Одинакова ли их скорость в атмосфере и в любой иной среде?

Первый уровень

11.14. Человеческий глаз воспринимает как видимый свет электромагнитное излучение с длиной волны в вакууме от 400 до 780 нм. Каков диапазон частот видимого излучения?

11.15. Частота оранжевого света $5 \cdot 10^{14}$ Гц. Найдите длину волны этого света в вакууме.

11.16. Частота электромагнитного излучения $9 \cdot 10^{14}$ Гц. Какова длина волны этого излучения в вакууме? Воспринимает ли человеческий глаз это излучение как видимый свет?

11.17. Световая волна частотой $4,8 \cdot 10^{14}$ Гц распространяется в стекле. Какова длина волны?

11.18. Длина волны света в вакууме 450 нм. Какова частота этой световой волны?

11.19. Длина волны оранжевого света в воздухе 600 нм. Найдите частоту волны.

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

Второй уровень

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

11.22. Лучи белого света падают нормально на тонкую прозрачную пленку. В проходящем свете пленка кажется желтой. Какой она будет казаться в отраженном свете?

11.23. Частота когерентных световых волн от источников *A* и *B* равна $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Каков результат интерференции света в точке отрезка *AB*, отстоящей на 0,25 мкм от середины этого отрезка?

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

11.25. Свет переходит из стекла в вакуум. Изменяется ли частота световой волны?

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

11.27. В воздухе длина волны света 700 нм. Какова длина волны этого света после перехода в воду?

11.28. Длина волны света в воде 435 нм. Какова длина волны этого света в воздухе?

11.29. Сколько длин волн светового излучения частотой $4 \cdot 10^{14}$ Гц укладывается в вакууме на отрезке 1,5 м?

11.30. Ткань освещена белым светом. Какой кажется эта ткань, если она:

- поглощает весь падающий свет;
- отражает весь падающий свет;
- поглощает 50 % энергии любой падающей световой волны?

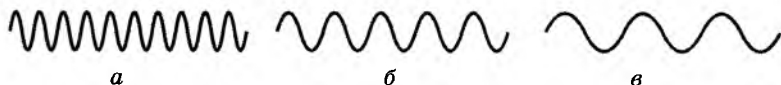
11.31. Рисунок сделан зеленым фломастером на белом листе бумаги. При каком освещении рисунок становится практически невидимым?

11.32. Рисунок сделан красным фломастером на белом листе бумаги. Через какое стекло надо смотреть при дневном свете на этот лист, чтобы рисунок стал практически невидимым?

11.33. Какими будут казаться зеленые листья растений, освещенные красным светом?

11.34. Воду освещают зеленым светом, длина волны которого в воздухе 500 нм. Какова длина световой волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?

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



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

11.37. Показатель преломления воды для красного света 1,331, а для фиолетового — 1,343. На сколько отличаются скорости этих световых волн в воде?

11.38. Узкий параллельный пучок солнечного света падает на поверхность воды под углом 45° . Показатель преломления воды для красного света 1,331, а для фиолетового — 1,343. Найдите угол между красными и фиолетовыми лучами в воде.

Третий уровень

11.39. Световые волны в некоторой точке пространства взаимно гасят друг друга. Куда «исчезает» их энергия?

11.40. При помощи двух щелей на экране получили интерференционные полосы. Что будет видно на экране, если:

- одну из щелей закрыть плотной бумагой;
- источник света сначала прикрыть красным, а потом фиолетовым стеклом?

11.41. На стеклянную пластинку нанесли тонкий слой чистого спирта и наблюдают в пластинке отражение горячей электрической лампочки. Спустя некоторое время слой спирта приобретает легкую радужную окраску. Объясните это явление.

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

 **11.43.** Почему для запрещающих сигналов на транспорте принят красный цвет?


11.44. На Луне во время лунного «дня» небо черное. Почему же на Земле днем небо окрашено в разные тона (в зависимости от времени суток и состояния атмосферы)?

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

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

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

11.48. Хорошо ли проходит ультрафиолетовое излучение через стекло? Где следует это учитывать?

 **11.49.** Могут ли две «разноцветные» световые волны, например красного и желтого излучений, иметь одинаковые длины волн? Если могут, то при каких условиях?

11.50. Почему при прохождении через треугольную стеклянную призму широкого пучка белого света радужная окраска появляется только у краев пучка?

КВАНТЫ, АТОМЫ, ЯДРА, ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

После пятидесяти лет раздумий я так и не приблизился к ответу на вопрос, что же такое кванты света.

А. Эйнштейн

12. СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ. ФОТОЭФФЕКТ

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

УСТНАЯ РАЗМИНКА

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

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

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

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

12.5. Какие закономерности фотоэффекта нельзя объяснить на основе волновой теории света?

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

12.7. Как объясняется существование красной границы фотоэффекта на основе представления о световых квантах?

12.8. Почему для разных веществ красная граница фотоэффекта имеет различные значения?

12.9. Частота световой волны от первого источника в 1,5 раза больше, чем частота световой волны от второго. Сравните энергии фотонов, испускаемых этими источниками.

Первый уровень

12.10. Выразите в джоулях и в электрон-вольтах энергию фотона ультрафиолетового излучения частотой $6 \cdot 10^{15}$ Гц.

12.11. У какого света — красного или зеленого — энергия фотона больше?

12.12. Сравните энергии фотонов видимого света, инфракрасного, ультрафиолетового и рентгеновского излучений.

12.13. На поверхность металла падают фотоны с энергией 2 эВ. Может ли свободный электрон в металле поглотить энергию 1 эВ? 2 эВ? 3 эВ? 4 эВ?

12.14. Красная граница фотоэффекта для никеля равна 248 нм. Будет ли наблюдаться фотоэффект при освещении никеля светом с длиной волны 300 нм? 200 нм?

12.15. Какова работа выхода электронов из металла, если под действием фотонов с энергией 4 эВ с поверхности металла вылетают фотоэлектроны с максимальной кинетической энергией 1,8 эВ?

12.16. При фотоэффекте с поверхности металла вылетают электроны с максимальной кинетической энергией 1,2 эВ. Какова энергия падающих на поверхность фотонов, если работа выхода электронов из данного металла 1,5 эВ? Является ли падающее на поверхность излучение видимым светом?

Второй уровень

12.17. Найдите энергию фотона видимого света с длиной волны 500 нм. Выразите ответ в джоулях и электрон-вольтах.

12.18. Найдите энергию фотона видимого света с длиной волны 600 нм. Выразите энергию в джоулях и в электрон-вольтах.

12.19. Определите красную границу фотоэффекта λ_{\max} :

а) для цинка;

б) для оксида бария.

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

12.21. Как изменяются при удалении источника света от вакуумного фотоэлемента:

а) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов;

б) количество фотоэлектронов, ежесекундно вылетающих с поверхности катода?

12.22. Работа выхода электронов из натрия равна $3,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Возникает ли фотоэффект при облучении натрия видимым излучением? инфракрасным?

12.23. При освещении поверхности металла светом частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц вылетают фотоэлектроны. Какова работа выхода электронов из металла, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов 1,2 эВ?

12.24. Определите наибольшую скорость электронов, вылетевших из цезия при освещении его светом частотой $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц.

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

12.26. Каково задерживающее напряжение для электронов, вырванных ультрафиолетовым излучением с длиной волны $0,1$ мкм из вольфрамовой пластины?

12.27. Измеренное при фотоэффекте значение задерживающего напряжения равно $2,4$ В. Найдите длину волны падающего на поверхность излучения, если работа выхода электронов из металла $2,4 \cdot 10^{-19}$ Дж.

12.28. Какова максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих при действии на поверхность цинка ультрафиолетового излучения с длиной волны 150 нм?

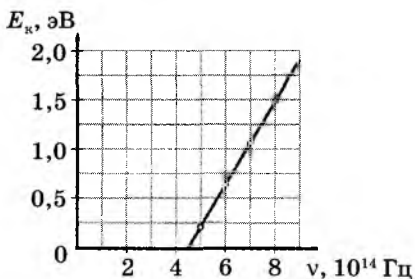
12.29. Падающий на поверхность катода желтый свет вызывает фотоэффект. Обязательно ли возникнет фотоэффект при освещении катода синим светом? оранжевым светом?

Третий уровень

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

12.31. Какова максимальная скорость фотоэлектронов при действии на катод света длиной волны 450 нм, если красная граница фотоэффекта для данного катода 600 нм?

12.32. На рисунке представлен результат экспериментального исследования зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего на катод фотоэлемента света. Используя эти результаты, определите (в электрон-вольтах) работу выхода электронов и максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов при частоте падающего света $7 \cdot 10^{14}$ Гц.



12.33. Фотоэлектроны, вырванные с поверхности металла излучением частотой $\nu_1 = 2 \cdot 10^{15}$ Гц, полностью задерживаются тормозящим электрическим полем при напряжении $U_1 = 7$ В, а излучением частотой $\nu_2 = 4 \cdot 10^{15}$ Гц — при напряжении $U_2 = 15$ В. Какое значение постоянной Планка получается на основе этих экспериментальных данных?

12.34. Когда на поверхность металла действует излучение длиной волны 500 нм, задерживающее напряжение равно 0,6 В. Каково задерживающее напряжение при действии на эту поверхность излучения длиной волны 350 нм?

Еще, быть может, каждый атом —
Вселенная, где сто планет;
Там все, что здесь, в объеме сжатом,
Но также то, чего здесь нет.

В. Брюсов

13. СТРОЕНИЕ АТОМА. АТОМНЫЕ СПЕКТРЫ. ЛАЗЕРЫ

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

УСТНАЯ РАЗМИНКА

13.1. На основании каких экспериментальных данных Резерфорд сформулировал планетарную модель атома?

13.2. Ядро атома и электроны имеют разные знаки зарядов и, следовательно, притягиваются друг к другу. Объясните в рамках планетарной модели атома, почему электроны не падают на ядро.

13.3. Можно ли применять закон Кулона для вычисления силы взаимодействия альфа-частицы с ядром атома золота в опыте Резерфорда?

13.4. Какие классические представления о движении и взаимодействии частиц лежат в основе теории Бора?

13.5. В чем заключается противоречие между планетарной моделью атома по Резерфорду и законами классической физики?

13.6. В чем заключаются противоречия между постулатами Бора и законами классической физики?

13.7. При каком условии атом не излучает энергию?

13.8. В результате каких происходящих в атоме изменений возникает излучение?

13.9. Какие изменения происходят в атоме в результате поглощения излучения?

13.10. В каком состоянии находится вещество, имеющее линейчатый спектр испускания?

13.11. Чем определяется частота излучения атома по теории Бора?

13.12. Какую среду называют активной?

13.13. Что можно сказать о фотонах, входящих в состав пучка лазерного излучения?

Первый уровень

13.14. Укажите, при каких переходах атом излучает энергию, а при каких — поглощает:

- а) переход с первого энергетического уровня на четвертый;
- б) переход со второго энергетического уровня на первый;
- в) переход со второго энергетического уровня на третий;
- г) переход с третьего энергетического уровня на первый.

13.15. При переходе атома с одного энергетического уровня на другой испущен фотон энергией 1,5 эВ. Увеличилась или уменьшилась в результате перехода энергия атома? на сколько?

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

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

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

Второй уровень

13.19. Какие из разреженных газов дают линейчатые спектры испускания и поглощения: метан, неон, углекислый газ, гелий, радон, водяной пар, пары ртути, сернистый газ?

13.20. Какое вещество дает линейчатые спектры испускания и поглощения:

- а) твердый кислород;
- б) жидкий кислород;

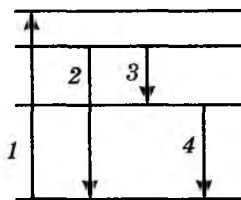
- в) разреженный атомарный кислород;
- г) озон O_3 ;
- д) кислород O_2 ?

13.21. В люминесцентных лампах пары ртути при прохождении тока испускают ультрафиолетовое излучение. Находящийся с внутренней стороны стенок баллона лампы слой люминофора поглощает это излучение и испускает видимый свет. Сплошным или линейчатым является спектр ультрафиолетового излучения?

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

13.23. При пропускании тока через пары ртути энергия атома ртути после столкновения с электроном увеличивается на 4,9 эВ. Какова длина волны излучения, которое испускают атомы ртути после этого?

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



13.25. Какую роль в работе лазера играют метастабильные уровни атомов?

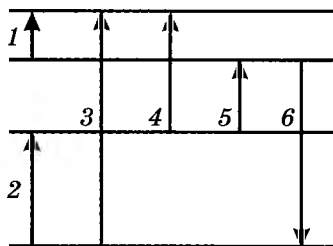
13.26. Почему при использовании вынужденного излучения удается получить практически не расходящийся световой пучок?

Третий уровень

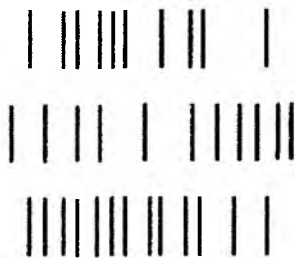
13.27. Атом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое испускает последовательно два кванта с длинами волн $\lambda_1 = 4050$ нм и $\lambda_2 = 97,2$ нм. Определите изменение энергии атома.

13.28. 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 .



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



13.30. Сколько фотонов испускает за полчаса лазер, если мощность его излучения 2 мВт? Длина волны излучения 750 нм.

13.31. Разность энергий двух уровней (метастабильного и невозбужденного), используемых при работе лазера, равна 2,1 эВ. Какова длина волны лазерного излучения? Какова мощность излучения лазера, если каждую секунду испускается 10^{16} фотонов?

Конечно, здесь есть своя трудность: квантовомеханическое поведение вещей чрезвычайно странно.

Р. Фейнман

14. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

$$\lambda = \frac{h}{p}, \Delta p \cdot \Delta x \geq h$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

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

14.2. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?

14.3. Приведите примеры проявления волновых и корпускулярных свойств света.

14.4. Приведите примеры проявления корпускулярных и волновых свойств электрона.

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

14.6. Приведите примеры явлений, которые хорошо объясняет волновая теория света.

14.7. Приведите примеры явлений, которые можно объяснить используя представление о световых квантах.

Первый уровень

14.8. Частоту 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 является следствием волновой теории, а какая — квантовой?

14.9. Какие «волновые» и «корпускулярные» характеристики света связывает формула Планка $E = h\nu$?

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

14.11. Зависит ли длина волны де Бройля, связанной с частицей, от массы и скорости этой частицы?

Второй уровень

14.12. Как проявляется соотношение неопределенностей в микромире?

14.13. Может ли микрочастица с точки зрения соотношения неопределенностей покоиться?

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

14.15. Почему соотношение неопределенностей несущественно для макроскопических тел?

14.16. Определите длину волны де Бройля, связанной с пылинкой массой 0,001 мг, которая движется со скоростью 5 м/с. О чем свидетельствует полученный ответ?

14.17. Вычислите длину волны де Бройля, которая соответствует электрону, движущемуся со скоростью 10^7 м/с.

Третий уровень

14.18. Как на основе соотношения неопределенностей сделать заключение о том, что электрон в атоме не может двигаться по круговой орбите?

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

14.20. Вычислите длину волны де Бройля, соответствующей электрону после разгона в электронно-лучевой трубке при анодном напряжении 2 кВ.

14.21. Через узкую щель пролетают электроны, испускаемые электронной пушкой. Можно ли точно предсказать угол отклонения очередного электрона? Что позволяют предсказать законы квантовой механики?

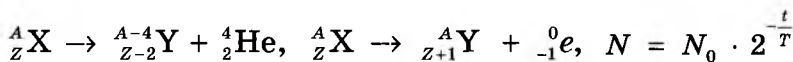
14.22. Какие из перечисленных понятий теории Бора используются и в современной квантовой механике:

- а) орбита электрона; в) скорость электрона;
б) энергия атома; г) частота обращения электрона?

Во всем мне хочется дойти
До самой сути...
До оснований, до корней,
До сердцевины.

Б. Пастернак

15. АТОМНОЕ ЯДРО. РАДИОАКТИВНОСТЬ



УСТНАЯ РАЗМИНКА

15.1. Используя Периодическую систему химических элементов Д. И. Менделеева, определите количество протонов, нейтронов и электронов в атомах углерода, фтора, галлия, молибдена.

15.2. Используя Периодическую систему химических элементов Д. И. Менделеева, определите количество протонов, нейтронов и электронов в атомах азота, фосфора, индия, кадмия.

15.3. Существует ли атомное ядро, заряд которого меньше заряда протона?

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

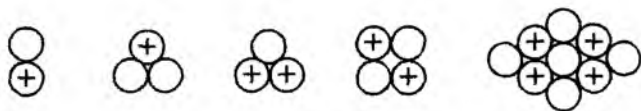
15.5. Назовите химический элемент, в атомном ядре которого содержатся:

- а) 7 протонов и 7 нейтронов;
- б) 18 протонов и 22 нейтрона;
- в) 51 протон и 71 нейтрон;
- г) 101 протон и 155 нейтронов.

15.6. В ядре какого элемента содержится 14 протонов и столько же нейтронов? В ядрах каких элементов содержится равное число протонов и нейтронов?

15.7. В ядре атома серебра 108 частиц. Вокруг ядра обращается 47 электронов. Сколько в ядре этого атома нейтронов и протонов?

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



15.9. Чем отличаются по составу ядра изотопов бериллия ${}^7_4\text{Be}$ и ${}^9_4\text{Be}$?

15.10. Сравните свойства ядерных и электрических сил.

15.11. Могут ли только электрические силы удерживать нуклоны в ядре?

15.12. Что представляют собой альфа-излучение, бета-излучение и гамма-излучение? Какова их проникающая способность?

15.13. Какое из радиоактивных излучений не отклоняется магнитным и электрическим полями?

15.14. Как изменяются масса и заряд ядра в результате испускания альфа-частицы?

15.15. Как изменяются масса и заряд ядра в результате испускания бета-частицы?

15.16. Может ли при радиоактивном распаде ядра наблюдаться:

- а) увеличение заряда и массы ядра;
- б) увеличение заряда и уменьшение массы;
- в) уменьшение заряда и увеличение массы;
- г) уменьшение заряда и массы?

15.17. Можно ли повлиять на скорость радиоактивного распада внешними воздействиями: нагреванием, электрическим или магнитным полем, механическими воздействиями?

15.18. Распадутся ли через сутки все ядра изотопа, период полураспада которого равен 2 ч?

15.19. Почему радиоактивность урана за несколько лет заметно не изменяется?

15.20. Можно ли предсказать момент распада радиоактивного ядра?

Первый уровень

15.21. Пользуясь Периодической системой химических элементов Д. И. Менделеева, определите состав ядра кобальта. Запишите соответствующее символическое обозначение A_ZX .

15.22. Какое ядро образуется в результате α -распада полония-212?

15.23. При β -распаде из ядра свинца-210 вылетают электрон и антинейтрино. Какое ядро образуется в результате β -распада?

15.24. Во что превращается ядро натрия-22 в результате β -распада? Запишите уравнение реакции.

15.25. Во сколько раз уменьшается количество атомов радиоактивного элемента за два периода полураспада?

15.26. Во сколько раз уменьшается количество атомов радиоактивного элемента за пять периодов полураспада?

15.27. Количество атомов радиоактивного элемента уменьшилось в 1000 раз. Сколько прошло периодов полураспада? Дайте приблизительный ответ.

Второй уровень

15.28. Назовите химический элемент, заряд ядер атомов которого равен:

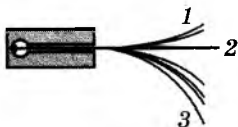
а) $4 \cdot 10^{-18}$ Кл; б) $5,6 \cdot 10^{-18}$ Кл; в) $8,8 \cdot 10^{-18}$ Кл.

15.29. Чему равны заряды ядер атомов элементов с порядковыми номерами 1, 5 и 20 в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева?

15.30. Во сколько раз размеры атома превышают размеры ядра? Во сколько раз объем атома больше объема ядра? Дайте приблизительные ответы.

15.31. Одинаковы ли ядерные силы, действующие между двумя протонами, между двумя нейтронами, между протоном и нейтроном?

15.32. 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? Магнитная индукция поля направлена от нас перпендикулярно плоскости рисунка.



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

15.34. Почему распад и деление тяжелых ядер происходят при любой температуре, а реакции синтеза легких ядер — только при достаточно высоких температурах?

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

15.36. Запишите уравнение распада ядра плутония-239, в результате которого образуется ядро урана-235. Какая частица вылетает при распаде?

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

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

15.39. Ядро тория ${}^{232}_{90}\text{Th}$ претерпевает три α -распада и два β -распада. Определите порядковый номер и массовое число образовавшегося ядра и назовите его.

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

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

15.42. Период полураспада селена-75 равен 120 сут. Сколько процентов атомов этого изотопа распадется за 840 сут?

15.43. Масса радиоактивного изотопа серебра за 810 сут уменьшилась в 8 раз. Определите период полураспада данного изотопа.


15.44. Каков период полураспада радиоактивного изотопа, если за 12 ч в среднем распадается 7500 атомов из 8000?

15.45. Период полураспада радиоактивного изотопа равен 20 мин. Через какое время в образце массой 4 г останется 500 мг данного изотопа?

15.46. Период полураспада цезия-134 равен 2 года. За какое время количество этого изотопа в образце уменьшается в 8000 раз? Дайте приблизительный ответ.


Третий уровень

15.47. Плотность как легких, так и тяжелых ядер почти одинакова. Какой вывод можно сделать о расположении нуклонов в ядре?

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

15.49. Как вы считаете, существуют ли между нуклонами в атомных ядрах силы отталкивания?

15.50. Два образца содержали в начальный момент одинаковое количество радиоактивных атомов. Через сутки количество радиоактивных атомов в первом образце оказалось в 2 раза больше, чем во втором. Найдите период полураспада атомов второго образца, если для атомов первого образца он равен 8 ч.

 **15.51.** Радиоактивный атом тория ${}_{90}^{232}\text{Th}$ превратился в атом висмута ${}_{83}^{212}\text{Bi}$. Сколько произошло α - и β -распадов в ходе этого превращения?

15.52. Сколько α - и β -распадов происходит при превращении радия-226 в свинец-206?

15.53. Для искусственно созданного радиоактивного изотопа нептуния ${}_{93}^{237}\text{Np}$ конечным (стабильным) продуктом распада является висмут-209. Определите общее количество распадов при таком превращении.

15.54. Из 10 млрд атомов нестабильного изотопа за час распалось 2,5 млрд. Какое количество атомов уцелеет еще через час: больше или меньше 5 млрд?

Мы тайны эти скоро вырвем у ядра,
На волю пустим джинна из бутылки.

В. Высоцкий

16. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ. ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ ЯДЕР

$$E_{\text{св}} = \Delta M \cdot c^2 = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}) \cdot c^2$$

УСТНАЯ РАЗМИНКА

16.1. Как зависит «прочность» ядер атомов от их энергии связи?

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

16.3. Определите, не пользуясь справочными таблицами, энергия связи какого из ядер больше: лития ${}^7_3\text{Li}$ или бериллия ${}^9_4\text{Be}$.

16.4. Как изменится масса системы из свободных протона и нейтрона после соединения их в атомное ядро?

16.5. Какие законы сохранения выполняются при ядерных реакциях?

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

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

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

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

16.10. Как осуществляют управление ядерной реакцией?

16.11. Почему для термоядерного синтеза используют легкие атомные ядра?

Первый уровень

16.12. Энергии связи ядер железа-56 и урана-238 равны соответственно 492 и 1802 МэВ. Какое из них более устойчиво? Почему?

16.13. Пользуясь справочными таблицами, определите (в а.е.м.) массу ядер гелия ${}^4_2\text{He}$, лития ${}^7_3\text{Li}$, алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$.

16.14. Пользуясь справочными таблицами, найдите дефект масс ядра азота ${}^{15}_7\text{N}$.

16.15. Пользуясь справочными таблицами, найдите дефект масс ядра лития ${}^7_3\text{Li}$.

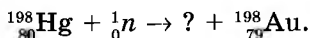
16.16. Пользуясь справочными таблицами, определите дефект масс ядер гелия ${}^4_2\text{He}$, алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$.

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

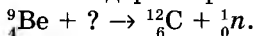
16.18. При бомбардировке лития (${}^7_3\text{Li}$) протонами определенной энергии образуется бериллий (${}^9_4\text{Be}$). Какая частица вылетает при этой реакции? Запишите уравнение реакции.

16.19. Какими частицами необходимо бомбардировать ядро азота (${}^{14}_7\text{N}$), чтобы получить изотоп углерода (${}^{14}_6\text{C}$) и протон? Запишите уравнение реакции.

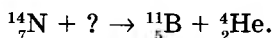
16.20. Допишите уравнение ядерной реакции:



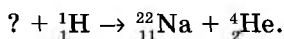
16.21. Допишите уравнение ядерной реакции:



16.22. Допишите уравнение ядерной реакции:



16.23. Допишите уравнение ядерной реакции:



16.24. При облучении мишени протонами образуется магний-24 и вылетают α -частицы. Запишите уравнение происходящей ядерной реакции.

16.25. При облучении ядрами дейтерия мишени из молибдена-95 наблюдается вылет нейтронов. Запишите уравнение происходящей ядерной реакции.

Второй уровень

 16.26. Определите энергию связи ядра радия-226.

16.27. Напишите цепочку ядерных превращений ядра урана ${}^{238}_{92}\text{U}$, захватившего нейтрон, в плутоний ${}^{239}_{94}\text{Pu}$, учитывая, что все вновь образованные ядра испытывают радиоактивный распад с испусканием электрона.

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

16.29. Найдите энергию связи ядра урана ${}^{238}_{92}\text{U}$.

16.30. У какого из элементов удельная энергия связи больше:

- а) с массовым числом 200 или 100;
- б) с массовым числом 20 или 80?

16.31. Почему удельная энергия связи в тяжелых ядрах убывает с увеличением массового числа?

16.32. Какова энергия связи ядра кремния ${}^{30}_{14}\text{Si}$?

16.33. Какова энергия связи ядра углерода ${}^{13}_6\text{C}$?

16.34. Какова удельная энергия связи ядра алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$?

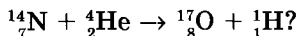
16.35. Какова удельная энергия связи ядра радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$?

16.36. В процессе термоядерного синтеза $5 \cdot 10^4$ кг водорода превращаются в 49 644 кг гелия. Определите, сколько энергии выделяется при этом.

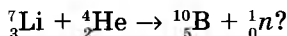
16.37. При образовании ядра гелия-4 из двух ядер дейтерия освобождается энергия 23,8 МэВ. На сколько масса образовавшегося ядра меньше массы двух ядер дейтерия?

16.38. Один нейтрон может вызвать в куске урана цепную реакцию с выделением огромного количества энергии. Откуда же берется этот нейтрон?

16.39. Выделяется или поглощается энергия при следующей ядерной реакции:



16.40. Выделяется или поглощается энергия в ядерной реакции:



Третий уровень

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

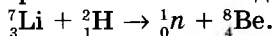
16.42. При α -распаде неподвижного ядра радия-226 образуется ядро радона-222. Какова скорость образовавшегося ядра радона?

16.43. На сколько энергия связи ядра атома изотопа углерода ${}^{15}_6\text{C}$ больше энергии связи ядра его другого изотопа ${}^{12}_6\text{C}$, если разность масс соответствующих атомов этих изотопов составляет 3,0106 а.е.м.?

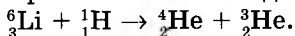
16.44. Определите наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра углерода ${}^{12}_6\text{C}$ на три одинаковые частицы.

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

16.46. Определите энергетический выход ядерной реакции:



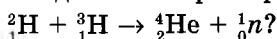
16.47. Определите энергетический выход ядерной реакции:



16.48. В результате попадания α -частицы в ядро бериллия ${}^9_4\text{Be}$ вылетает нейтрон (именно так он и был открыт). Запишите уравнение соответствующей ядерной реакции. Каков ее энергетический выход?

16.49. Определите энергетический выход ядерной реакции ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$, если удельная энергия связи ядра азота равна 7,48 МэВ/нуклон, ядра гелия — 7,075 МэВ/нуклон, а ядра кислорода — 7,75 МэВ/нуклон.

16.50. Какая энергия выделяется при термоядерной реакции:



16.51. Период полураспада плутония-238 $T = 86$ лет. При распаде каждого ядра этого изотопа выделяется энергия $E_0 = 5,5$ МэВ. Сколько энергии выделится за время $t = 43$ года в образце, содержащем $m = 238$ мг плутония?

16.52. 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.

16.53. Определите массу воды, которую можно нагреть от 20 до 100 °С и выпарить за счет энергии, выделяющейся при делении 9,4 г урана-235. Считайте, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ; удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/(кг·К), ее удельная теплота парообразования 2,3 МДж/кг. Потери энергии не учитывайте.

16.54. КПД атомной электростанции мощностью 600 МВт равен 28 %. Найдите массу ядерного горючего (урана-235), которое расходует электростанция каждые сутки. Считайте, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.

16.55. Найдите КПД атомной электростанции мощностью 500 МВт, если каждые сутки она расходует 2,35 кг урана-235. Считайте, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.

Быть может, эти электроны —
Миры, где пять материков,
Искусства, знанья, войны, троны
И память сорока веков!

В. Брюсов

17. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

УСТНАЯ РАЗМИНКА

17.1. Означает ли распад частицы на две (или большее количество других частиц), что она *состояла* из нескольких частиц?

17.2. Какие фундаментальные физические законы разрешают (или запрещают) те или иные превращения элементарных частиц?

17.3. Каким взаимодействием обусловлены ядерные силы между нуклонами в атомных ядрах?

17.4. Какие частицы участвуют в сильных взаимодействиях?

17.5. Какие частицы называют лептонами?

17.6. Какое взаимодействие характеризует процессы, происходящие с лептонами? Приведите примеры таких процессов.

17.7. Что понимают под веществом и антивеществом?

17.8. Какие элементарные частицы называют стабильными? Назовите стабильные частицы.

Первый уровень

17.9. Нарисуйте схемы атомов гелия и антигелия, укажите, из каких элементарных частиц они состоят.

17.10. При аннигиляции медленно движущихся электрона и позитрона образовалось два γ -кванта. Под каким углом друг к другу они разлетелись?

Второй уровень

17.11. И атом водорода, и нейтрон могут распадаться на протон и электрон. Почему же атом водорода не считают элементарной частицей, а нейтрон причисляют к ним?

17.12. Какая энергия выделилась бы при полной аннигиляции 1 кг вещества и 1 кг антивещества?

17.13. Определите энергию, которая выделяется при аннигиляции электрона и позитрона.

17.14. Какая энергия выделяется при аннигиляции нейтрона и антинейтрона?

17.15. Какая энергия выделяется при аннигиляции протона и антипротона?

Третий уровень

17.16. При распаде свободного нейтрона рождаются протон и другие частицы. Почему же распад свободного протона с образованием нейтрона невозможен?

17.17. Элементарная частица пи-нуль-мезон (π^0), масса которой в 264 раза больше массы электрона, распадается на два γ -кванта. Найдите частоту γ -излучения, считая частицу до распада неподвижной.

17.18. При какой частоте излучение при взаимодействии с веществом способно вызвать рождение пары электрон-позитрон?

17.19. При аннигиляции электрона и позитрона образовались два γ -кванта. Найдите длину волны возникшего излучения, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.

 **17.20.** Может ли свободный электрон поглотить фотон?

17.21. Может ли один γ -квант в вакууме превратиться в пару электрон-позитрон?

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Остановивший Солнце — двинувший Землю.

Надпись на могиле Коперника

18. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

УСТНАЯ РАЗМИНКА

18.1. Можно ли увидеть с Земли любую точку поверхности Луны?

18.2. У каких планет средняя плотность больше: планет земной группы или планет-гигантов?

18.3. Какой радиус Земли больше: полярный или экваториальный? Почему?

18.4. Куда направлены хвосты комет относительно Солнца?

18.5. Между орбитами каких планет расположен пояс астероидов?

18.6. За счет каких источников энергии излучает Солнце?

18.7. Имеет ли Солнце поверхность в обычном для нас понимании этого слова?

Первый уровень

18.8. Какие основные химические элементы и в каком соотношении входят в состав Солнца?

18.9. Откуда возникли кратеры на поверхности Луны?

18.10. В чем причины более высокой температуры атмосферы Венеры по сравнению с земной?

18.11. Что представляют собой кольца Сатурна?

18.12. О чем свидетельствует тот факт, что температуры поверхностей планет-гигантов выше, чем должны быть за счет падающей на них энергии Солнца?

18.13. Какие звезды имеют более высокую температуру поверхности: красные или голубые?

18.14. О чем свидетельствует наличие гранул в фотосфере Солнца?

18.15. Каких химических элементов больше всего на Солнце?

18.16. Сколько времени будет еще существовать Солнце?

Второй уровень

18.17. В чем сущность определения расстояний до планет Солнечной системы методом параллакса?

18.18. Почему поверхность Марса имеет красноватый цвет?

18.19. Можно ли разглядеть с Земли детали ландшафта Венеры с помощью оптического телескопа?

18.20. Почему кольца Сатурна могут «исчезать» для земных наблюдателей? Проиллюстрируйте свой ответ рисунком.

18.21. Нарисуйте орбиту кометы и саму комету, летящую «хвостом вперед».

18.22. В чем схожи кипящая вода и солнечные гранулы?

18.23. Почему Солнце не взрывается, как термоядерная бомба?


18.24. Каковы различия в переносе энергии от ядра к поверхности Солнца для различных зон внутри Солнца?

Третий уровень

18.25. Где нужно расположить телескопы на поверхности Земли, чтобы методом параллакса наиболее точно определить расстояние до Марса?


18.26. Как из наблюдений Луны с помощью даже небольшого телескопа можно сделать вывод, что период обращения Луны вокруг своей оси равен периоду ее обращения вокруг Земли?

18.27. Астронавт с поверхности Луны несколько земных суток наблюдает за Землей. Что он увидит?

 **18.28.** Фобос и Деймос вращаются вокруг Марса в одном направлении и в одной плоскости. Почему же на марсианском небе эти спутники движутся в противоположных направлениях?

18.29. Камень падает с высоты 10 м. Где падение произойдет быстрее — на Земле или на Марсе? Поясните свой ответ.


18.30. Пылинка опускается с высоты 10 м. Где этот процесс займет меньше времени — на Земле или на Марсе? Поясните свой ответ.

 **18.31.** Атмосферное давление на Марсе в 150 раз меньше, чем на Земле. Сравните массу атмосферы Марса с массой атмосферы Земли. Считайте, что радиус Марса в 2 раза меньше радиуса Земли, а его масса меньше массы Земли в 9 раз.

18.32. Объясните, почему полосы на поверхности Юпитера параллельны его экватору.

18.33. Какие особенности Солнца и Солнечной системы способствовали возникновению и развитию жизни на Земле?

18.34. Известно, что в ядре Солнца вследствие термоядерных реакций образуются нейтрино и γ -кванты, которые человеческий глаз не фиксирует. Почему же мы тогда видим Солнце?

 **18.35.** Предложите метод определения массы Солнца.

18.36. Оцените среднюю плотность Солнца, пользуясь приведенными на форзаце сведениями.

Ведь, если звезды зажигают —
значит — это кому-нибудь нужно?

В. Маяковский

19. МИР ЗВЕЗД

УСТНАЯ РАЗМИНКА

19.1. Из чего образуются звезды?

19.2. Как называется ближайшая к Солнцу звезда?

19.3. Как изменяется суммарный блеск двойной звездной системы, когда одна звезда заслоняет другую?

19.4. В каком созвездии находится переменная звезда типа цефеид, от которой происходит название этого типа звезд?

19.5. Что означает термин «новая звезда»? Действительно ли эта звезда «только что» образовалась?

19.6. Что означает термин «сверхновая звезда»? Обязательно ли такая звезда моложе «новой»?

19.7. Какой будет конечная стадия эволюции Солнца: белый карлик, нейтронная звезда или черная дыра?

Первый уровень

19.8. Из каких химических элементов в основном состоят звезды?

19.9. Каким образом измеряют расстояния до ближайших звезд?

19.10. Как определяют расстояния до далеких звезд?

19.11. Какие силы приводят к образованию звезд из скоплений газа?

19.12. Могут ли иметь одинаковые размеры две звезды, которые имеют одинаковые температуры поверхностей, но существенно отличаются по светимости?

19.13. Какую характеристику звезды подчеркивает термин «красный гигант» — большую массу или большие размеры?

19.14. Какие процессы в системе двойных звезд могут приводить к взрывам «новых» звезд?

19.15. Почему цефеиды называют «маяками Вселенной»?

19.16. Какие из звезд имеют наименьшие характерные размеры: белые карлики или нейтронные звезды?

19.17. Что означает термин «нейтронная звезда»? Каким образом возникают такие звезды?

19.18. Действительно ли черные дыры являются черными? Почему их так назвали?

Второй уровень

19.19. Почему прекращается сжатие межзвездного газа, приводящее к образованию звезды?

19.20. Где на диаграмме «температура — светимость» находится главная последовательность звезд?

19.21. Масса каких звезд больше: белых гигантов или красных гигантов?

19.22. Две звезды имеют одинаковую светимость, но разные температуры поверхностей. Какая из этих звезд больше?

19.23. Почему у большинства звезд ядерные реакции происходят в ядре, а не вблизи от поверхности?

19.24. Что означает термин «белый карлик»?

19.25. Какие изменения происходят с цефеидами во время их пульсаций?

19.26. Как по наблюдениям за цефеидами можно определить расстояние до звездных скоплений, в которых эти цефеиды находятся?

19.27. Какова природа энергии вспышки новой звезды?

19.28. В ходе каких процессов образуются тяжелые элементы?

19.29. Откуда известно, что Солнце — это звезда второго или третьего поколения?

Третий уровень

19.30. Объясните принцип определения расстояний до звезд по годичным параллаксам.

19.31. Нарисуйте распределение звезд на диаграмме «температура — светимость» и укажите положение белых карликов и красных гигантов.

19.32. Видимая яркость двух звезд, находящихся на расстоянии 100 и 600 световых лет от Солнечной системы, одинакова. Во сколько раз отличаются светимости этих звезд?

19.33. Видимая яркость двух цефеид, имеющих одинаковый период, отличается в 25 раз. Что можно сказать о расстояниях до этих цефеид?

19.34. Известно, что 90 % всех звезд — это звезды главной последовательности. Почему красных гигантов гораздо меньше, чем звезд главной последовательности?

19.35. У каких звезд водород «горит» не в ядре, а ближе к поверхности?

19.36. Почему энергия ядерных реакций на поверхности новой звезды вызывает сбрасывание оболочки, а энергия ядерных реакций в ядре Солнца не приводит к его разрушению?

19.37. Опишите качественно, что происходит со звездой, которая стала сверхновой.

19.38. Почему звезды большей массы быстрее эволюционируют, чем менее массивные звезды?

19.39. В недрах белых карликов не происходят никакие ядерные реакции. За счет какой энергии светятся эти звезды?

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

В. Шефнер

20. ГАЛАКТИКИ. ВСЕЛЕННАЯ

УСТНАЯ РАЗМИНКА

20.1. Кто начал первые исследования Галактики как звездной системы?

20.2. Что установил американский астроном Хаббл, наблюдавший туманность Андромеды?

20.3. Откуда происходит название «Млечный Путь»?

20.4. Имеем ли мы возможность визуально наблюдать ядро Галактики?

20.5. Какие типы галактик вам известны?

20.6. Назовите ближайшую к Солнечной системе на небе северного полушария галактику.

20.7. Назовите ближайшие к Солнечной системе галактики. В каком полушарии их можно наблюдать?

20.8. В какую сторону спектра смещены спектральные линии у подавляющего большинства галактик?

20.9. Какие наблюдения указывают на то, что Вселенная расширяется?

20.10. В состав какой группы галактик входит наша Галактика?

20.11. Какие наблюдения указывают на то, что на начальной стадии Вселенной вещество имело очень высокую температуру?

Первый уровень

20.12. Какой вид имеет Галактика?

20.13. Сколько времени нужно свету, чтобы пересечь Галактику по ее диаметру?

20.14. Какой объект, по одной из гипотез, находится в центре Галактики?

20.15. Что Вам известно о месте Солнца в Галактике?

20.16. За какое время Солнце делает оборот вокруг центра Галактики (иными словами — какова продолжительность галактического года)?

20.17. К какому типу галактик принадлежит туманность Андромеды?

20.18. В галактиках каких типов практически не происходит звездообразование?

20.19. Какие галактики населены преимущественно молодыми звездами?

20.20. Как называется коэффициент пропорциональности в законе Хаббла?

20.21. Почему наблюдаемые смещения спектральных линий указывают на то, что Вселенная расширяется?

20.22. С какой характеристикой галактик связано красное смещение линий в их спектрах?

20.23. На каких расстояниях от Солнечной системы находятся квазары?

20.24. И квазары и звезды наблюдаются как светящиеся точки. Чем же отличаются квазары от звезд?

20.25. Какую структуру имеет распределение вещества во Вселенной?

20.26. Что имеют в виду, когда говорят о расширении Вселенной?

20.27. Существует ли центр расширения Вселенной?

20.28. Каков возраст Вселенной?

20.29. Что такое реликтовое излучение?

Второй уровень

20.30. Вообразите, что вы наблюдаете Галактику, разместившись у самого ее края, где звезд крайне мало. Каким вы увидите звездное небо?

20.31. Какова структура Галактики?


20.32. Сколько времени космический корабль будет пересекать Галактику по диаметру, двигаясь с первой космической скоростью (около 8 км/с) относительно ее центра?

20.33. Чем отличаются по составу спиральные и эллиптические галактики?

20.34. Существуют галактики с фиолетовым смещением спектральных линий. О чем это свидетельствует? Не противоречит ли этот факт теории расширения Вселенной?

20.35. Почему для предсказания судьбы Вселенной очень важно знать среднюю плотность вещества в ней?

Третий уровень

 **20.36.** Предложите способ определения массы Галактики.

20.37. Нарисуйте схему строения Галактики.

20.38. Какие наблюдения указывают на то, что образование звезд в Галактике не завершено?

20.39. Галактики удаляются друг от друга. Удаляются ли друг от друга звезды в пределах одной галактики?

20.40. На каком расстоянии от нас находится галактика, если скорость ее удаления равна половине скорости света?

20.41. Какое открытие сделали недавно астрономы, наблюдая за разбеганием далеких галактик?

ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ

1.13. 0,18 МКл. 1.18. Можно; нельзя. 1.19. 34 Ом. 1.20. Медная трубка. 1.21. $6,25 \cdot 10^{14}$. 1.23. 12 А. 1.24. 0,9 А. 1.26. 30 м. 1.27. $2 \cdot 10^{-7}$ Ом · м. 1.28. 0,5 мм². 1.29. 32 м. 1.32. 0,5 А. 1.33. 0,5 В. 1.34. 0,35 В. 1.35. 0,1 мм². 1.36. 3 А. 1.37. 5 м. 1.38. 0,35 А. 1.39. 340 м; 0,1 мм². **Решение.** Воспользуемся формулами для электрического сопротивления проволоки $R = \rho \frac{l}{S}$ и ее массы $m = dV = dlS$. Здесь ρ , d — соответственно удельное сопротивление и плотность меди. Перемножив почленно эти формулы, найдем $l = \sqrt{\frac{mR}{\rho d}}$, а разделив — получим $S = \sqrt{\frac{\rho m}{dR}}$. 1.40. 81 м; 1,4 мм². 1.41. 0,04 В/м.

2.8. 8. 2.9. 5. 2.10. 1,2 кОм; 5 кОм. 2.11. **Решение.** Тело птицы можно рассматривать, как параллельное подключение к участку высоковольтной цепи, заключенному между лапками птицы. Так как сопротивление птицы намного превышает сопротивление этого участка, то сила тока в теле птицы очень мала и безвредна для птицы. 2.12. а) увеличится; б) уменьшится. 2.13. 11 В; 240 Ом. 2.14. Сопротивление пальца намного больше сопротивления всех оставшихся лампочек, а напряжение при последовательном соединении проводников распределяется прямо пропорционально сопротивлению участка цепи. 2.15. 21 Ом; 15 Ом. 2.16. 20 Ом; последовательно. 2.17. 13,5 А. 2.18. 4 кОм; 6 кОм; 8 кОм; 12 кОм; 18 кОм; 24 кОм; 36 кОм. 2.19. Всего можно получить 15 значений сопротивления: 6 кОм; 8 кОм; 9,6 кОм; 12 кОм; 14,4 кОм; 16 кОм; 18 кОм; 24 кОм; 32 кОм; 36 кОм; 40 кОм; 48 кОм; 60 кОм; 72 кОм; 96 кОм. На рисунке 1 показаны схемы некоторых соединений из четырех резисторов.

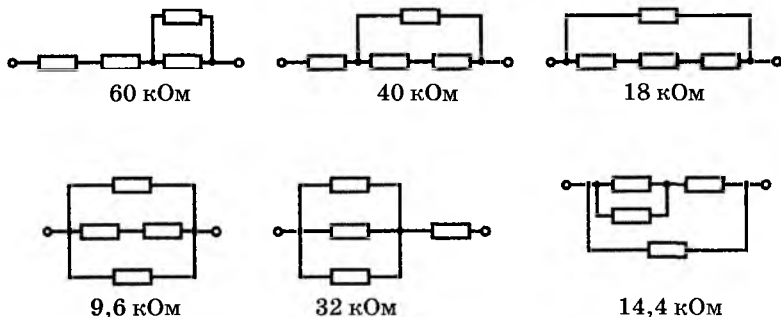


Рис. 1

2.20. **Решение.** Найдем сначала сопротивление параллельно соединенных резисторов 1 и 3: $R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 5$ Ом. Этот участок цепи соединен с резистором 2 последовательно, поэтому общее сопротивление цепи $R = R_{13} + R_2 = 15$ Ом. Согласно закону Ома полная сила тока в цепи $I = \frac{U}{R} = 2$ А. Именно такова сила тока в резисторе 2; в резисторах 1 и 3

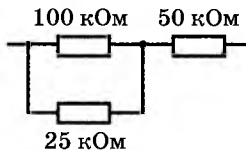


Рис. 2

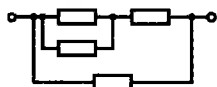


Рис. 3

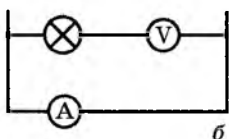
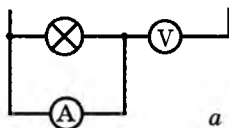


Рис. 4

сила тока делится пополам: $I_1 = I_3 = \frac{I}{2} = 1 \text{ А}$.

Применив закон Ома к каждому из резисторов, получаем $U_2 = I_2 R_2 = 20 \text{ В}$, $U_1 = U_3 = I_1 R_1 = 10 \text{ В}$.

2.21. $I_1 = I_5 = 4 \text{ мА}$, $I_2 = I_4 = I_6 = 1 \text{ мА}$, $I_3 = 3 \text{ мА}$.

2.22. а) 4 Ом; б) 6 Ом. 2.23. 12 Ом. 2.24. 15 Ом.

2.25. 15 мА; 10 мА; 600 Ом. 2.26. 5 мА; 4,5 В.

2.27. $R_3 = 3 \text{ Ом}$. 2.28. Накал лампы 1 уменьшится, ламп 2 и 3 — увеличится. 2.29. См. рисунок 2.

2.30. 2 Ом. 2.31. $U_1 = U_4 = 11 \text{ В}$, $U_2 = U_3 = 22 \text{ В}$.

2.32. 20 Ом; 30 Ом. 2.33. Точки подключения

должны разделить кольцо на части в отношении 3 : 1. 2.34. Четыре резистора; см. рисунок 3.

2.35. *Решение.* Ученик мог собрать одну из двух схем, показанных на рисунке 4. В обоих случаях

из-за большого сопротивления вольтметра ток через лампочку будет ничтожно малым, гореть она

не будет. В случае *a* ток не пойдет через амперметр, а вольтметр будет показывать практически такое же напряжение, как и при правильном

включении. В случае *б* практически весь ток в этом

участке цепи пойдет через амперметр, поскольку его сопротивление очень мало. Вольтметр пока-

жет отсутствие напряжения; амперметр же может

и перегореть, если сопротивление не показанной на рисунке части цепи

будет малым. 2.36. 1 Ом. 2.37. $I_1 = 10 \text{ А}$, $I_2 = 7,5 \text{ А}$, $I_3 = 2,5 \text{ А}$, $I_4 = 2,7 \text{ А}$,

$I_5 = 5,3 \text{ А}$, $I_6 = 2 \text{ А}$, $I_7 = 5,5 \text{ А}$. 2.38. $U_1 = 64 \text{ В}$, $U_2 = U_3 = 30 \text{ В}$, $U_4 = U_5 =$

$= U_6 = 16 \text{ В}$, $U_7 = 110 \text{ В}$. 2.39. Схему *a*. *Указание.* Поскольку сопро-

тивления проводника и амперметра сравнимы, в схеме *б* напряжения на

них также сравнимы, а вольтметр будет показывать *общее* напряжение

на проводнике и амперметре. 2.40. Схему *б*. *Указание.* Поскольку сопро-

тивления резистора и вольтметра сравнимы, в схеме *a* силы тока в них

также сравнимы, а амперметр будет показывать *общую* силу тока в про-

воднике и амперметре. 2.41. $I_1 = I_2 = 0,26 \text{ А}$, $I_3 = 0,52 \text{ А}$, $I_4 = I_5 = 0,39 \text{ А}$,

$I_6 = I_7 = 0,91 \text{ А}$. 2.42. 375 Ом; амперметр показывает суммарную силу

тока в резисторе и вольтметре. 2.43. а) 5 кОм; б) 9 кОм; в) 15 кОм.

3.7. 6 кДж. 3.8. 720 Дж. 3.9. 11 МДж. 3.10. За 100 с. 3.11. 54 Вт.

3.12. 200 Вт. 3.13. 1,5 мВт. 3.14. Мощность уменьшается. 3.15. *Реше-*

ние. Если обе лампы одинаковы, то на каждой из них будет напряже-

ние 110 В и лампы будут работать в нормальном режиме. Если же со-

противления ламп существенно отличаются, то напряжения на них так-

же будут различными (при последовательном соединении напряжение

на участке цепи прямо пропорционально сопротивлению этого участка).

Та лампа, напряжение на которой окажется больше 110 В, перегорит.

3.16. Накал увеличился (общее сопротивление спирали уменьшилось

вследствие охлаждения некоторых участков). 3.17. 2,5 Ом. 3.18. 15 В.

3.19. 0,2 А. 3.20. Лампочка для карманного фонарика; в 1,4 раза;

16 Ом; 1,2 кОм. 3.21. а) Во втором, в 5 раз; б) в первом, в 5 раз. *Ре-*

шение. а) При последовательном соединении сила тока в обоих резисторах одинакова. Из формулы $P = I^2 R$ следует, что мощность тока в резисторе прямо пропорциональна его сопротивлению: $\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} = 5$.

б) При параллельном соединении на обоих резисторах одинаково напряжение, поэтому целесообразно воспользоваться формулой $P = \frac{U^2}{R}$.

Из нее следует, что мощность тока в резисторе обратно пропорциональна его сопротивлению: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1} = 5$. 3.23. См.

рисунок 5. 3.24. 8,1 Вт; 24,3 Вт. 3.25. Мощность второй плитки больше в 2,5 раза. 3.26. В лампе 1 мощность тока больше в 4 раза. 3.27. 7,2 кДж.

3.28. а) 180 Вт; б) 960 Вт. 3.29. а) 1,6 Дж; 6,4 Дж. 3.30. Например, из никелина.

3.31. **Решение.** При включении, когда нить лампы еще не нагрелась, ее сопротивление намного меньше сопротивления в рабочем режиме. Поэтому сила тока очень велика и участки нити, толщина которых наименьшая, нагреваются до температуры, превышающей рабочую: ведь у этих участков больше электрическое сопротивление и меньше площадь поверхности. 3.32. 12 Вт и 6 Вт. 3.33. $P_1 = 3$ Вт, $P_2 = 7,2$ Вт, $P_3 = 4,8$ Вт.

3.34. В резисторе $R1$ — увеличится в $81/25$ раза; в резисторах $R2$ и $R3$ — уменьшится в $25/9$ раза. 3.35. 84 %. 3.36. 0,5 м/с. 3.37. 0,36 А. 3.38. 12 м/с.

3.39. 8 мин; 36 мин. **Решение.** Обозначим сопротивления обмоток R_1 и R_2 , напряжение в сети U . Поскольку тепловые потери не учитываются, количество теплоты Q , необходимое для доведения воды до кипения, во всех случаях одинаково. Из закона Джоуля — Ленца следует: $Q = \frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{R_2} t_2$.

Отсюда $\frac{R_1}{R_2} = \frac{t_1}{t_2}$. При последовательном соединении обмоток их сопротивление равно $R_1 + R_2$, а при параллельном напряжение на каждой обмотке равно U . Поэтому $Q = \frac{U^2}{R_1 + R_2} t_{\text{посл}} = \left(\frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2} \right) t_{\text{пар}}$. Из этих уравнений

получаем: $t_{\text{пад}} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}$, $t_{\text{посл}} = t_1 + t_2$. 3.40. 0,9 кг. 3.41. 39 %. 3.42. 32 м.

4.7. ЭДС практически не изменяется, внутреннее сопротивление увеличивается. 4.9. 240 Дж. 4.10. 120 Дж. 4.11. 1 А; 5,5 В. 4.12. 1,5 А; 11,25 В. 4.13. 24 А. 4.14. 1,2 А. 4.15. 18 В. 4.16. 0,6 А. 4.17. **Решение.**

У «старой» батарейки намного увеличилось внутреннее сопротивление r . Из закона Ома для полной цепи следует, что отношение напряжения на полюсах источника тока к ЭДС источника равно $\frac{R}{R + r}$. Поскольку r все же остается намного меньше сопротивления вольтметра, напряжение на подключенном вольтметре практически равно ЭДС батарейки. А вот для лампочки сопротивление $R < r$, поэтому напряжение на лампочке существенно меньше ЭДС батарейки. 4.18. Сила тока увеличится, поскольку уменьшится внутреннее сопротивление гальванического элемента.

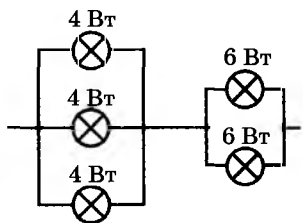


Рис. 5

4.19. 2 Ом; 114 В. 4.20. 4,8 Ом; 1,9 В. 4.21. 24 А. 4.22. 25 В. 4.23. 48 А. 4.24. При сопротивлении, равном внутреннему сопротивлению источника. 4.25. 8 А; 92 Вт. 4.26. 5,5 Ом; 0,5 Ом. 4.27. $U = 30$ В; $I_1 = 3,75$ А; $I_2 = 1,25$ А. **Решение.** Резисторы R_1 и R_2 соединены параллельно. Следовательно, полное сопротивление внешней цепи $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6$ Ом. Согласно

закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = 5$ А. Напряжение на полюсах источника тока $U = IR$, а сила тока в резисторах $I_1 = \frac{U}{R_1}$ и $I_2 = \frac{U}{R_2}$.

4.28. Показание амперметра увеличится, а вольтметра — уменьшится. 4.29. 55 В; 45 В. 4.31. 0,2 А; 16 В. 4.32. $\mathcal{E} = 36$ В, $r = 0,5$ Ом. **Решение.** Из закона

Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ следует соотношение $\mathcal{E} = I(R + r)$. Из

этого соотношения получаем систему уравнений $\begin{cases} \mathcal{E} = I_1(R_1 + r), \\ \mathcal{E} = I_2(R_2 + r). \end{cases}$ Отсюда

да $r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$, $\mathcal{E} = \frac{I_1 I_2 (R_2 - R_1)}{I_1 - I_2}$. 4.33. 5 В; 1 Ом. 4.34. 18 В; 4 Ом.

4.35. 37,5 В; 3,75 Ом. 4.36. а) 8 В; б) 4 В. 4.37. 6 В; 1 Ом. 4.38. 0,5 А; 5,5 В. 4.39. 0,5 А или 1,5 А. 4.40. 3 В; 2 Ом. 4.41. 4 А. 4.42. 2 Ом.

5.15. 0,18 Н. 5.16. 25 мТл. 5.17. 30° . 5.18. $1,4 \cdot 10^{-12}$ Н. 5.19. $2,8 \times 10^{-14}$ Н. 5.20. Отталкиваются. 5.21. Притягиваются. 5.25. Пробка притягивает попадающие в масло частицы стали, что замедляет износ двигателя. 5.28. Все указанные воздействия могут нарушить упорядоченную ориентацию «молекулярных токов». 5.29. Например, между северным географическим и южным магнитным полюсами. 5.30. 9 Н; ноль. 5.31. 0; 40 мН; 80 мН. 5.32. Вниз. 5.34. Кинетическая энергия и модуль импульса частицы не изменяются; направление импульса изменяется. 5.36. 10 А. 5.37. 2,3 мм; 0,71 нс. 5.38. $r_2 = 2r_1$; $T_2 = T_1$. 5.39. У протона радиус траектории и период обращения больше в 1840 раз. 5.40. 2,8 мТл. 5.41. 96 км/с. 5.42. **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. 5.44. В первом случае определяющим является действие на стрелки магнитного поля Земли, а во втором — магнитное взаимодействие стрелок друг с другом. 5.45. 27° . **Решение.** На проводник действует в горизонтальном направлении сила Ампера $F_A = BIl \sin 90^\circ = BIl$. Равнодействующая этой силы и силы тяжести должна быть направлена параллельно проводам подвеса, откуда находим $\operatorname{tg} \alpha = \frac{BIl}{mg}$.

5.46. Петля примет форму окружности. 5.47. 1 мм. **Решение.** В электрическом поле электрон приобрел скорость $v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$ (это следует из соотношения $eU = \frac{m_e v^2}{2}$). В маг-

нитном поле центростремительное ускорение сообщает электрону сила Лоренца. Следовательно, $\frac{m_e v^2}{r} = evB$. Отсюда получаем $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m_e U}{e}}$.

5.48. 2,5 см. 5.49. 300 В. 5.50. $\frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2 R^2}$. 5.51. Частица пролетает через фильтр только если сила Лоренца уравновешивает электрическую силу; это условие выполняется, если скорость частицы $v = \frac{E}{B}$.

6.6. 0,3 мВб. 6.7. 5,4 мВб. 6.8. 40 мТл. 6.9. 0,2 Вб/с; если скорость изменения магнитного потока была постоянной. 6.10. 2 В. 6.11. 50 мкГн. 6.12. 0,3 В. 6.13. 600 А/с. 6.14. 0,1 Гн. 6.15. 5 Дж. 6.16. 1 А. 6.17. 0,4 Гн. 6.22. Колебания будут быстрее затухать. 6.26. а) 0; б) 2 В; в) 3 В. 6.28. На 4 мВб. 6.29. 1000. 6.30. 60°. 6.31. На 0,12 Дж. 6.32. 1,6 Дж. 6.33. *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. 6.34. Уменьшится. 6.35. Чтобы колебания стрелок приборов от толчков быстро затухали. 6.36. Если цилиндр медный. 6.37. Время падения больше, когда катушка замкнута. 6.39. 9,2 А. 6.40. *Решение.* На свободные электроны в движущемся стержне действует сила Лоренца $F_{\text{л}} = eBv \cdot \sin\alpha$. В результате происходит разделение зарядов. Оно продолжается до тех пор, пока кулоновская сила $F = eE$ не уравновесит силу Лоренца: $F = F_{\text{л}}$, откуда $E = Bv \cdot \sin\alpha$. Между концами стержня возникает разность потенциалов $U = El$, равная ЭДС индукции. Таким образом, ЭДС индукции $\mathcal{E}_i = Bvl \cdot \sin\alpha$. 6.41. 225 мВ. 6.42. 7 мВ. 6.43. 0,2 В. 6.44. 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: $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. В течение каждого этапа через проводник проходит заряд $\Delta q = I\Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{R}$. Просуммировав аналогичные соотношения для всех этапов процесса, получим $q = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R}$.

6.45. а) 0,84 Кл; б) 1,7 Кл. 6.46. Лампа 1 загорается раньше; лампы гаснут одновременно. *Указание.* После размыкания ключа индукционный ток проходит по замкнутой цепи, включающей обе лампы. 6.47. $\Phi = \pi Br^2$. 6.48. Во внутреннюю энергию (в результате нагревания обмотки ротора индукционным током). 6.49. Когда электромотор совершает работу (в этом случае он вращается медленнее и возникающая в обмотке ЭДС индукции меньше, а сила тока больше). 6.50. 2,05 Дж.

7.7. Уменьшить в 100 раз. 7.8. Сила тока во вторичной обмотке меньше во столько раз, во сколько повышается напряжение. 7.9. Сила тока во вторичной обмотке меньше в 20 раз. 7.10. В 2500 раз. 7.11. Понижает; в 8 раз. 7.12. 4400 витков. 7.13. 27,5 А; 40 В. 7.18. Увеличится в 2 раза. 7.19. 5 с⁻¹. 7.20. Первичная обмотка может перегореть.

7.22. Во вторичной. Диаметр провода должен быть тем больше, чем больше сила тока, а в понижающем трансформаторе сила тока во вторичной обмотке больше, чем в первичной. **7.23. Решение.** Замкнутый виток трансформатора фактически представляет собой еще одну вторичную обмотку, работающую в режиме короткого замыкания. В этой обмотке, обладающей малым сопротивлением, индуцируется очень большая сила тока. Чрезмерный нагрев может расплавить этот виток или разрушить изоляцию, что вызовет замыкание соседних витков. **7.26.** 550; 30.

Решение. Соотношения напряжений для основных и дополнительной обмоток трансформатора имеют вид $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$, $\frac{N_1}{N_{\text{доп}}} = \frac{U_1}{U_{\text{доп}}}$. Здесь N_1 , N_2 ,

$N_{\text{доп}}$ — число витков в первичной, вторичной и дополнительной обмотках трансформатора, U_1 , U_2 , $U_{\text{доп}}$ — соответствующие напряжения. Из этих соотношений можно найти число витков в первичной и вторичной обмотках:

$$N_1 = N_{\text{доп}} \frac{U_1}{U_{\text{доп}}}, N_2 = N_1 \frac{U_2}{U_1} = N_{\text{доп}} \frac{U_2}{U_{\text{доп}}}. \quad \mathbf{7.27.} \quad 0,15 \text{ А}; 3 \text{ с}^{-1}.$$

8.11. Уменьшилась в 3 раза. **8.12.** Увеличить в 4 раза. **8.13.** 0,5 МГц. **8.14.** 6,1 МГц; к диапазону коротких радиоволн. **8.15.** 1 мкс. **8.16.** 3 м. **8.17.** 0,24 с. **8.18.** Через 16 мин 40 с. **8.19.** Радиослушатель. **8.21.** Основное различие обусловлено тем, что на Луне нет ионосферы, отражающей радиоволны. **8.26.** Короткие радиоволны. **8.27.** Ультракороткие радиоволны. **8.28.** Ультракороткие радиоволны. **8.33.** 200 м. **8.34.** Увеличить в 2 раза. **8.35.** 38 мс. **8.36.** 1,6 МГц. **8.37.** Увеличится в 3 раза. **8.38.** 200 кГц. **8.39.** От 8 кГц до 800 кГц. **8.40.** 13 м. **8.41.** 3 м. **8.42.** От 210 до 630 м. **8.43.** Уменьшили в 81 раз. **8.44.** Уменьшить в 16 раз. **8.45.** $1,5 \cdot 10^6$. **8.46.** 13 600. **8.47.** Нельзя; можно (это система отсчета, в которой электроны неподвижны). **8.49.** 2400 м. **8.50.** 50 нс. **8.51.** Увеличить в 4 раза. **8.52.** 320 пФ.

8.53. 6,2 мкГн. **8.54.** 3. **Решение.** Максимальное значение емкости конденсатора контура превышает минимальное значение в 9 раз. Согласно формуле Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$ и соотношению $\lambda = cT$ изменение емкости конденсатора в 9 раз приводит к изменению длины волны, на которую настроен приемник, в 3 раза. Следовательно, при использовании катушки с минимальной индуктивностью «перекрывается» диапазон длин волн от 50 до 150 м, при использовании второй катушки — от 150 до 450 м, а третьей катушки — от 450 до 1350 м. Таким образом, необходимы 3 катушки (заметим, что нам не потребовалось находить их индуктивности).

8.55. 9,4 м. **Решение.** Согласно закону сохранения энергии для незатухающих колебаний в контуре выполняется соотношение $\frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$, отку-

да $L = \frac{CU_{\text{max}}^2}{I_{\text{max}}^2}$. Из формулы Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$ и соотношения $\lambda = cT$ по-

лучаем $\lambda = 2\pi c \frac{CU_{\text{max}}}{I_{\text{max}}}$. **8.56.** 3,65 А. **8.57.** 2,1 А. **8.58.** 13 000 пФ; 7,6 мкГн.

Указание. Определите по графикам амплитудные значения силы тока и напряжения; воспользуйтесь законом сохранения энергии и форму-

лой Томсона. 8.59. 94 км. **Указание.** Телевещание ведется в диапазоне ультракоротких волн, которые распространяются в атмосфере прямолинейно. Максимальная дальность соответствует случаю, когда прямая «передатчик — приемная антенна» проходит по касательной к поверхности Земли. Сделав чертеж и применив теорему Пифагора, получим $L = \sqrt{2RH} + \sqrt{2Rh}$ (здесь учтено, что высота любой антенны намного меньше радиуса Земли R). 8.60. 21 м.

9.14. 5 ч 33 мин. 9.16. $4,1 \cdot 10^{16}$ м. 9.17. 56° . 9.19. По часовой стрелке на 60° . 9.20. См. рисунок 6 (искомая область затенена, S_1 — изображение точки S в зеркале). 9.21. 1,8. 9.22. 34° . 9.23. 22° ; 68° . 9.27. 12 м. 9.28. а) Не может; б) может. 9.29. 5 м. 9.30. 75 м. 9.31. 1,5 км. 9.33. 30° . 9.34. **Указание.** Гладкая поверхность воды отражает свет зеркально (вперед), так что этот отраженный свет не попадает в глаза водителю; отражение же света от шероховатой поверхности дороги является диффузным.

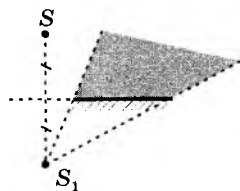


Рис. 6

9.37. 30° . 9.38. 80° . 9.40. В оптически менее плотной. 9.41. 45° . 9.42. 22° . 9.43. 0,75. 9.44. Угол падения равен $41,4^\circ$, угол преломления — $82,8^\circ$. 9.45. 42° . 9.47. 39° . 9.48. 12 с^{-1} . 9.49. 18,5 км. 9.51. Под углом 20° к горизонту. 9.52. 65° . 9.53. 70° . 9.54. 14 м. **Решение.** На рисунке 7 показаны направления указанных в условии задачи лучей. Рассматривая выделенные на рисунке прямоугольные треугольники, получаем соотношения: $AE = H - h = l \cdot \text{tg}\alpha$, $A_1E = H + h = l \cdot \text{tg}\beta$. Здесь l — расстояние от яхты до скалы. Из приведенных соотношений находим

$$\text{дим } H = h \frac{\text{tg}\beta + \text{tg}\alpha}{\text{tg}\beta - \text{tg}\alpha}.$$

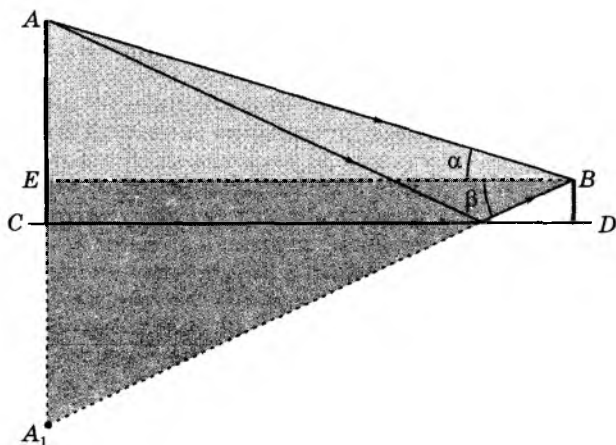


Рис. 7

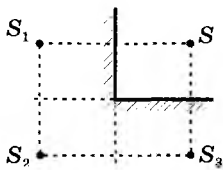


Рис. 8

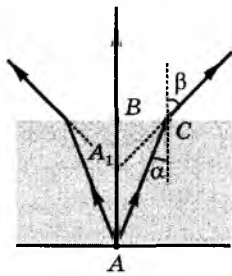


Рис. 9

9.55. Изменится на противоположное. 9.56. См. рисунок 8. 9.57. В 1,33 раза. **Решение.** Рассмотрим (см. рис. 9) ход узкого вертикального пучка отраженных солнечных лучей, идущих из точки A на дне водоема (на рисунке пучок сильно расширен). Эти лучи, преломившись на поверхности воды, создают мнимое изображение точки A в точке A_1 . Из соотношений $\operatorname{tg} \alpha = \frac{BC}{H}$, $\operatorname{tg} \beta = \frac{BC}{h}$ (здесь $H = AB$ и $h = A_1B$ — соответственно действительная и кажущаяся глубины водоема), используя закон преломления, получаем $h = \frac{H}{n}$ (мы учли, что синус и тангенс малого угла практически совпадают). Таким образом, из-за преломления света на поверхности воды глубина водоема кажется уменьшенной в $n = 1,33$ раза. 9.58. 1,75 м. **Указание.** Свет лампочки проходит из воды в воздух, если выполняется условие $\sin \alpha < \frac{1}{n}$, где α — угол падения луча,

а n — показатель преломления воды. 9.59. 3,7 см; 1,5 см. 9.60. 26 мм. 9.61. 47° .

10.11. 1,25 дптр; 0,4 дптр; 5 дптр. 10.12. 1,25 м; 50 см; 25 см. 10.19. $F = 24$ см; $D = 4,2$ дптр; $H = 3$ см. **Решение.** Прежде всего заметим, что изображение на экране является действительным. Оптическую силу и фокусное расстояние линзы найдем, воспользовавшись формулой тонкой линзы: $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ (чтобы получить оптическую силу в диоптриях, надо выразить все расстояния в метрах). Воспользуемся также выражением для увеличения линзы $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$. Из него следует, что $H = h \frac{f}{d}$. 10.20. 3 мм. 10.21. 10 см. 10.23. 8,3. 10.24. 3,6 см. 10.25. 300.

10.26. 150. 10.27. **Решение.** Сложность построения заключается в том, что все обычно используемые лучи совпадают с главной оптической осью линзы. Обойти эту сложность можно различными способами. Можно, например, «поставить» в точке A вертикальную стрелку, найти обычными методами изображение ее вершины и опустить перпендикуляр на главную оптическую ось. Другой способ: направим из точки A на линзу произвольный луч 1 под небольшим углом к главной оптической оси (рис. 10). Направим параллельный ему луч 2 через оптический центр линзы (этот луч проходит через линзу, не изменяя направления). Оба луча после прохождения через линзу должны пересечься в фокальной плоскости. Это позволяет построить ход луча 1 после линзы. Продолжив этот луч до пересечения с главной оптической осью, получим точку A_1 — изображение точки A . 10.29. Глаз

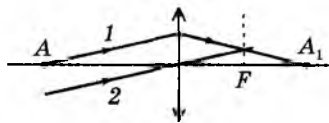


Рис. 10

становится дальнзорким. 10.31. При таком размере отверстия уменьшается размытость изображения на сетчатке. 10.32. 35 мм; увеличить. 10.33. 8 мм. *Указание.* Расстояние от пленки до центра объектива практически равно фокусному расстоянию объектива. 10.34. Мнимое, обратное. 10.35. Не зависит; для увеличения интенсивности света.

11.14. От $3,8 \cdot 10^{14}$ до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц. 11.15. 600 нм. 11.16. 330 нм; нет (это ультрафиолетовое излучение). 11.17. 420 нм. 11.18. $6,7 \cdot 10^{14}$ Гц. 11.20. $2,25 \cdot 10^8$ м/с. 11.23. Световые волны усиливают друг друга (если источники излучают волны с одинаковыми фазами). 11.25. Частота не изменяется. 11.26. Уменьшается. 11.27. 530 нм. 11.28. 580 нм. 11.29. $2 \cdot 10^6$. 11.30. а) черной; б) белой; в) серой. 11.31. При зеленом. 11.32. Через красное. 11.33. Черными. 11.34. 376 нм; зеленый. 11.35. *a* — фиолетовому, *b* — желтому, *c* — красному. 11.37. На 2000 км/с. 11.38. $0,32^\circ$. 11.39. Происходит перераспределение энергии в пространстве: она «переходит» туда, где волны усиливают друг друга. 11.40. б) Во втором случае ширина интерференционных полос будет меньше. 11.41. В достаточно тонком слое жидкости наблюдается интерференция света. 11.43. *Решение.* Запрещающие сигналы должны быть видны с большого расстояния. Следовательно, необходим такой цвет, чтобы излучение как можно меньше рассеивалось в атмосфере. Голубой же цвет неба свидетельствует, что сильнее всего рассеивается коротковолновая часть видимого солнечного света (фиолетовый, синий, голубой участки спектра). Это характерно для рассеяния на неоднородностях (микроскопических сгущениях и разрежениях воздуха), размеры которых меньше длины волны света. В облаках же или тумане рассеяние света происходит на капельках воды или кристалликах льда, размеры которых велики по сравнению с длиной волны света. В этом случае свет различных частот рассеивается примерно одинаково, чем и объясняется белый или серый цвет облаков. 11.45. Чем больший путь проходят световые лучи в атмосфере, тем сильнее рассеивается коротковолновая часть спектра. 11.46. На самом деле наблюдаются не тени, а полутени: в эти области попадает солнечный свет, рассеянный атмосферой (он имеет голубоватый оттенок). 11.49. *Решение.* Могут. Цвет зависит от частоты волны, а не от длины волны. В воздухе длина волны $\lambda_{\text{к}}$ красного света больше, чем длина волны $\lambda_{\text{ж}}$ желтого света. Если же красный свет переходит в прозрачную среду с показателем преломления n , то длина волны уменьшается: $\lambda'_{\text{к}} = \frac{\lambda_{\text{к}}}{n}$. Условие $\lambda'_{\text{к}} = \lambda_{\text{ж}}$ выполняется при $n = \frac{\lambda_{\text{к}}}{\lambda_{\text{ж}}}$. Например, при $\lambda_{\text{к}} = 760$ нм и $\lambda_{\text{ж}} = 570$ нм получаем $n = 1,33$. Таким образом, длина волны красного света в воде равна длине волны желтого света в воздухе.

12.10. $4 \cdot 10^{-18}$ Дж (25 эВ). 12.11. У зеленого. 12.14. Нет; да. 12.15. 2,2 эВ. 12.16. 2,7 эВ; да. 12.17. $4 \cdot 10^{-19}$ Дж (2,5 эВ). 12.18. $3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж (2,1 эВ). 12.19. а) 300 нм; б) 955 нм. 12.20. Увеличиваются. 12.21. а) Не изменяется; б) уменьшается. 12.22. Да (при длине волны менее 550 нм); нет. 12.23. 0,87 эВ. 12.24. 680 км/с. 12.25. $1,3 \cdot 10^{15}$ Гц. 12.26. 7,9 В. 12.27. 320 нм. 12.28. 1200 км/с. 12.29. Да; нет. 12.30. Увеличить на $2,7 \cdot 10^{14}$ Гц. 12.31. 490 км/с. 12.32. 1,9 эВ; 1,05 эВ. 12.33. $6,4 \cdot 10^{-34}$ Дж · с.

Решение. Воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$. Фотоэлектроны задерживаются тормозящим напряжением, если работа электрического поля равна по модулю их максимальной кинетической энергии: $\frac{mv^2}{2} = eU$. Таким образом, $h\nu = A_{\text{вых}} + eU$.

Вычитая почленно уравнения $h\nu_1 = A_{\text{вых}} + eU_1$ и $h\nu_2 = A_{\text{вых}} + eU_2$, получим

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \nu_1}. \quad \text{12.34. } 1,7 \text{ В.}$$

13.16. Увеличилась на 2,5 эВ. **13.18.** $1,3 \cdot 10^{-18}$ Дж. **13.19.** Неон, гелий, радон, пары ртути. **13.20.** Разреженный атомарный кислород. **13.23.** 250 нм. **13.26.** Направление импульсов всех фотонов практически одинаково. **13.27.** Энергия атома уменьшилась на 13 эВ. **Решение.** Энергия атома при испускании кванта уменьшается на $h\nu$. Следовательно, после испускания двух квантов энергия атома уменьшилась на

$$|\Delta E| = h\nu_1 + h\nu_2 = hc\left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}\right). \quad \text{13.28. а) } \frac{1}{\lambda_4} = \frac{1}{\lambda_3} - \frac{1}{\lambda_2}; \quad \text{б) } \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_6};$$

$$\text{в) } \frac{1}{\lambda_5} = \frac{1}{\lambda_6} - \frac{1}{\lambda_2}. \quad \text{13.30. } 1,4 \cdot 10^{19}. \quad \text{13.31. } 590 \text{ нм; } 3,4 \text{ мВт.}$$

14.14. При заданной неопределенности скорости неопределенность координаты частицы обратно пропорциональна ее массе. **14.16.** $1,3 \cdot 10^{-25}$ м; при такой малой длине волны наблюдать проявление волновых свойств пылинки невозможно. **14.17.** $7,3 \cdot 10^{-11}$ м. **14.20.** $2,7 \cdot 10^{-11}$ м. **14.22.** Только энергия атома.

15.22. ${}_{82}^{208}\text{Pb}$. **15.23.** ${}_{83}^{210}\text{Bi}$. **15.24.** ${}_{11}^{22}\text{Na} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{12}^{22}\text{Mg}$. **15.25.** В 4 раза. **15.26.** В 32 раза. **15.27.** 10. **15.28.** а) Марганец; б) бром; в) цезий. **15.29.** $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; $8 \cdot 10^{-19}$ Кл; $3,2 \cdot 10^{-18}$ Кл. **15.30.** В 10^5 раз; в 10^{15} раз. **15.31.** Одинаковы. **15.33.** Электроны в пучке имеют различные скорости. **15.34.** Необходимым условием реакции синтеза является сближение двух ядер на расстояние, сравнимое с их размерами; для этого ядра должны преодолеть кулоновское отталкивание. **15.35.** ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{90}^{234}\text{Th}$; ${}_{82}^{209}\text{Pb} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{83}^{209}\text{Bi}$. **15.36.** ${}_{94}^{239}\text{Pu} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{92}^{235}\text{U}$. **15.37.** Из ядра ${}_{88}^{224}\text{Ra}$. **15.38.** ${}_{92}^{235}\text{U}$. **15.39.** Ядро радона-220 (порядковый номер 86). **15.40.** В ядро ${}_{83}^{209}\text{Bi}$. **15.41.** 12,5 %. **15.42.** 99,2 %. **15.43.** 270 сут. **15.44.** 3 ч. **15.45.** Через 1 ч. **15.46.** За 26 лет. **15.47.** Нуклоны в ядре «плотно упакованы»; можно считать, что соседние нуклоны расположены вплотную друг к другу (это напоминает расположение молекул в капле воды). **15.48.** ${}_{4}^9\text{Be}$. **Решение.** Объем интересующего нас ядра меньше объема ядра алюминия-27 в $1,5^3 = 3,375$ раза. Поскольку плотность различных ядер практически одинакова, масса этого ядра меньше массы ядра алюминия-27 во столько же раз — она равна 8 а.е.м. Таким образом, ядро содержит 8 нуклонов — 4 протона и 4 нейтрона. **15.49.** Существуют. **15.50.** 6 ч. **15.51.** 5 α -распадов и 3 β -распада. **Решение.** Согласно условию масса ядра уменьшилась на 20 а.е.м. Поскольку при β -распаде масса ядра практически не изменяется, а при α -распаде уменьшается на 4 а.е.м., произошло 5 α -распадов.

В результате этих распадов атомный номер ядра уменьшился на 10 (от 90 до 80). Следовательно, произошло еще 3 β -распада, в результате которых атомный номер ядра увеличился от 80 до 83. **15.52.** 5 α -распадов и 4 β -распада. **15.53.** 11 распадов (7 α -распадов и 4 β -распада). **15.54.** Больше 5 млрд (за второй час распадется меньше атомов, чем за первый).

16.12. Ядро железа (у него больше удельная энергия связи).

16.14. 0,124 а.е.м. **16.15.** 0,042 а.е.м. **16.16.** 0,03 а.е.м.; 0,24 а.е.м.

16.18. ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + {}^1_0n$. **16.19.** Нейтронами; ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0n \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$.

16.20. ${}^{198}_{80}\text{Hg} + {}^1_0n \rightarrow {}^{198}_{79}\text{Au} + {}^1_1\text{H}$. **16.24.** ${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^4_2\text{He}$.

16.25. ${}^{95}_{42}\text{Mo} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{96}_{43}\text{Tc} + {}^1_0n$. **16.26.** $2,8 \cdot 10^{-10}$ Дж. **Решение.** Прежде всего

определим дефект масс ядра: $\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_n$. В справочных таблицах приведены значения масс нейтральных атомов m_a , а не ядер m_n , поэтому воспользуемся соотношением $m_n = m_a - Zm_e$. Получим $\Delta m = Zm_p + Nm_n -$

$-(m_a - Zm_e) = (Zm_H + Nm_n) - m_a$. Мы воспользовались тем, что сумма масс протона и электрона равна m_H (массе атома водорода ${}^1_1\text{H}$).

Подставив числовые значения, получим $\Delta m = 1,86$ а.е.м. $= 3,1 \cdot 10^{-27}$ кг. Энергия связи $E_{св} =$

$= \Delta m \cdot c^2$. **16.27.** ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^1_0n \rightarrow {}^{239}_{93}\text{Np} + {}^0_{-1}e$, ${}^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^0_{-1}e$. **16.28.** ${}^{95}_{37}\text{Rb}$.

16.29. $2,9 \cdot 10^{-10}$ Дж. **16.30.** а) У элемента с массовым числом 100; б) у элемента с массовым числом 80. **16.31.** С увеличением массового числа и чис-

ла протонов в ядре все более важную роль играет электрическое отталкивание протонов друг от друга. **16.32.** $4,1 \cdot 10^{-11}$ Дж. **16.33.** $1,55 \cdot 10^{-11}$ Дж.

16.34. 8,3 МДж/нуклон. **16.35.** 7,7 МДж/нуклон. **16.36.** $3,2 \cdot 10^{19}$ Дж.

16.37. На 0,026 а.е.м. **16.38.** Например, он может вылететь при спонтанном

делении ядра урана. **16.39. Решение.** Воспользовавшись справочными таблицами, определяем: суммарная масса вступивших в реакцию ядер меньше суммарной массы образовавшихся ядер. Следовательно, реакция идет с поглощением энергии. **16.40.** Поглощается. **16.41.** Даже в химически чистом уране доля урана-235 менее 1 %.

Поэтому вылетающие нейтроны в основном поглощаются ядрами урана-238 без последующего деления ядер. **16.42.** 190 км/с. **Решение.** При распаде ядра выделяется энергия $E = \Delta m \cdot c^2$,

где Δm — разность между массой ядра радия и суммарной массой двух образовавшихся ядер: $\Delta m = (m_{\text{Ra}})_{\text{я}} - (m_{\text{Rn}})_{\text{я}} - (m_{\text{He}})_{\text{я}}$. Выразив массы ядер через

массы соответствующих атомов, получим $\Delta m = (m_{\text{Ra}} - 88m_e) - (m_{\text{Rn}} - 86m_e) -$

$-(m_{\text{He}} - 2m_e) = m_{\text{Ra}} - m_{\text{Rn}} - m_{\text{He}}$. Согласно закону сохранения импульса образовавшиеся ядра разлетаются в противоположных направлениях с одинаковыми по модулю импульсами: $m_{\text{Rn}}v_{\text{Rn}} = m_{\text{He}}v_{\text{He}}$. Из закона сохранения

энергии $\Delta m \cdot c^2 = \frac{m_{\text{Rn}}v_{\text{Rn}}^2}{2} + \frac{m_{\text{He}}v_{\text{He}}^2}{2}$ получаем $v_{\text{Rn}} = c \sqrt{\frac{2m_{\text{He}} \cdot \Delta m}{m_{\text{Rn}}(m_{\text{He}} + m_{\text{Rn}})}}$.

16.43. На 14,3 МэВ. **16.44.** 7,3 МэВ. **16.45.** Можно облучать ртуть нейтронами; если в результате из ядра ртути будет выбит протон, то образуется ядро атома золота. Правда, это ядро будет радиоактивным и через некоторое время распадется. **16.46.** Выделяется энергия 15 МэВ. **16.47.** Выделяется энергия 4 МэВ. **16.48.** ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_0n + {}^{12}_6\text{C}$; выделяется энергия 5,7 МэВ. **16.49.** Поглощается энергия 1,27 МэВ. **Решение.** Согласно условию энергии связи ядер азота и гелия равны соответственно 104,72 и 28,3 МэВ, а энергия связи ядра кислорода 131,75 МэВ. Таким образом, суммарная энергия связи в результате реакции уменьшилась на 1,27 МэВ. Следова-

тельно, именно такая энергия поглощена при реакции. **16.50.** 17,6 МэВ. **16.51.** 150 МДж. **Решение.** Начальное количество атомов в образце $N_0 = \frac{m}{M} N_A$, где $M = 0,238$ кг/моль — молярная масса плутония. Согласно закону радиоактивного распада к концу указанного промежутка времени число оставшихся атомов $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$. Число распавшихся атомов $N_0 - N$, а выделившаяся при распадах энергия $E = E_0(N_0 - N) = E_0 N_0 (1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{E_0 m N_A}{M}$. **16.52.** 82 ГДж; 2,8 т. **16.53.** 290 т. **16.54.** 2,3 кг. **16.55.** 22,5 %.

17.10. 180°. **17.12.** $1,8 \cdot 10^{17}$ Дж. **17.13.** 1 МэВ. **17.14.** 1880 МэВ. **17.15.** 1880 МэВ. **17.16.** Поскольку масса протона меньше массы нейтрона, для превращения в нейтрон он должен получить энергию. **17.17.** $1,6 \cdot 10^{22}$ Гц. **17.18.** $2,5 \cdot 10^{20}$ Гц. **17.19.** $2,4 \cdot 10^{-12}$ м. **17.20. Решение.** Не может, поскольку при таком процессе не могут одновременно выполняться законы сохранения импульса и энергии. Чтобы убедиться в этом, проще всего перейти в систему отсчета, в которой электрон *после* поглощения фотона будет покоиться. В этой системе отсчета получается, что начальная кинетическая энергия электрона и энергия фотона просто «исчезли». **17.21.** Не может.

18.27. Положение Земли относительно поверхности Луны остается практически неизменным; однако заметно суточное вращение Земли и изменение ее положения относительно звезд и Солнца. **18.28. Указание.** Следует учесть вращение Марса вокруг собственной оси. Период обращения Фобоса меньше марсианских суток, а период обращения Деймоса — больше. **18.29.** На Земле, поскольку там больше ускорение свободного падения. **18.30.** На Марсе, поскольку там намного меньше плотность атмосферы. **18.31. Решение.** Из закона всемирного тяготения следует, что ускорение свободного падения на планете связано с ее массой M и радиусом R соотношением $g = G \frac{M}{R^2}$. Отсюда находим отношение ускорений свободной поверхности у поверхностей Марса и Земли:

$\frac{g_M}{g_3} = \frac{M_M}{M_3} \left(\frac{R_3}{R_M} \right)^2 \approx 0,4$. Вес атмосферы над каким-либо участком поверхности планеты можно приравнять силе атмосферного давления на этот участок. Поэтому массу m атмосферы можно оценить из соотношения $mg = p \cdot 4\pi R^2$. Отсюда $\frac{m_M}{m_3} = \frac{p_M}{p_3} \cdot \frac{g_3}{g_M} \cdot \left(\frac{R_M}{R_3} \right)^2 \approx 0,004$. **18.35. Указание.**

По значениям радиуса земной орбиты и периода обращения Земли вокруг Солнца можно вычислить ускорение Земли и воспользоваться законом всемирного тяготения. **18.36.** 1400 кг/м³.

19.32. В 36 раз. **19.33.** Они отличаются в 5 раз.

20.30. Вы увидите светлую полосу, охватывающую часть небосвода. Вне этой полосы светящихся объектов практически не будет видно. **20.32.** 3,8 млрд лет. **20.36. Указание.** Сравните с задачей 18.35. **20.40.** 6,5 млрд световых лет.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-------------------	---

ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Электрический ток. Действия тока. Закон Ома для участка цепи	4
2. Последовательное и параллельное соединения проводников	8
3. Работа и мощность постоянного тока	15
4. Закон Ома для полной цепи	19

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

5. Магнитное взаимодействие. Магнитное поле	25
6. Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля	31
7. Производство, передача и использование электроэнергии	38
8. Электромагнитные волны и передача информации	40

ОПТИКА

9. Законы геометрической оптики	46
10. Линзы. Глаз. Оптические приборы	52
11. Интерференция и дифракция света. Свет и цвет	56

КВАНТЫ, АТОМЫ, ЯДРА, ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

12. Световые кванты. Фотоэффект	60
13. Строение атома. Атомные спектры. Лазеры	63
14. Квантовая механика	66
15. Атомное ядро. Радиоактивность	68
16. Ядерные реакции. Энергия связи ядер	72
17. Элементарные частицы	76

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

18. Солнечная система	78
19. Мир звезд	80
20. Галактики. Вселенная	82

ОТВЕТЫ, УКАЗАНИЯ, РЕШЕНИЯ	85
---------------------------------	----