

Л. А. Исаченкова  
И. Э. Слесарь

# задач по физике

# 8

класс

# Сборник



Аверсэв

Л. А. Исаченкова  
И. Э. Слесарь

# задач по физике

8 класс

$$I = \frac{U}{R}$$
$$Q = \lambda m$$



Пособие для учащихся учреждений  
общего среднего образования  
с русским языком обучения

Рекомендовано  
Научно-методическим учреждением  
«Национальный институт образования»  
Министерства образования  
Республики Беларусь

*8-е издание, пересмотренное*

Минск  
«Аверсэв»  
2019

УДК 53(075.3=161.1)  
ББК 22.3я721  
И85

### Рецензент

учитель физики высш. квалификац. категории гос. учреждения образования  
«Средняя школа № 154 г. Минска» **Н. А. Полудеткина**

**Исаченкова, Л. А.**

И85

Сборник задач по физике. 8 класс : пособие для учащихся учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Л. А. Исаченкова, И. Э. Слесарь. — 8-е изд., пересмотр. — Минск : Аверсэв, 2019. — 144 с. : ил.

ISBN 978-985-19-3739-0.

Сборник является составной частью учебно-методического комплекса по физике для 8 класса. Задачи в нем расположены в соответствии со структурой учебного пособия «Физика 8». Пособие содержит все виды задач пяти уровней сложности, примеры решения и оформления типовых задач, а также ответы к количественным задачам.

Адресуется учащимся учреждений общего среднего образования.

УДК 53(075.3=161.1)  
ББК 22.3я721

*Учебное издание*

**Исаченкова** Лариса Артемовна  
**Слесарь** Инесса Эдуардовна

**СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ**

**8 класс**

Пособие для учащихся учреждений общего среднего образования  
с русским языком обучения

*8-е издание, пересмотренное*

Ответственный за выпуск **Д. Л. Дембовский**

Подписано в печать 08.07.2019. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 5,55. Тираж 3100 экз. Заказ

Общество с дополнительной ответственностью «Аверсэв».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/15 от 02.08.2013. Ул. Н. Олешева, 1, офис 309, 220090, г. Минск.

**E-mail: [info@aversev.by](mailto:info@aversev.by); [www.aversev.by](http://www.aversev.by)**

Контактные телефоны: (017) 268-09-79, 268-08-78.

Для писем: а/я 3, 220090, г. Минск.

УПП «Витебская областная типография».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 2/19 от 26.11.2013. Ул. Щербакова-Набережная, 4, 210015, г. Витебск.

**ISBN 978-985-19-3739-0**

- © Исаченкова Л. А., Слесарь И. Э., 2012
- © Исаченкова Л. А., Слесарь И. Э., 2019,  
с изменениями
- © Оформление. ОДО «Аверсэв», 2019

## Предисловие

Настоящий сборник представляет одну из составляющих комплекса учебно-методических материалов по физике для 8 класса учреждений общего среднего образования. В нем предлагается набор задач разной степени сложности по всем темам и в соответствии с учебной программой по физике. Структура сборника повторяет структуру учебного пособия «Физика. 8 класс» (2018 г.) под редакцией Л. А. Исаченковой.

По каждой теме приводятся все виды задач пяти уровней сложности, что соответствует требованиям 10-балльной системы оценки знаний. Комбинированные задачи включают задачи повышенной сложности, отмеченные знаком «\*». Они адресованы учащимся, стремящимся к более глубокому изучению физики, и могут быть полезны при подготовке к участию в олимпиадах. Задачи-оценки, отмеченные знаком «°», еще недостаточно популярны в школе. Тем не менее они ценны тем, что развивают исследовательский подход к изучению того или иного явления и его оценке, а также эффективно используют межпредметные связи. При решении такой задачи необходимо рассмотреть физическое явление, найти наиболее простую физическую модель этого явления, выбрать реальные значения физических величин, получить числовой результат. Наконец, надо оценить соответствие полученного результата реальности. Экспериментальные задачи обозначены буквой «э».

В начале каждой темы приводятся примеры решения типовых задач. В конце пособия даны ответы к решению количественных задач. Сами решения не приводятся. Это сделано сознательно, чтобы не обесценивать самостоятельный индивидуальный творческий поиск учащихся готовым рецептом решения. В большинстве случаев задачи рекомендуется решать в Международной системе единиц (СИ – система интернациональная), но если в конечной формуле входящие физические величины однородны, переводить их в единицы СИ не обязательно. Коэффициент  $g$  принимать равным  $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$ .

# ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

## 1

---

### Тепловое движение частиц

#### *Вопросы для самоконтроля*

- Почему непрерывное хаотическое движение частиц вещества называют тепловым?
- Какие явления свидетельствуют о хаотическом движении частиц вещества?
- Как связана температура тела со средней скоростью движения его частиц?
- В чем особенность теплового движения и взаимодействия частиц в газах? Какие свойства газов они определяют?
- В чем особенность теплового движения и взаимодействия частиц в жидкостях? Какие свойства жидкостей они определяют?
- В чем особенность теплового движения и взаимодействия частиц в твердых телах? Какие свойства твердых тел они определяют?

1. Можно ли движение одной молекулы считать тепловым движением? Является ли тепловое движение относительным? Чем отличается тепловое движение от механического?

2. Чтобы огурцы стали солеными, их держат в растворе соли несколько дней. Укажите способ более быстрой засолки огурцов. На каком физическом явлении основана засолка овощей?

3. Молекулы газов при комнатной температуре движутся со средней скоростью, модуль которой равен нескольким сотням метров в секунду. Например, молекулы кислорода при температуре  $t = 18^\circ \text{C}$  движутся со средней скоростью, модуль которой  $v = 440 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Почему же запахи в закрытых помещениях распространяются с гораздо меньшей скоростью?

4. Почему маленькая крупинка перманганата калия (марганцовки), лежащая на дне стакана с водой, окрашивает воду по всему объему?

5. Как объяснить с точки зрения физики смысл фразы «Дым тает в воздухе»?

6. В свете солнечного луча, проникшего в комнату, можно наблюдать «пляску» пылинок. Как называется наблюдаемое явление? Как оно объясняется?

7. Почему пыль сразу не оседает на поверхности тел?

8. Предложите способ, который позволил бы увеличить скорость диффузии в двух плотно соединенных пластинках — золотой и свинцовой.

9. (э) Смочите часть листа бумаги водой. Положите на увлажненное место кристаллик перманганата калия (марганцовки). Какое физическое явление при этом наблюдается? Как объяснить это явление?

10. (э) Используя три пустых стакана, сосуды с горячей и холодной водой и перманганат калия (марганцовку), докажите экспериментально, что средняя скорость поступательного движения молекул жидкости зависит от ее температуры.

## 2

---

### **Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии**

#### *Вопросы для самоконтроля*

- *Какую энергию называют внутренней энергией тела?*
- *Назовите два способа изменения внутренней энергии тела.*
- *Что является мерой средней кинетической энергии молекул?*

- *Что называется теплопередачей?*
- *Что такое количество теплоты?*

**11.** Закончите фразу: «Внутренняя энергия тела уменьшится, если ...»

- а) его нагреть;
- б) его охладить;
- в) его опустить в воду той же температуры;
- г) его поднять на некоторую высоту;
- д) уменьшить скорость его движения.

**12.** Может ли тело обладать механической энергией, но не иметь при этом внутренней энергии? Аргументируйте ответ.

**13.** Может ли тело обладать внутренней энергией, но не иметь при этом механической энергии? Аргументируйте ответ.

**14.** Верно ли утверждение, что получение телом теплоты обязательно приводит к увеличению его температуры? Почему?

**15.** Верно ли утверждение, что при неизменной температуре тела его внутренняя энергия постоянна? Почему?

**16.** Как с точки зрения молекулярной теории объяснить нагревание тела (например, газа в цилиндре под поршнем) при совершении механической работы?

**17.** В углекислотных огнетушителях (рис. 1) содержится сжатый углекислый газ под давлением  $p = 150$  атм. При открывании вентиля из раструба вылетают белые кристаллы оксида углерода(IV) («сухой лед») с температурой около  $t = -70$  °С, даже если баллон хранился в теплом помещении. Объясните это явление.

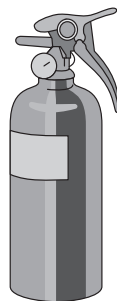


Рис. 1

**18.** Равны ли механическая (кинетическая и потенциальная) и внутренняя энергии двух одинаковых кубиков, если один из них лежит на столе, а второй — на полу?

**19.** Объясните, как и почему происходит изменение внутренней энергии: а) воды при ее нагревании; б) воздуха при его сжатии или расширении; в) льда при его таянии; г) пружины при ее сжатии или растяжении.

**20.** Равны ли внутренние энергии двух медных цилиндров, имеющих одну и ту же температуру, если их массы: а) различны; б) одинаковы?

**21.** Как изменилась внутренняя энергия воды в закрытом стакане, если средняя скорость поступательного движения ее молекул: а) увеличилась; б) уменьшилась?

**22.\*** Будет ли изменяться энергия взаимодействия частиц в газе, если его объем при постоянной температуре: а) уменьшить; б) увеличить?

**23.** Как будет изменяться внутренняя энергия воздуха в автомобильной шине после ее прокалывания?

**24.** Почему кофе после перемалывания в электрокофемолке называется нагретым?

**25.** Как изменяется внутренняя энергия ластика во время стирания текста? Почему?

**26.** Куда расходуется механическая кинетическая энергия автомобиля при его торможении на горизонтальном участке?

**27.** При быстром скольжении вниз по канату кожа рук сильно нагревается. Почему?

**28.** Изменится ли внутренняя энергия металлической заготовки, если ее зажать в тисках?

**29.** Почему металлическая заготовка при обработке напильником нагревается?

**30.** Почему газ в цилиндре с поршнем (рис. 2) расширяется при нагревании? Будет ли расширение газа неограниченным, если полностью устранить трение поршня о стенки цилиндра?

**31.** Почему при длительной езде на велосипеде покрышки колес становятся теплыми?

**32.** На столе стоят две стальные гирьки разной массы. В каком случае их внутренние энергии могут стать одинаковыми?

**33.** Как изменится внутренняя энергия горячего чая, если в него опустить холодную ложку?

**34.** Как изменяется внутренняя энергия заготовки и сверла во время сверления?

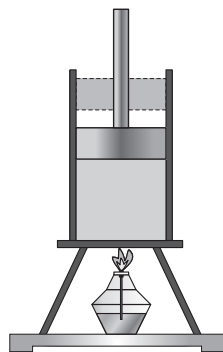


Рис. 2



**35.** Один кусок чугуна нагрелся до определенной температуры в электропечи, а другой такой же кусок — в кузнице от ударов молота кузнеца. Одинаково ли изменение внутренней энергии кусков чугуна? Чем отличаются способы изменения внутренней энергии?

**36.** Всегда ли верно утверждение, что внутренняя энергия тела не зависит от состояния его механического движения?

**37.** Ложка опущена в стакан с горячим чаем. Можно ли утверждать, что при выравнивании температур чая и ложки их внутренние энергии становятся одинаковыми? Ответ обоснуйте.

**38.** Изменяется ли кинетическая энергия атомов ртути при подъеме столбика медицинского термометра? Почему?

**39.\*** Как и почему изменяется внутренняя энергия шарика в стержне шариковой ручки во время письма?

**40.\*** Изменяется ли внутренняя энергия каблука ботинка во время ходьбы? Почему?

**41.** Внутренняя энергия газа в закрытом баллоне  $U_1 = 0,480$  МДж. В результате теплопередачи значение его внутренней энергии стало  $U_2 = 25,0$  кДж. Определите изменение внутренней энергии газа. Как в результате теплопередачи изменилась температура газа?

**42.** Газ, внутренняя энергия которого  $U_1 = 840$  Дж, сжали. При этом его внутренняя энергия достигла значения  $U_2 = 3,60$  кДж. Определите изменение внутренней энергии газа. Как в результате сжатия изменилась температура газа?

**43.** Газ находится в закрытом баллоне. Определите количество теплоты, полученной газом, если в процессе теплопередачи его внутренняя энергия увеличилась на  $\Delta U = 20$  кДж. Чему была равна начальная внутренняя энергия газа, если после теплопередачи она достигла значения  $U_2 = 60$  кДж?

**44.\*** Вода падает с высоты  $h = 12$  м. На сколько увеличивается внутренняя энергия каждого кубического метра воды при ее падении, если на нагревание воды затрачивается 60 % работы силы тяжести?

**45.** (э) Прижмите кусочек фольги к картону или какой-либо дощечке. Сделайте  $N = 10$  быстрых движений то в одну, то в другую сторону. Что происходит с температурой фольги и дощечки в процессе трения? Повторите опыт, но теперь сделайте  $N = 20$  движений. Как зависит изменение внутренней энергии тела от величины совершенной работы?

## Виды теплопередачи

### Вопросы для самоконтроля

- *Какие виды теплопередачи вы знаете?*
- *Что такое теплопроводность?*
- *Что такое конвекция?*
- *Какой вид теплопередачи возможен в вакууме?*
- *Какие тела лучше и какие хуже поглощают энергию теплового излучения?*

46. Какой должна быть температура воды в ванне, чтобы при погружении в нее руки вода не казалась ни теплой, ни холодной?

47. В каком доме, деревянном или каменном, холоднее зимой, если толщина стен одинакова? А летом? Почему?

48. Какая из дверных ручек, металлическая или деревянная, на ощупь кажется более холодной? Почему?

49. Предложите наиболее простой и быстрый способ сравнения теплопроводности меди и стекла.

50. Можно ли льдом нагреть стальной гвоздь? Как это сделать?

51. Почему холодной зимой меховая одежда согревает?

52.\* Почему вода в водоемах остывает значительно быстрее, чем нагревается?

53. Для чего в старину при изготовлении кирпича в глину добавляли рубленую солому?

54. Какие материалы вы использовали бы при изготовлении самодельного термоса?

55. Почему чай в термосе все же остывает?

56. Можно ли в термосе сохранить мороженое?

57. Известно, что растения земляники погибают при температуре  $t = -20^\circ\text{C}$ , но если участок засыпать слоем снега толщиной  $d = 5\text{--}10\text{ см}$ , то растение выживает и при более низких температурах. Почему?

58. Какое физическое толкование можно дать пословице «Много снега — много хлеба»?

59. Ускорится или замедлится таяние мороженого в теплой комнате, если его укутать в шубу? Почему?

60.\* Влияют ли на теплопроводность материала размеры пор в нем?

61.\* Теплопроводность твердого алюминия в 3 раза больше, чем расплавленного. Как это можно объяснить?

62. Почему на втором этаже двухэтажного дома теплее, чем на первом?

63. Куда нужно ставить электрический обогреватель, чтобы быстрее нагреть воздух в комнате: на стол или на пол?

64. Почему языки пламени устремляются вверх?

65. Почему вентиляционные отверстия в домах делают у потолка, а не у пола?

66. Почему жидкости и газы нагревают снизу?

67. В два сосуда, содержащие равные объемы воды, опустили два одинаковых кипятильника так, как показано на рисунке 3. В каком из сосудов вода нагреется быстрее? Почему?

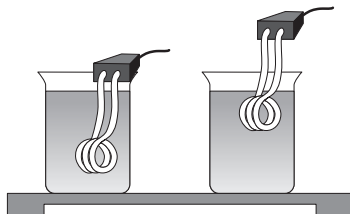


Рис. 3

68. При нагревании воды кипятильником (рис. 4) первый термометр показал температуру  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ , а второй —  $t_2 = 50^\circ\text{C}$ . Какими физическими закономерностями можно объяснить разницу в показаниях термометров?

69. В каком случае рука, находясь на одинаковом расстоянии от пламени, согревается быстрее: сверху или сбоку от него?

70. Почему к батарее центрального отопления одна труба подводится сверху, а другая — снизу?

71.\* Почему промерзание оконных стекол в сильные морозы начинается снизу, а оттаивание льда на них в оттепель — сверху?

72. Объясните физический принцип работы «турбины», изображенной на рисунке 5.

73. Почему холодильники чаще всего окрашивают в белый цвет?

74. В каком чайнике, белом или черном, вода остывает быстрее?

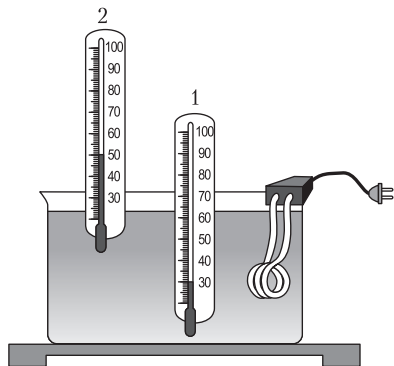


Рис. 4

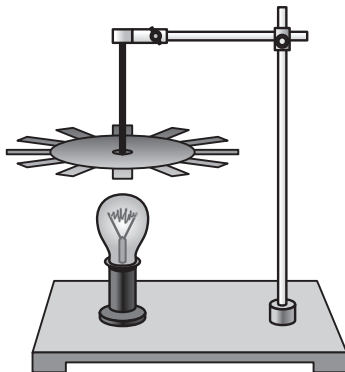


Рис. 5

**75.** Почему в некоторых жарких странах люди носят теплую одежду?

**76.** Зачем каски пожарных делают блестящими?

**77.** Какому, белому или черному, пуделю летом жарче? Почему?

**78.** Почему в жаркие дни асфальт на дороге теплее песка на обочине?

**79.** Почему батареи отопления и радиаторы холодильников делают ребристыми?

**80.** Какой из видов теплопередачи играет основную роль в нагревании: а) воды в чайнике; б) куска проволоки, один конец которого помещен в пламя спиртовки; в) камня, лежащего вблизи костра?

**81.** Какой стороной, *A*, *B* или *C* (рис. 6), нужно повернуть к солнцу бак, в котором нагревается вода для полива растений, чтобы она нагрелась быстрее? В какой цвет нужно покрасить такой бак, чтобы за ночь вода в нем остывала как можно меньше?

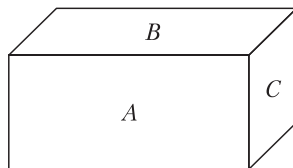


Рис. 6

**82.** Почему с точки зрения экономии топлива выгоднее в дачном доме иметь отопительную печь, а не камин?

**83.** Если подержать над пламенем свечи деревянный цилиндр, плотно завернутый в бумагу, то бумага быстро обугливается. Этого не происходит, если заменить деревянный цилиндр на металлический. Почему?

**84.** (э) Сравните по своим ощущениям степень нагретости металлической и деревянной ложек до погружения их в горячую воду,

а затем через 5 мин после погружения. Объясните разницу в ощущениях в обоих случаях. Если есть возможность, проделайте этот же опыт с пластмассовой и мельхиоровой ложками.

**85. (э)** Используя пробирку, стакан с водой, спиртовку и спички, проведите опыт по сравнению теплопроводностей воздуха, воды и стекла. Для этого в пламя спиртовки поместите примерно на 1 мин сухую пробирку, надетую на палец (рис. 7). Подождав немного, пока пробирка остынет, заполните ее на  $\frac{2}{3}$

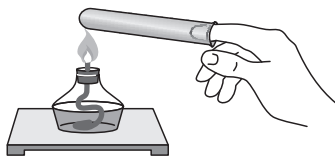


Рис. 7

объема водой. Поместите пробирку открытым концом в пламя спиртовки (рис. 8) на несколько минут. Ответьте на вопросы: 1) ощущали ли вы тепло во время нагревания пробирки, заполненной воздухом? 2) Что можно сказать о теплопроводности воздуха? 3) Что можно сказать о теплопроводности стекла, из которого сделана пробирка? 4) Ощутили ли вы нагревание воды в нижней части пробирки после нагревания ее верхней части? Что можно сказать о теплопроводности воды? Сделайте вывод о теплопроводности веществ в различных агрегатных состояниях.

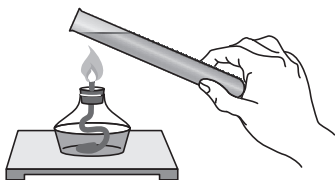


Рис. 8

## 4

### Расчет количества теплоты при нагревании и охлаждении. Удельная теплоемкость

#### Вопросы для самоконтроля

- От чего зависит количество теплоты, необходимое для нагревания тела?
- По какой формуле рассчитывается количество теплоты, необходимое для нагревания тела или выделяемое им при охлаждении?

- Какую величину называют удельной теплоемкостью?
- Почему количество теплоты, выделившееся при охлаждении, является отрицательной величиной?

### Пример решения задачи

В латунном калориметре массой  $m_1 = 100$  г находится вода массой  $m_2 = 2,0$  кг, имеющая температуру  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ . В калориметр опустили стальной брусок, температура которого  $t_2 = 95^\circ\text{C}$ , после чего вода в калориметре нагрелась до температуры  $t = 25^\circ\text{C}$ . Определите массу бруска.

*Дано:*

$$m_1 = 100 \text{ г} = 0,100 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2,0 \text{ кг}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 95^\circ\text{C}$$

$$t = 25^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c_{\text{ст}} = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c_{\text{л}} = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$m - ?$$

*Решение.*

В результате установления теплового равновесия брусок отдал количество теплоты  $Q_{\text{отд}}$  и охладился от температуры  $t_2 = 95^\circ\text{C}$  до  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ . Вода и калориметр получили количество теплоты  $Q_{\text{пол}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{л}}$  и нагрелись от температуры  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t = 25^\circ\text{C}$ . Если пренебречь тепловыми потерями, то  $|Q_{\text{отд}}| = Q_{\text{пол}}$ .

$$|Q_{\text{отд}}| = c_{\text{ст}} m (t_2 - t);$$

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} m_2 (t - t_1);$$

$$Q_{\text{л}} = c_{\text{л}} m_1 (t - t_1);$$

$$|Q_{\text{отд}}| = Q_{\text{в}} + Q_{\text{л}};$$

$$c_{\text{ст}} m (t_2 - t) = (c_{\text{в}} m_2 + c_{\text{л}} m_1) (t - t_1);$$

$$m = \frac{(c_{\text{в}} m_2 + c_{\text{л}} m_1) (t - t_1)}{c_{\text{ст}} (t_2 - t)};$$

$$m = \frac{\left( 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 2,0 \text{ кг} + 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,10 \text{ кг} \right) \cdot 5,0^\circ\text{C}}{460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 70^\circ\text{C}} = 1,3 \text{ кг}.$$

*Ответ:*  $m = 1,3$  кг.

**86.** Как понимать выражение: «Вещество имеет большую (малую) удельную теплоемкость»?

**87.** Какое количество теплоты поглощается при нагревании стальной детали массой  $m = 10,0$  кг от температуры  $t_1 = 100$  °С до температуры  $t_2 = 150$  °С?

**88.** Какое количество теплоты выделится при охлаждении воды объемом  $V = 200$  мл от температуры  $t_1 = 90,0$  °С до температуры  $t_2 = 30,0$  °С?

**89.** Найдите удельную теплоемкость чугуна, если при охлаждении от температуры  $t_1 = 130$  °С до температуры  $t_2 = 80,0$  °С чугунной детали массой  $m = 20,0$  кг выделилось количество теплоты  $Q = 0,550$  МДж.

**90.** С улицы в теплую комнату внесли алюминиевый и медный стержни одинаковой массы. Какой стержень быстрее нагреется до комнатной температуры? Почему?

**91.** Вещества одной и той же массы, удельные теплоемкости которых приведены ниже, охлаждаются от температуры  $t_1 = 20$  °С до температуры  $t_2 = 5,0$  °С. Какое из веществ отдаст при этом наибольшее количество теплоты?

а) золото —  $0,13 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

б) серебро —  $0,25 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

в) железо —  $0,46 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

г) алюминий —  $0,92 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

д) вода —  $4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ .

**92.** Веществам одинаковой массы, удельные теплоемкости которых приведены ниже, при температуре  $t = 20$  °С передается количество теплоты  $Q = 100$  Дж. Какое из веществ нагреется до более высокой температуры?

а) золото —  $0,13 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

б) серебро —  $0,25 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

в) железо —  $0,46 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

г) алюминий —  $0,92 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ ;

д) вода —  $4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ .

**93.** Найдите массу глицерина, если при нагревании от температуры  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 15^\circ\text{C}$  он поглотил количество теплоты  $Q = 12$  кДж.

**94.** Определите плотность машинного масла объемом  $V = 1,0$  л, если известно, что для увеличения температуры на  $\Delta t = 30^\circ\text{C}$  ему требуется передать количество теплоты  $Q = 45$  кДж. Удельная теплоемкость масла  $c = 1,67 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

**95.** Вычислите объем керосина, если при передаче ему количества теплоты  $Q = 34$  кДж температура увеличилась на  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ .

**96.** На сколько градусов и как изменилась температура воды объемом  $V = 5,0$  л, если при этом выделилось количество теплоты  $Q = 0,21$  МДж?

**97.** По данным таблицы составьте три задачи, запишите и решите их.

Вещество	Удельная теплоемкость $c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Масса тела $m, \text{кг}$	Начальная температура тела $t_1, ^\circ\text{C}$	Конечная температура тела $t_2, ^\circ\text{C}$	Изменение температуры тела $\Delta t, ^\circ\text{C}$	Поглощенное (отданное) количество теплоты $ Q , \text{кДж}$
?	920	?	80	20	?	11
?	?	2,0	—	—	300	228
Лед	?	1,2	?	0,0	—	25,2

**98.** На рисунке 9 представлен график зависимости температуры от времени для трех тел равной массы при одинаковых условиях нагревания. Удельная теплоемкость какого тела больше? Почему?

**99.** До какой температуры нагреется кусочек олова массой  $m = 10$  г, взятый при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , при передаче ему от паяльника количества теплоты  $Q = 57$  Дж?

**100.** Если при теплообмене двух тел температура одного из них понизилась на  $\Delta t_1 = 10^\circ\text{C}$ , то значит ли это, что температура второго тела повысилась также на  $\Delta t_2 = 10^\circ\text{C}$ ? Почему?

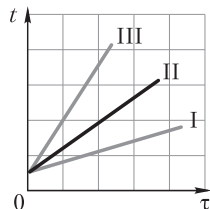


Рис. 9



**101.** Стальной, свинцовый и оловянный шарики, имеющие комнатную температуру, опустили в сосуд с горячей водой. Массы шариков равны. После установления теплового равновесия будут ли одинаковы: а) изменения температуры шариков; б) количества поглощенной шариками теплоты; в) изменения внутренней энергии шариков? Ответ обоснуйте.

**102.\*** В одном стакане находится вода, в другом — подсолнечное масло. Массы и температуры обеих жидкостей равны. В стаканы опускают нагретые до одинаковой температуры имеющие одинаковую массу стальные цилиндры. Определите, будут ли в результате теплообмена одинаковыми: а) температуры цилиндров; б) температуры жидкостей; в) изменения внутренней энергии цилиндров и жидкостей.

**103.** Какую температуру имел лед массой  $m_1 = 10$  г, если при его остывании до температуры  $t_2 = -20^\circ\text{C}$  выделилось такое же количество энергии, каким обладает гиря массой  $m_2 = 1,0$  кг, поднятая на высоту  $h = 21$  м относительно поверхности Земли?

**104.** Определите массу тела, потенциальная энергия которого на высоте  $h = 1,0$  м относительно поверхности Земли равна энергии, выделяемой кипятком объемом  $V = 200$  мл при его остывании до температуры  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ .

**105.\*** На одной из двух одинаковых электроплиток нагревается вода массой  $m_1 = 1,0$  кг, на другой — подсолнечное масло массой  $m_2 = 1,0$  кг. За некоторое время температура воды увеличилась от  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 50^\circ\text{C}$ . До какой температуры нагрелось масло за это же время, если начальные температуры веществ были равными? Потерями теплоты пренебречь.

**106.\*** При расчетах часто используют величину, равную произведению удельной теплоемкости вещества и массы тела, — теплоемкость тела ( $C = cm$ ). В чем она измеряется? Каков ее физический смысл? Будут ли одинаковы теплоемкости двух кусков железа разной массы? А удельные теплоемкости?

**107.\*** Воду объемом  $V = 500$  мл, взятую при температуре  $t_1 = 80,0^\circ\text{C}$ , влили в кружку, температура которой  $t_2 = 20,0^\circ\text{C}$ . При этом температура воды понизилась на  $\Delta t = 4,00^\circ\text{C}$ . Определите теплоемкость кружки. Можно ли по приведенным данным найти массу кружки?

**108.\*** Две жидкости с одинаковой теплоемкостью, имеющие разные массу ( $m_2 = 3m_1$ ) и температуру ( $t_1 = 2t_2$ ), смешали в калориметре. Какой станет окончательная температура смеси? Считать температуру  $t_1$  известной.

**109.\*** Используя графики зависимости температуры веществ массой  $m = 1,0$  кг от сообщаемых им количеств теплоты (рис. 10), определите: а) для каких веществ построены графики; б) начальные температуры веществ.

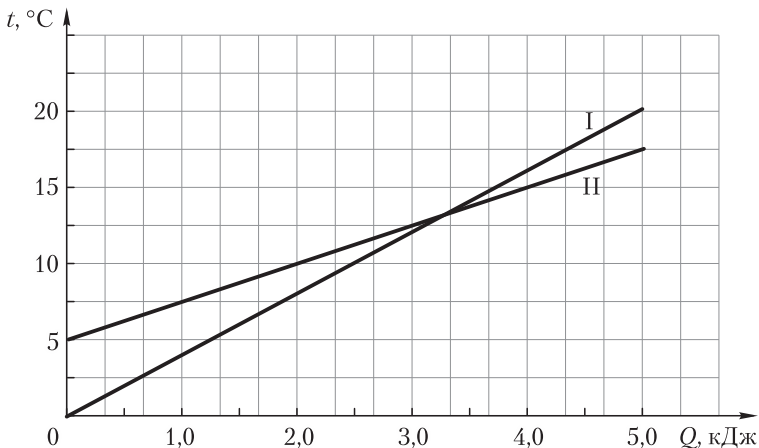


Рис. 10

**110.** Используя график зависимости температуры керосина от сообщаемого ему количества теплоты (рис. 11), определите массу керосина.

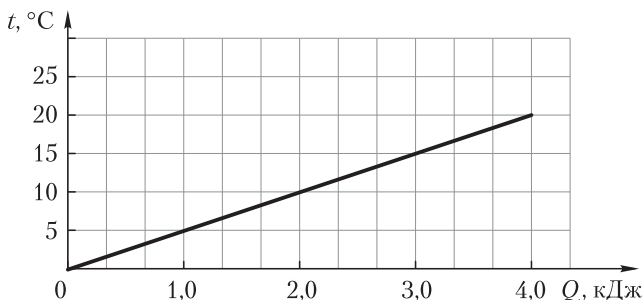


Рис. 11

**111.** Молот массой  $m_1 = 600$  кг падает на стальную плиту массой  $m_2 = 10$  кг, находясь над плитой на высоте  $h = 5,0$  м. На сколько градусов нагреется плита при ударе, если на нагревание идет 40 % механической энергии молота?

**112.** С какой высоты относительно бетонного пола должен упасть свинцовый шарик, чтобы температура шарика увеличилась на  $\Delta t = 1,0^\circ\text{C}$ ? Считайте, что на нагревание идет 60 % механической энергии шарика.

**113.** Какую массу воды, температура которой  $t_1 = 90^\circ\text{C}$ , нужно влить в воду массой  $m_2 = 7,0$  кг, имеющую температуру  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ , чтобы окончательная температура стала равной: а)  $t = 20^\circ\text{C}$ ; б)  $t = 40^\circ\text{C}$ ; в)  $t = 60^\circ\text{C}$ ?

**114.** Двум кубикам одинаковой массы, изготовленным из разных материалов, сообщили одинаковые количества теплоты. Температура первого кубика увеличилась на  $\Delta t_1 = 5^\circ\text{C}$ , второго — на  $\Delta t_2 = 9^\circ\text{C}$ . Каково отношение их удельных теплоемкостей? Из какого материала изготовлен второй кубик, если первый кубик — железный?

**115.** Какой объем занимает машинное масло в канистре, если при увеличении его температуры на  $\Delta t_1 = 5,0^\circ\text{C}$  поглощается такое же количество теплоты, какое требуется для увеличения температуры воды массой  $m_2 = 5,0$  кг на  $\Delta t_2 = 1,8^\circ\text{C}$ ? Плотность масла  $\rho_m = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Удельная теплоемкость масла  $c_m = 1670 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

**116.** Между двумя кирпичами, имеющими температуру  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , положили третий, нагретый до температуры  $t_2 = 80^\circ\text{C}$ . Считая массу кирпичей одинаковой и пренебрегая потерями теплоты, определите установившуюся температуру кирпичей.

**117.** Какое количество теплоты получает зажатый в руке стеклянный шарик массой  $m = 20$  г, имеющий комнатную температуру? Будет ли здесь справедливо уравнение теплового баланса? Почему?

**118.\*** В каком случае горячий кофе охладится больше за одно и то же время: если в него сразу влить молоко и подождать некоторое время или, подождав это же время, влить молоко? Почему?

**119.\*** Какой массы нужно изготовить медный брусок, чтобы его теплоемкость была такой же, как теплоемкость алюминиевого бруска массой  $m_1 = 1,0$  кг?

**120.\*** Один литр воды при температуре  $t_1 = 50^\circ\text{C}$  вливают в кастрюлю, имеющую температуру  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ , теплоемкость которой  $C = 0,80 \frac{\text{кДж}}{^\circ\text{C}}$ . Пренебрегая потерями теплоты в окружающую среду, определите конечную температуру воды. Чему равна масса кастрюли, если она изготовлена из алюминия?

**121.\*** В ванну налили горячую воду объемом  $V_1 = 50$  л, температура которой  $t_1 = 80^\circ\text{C}$ , и холодную объемом  $V_2 = 120$  л — с температурой  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Определите конечную температуру воды в ванне, если потери на нагревание окружающей среды составили 20 % количества теплоты, отданной горячей водой.

**122.\*** Электрочайник с водой нагревается от температуры  $t_1 = 70^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 80^\circ\text{C}$  за время  $\tau_1 = 3,0$  мин, а остывает от температуры  $t_3 = 80^\circ\text{C}$  до температуры  $t_4 = 70^\circ\text{C}$  за время  $\tau_2 = 9,0$  мин. Какая часть количества теплоты, выделяемой спиралью чайника при нагревании воды, рассеивается в окружающую среду? Мощность тепловых потерь считать постоянной.

**123.** С одинаковой высоты упали на землю медный и железный шары одинаковой массы. Какой из шаров при ударе нагрелся до более высокой температуры?

**124.°** Оцените количество теплоты, которое необходимо сообщить воздуху в вашей комнате, чтобы увеличить его температуру на  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость воздуха  $c = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

**125.°** Оцените количество теплоты, выделяющееся при охлаждении воды, заполняющей ванну, на  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ .

## Горение. Удельная теплота сгорания топлива

### Вопросы для самоконтроля

- Какую величину называют удельной теплотой сгорания топлива?
- Как определяется количество теплоты, выделившееся при полном сгорании топлива?

### Примеры решения задач

**Пример 1.** При полном сгорании в печи некоторой массы кокса и торфа выделилось  $Q = 105,9$  МДж теплоты. Какая масса кокса сгорела, если известно, что она была в 3 раза больше массы торфа?

Дано:

$$Q = 105,9 \text{ МДж} =$$

$$= 1,059 \cdot 10^8 \text{ Дж}$$

$$m_{\text{к}} = 3m_{\text{т}}$$

$$q_{\text{к}} = 3,03 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$q_{\text{т}} = 1,5 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_{\text{к}} = ?$$

Решение.

Выделившееся количество теплоты  $Q$  — это сумма количеств теплоты от сгорания кокса ( $Q_1$ ) и торфа ( $Q_2$ ).

$$Q = Q_1 + Q_2; \quad Q_1 = q_{\text{к}} m_{\text{к}}; \quad Q_2 = q_{\text{т}} m_{\text{т}}.$$

По условию  $\frac{m_{\text{к}}}{m_{\text{т}}} = 3$ , тогда  $m_{\text{т}} = \frac{m_{\text{к}}}{3}$ .

Следовательно,  $Q = q_{\text{к}} m_{\text{к}} + q_{\text{т}} \frac{m_{\text{к}}}{3}$ ;

$$m_{\text{к}} = \frac{3Q}{3q_{\text{к}} + q_{\text{т}}};$$

$$m_{\text{к}} = \frac{3 \cdot 1,059 \cdot 10^8 \text{ Дж}}{3 \cdot 3,03 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 1,5 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 3 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m_{\text{к}} = 3$  кг.

**Пример 2.** В автомобильном двигателе за время  $t = 10$  с сгорает дизельное топливо массой  $m = 24$  г. Какую полезную мощность развивает двигатель автомобиля, если его коэффициент полезного действия (КПД)  $\eta = 40\%$ ?

*Дано:*

$$t = 10 \text{ с}$$

$$m = 24 \text{ г} = 0,024 \text{ кг}$$

$$\eta = 40\% = 0,40$$

$$q = 4,2 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$P_{\text{пол}} - ?$$

*Решение.*

$$\text{По определению КПД } \eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{сов}}}.$$

$$\text{Полезная работа } A_{\text{пол}} = P_{\text{пол}} t.$$

$$\text{Совершенная работа } A_{\text{сов}} = Q_{\text{сг}}; Q_{\text{сг}} = qm.$$

$$\text{Тогда } \eta = \frac{P_{\text{пол}} t}{qm}, \text{ откуда } P_{\text{пол}} = \frac{\eta qm}{t}.$$

$$P_{\text{пол}} = \frac{0,40 \cdot 4,2 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,024 \text{ кг}}{10 \text{ с}} = 40 \text{ кВт}.$$

*Ответ:*  $P_{\text{пол}} = 40$  кВт.

**126.** Что означает утверждение: «Удельная теплота сгорания бензина в три раза больше, чем удельная теплота сгорания торфа»?

**127.** При сгорании сухих или сырых березовых дров одинакового объема выделится большее количество теплоты? Почему?

**128.** Какое количество теплоты выделяется при полном сгорании керосина массой  $m = 0,50$  кг?

**129.** Определите массу пороха, при полном сгорании которого выделяется количество теплоты  $Q = 1,5$  Дж.

**130.** При полном сгорании некоторого топлива массой  $m = 0,25$  кг выделилось количество теплоты  $Q = 10$  МДж. Какое топливо сгорело?

**131.** Сколько нужно сжечь торфа, чтобы получить такое же количество теплоты, какое выделяется при полном сгорании нефти массой  $m_1 = 10$  кг?

**132.\*** При сжигании смеси, состоящей из бурого угля и каменного угля марки А-I, выделилось количество теплоты  $Q = 78,2$  МДж. Какая масса бурого угля содержалась в смеси, если известно, что она была в 2 раза больше, чем масса каменного?

**133.** Какой объем природного газа сгорает в газовой горелке кухонной плиты при нагревании воды объемом  $V_1 = 10$  л от температуры  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 100^\circ\text{C}$ , если на нагревание воды идет 60 % выделяющейся при сгорании газа энергии?

**134.** При полном сгорании некоторого топлива массой  $m = 280$  г выделяется количество теплоты, достаточное для нагревания воды объемом  $V = 20$  л от температуры  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 100^\circ\text{C}$ . Какое это топливо?

**135.** Определите удельную теплоту сгорания этилового спирта, если известно, что при полном сгорании его массы  $m = 1,05$  г выделяется количество теплоты, равное количеству теплоты, необходимому для нагревания куска льда объемом  $V = 3,0$  дм<sup>3</sup> от температуры  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = -5,0^\circ\text{C}$ .

**136.** Какой минимальный объем бензина должен сгореть, чтобы выделяющегося количества теплоты хватило на нагревание воды массой  $m = 1,0$  т на  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ ?

**137.** При полном сгорании керосина объемом  $V = 1,00$  л выделяется количество теплоты  $Q = 34,5$  МДж. Вычислите плотность керосина.

**138.** Определите массу поддона кирпича, который на высоте  $h = 10$  м относительно поверхности Земли обладает потенциальной энергией, равной по величине энергии, выделяющейся при полном сгорании пороха массой  $m_1 = 10$  г.

**139.** Достаточно ли для увеличения температуры воды объемом  $V = 10$  л на  $\Delta t = 1,0^\circ\text{C}$  количества теплоты, выделившегося при полном сгорании массы  $m = 1,0$  г: а) этилового спирта; б) бензина?

**140.** Определите массу стальной заготовки, для нагревания которой от температуры  $t_1 = 50,0^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 300^\circ\text{C}$  в печи сожгли кокс массой  $m = 1,00$  кг. Потерями теплоты пренебречь.

**141.** Используя графики зависимости количества теплоты, выделяющегося при полном сгорании топлива, от массы топлива (рис. 12), определите, для каких видов топлива построены эти графики, и вычислите количество теплоты, которое выделяется при сгорании каждого топлива массой  $m = 2,2$  кг.

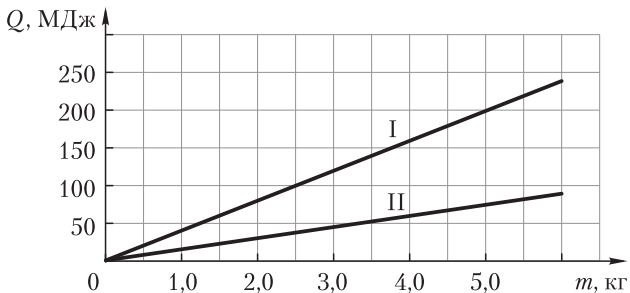


Рис. 12

**142.** Численное значение какой физической величины можно определить, вычислив площадь закрашенной фигуры (рис. 13)? Для какого топлива построен график?

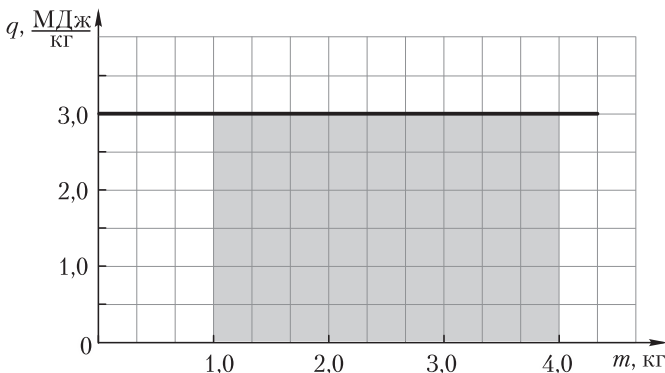


Рис. 13

**143.** В каком соотношении надо взять массы бензина и этилового спирта, чтобы количества теплоты, выделившиеся при их полном сгорании, были одинаковы?

**144.\*** При сжигании бензина в автомобильном двигателе за время  $t = 2,0$  с потери энергии составили  $Q = 0,30$  МДж, при этом двигатель развил мощность  $P = 50$  кВт. Определите КПД двигателя.

**145.** Кастрюлю с водой объемом  $V_1 = 2,0$  л поставили на керосиновую горелку. Зависимость температуры воды от времени представлена на рисунке 14. Какая масса керосина сгорала каждую минуту, если КПД горелки  $\eta = 20\%$ ?



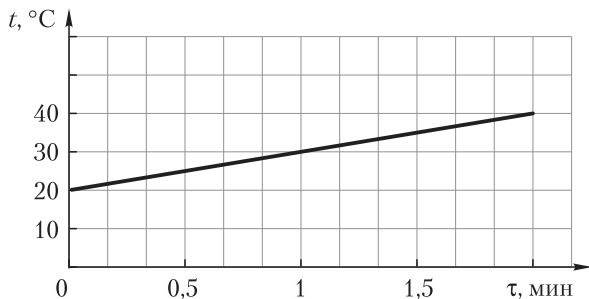


Рис. 14

**146.\*** Легковой автомобиль прошел путь  $S = 400$  км со средней скоростью  $\langle v \rangle = 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , израсходовав при этом бензин объемом  $V = 20$  л.

Определите среднюю мощность двигателя автомобиля на этом пути, если только третья часть теплоты, выделившейся при сгорании бензина, использовалась полезно.

**147.°** Оцените массу мазута, который необходимо сжечь на теплоэлектростанции, чтобы повысить температуру воздуха в вашей квартире на  $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$ .

## 6

---

### Плавнение и кристаллизация. Удельная теплота плавления

#### *Вопросы для самоконтроля*

- В чем состоят процессы плавления и кристаллизации?
- На что расходуется энергия, поглощаемая веществом при плавлении? Изменяется ли при этом температура вещества?
- Что называют удельной теплотой плавления вещества?
- По какой формуле вычисляют количество теплоты, необходимое для плавления вещества?

## Примеры решения задач

**Пример 1.** Нагретую железную болванку массой  $m_{\text{ж}} = 2,0$  кг поставили на лед, имеющий температуру  $t_{\text{л}} = -10^{\circ}\text{C}$ . В результате охлаждения болванки до температуры  $t = 0^{\circ}\text{C}$  под ней расплавилось  $m_{\text{л}} = 150$  г льда. До какой температуры была нагрета болванка? Потерями теплоты пренебречь.

*Дано:*

$$m_{\text{ж}} = 2,0 \text{ кг}$$

$$t_{\text{л}} = -10^{\circ}\text{C}$$

$$t = 0^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{л}} = 150 \text{ г} = 0,150 \text{ кг}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} =$$

$$= 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$c_{\text{ж}} = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$\lambda = 3,33 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

---


$$t_{\text{ж}} - ?$$

*Решение.*

Запишем уравнение теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3,$$

где

$Q_1 = c_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}}(t_{\text{ж}} - t)$  — количество теплоты, отданное болванкой при охлаждении до температуры  $t = 0^{\circ}\text{C}$ .

$Q_2 = c_{\text{л}} \cdot m_{\text{л}}(t - t_{\text{л}})$  — количество теплоты, полученное льдом при нагревании от температуры  $t_{\text{л}} = -10^{\circ}\text{C}$  до температуры  $t = 0^{\circ}\text{C}$ .

$Q_3 = \lambda m_{\text{л}}$  — количество теплоты, необходимое для плавления льда.

$$c_{\text{ж}} \cdot m_{\text{ж}}(t_{\text{ж}} - t) = c_{\text{л}} \cdot m_{\text{л}}(t - t_{\text{л}}) + \lambda m_{\text{л}}, \text{ так как } t = 0^{\circ}\text{C}, \text{ то}$$

$$t_{\text{ж}} = \frac{-c_{\text{л}} m_{\text{л}} t_{\text{л}} + \lambda m_{\text{л}}}{c_{\text{ж}} m_{\text{ж}}}.$$

$$t_{\text{ж}} = \frac{2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 0,150 \text{ кг} \cdot 10^{\circ}\text{C} + 3,33 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,150 \text{ кг}}{460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 2,0 \text{ кг}} = 58^{\circ}\text{C}.$$

*Ответ:*  $t_{\text{ж}} = 58^{\circ}\text{C}$ .

**Пример 2.** Куску олова массой  $m = 200$  г, имеющему температуру  $t = 222^{\circ}\text{C}$ , постепенно сообщили  $Q = 2,0$  кДж теплоты. Постройте

график зависимости температуры олова от количества сообщенной теплоты. Скорость подачи теплоты считать постоянной.

*Решение.* Для построения графика составим таблицу значений сообщенной теплоты и соответствующей температуры олова. Рассчитаем, сколько теплоты надо сообщить, чтобы температура олова достигла температуры плавления  $t_{пл} = 232^\circ\text{C}$ , т. е. увеличилась на  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ .

$$Q_1 = cm\Delta t = 250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,200 \text{ кг} \cdot 10^\circ\text{C} = 550 \text{ Дж} = 0,55 \text{ кДж}.$$

Тогда оставшаяся часть теплоты:  $Q_2 = Q - Q_1 = 2,0 \text{ кДж} - 0,55 \text{ кДж} = 1,45 \text{ кДж}$  — израсходована на плавление. При этом все олово не расплавится, так как на это понадобилось бы:

$$Q_2 = \lambda m = 60,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \cdot 0,200 \text{ кг} = 12 \text{ кДж}.$$

Построим график (рис. 15).

$Q$ , кДж	$t$ , $^\circ\text{C}$
0,1	224
0,2	226
0,3	228
0,4	230
0,5	232
0,6	232
0,7	232
·	·
·	·
·	·
2,0	232

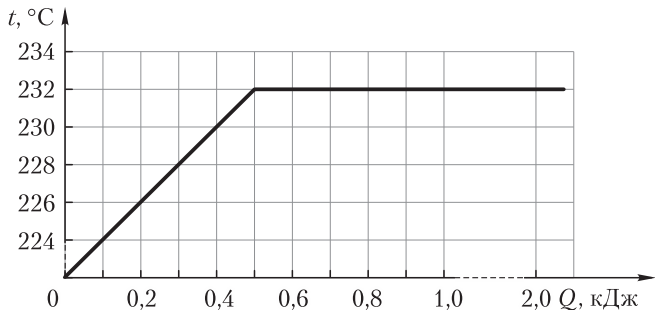


Рис. 15

**148.** Почему в радиаторы автомобилей зимой заливают незамерзающую смесь, так называемый антифриз, а не воду?

**149.** Почему паяльником нельзя расплавить кусок медной проволоки, в то время как оловянный припой плавится очень легко?

**150.** Можно ли заморозить воду, бросив в нее лед? Ответ аргументируйте.

**151.** Можно ли при обычных условиях олово расплавить в воде? Ответ аргументируйте.

**152.\*** Почему железные орудия труда, оружие и т. д. люди научились изготавливать позже, чем бронзовые?

**153.** Почему весной вблизи больших водоемов листья на деревьях распускаются позже?

**154.** Почему в большие морозы в погреба вносят емкости с водой?

**155.** Почему ртутные термометры не используют для измерения температуры воздуха на Крайнем Севере?

**156.** Какое физическое толкование можно дать пословице «Куй железо, пока горячо»?

**157.** Какое количество теплоты необходимо для плавления серебра массой  $m = 1,0$  г, взятого при температуре плавления?

**158.** Какое количество теплоты выделяется при кристаллизации жидкого кислорода массой  $m = 2,0$  кг при нормальном атмосферном давлении и температуре  $t = -219^\circ\text{C}$ ?

**159.** Для плавления некоторого металла массой  $m = 0,50$  кг, взятого при температуре плавления, понадобилось количество теплоты  $Q = 12,4$  кДж. Какой металл плавился?

**160.** Определите массу льда, температура которого  $t = 0,00^\circ\text{C}$ , если для его плавления необходимо количество теплоты  $Q = 1,34$  МДж.

**161.** Определите плотность льда при температуре  $t = 0,00^\circ\text{C}$ , если известно, что для плавления льда объемом  $V = 1,00$  дм<sup>3</sup> требуется количество теплоты  $Q = 301,5$  кДж.

**162.** Определите объем глицерина, если при его кристаллизации выделилось количество теплоты  $|Q| = 240$  кДж. Плотность глицерина  $\rho = 1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Удельная теплота плавления глицерина

$$\lambda = 1,99 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

**163.** Для каких веществ построены графики зависимости модуля количества теплоты, выделяющегося при кристаллизации жидкости, от ее массы (рис. 16)? Определите количество теплоты, выделяющееся при кристаллизации вещества массой  $m = 3,0$  кг с большей удельной теплотой плавления.

**164.** Для какого вещества построен схематический график зависимости температуры от времени (рис. 17)? К какому состоянию вещества относятся участки I и II графика?

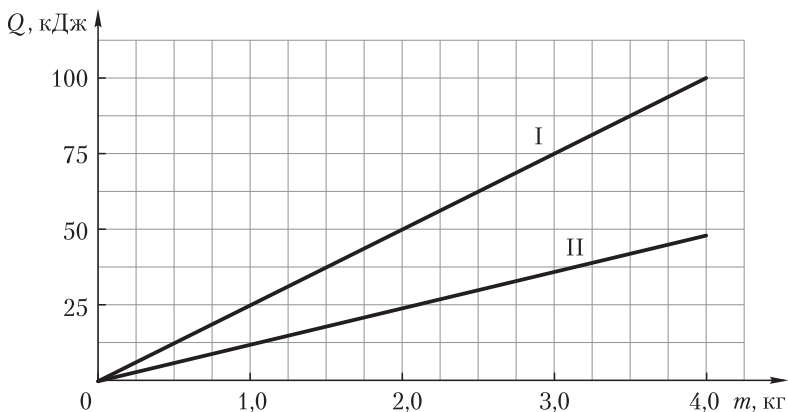


Рис. 16

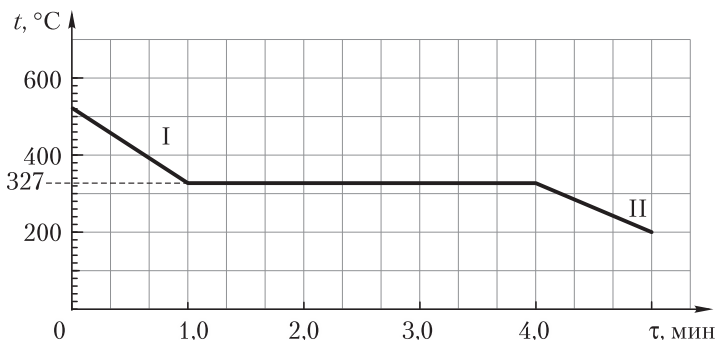


Рис. 17

**165.** Начертите примерные графики зависимости температуры вещества от времени для следующих процессов перехода:

а) вода (при температуре  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  лед (при температуре  $t_2 = 0,0^\circ\text{C}$ );

б) вода (при температуре  $t_1 = 15^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  лед (при температуре  $t_2 = -20^\circ\text{C}$ );

в) лед (при температуре  $t_1 = 0,0^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  вода (при температуре  $t_2 = 60^\circ\text{C}$ );

г) лед (при температуре  $t_1 = -10^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  вода (при температуре  $t_2 = 30^\circ\text{C}$ );

д) свинец (при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  свинец (при температуре  $t_2 = 240^\circ\text{C}$ );

е) ртуть (при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  ртуть (при температуре  $t_2 = -50^\circ\text{C}$ ).

**166.** В калориметр, содержащий некоторое количество льда, температура которого  $t_1 = 0,0^\circ\text{C}$ , влили воду массой  $m_2 = 0,50\text{ кг}$ , имеющую температуру  $t_2 = 30^\circ\text{C}$ . Определите массу льда, если температура смеси стала равной  $t_3 = 0,0^\circ\text{C}$ , а лед полностью растаял. Потерями теплоты на нагрев калориметра и окружающей среды пренебречь.

**167.** Используя график зависимости количества теплоты, поглощаемого при плавлении вещества, нагретого до температуры плавления, от его массы (рис. 18), определите количество теплоты, необходимое для плавления вещества массой  $m = 2,5\text{ кг}$ , взятого при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$ . Что это за вещество?

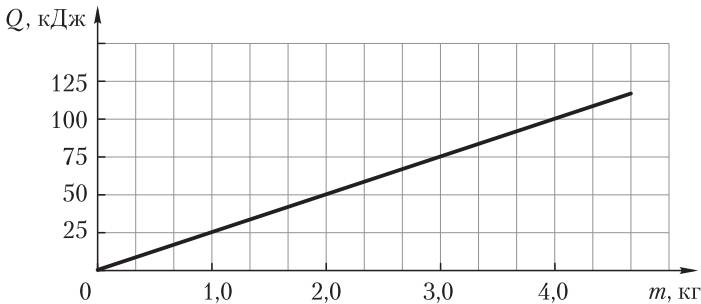


Рис. 18

**168.** Найдите объем закристаллизовавшейся воды, если при кристаллизации выделилось такое же количество теплоты, что и при кристаллизации спирта массой  $m = 2,0\text{ кг}$ .

**169.** В калориметр, содержащий дробленый лед массой  $m_1 = 100\text{ г}$ , температура которого  $t_1 = 0,0^\circ\text{C}$ , бросили алюминиевый шарик массой  $m_2 = 200\text{ г}$ , имеющий температуру  $t_2 = 50^\circ\text{C}$ . Весь ли лед растает? Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**170.** Используя условие предыдущей задачи, определите отношение массы воды к первоначальной массе льда в калориметре.

**171.** Найдите массу мазута, при полном сгорании которого выделяется количество теплоты, достаточное для плавления льда массой  $m = 100$  г.

**172.** Найдите объем воды, имеющей температуру  $t = 20$  °С, при кристаллизации которой выделяется такое же количество теплоты, что и при полном сгорании бензина массой  $m = 1,0$  кг.

**173.** Зная, что при полном сгорании керосина объемом  $V = 30,0$  мл выделяется количество теплоты, достаточное для нагревания и плавления серебра массой  $m = 10,0$  кг, определите начальную температуру серебра.

**174.** В калориметр, содержащий лед массой  $m_1 = 0,10$  кг, температура которого  $t_1 = 0,0$  °С, влили воду массой  $m_2 = 0,50$  кг, взятую при температуре  $t_2 = 70$  °С. Определите конечную температуру воды в калориметре. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**175.\*** Льду массой  $m = 1,0$  кг, взятому при температуре  $t = -50$  °С, сообщили количество теплоты  $Q = 520$  кДж. Постройте график зависимости температуры системы от количества теплоты. Скорость поступления теплоты считать постоянной.

**176.** В калориметр, содержащий снег массой  $m_1 = 100$  г, температура которого  $t_1 = 0,0$  °С, опустили железную гирику массой  $m_2 = 200$  г, имеющую температуру  $t_2 = 100$  °С. Сколько воды образовалось в калориметре? Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**177.** В теплоизолированный сосуд налили воду массой  $m_1 = 2,0$  кг, температура которой  $t_1 = 10$  °С, и положили столько же льда, взятого при температуре  $t_2 = -10$  °С. Какая часть льда при этом расплавится?

**178.\*** Какая часть воды может замерзнуть, если в условиях предыдущей задачи масса воды  $m = 0,50$  кг?

**179.\*** Вода, помещенная в морозильную камеру холодильника, охлаждается от температуры  $t_1 = 20$  °С до температуры  $t_2 = 0,0$  °С за время  $\tau = 10$  мин. За какое время четверть массы этой воды превратится в лед?

**180.\*** По результатам эксперимента ученики построили график зависимости температуры льда массой  $m = 0,20$  кг, нагреваемого на

электрической плитке, от времени (рис. 19). По данным графика определите электрическую мощность плитки. Теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями пренебrecь. *Примечание.* Для определения электрической мощности плитки можно рассмотреть процесс нагревания льда или воды.

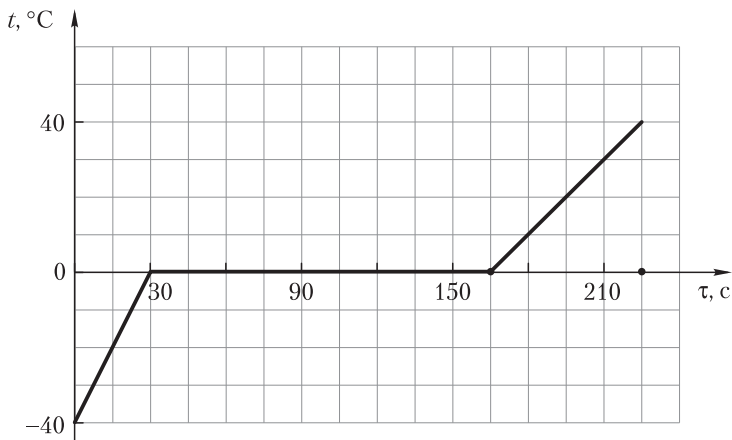


Рис. 19

**181.\*** На рисунке 20 представлены изменения объемов льда и воды при нагревании. Что показывают участки  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  и  $DE$  на графике? Определите по графику температуру кристаллизации воды. При какой температуре плотность воды наибольшая? *Примечание.* По оси ординат отложены значения объемов в условных единицах.

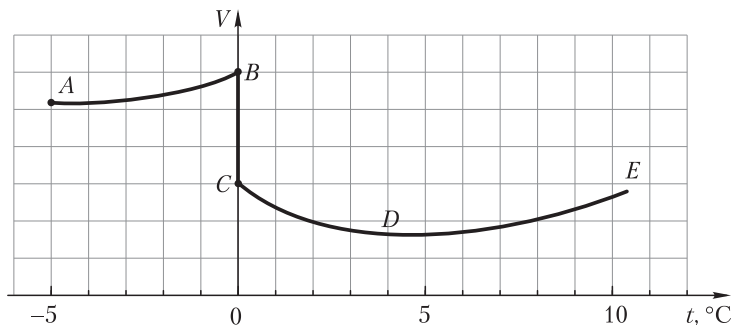
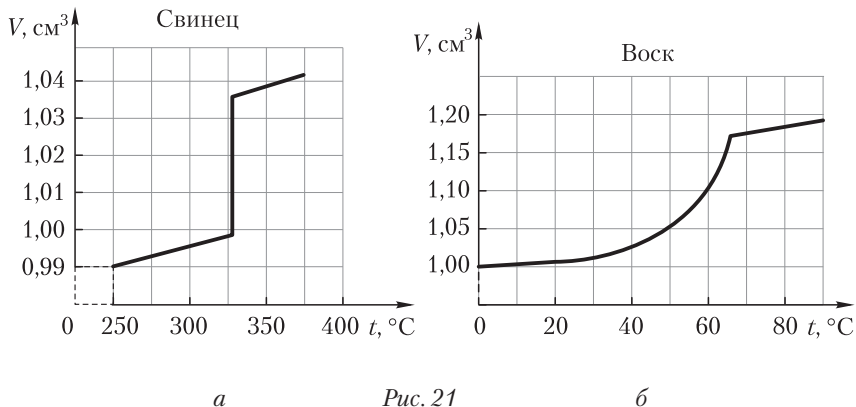


Рис. 20



**182.\*** На графиках представлены изменения объемов свинца (рис. 21, *а*) и воска (рис. 21, *б*) при нагревании. При какой температуре плавится свинец? Какому процессу соответствует вертикальный отрезок на рисунке 21, *а*? Имеется ли такой отрезок на рисунке 21, *б*? Можно ли по графику определить температуру плавления воска? Почему?



**183.°** Оцените количество теплоты, поглощаемое весной при таянии льда на школьном катке.

**184.°** Ученик, желая быстрее закончить завтрак, решил охладить чай мороженым. В стеклянный стакан, имеющий комнатную температуру, он налил горячего чая и положил две ложки мороженого, вынутого из морозильной камеры. Оцените температуру чая после таяния мороженого.

**185. (э)** Проведите опыт и объясните поглощение энергии при плавлении льда. Для этого используйте следующее оборудование: весы, термометр, два одинаковых стакана, заполненные примерно наполовину водой комнатной температуры, калориметр с талой водой и льдом (рис. 22). Уравновесьте стаканы с водой на весах. В один из стаканов опустите лед, а во второй из калориметра долейте столько воды комнатной температуры, чтобы весы опять пришли в равновесие. Снимите стаканы с весов и, после того как растает лед, измерьте температуру воды в каждом стакане.

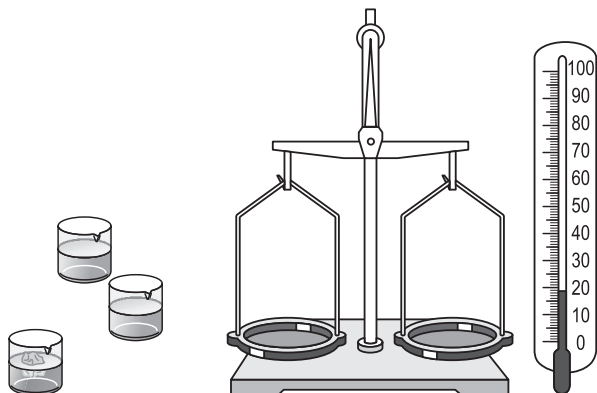


Рис. 22

Сделайте вывод, предварительно ответив на вопросы: 1) одинаковы ли были температуры льда и воды в калориметре? 2) Одинаковы ли температуры воды в стаканах после выполнения опыта? Почему? 3) Как изменилась внутренняя энергия льда при его плавлении?

## 7

### **Испарение жидкостей. Факторы, влияющие на скорость испарения**

#### *Вопросы для самоконтроля*

- *Какой процесс называют парообразованием? Испарением?*
- *Как объяснить явление испарения с точки зрения молекулярно-кинетической теории?*
- *От чего зависит скорость испарения жидкости?*
- *Почему при испарении температура жидкости понижается?*

**186.** Сохранится ли с течением времени равновесие рычажных весов, если на одну чашу поставить калориметр с холодной водой, а на другую — калориметр с горячей водой той же массы? Почему?

**187.** Одинаковые объемы воды налиты в бутылку и в кастрюлю с широким дном. Из какого сосуда вода испарится быстрее?

**188.** Одинаковые объемы воды и масла налиты в одинаковые блюдца. Будут ли одинаковыми скорости испарения жидкостей?

**189.** Известно, что мокрое белье на улице сохнет быстрее, если погода ветреная. Можно ли утверждать, что при этом вода, содержащаяся в белье, испаряется быстрее? Почему?

**190.** На подставки (рис. 23), отличающиеся только цветом (одна — черная, вторая — белая), капнули две одинаковые капли воды. Какая капля испарится быстрее? Почему?



Рис. 23

**191.** Почему жара легче переносится в ветреную погоду?

**192.** Группу жидкостей, в которую входят хорошо известные бензин и ацетон, называют летучими. Почему?

**193.** Когда лучше срезать листья салата, чтобы они были более сочными: рано утром или вечером после жаркого дня?

**194.** Почему температура воды в открытых водоемах в жаркий летний день ниже температуры окружающего воздуха?

**195.** Почему вода в закрытой кастрюле нагревается быстрее, чем в открытой?

**196.** (э) В два одинаковых блюдца налейте по одинаковому количеству воды (например, по одной чайной ложке). Первое блюдце поставьте в теплое место, а второе — в холодное. Измерьте время, за которое испарится вода в первом и втором блюдах. Объясните разницу в скорости испарения.

**197.** (э) Нанесите пипеткой на дно блюдца по капле воды и спирта. Измерьте время, необходимое для их испарения. На основании результатов опыта оцените, у какой из этих жидкостей силы притяжения между молекулами меньше.

**198.** (э) Налейте одинаковое количество воды в стакан и в блюдце (например, по одной столовой ложке). Измерьте время, за которое вода в них испарится. Объясните разницу в скорости ее испарения.

## Кипение жидкостей. Удельная теплота парообразования

### Вопросы для самоконтроля

- Что представляет процесс кипения?
- Увеличивается ли температура жидкости в процессе ее кипения?
- В каком случае температура кипящей воды будет выше, если она находится: а) на уровне моря; б) на вершине горы; в) в глубокой шахте?
- Что такое удельная теплота парообразования?

### Примеры решения задач

**Пример 1.** Воду, имеющую температуру  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ , нагревают до температуры  $t_2 = 90^\circ\text{C}$ , пропуская через нее пар, температура которого  $t_3 = 100^\circ\text{C}$ . Во сколько раз увеличится масса воды? Потерями теплоты пренебречь.

*Дано:*

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 90^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 100^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$L = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\frac{m_{\text{в}} + m_{\text{п}}}{m_{\text{в}}} = ?$$

*Решение.*

Масса воды после пропускания пара увеличится за счет массы сконденсированного пара:  $m = m_{\text{в}} + m_{\text{п}}$ . Запишем уравнение теплового баланса, в котором количество теплоты, отданное паром при конденсации и остывании полученной воды до температуры  $t_2 = 90^\circ\text{C}$ , по модулю равно количеству теплоты, поглощенному водой при нагревании от температуры  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 90^\circ\text{C}$ :  $|Q_1 + Q_2| = Q_3$ .

$$Q_1 = Lm_{\text{п}};$$

$$Q_2 = c_{\text{в}} \cdot m_{\text{п}}(t_3 - t_2);$$

$$\begin{aligned}
Q_3 &= c_B \cdot m_B(t_2 - t_1). \\
Lm_{\text{II}} + c_B \cdot m_{\text{II}}(t_3 - t_2) &= c_B \cdot m_B(t_2 - t_1); \\
\frac{m_{\text{II}}}{m_B}(L + c_B(t_3 - t_2)) &= c_B(t_2 - t_1); \\
\frac{m_{\text{II}}}{m_B} &= \frac{c_B(t_2 - t_1)}{L + c_B(t_3 - t_2)}; \\
\frac{m_B + m_{\text{II}}}{m_B} &= 1 + \frac{m_{\text{II}}}{m_B} = 1 + \frac{c_B(t_2 - t_1)}{L + c_B(t_3 - t_2)}; \\
\frac{m_B + m_{\text{II}}}{m_B} &= 1 + \frac{4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 80^\circ\text{C}}{2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 10^\circ\text{C}} = 1,2.
\end{aligned}$$

Ответ: в 1,2 раза.

**Пример 2.** В теплоизолированный сосуд с водой, имеющей температуру  $t_B = 60^\circ\text{C}$ , опустили стальной брусок массой  $m_{\text{ст}} = 400$  г, нагретый до температуры  $t_{\text{ст}} = 900^\circ\text{C}$ . Какая масса воды испарилась, если первоначально масса ее была  $m_B = 0,80$  кг? Теплоемкостью сосуда пренебречь.

*Дано:*

$$t_B = 60^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{ст}} = 400 \text{ г} = 0,400 \text{ кг}$$

$$t_{\text{ст}} = 900^\circ\text{C}$$

$$m_B = 0,80 \text{ кг}$$

$$t_K = 100^\circ\text{C}$$

$$c_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c_{\text{ст}} = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$L = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m - ?$$

*Решение.*

Количество теплоты  $Q_1$ , выделившееся при остывании бруска от температуры  $t_{\text{ст}} = 900^\circ\text{C}$  до температуры  $t_K = 100^\circ\text{C}$ , пошло на нагревание воды до температуры кипения  $t_K = 100^\circ\text{C}$  и испарение ее части. Если пренебречь теплоемкостью сосуда, то уравнение теплового баланса будет иметь вид:  $|Q_1| = Q_2 + Q_3$ .

$$|Q_1| = c_{\text{ст}} \cdot m_{\text{ст}}(t_{\text{ст}} - t_K);$$

$$Q_2 = c_B \cdot m_B(t_K - t_B);$$

$$Q_3 = Lm.$$

Подставим в уравнение теплового баланса:

$$c_{\text{ст}} \cdot m_{\text{ст}}(t_{\text{ст}} - t_K) = c_B \cdot m_B(t_K - t_B) + Lm;$$

$$m = \frac{c_{\text{ст}} m_{\text{ст}} (t_{\text{ст}} - t_{\text{к}}) - c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{в}})}{L},$$

$$m = \frac{460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 0,400 \text{ кг} \cdot 800 ^\circ\text{С} - 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}} \cdot 0,80 \text{ кг} \cdot 40 ^\circ\text{С}}{2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 5,6 \text{ г}.$$

Ответ:  $m = 5,6 \text{ г}$ .

**199.** Русская баня отличается от финской высоким содержанием водяных паров в воздухе. В какой бане при одинаковой температуре вам будет казаться жарче?

**200.** Чем отличается кипение от испарения?

**201.** В кастрюле кипит суп. Сварится ли он быстрее, если увеличить подачу газа? Почему?

**202.** Температура кипения воды в открытом сосуде  $t = 100 ^\circ\text{С}$ . Изменится ли температура кипения, если нагревание воды производить в герметически закрытом сосуде? Почему?

**203.** Можно ли вскипятить ведро воды на спиртовке? Почему?

**204.** Почему ожоги паром более сильные, чем ожоги кипящей водой, хотя температуры воды и пара одинаковы?

**205.** Горячая вода в закрытой колбе закипела после того, как колбу облили холодной водой (рис. 24). Почему?

**206.** Отвар лекарственных трав, как правило, готовят на водяной бане (рис. 25). Почему отвар не кипит?

**207.** Удельная теплота парообразования железа  $L = 58 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . Что это означает?

**208.** Какое количество теплоты нужно передать ацетону массой  $m = 2,0 \text{ г}$  при температуре кипения, чтобы перевести его в газообразное состояние?

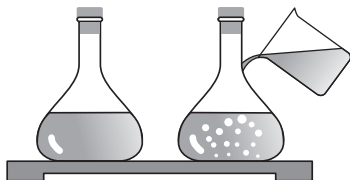


Рис. 24

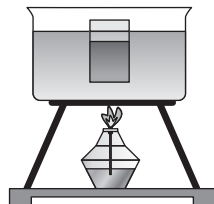


Рис. 25

**209.** Какое количество теплоты поглощается ртутью, объем которой  $V = 1,0$  л, имеющей температуру кипения, при переходе в газообразное состояние?

**210.** Вычислите удельную теплоту парообразования жидкого азота, если при переходе азота массой  $m = 4,0$  г из газообразного состояния в жидкое при температуре кипения выделяется количество теплоты  $|Q| = 804$  Дж.

**211.** На рисунке 26 представлен график зависимости температуры при нагревании и охлаждении воды от времени. Какой процесс отражает каждый участок графика? При какой температуре было начато наблюдение? Объясните, почему участок  $BC$  параллелен оси времени. На каких участках внутренняя энергия вещества возрастала? убывала?

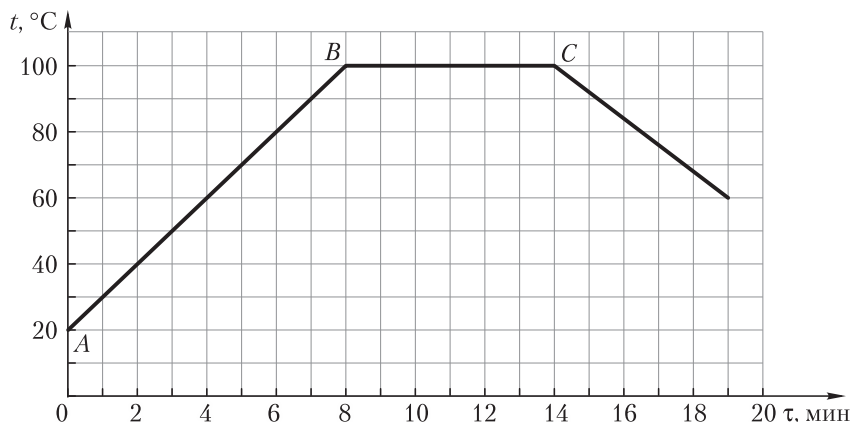


Рис. 26

**212.** Начертите примерные графики зависимости температуры вещества от времени для следующих процессов перехода:

а) вода (при температуре  $t_1 = 100$  °C)  $\rightarrow$  водяной пар (при температуре  $t_2 = 150$  °C);

б) лед (при температуре  $t_1 = 0$  °C)  $\rightarrow$  водяной пар (при температуре  $t_2 = 120$  °C);

в) лед (при температуре  $t_1 = -10$  °C)  $\rightarrow$  водяной пар (при температуре  $t_2 = 100$  °C);

г) эфир (при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  эфир (при температуре  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ );

д) железо (при температуре  $t_1 = 1000^\circ\text{C}$ )  $\rightarrow$  железо (при температуре  $t_2 = 3500^\circ\text{C}$ ).

**213.** В каком процессе поглощается большее количество теплоты: при плавлении льда массой  $m_1 = 10$  кг или при превращении в пар воды массой  $m_2 = 1,0$  кг?

**214.** Известно, что «сухой лед» при нормальных условиях переходит из твердого состояния в газообразное (сублимируется). Определите массу «сухого льда», если для перевода его в газообразное состояние требуется количество теплоты  $Q = 293$  кДж. Удельная теплота испарения «сухого льда»  $L = 586 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . Прочтите в интернете или в энциклопедическом словаре, что представляет собой «сухой лед».

**215.** Вычислите плотность жидкого водорода, если в процессе перехода водорода объемом  $V = 1,0$  л при температуре кипения в газообразное состояние поглощается количество теплоты  $Q = 4,224$  кДж. Удельная теплота парообразования водорода  $L = 59 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ .

**216.** Вычислите объем жидкого воздуха, перешедшего в газообразное состояние в процессе кипения, если при этом поглотилось количество теплоты  $Q = 170$  кДж. Плотность жидкого воздуха  $\rho = 960 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

**217.** Какую массу водяного пара при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  нужно впустить в калориметр, содержащий воду объемом  $V = 1,0$  л при температуре  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ , чтобы конечная температура стала  $t_3 = 100^\circ\text{C}$ ? Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**218.** В калориметр, содержащий воду при температуре кипения, бросили медный шар массой  $m = 0,50$  кг, температура которого  $t = 500^\circ\text{C}$ . Вычислите массу испарившейся воды. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**219.** Используя график зависимости количества теплоты, необходимого для перевода жидкости при температуре кипения



в газообразное состояние, от массы (рис. 27), определите, для какой жидкости построен график, и вычислите количество теплоты, выделяющееся при конденсации массы  $m = 8,0$  кг пара этой жидкости.

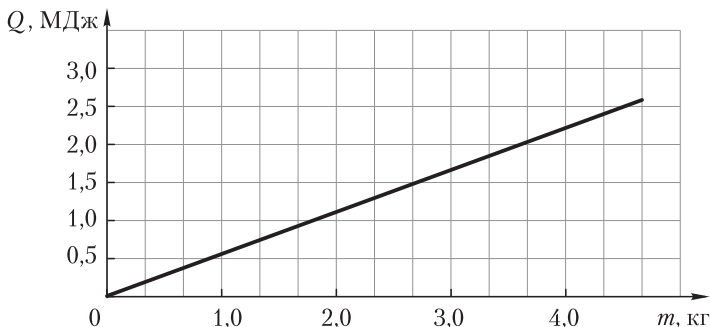


Рис. 27

**220.\*** В калориметр, содержащий воду массой  $m_1 = 100$  г, температура которой  $t_1 = 0$  °С, впустили водяной пар массой  $m_2 = 100$  г, взятый при температуре  $t_2 = 100$  °С. Вычислите конечную массу пара. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**221.** Вода массой  $m = 1,0$  кг при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении получает от нагревателя каждую минуту количество теплоты  $Q_0 = 38$  кДж. За какое время вся вода выкипит? Потерями теплоты пренебречь.

**222.** Вычислите массу воды, на превращение в пар которой при температуре кипения потребовалось такое же количество теплоты, какое необходимо для плавления льда массой  $m_1 = 1,0$  кг, взятого при температуре  $t = 0$  °С.

**223.** Какое количество теплоты выделится при превращении пара массой  $m = 1,0$  кг, взятого при температуре  $t_1 = 100$  °С, в лед при температуре  $t_2 = 0$  °С?

**224.\*** Все количество теплоты, выделившееся при конденсации пара при температуре  $t_1 = 100$  °С и охлаждении получившейся воды до температуры  $t_2 = 0$  °С, затрачивается на таяние льда массой  $m_2 = 4,0$  кг, имеющего температуру  $t_3 = -5$  °С. Определите массу пара.

**225.** Какую массу каменного угля марки А-II нужно сжечь, чтобы выделилось количество теплоты, достаточное для испарения воды объемом  $V = 1,0$  л, взятой при температуре кипения?

**226.** Какое количество теплоты тратится на нагревание и испарение воды, содержащейся в сырых дровах, при сгорании каждого килограмма дров, если половину массы дров составляет вода, имеющая температуру  $t = 5,0$  °С?

**227.** Вычислите удельную теплоту сгорания торфа, если при сжигании торфа массой  $m = 1,0$  кг выделяется количество теплоты, достаточное для перевода в газообразное состояние кипящей воды объемом  $V = 6,64$  л.

**228.\*** Известный ученый Энрико Ферми на экзамене задал студенту следующий вопрос: «Как известно, точка кипения прованского масла выше, чем точка плавления олова. Как вы объясните, почему можно жарить пищу на прованском масле в луженной оловом сковородке?» Ответьте на этот вопрос и вы.

**229.\*** В калориметр, содержащий снег массой  $m_1 = 200$  г, имеющий температуру  $t_1 = 0$  °С, впустили водяной пар массой  $m_2 = 500$  г, температура которого  $t_2 = 100$  °С. Определите конечную температуру смеси.

**230.\*** Сколько водяного пара при температуре  $t_1 = 100$  °С нужно впустить в калориметр, содержащий лед массой  $m = 100$  г, температура которого  $t_2 = -10$  °С, чтобы конечная температура образовавшейся воды стала равной  $t_3 = 15$  °С? Потерями теплоты пренебречь.

**231.°** Оцените время, за которое выкипит вся вода в вашем электрочайнике. Завышенным или заниженным будет это значение? Почему?

**232.°** В год с поверхности Мирового океана испаряется объем воды, примерно равный  $V = 505\,000$  км<sup>3</sup>. Оцените количество теплоты, которое при этом поглощается. Удельную теплоту парообразования считать равной  $L = 2,45 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .

**233.°** Оцените модуль скорости, с которой должна лететь муха, чтобы после удара о стенку от нее не осталось и «мокрого места».

*Примечание.* Считайте, что муха на 90 % состоит из воды.

**234.°** Предложите способ оценки КПД электрочайника.

**235.** (э) Возьмите большую кастрюлю с водой. Поместите в нее маленькую кастрюлю (тоже с водой) так, чтобы она плавала, не касаясь дна большой кастрюли. Поставьте их на плиту и начните нагревать. Что будет с водой в маленькой кастрюле, когда вода в большой кастрюле закипит? Добавьте в большую кастрюлю стакан соли. Что после этого произойдет с водой в маленькой кастрюле? Объясните наблюдаемое явление. Что можно сказать о температуре кипения соленой воды?

**236.** (э) Докажите, что при испарении жидкостей поглощается энергия. Для этого возьмите спиртовой термометр, кусок ваты или марли, сосуды с легкоиспаряющейся жидкостью (например, одеколоном или ацетоном) и водой. Отметьте в тетради начальное показание термометра. Смочите легкоиспаряющейся жидкостью марлю и оберните ею баллончик термометра. Через 3—5 мин снимите и запишите показания термометра. Смочите сухую вату или марлю водой и повторите опыт. Сравните показания термометра. Сделайте вывод.

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

## 9

### Электризация тел. Взаимодействие зарядов. Проводники и диэлектрики. Элементарный заряд

#### Вопросы для самоконтроля

- Как мы обнаруживаем, что тело наэлектризовано?
- Как взаимодействуют одноименно и разноименно заряженные тела?
- Какие заряженные частицы могут свободно перемещаться в металлах?
- Что принято за единицу электрического заряда?
- Каков по знаку и по значению заряд электрона?

**237.** Легкая гильза из фольги, подвешенная на шелковой нити, притягивается к заряженной стеклянной палочке (рис. 28). Заряжена ли гильза? Что можно сказать о знаке заряда гильзы, если она заряжена?

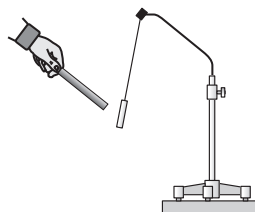


Рис. 28

**238.** Изучите таблицу. Укажите пары тел, которые были наэлектризованы трением друг о друга.

Тело	Заряд $q$ , Кл	Тело	Заряд $q$ , Кл
Эбонитовая палочка	$+1,0 \cdot 10^{-9}$	Кусок шелка	$-1,0 \cdot 10^{-9}$
Стеклянная палочка	$+1,0 \cdot 10^{-9}$	Лист бумаги	$+2,0 \cdot 10^{-9}$
Эбонитовая палочка	$+1,0 \cdot 10^{-7}$	Полиэтиленовая пленка	$-1,0 \cdot 10^{-7}$

Тело	Заряд $q$ , Кл	Тело	Заряд $q$ , Кл
Эбонитовая палочка	$-3,0 \cdot 10^{-10}$	Кусок меха	$-1,0 \cdot 10^{-9}$
Пластмассовая линейка	$-2,0 \cdot 10^{-9}$	Кусок резины	$+3,0 \cdot 10^{-10}$

**239.** Если к тонкой струе воды, вытекающей из крана (рис. 29), поднести потертый о мех пластмассовый стержень (линейку), то можно наблюдать искривление струи. Почему?

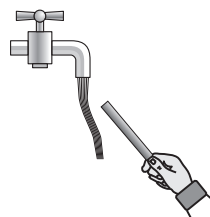


Рис. 29

**240.** К отрицательно заряженному электроскопу (рис. 30, а) поднесли заряженную палочку и коснулись шарика. Листочки электроскопа разошлись сильнее (рис. 30, б). Что можно сказать о заряде палочки?

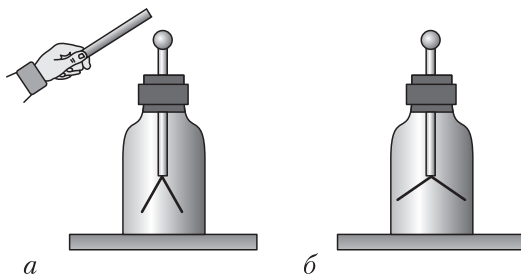


Рис. 30

**241.** К отрицательно заряженному электроскопу поднесли заряженную палочку (рис. 31, а) и коснулись шарика. Листочки электроскопа сблизилась (рис. 31, б). Что можно сказать о заряде палочки?

**242.** Как уменьшить в два раза заряд металлического шарика?

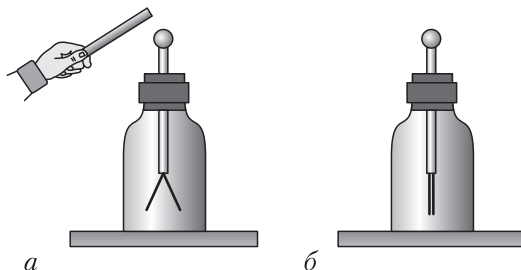


Рис. 31

**243.** При соприкосновении шарика заряженного электроскопа с поднесенной к нему палочкой листочки полностью опали. Как объяснить это явление?

**244.** Определите, заряжены ли и каковы знаки зарядов тел 1 и 2, которые взаимодействуют так, как показано на рисунке 32, *a–e*.

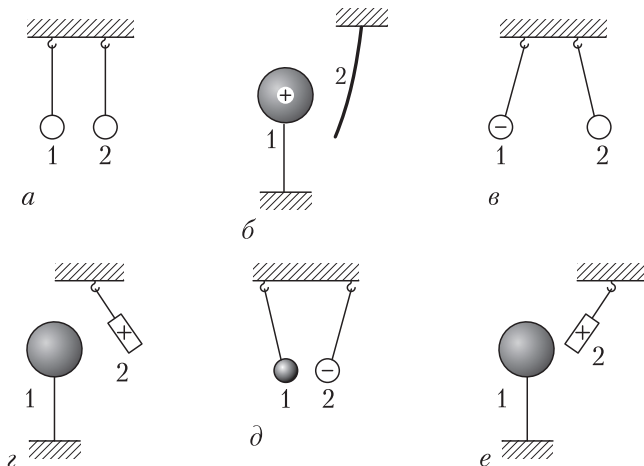


Рис. 32

**245.** Две гильзы, подвешенные на шелковых нитях, притянулись друг к другу и после соприкосновения повисли вертикально. Почему гильзы притянулись? Почему после соприкосновения взаимодействие гильз прекратилось?

**246.** Две гильзы, подвешенные на шелковых нитях, притянулись друг к другу и после соприкосновения оттолкнулись. Объясните это явление.

**247.** Палочку из оргстекла можно наэлектризовать, натирая ее шелком или мехом. Почему нельзя, так же держа в руках, наэлектризовать металлический стержень?

**248.** При каких условиях можно наэлектризовать металлический стержень?

**249.** Явление электризации было раньше всего замечено на телах, которые не проводят электрический ток. Почему?

**250.** Стержень электрометра всегда делается из металла. Почему?

**251.** Выберите правильный ответ и аргументируйте свой выбор. Заряженной отрицательно палочкой коснулись однородного металлического шара и палочку убрали. Как распределился заряд?

- а) Равномерно по всему объему шара;
- б) равномерно по поверхности шара;
- в) сосредоточился в центре шара;
- г) сосредоточился в точке касания палочки;
- д) неравномерно по всему объему шара.

**252.** Отрицательно заряженный стержень подносят близко к металлическому незаряженному шару, не касаясь его. В результате этого ...

- а) шар заряжается отрицательно;
- б) шар заряжается положительно;
- в) в шаре идет перераспределение заряда. Электроны сосредотачиваются на противоположной стороне шара;
- г) распределение зарядов на поверхности шара не изменится;
- д) стержень заряжается положительно, а шар — отрицательно.

**253.** Почему, проводя опыты по электризации, экспериментатор, как правило, подвешивает различные наэлектризованные тела на шелковых нитях?

**254.** Можно ли экспериментально сообщить телу электрический заряд, равный  $q_1 = 1,6 \cdot 10^{-20}$  Кл,  $q_2 = 4 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $q_3 = 8 \cdot 10^{-18}$  Кл? Почему?

**255.** Капля, имевшая положительный заряд  $q = 100e$ , где  $e$  — элементарный заряд, при освещении потеряла  $N = 50$  электронов. Каким стал заряд капли?

**256.** Частица обладает зарядом  $q = -6,4 \cdot 10^{-19}$  Кл. Сколько избыточных электронов имеет частица?

**257.** Определите и запишите в таблицу недостающие данные.

№ п/п	Число электронов на капле $N$		Заряд капельки масла $q$ , Кл
	недостаток	избыток	
1			$1,6 \cdot 10^{-18}$
2			$-1,6 \cdot 10^{-17}$
3	200		
4		300	

258. Какое число элементарных зарядов содержит заряд  $q = 0,8$  Кл?

259. Сколько электронов надо передать незаряженному телу, чтобы его электрический заряд стал равным  $q = -1,28 \cdot 10^{-11}$  Кл?

260. Сколько электронов надо отнять от незаряженного тела, чтобы его электрический заряд стал равным  $q = 3,2 \cdot 10^{-12}$  Кл?

261. Два одинаковых металлических шара с зарядами  $-q, 5q$  приводят в соприкосновение. Определите заряд каждого шара после соприкосновения.

262. Две металлические сферы равного радиуса имеют заряды  $q_1 = 10$  мКл и  $q_2 = -2,0$  мКл соответственно. Сферы соединяют проводником. Какими станут заряды на сферах после их соединения?

263.\* Два одинаковых шара имеют заряды  $q_1 = 1,6 \cdot 10^{-17}$  Кл и  $q_2 = 3,2 \cdot 10^{-17}$  Кл. Шары привели в соприкосновение, а затем развели. Какое количество заряженных элементарных частиц перешло с одного шара на другой при их соприкосновении? Какие это частицы?

264.\* К электromетру  $B$  (рис. 33), соединенному проводником с таким же электromетром  $C$ , поднесли положительно заряженное тело  $A$ . Затем тело и перемычку убрали. Как зарядились при этом электromетры  $B$  и  $C$ ?

265. (э) Надуйте небольшой резиновый шар. Потрите его поверхность пластмассовой линейкой. Будут ли после этого к шару притягиваться мелкие кусочки бумаги? Будут ли они притягиваться к линейке? Будут ли взаимодействовать линейка и шарик? Проверьте на опыте свои ответы и сделайте выводы.

266. (э) Надуйте два одинаковых резиновых шара. Подвесьте оба шара с помощью нитей к одной и той же точке на перекладине. Шары касаются друг друга. Теперь потрите каждый из них куском шерсти и наблюдайте, что произойдет. Объясните наблюдаемые явления и сделайте выводы.

267. (э) Нарезьте небольшие кусочки бумаги и алюминиевой фольги площадью  $0,3-0,5$  см<sup>2</sup>, но некоторые из них сделайте длинными и узкими. Проведите несколько раз пластмассовой расческой

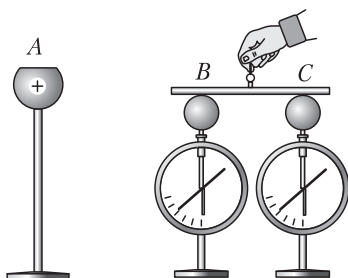


Рис. 33



по своим волосам, а затем поднесите ее вплотную к кусочкам бумаги и фольги. Объясните наблюдаемые явления и сделайте выводы.

**268.** (э) Обмотайте конец небольшого кусочка алюминиевой фольги нейлоновой или шелковой нитью. Скомкайте фольгу в небольшой шарик и подвесьте его на некотором расстоянии от других тел. Потрите воздушный шар или расческу шерстью и поднесите к изготовленному шарiku. Понаблюдайте за последовательностью происходящего. Повторите опыт, предварительно коснувшись пальцами шарика из фольги. Объясните наблюдаемые явления и сделайте выводы.

**269.** (э) Из литровой банки изготовьте электроскоп. Для этого пропустите через полиэтиленовую крышку банки проволоку. На конце проволоки с помощью ниток подвесьте два тонких листочка, вырезанных из бумажной салфетки, или согнутую полоску фольги от обертки шоколада. Пользуясь изготовленным электроскопом, выясните, в какой степени наэлектризованы окружающие вас предметы.

## 10

---

### Строение атома. Ионы

#### *Вопросы для самоконтроля*

- *Какие частицы входят в состав атома?*
- *Какие частицы входят в состав ядра?*
- *Что представляет собой положительный ион?*
- *Что представляет собой отрицательный ион?*

**270.** Где в атоме сосредоточен положительный заряд? Отрицательный заряд?

**271.** Ядро электронейтрального атома азота имеет заряд  $q = 7e$ . Определите количество электронов в электронейтральном атоме азота.

**272.** Электронная оболочка электронейтрального атома кислорода содержит 8 электронов. Сколько протонов в ядре атома кислорода? Каков заряд ядра атома кислорода?

**273.** В ядре электронейтрального атома азота находится 14 частиц. Электронные оболочки атома содержат 7 электронов. Каков заряд ядра атома азота?

**274.** В ядре электронейтрального атома содержится 39 частиц, из которых 20 нейтронов. Определите количество электронов в атоме.

**275.** В состав ядра атома бора входят 5 протонов. Сколько всего частиц в атоме бора? Назовите их.

**276.** От электронейтрального атома меди ушло 2 электрона. Как называется оставшаяся частица? Каков ее заряд?

**277.** Электронейтральный атом хлора присоединил один электрон. Как называется получившаяся частица? Каков ее заряд?

**278.** На рисунке 34, *a–г* схематически изображены модели атомов и ионов гелия, лития, кислорода, водорода. Определите заряды атомов, ядер атомов и ионов.

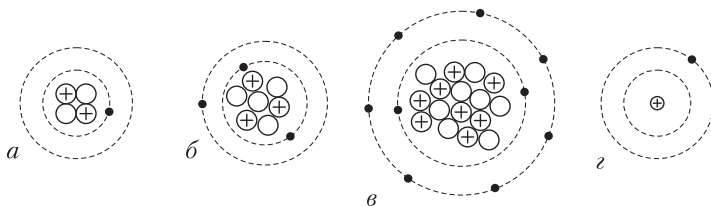


Рис. 34

**279.** В результате электризации эбонитовая палочка и кусок меха приобрели разноименные электрические заряды. Изменилось ли при этом число атомов, протонов и электронов, содержащихся в эбонитовой палочке и куске меха?

**280.** Какая частица образуется при захвате положительным ионом водорода одного электрона? Каков заряд этой частицы?

**281.** В ядре атома лития 3 протона, а в ядре атома магния — 12 протонов. Как и во сколько раз отличаются заряды ядер лития и магния?

**282.** Определите суммарный заряд электронов, общая масса которых  $m = 91$  г. Масса одного электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

**283.** На сколько изменилась масса стеклянной палочки, если в процессе электризации ее заряд стал равным  $q = 2,56 \cdot 10^{-15}$  Кл? Масса одного электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

**284.** В результате электризации масса металлического шара уменьшилась на  $\Delta m = 2,73 \cdot 10^{-27}$  кг. Какой заряд приобрел шар? Масса одного электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

## 11

---

### Электрическое поле. Электрическое напряжение. Расчет работы в электрическом поле

#### *Вопросы для самоконтроля*

- Как доказать, что вокруг заряженного тела существует электрическое поле?
- Что характеризует электрическое напряжение?
- В каких единицах измеряется электрическое напряжение?
- Как выразить напряжение через работу электрического поля и заряд?

#### Пример решения задачи

По проводнику переместилось  $N = 2,0 \cdot 10^{19}$  электронов. При этом силами электрического поля совершена работа  $A = 128$  Дж. Определите напряжение на концах проводника.

<i>Дано:</i>	<i>Решение.</i>
$N = 2,0 \cdot 10^{19}$	Поскольку напряжение на концах проводника $U = \frac{A}{ q }$ , то для ответа на вопрос задачи необходимо найти заряд, прошедший по проводнику: $ q  = eN$ ,
$A = 128$ Дж	
$U = ?$	

где  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл — элементарный заряд. Тогда

$$U = \frac{A}{|q|} = \frac{A}{eN},$$

откуда

$$U = \frac{128 \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2,0 \cdot 10^{19}} = 40 \text{ В}.$$

*Ответ:*  $U = 40 \text{ В}$ .

**285.** Электрическое поле заряженной металлической пластины действует на заряженный шар, находящийся в этом поле. Действует ли поле шара на пластину?

**286.** Будут ли взаимодействовать два находящихся рядом заряженных металлических шара в безвоздушном пространстве?

**287.** В электрическом поле равномерно заряженного шара в точке  $A$  находится заряженное зернышко (рис. 35). Покажите в тетради, как направлена сила, действующая на зернышко со стороны электрического поля шара.

**288.** В некоторой области пространства находятся два разноименно заряженных легких шара. Изобразите на рисунке силы, с которыми взаимодействуют шары.

**289.\*** В электрическом поле равномерно заряженного шара на одинаковом расстоянии от него находятся две разноименно заряженные пылинки (рис. 36). Одинаковые ли силы будут действовать на пылинки со стороны электрического поля?

**290.\*** Электрическое поле создано равномерно заряженным шаром (рис. 37). Одинаковое ли напряжение между точками  $A$  и  $B$ ,  $A$  и  $C$ ? Одинаковую ли работу совершат силы электрического поля при перемещении отрицательно заряженной пылинки из точки  $C$  в точку  $B$ ; из точки  $C$  в точку  $A$ ?



Рис. 35



Рис. 36



Рис. 37

**291.** Три одинаковых заряженных равным зарядом шарика подвешены на шелковых нитях (рис. 38). Вблизи них находится положительно заряженный шар. Объясните, почему угол отклонения нитей разный. Сформулируйте одно из свойств электрического поля, которое иллюстрирует рисунок.

**292.** Три заряженных шарика одинаковой массы поочередно подвешивают в одной точке в электрическом поле положительно заряженного шара. Заряды шариков отличаются по величине. Положения шариков изображены на рисунке 39. Какой из шариков имеет наибольший заряд? Сформулируйте одно из свойств электрического поля, которое иллюстрирует рисунок.

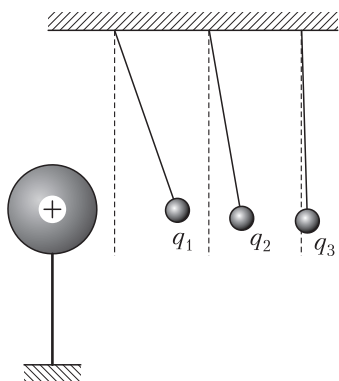


Рис. 38

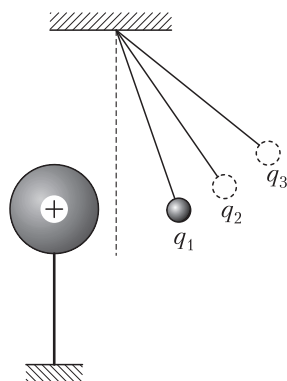


Рис. 39

**293.** Каковы знаки зарядов шариков *A* и *C* (рис. 40, *a*, *б*)? Объясните различия во взаимодействии шара *B* с шариком *A* и с шариком *C*.

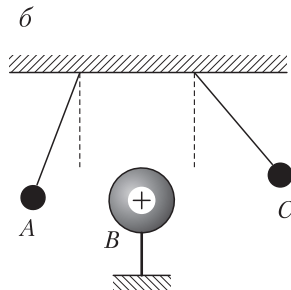
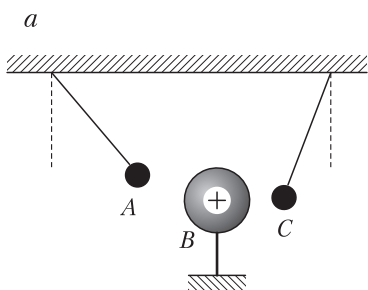


Рис. 40

**294.\*** Какие изменения произойдут в незаряженной металлической пластине, если ее поместить в электрическое поле?

**295.** При перемещении по проводнику заряда  $q = 5,0$  Кл силы электрического поля совершили работу  $A = 0,15$  кДж. Определите напряжение на проводнике.

**296.** Определите работу сил электрического поля, переместившего по проводнику заряд  $q = 3,0$  Кл, если напряжение на проводнике  $U = 40$  В.

**297.** Напряжение между электродами подогревного устройства электрического «душа»  $U = 1,0 \cdot 10^5$  В. Определите заряд, который проходит между электродами, если силы электрического поля совершают работу  $A = 1,6$  кДж. Какое число электронов переместилось за это время от одного электрода к другому?

**298.** Один кипятильник включен в сеть с напряжением  $U_1 = 220$  В, а другой — в сеть с напряжением  $U_2 = 127$  В. В спирали какого кипятильника электрическое поле совершает большую работу по перемещению одного и того же заряда? Во сколько раз?

**299.** Силы электрического поля в одном проводнике совершают работу  $A_1 = 120$  Дж, а во втором —  $A_2 = 360$  Дж по перемещению одного и того же заряда. Во сколько раз отличаются значения напряжений на проводниках?

**300.\*** Электрон начинает двигаться из одной точки электрического поля в другую. Какую скорость движения приобретет электрон, если напряжение между этими точками  $U = 4,1$  В? Масса электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

**301.\*** Каким должно быть напряжение между двумя точками электрического поля, чтобы разогнать неподвижный электрон до скорости  $v = 400 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ ? Масса электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

## Электрический ток. Источники тока. Сила и направление электрического тока. Электрическая цепь. Измерение силы тока и напряжения

### Вопросы для самоконтроля

- Что называют электрическим током?
- Что необходимо для возникновения и длительного существования электрического тока?
- Что называют силой тока?
- Что принято за единицу силы тока?
- Каким прибором измеряется сила тока?
- Каким прибором измеряется электрическое напряжение?
- Как включается амперметр в электрическую цепь?
- Как включается вольтметр в электрическую цепь?

### Пример решения задачи

По проводнику проходит электрический ток силой  $I = 4,8$  А. Определите число электронов, которое пройдет через поперечное сечение проводника за время  $t = 0,50$  ч.

*Дано:*

$$I = 4,8 \text{ А}$$

$$t = 0,50 \text{ ч} =$$

$$= 1,8 \cdot 10^3 \text{ с}$$

$$N = ?$$

*Решение.*

Поскольку заряд  $|q| = eN$ , то из определения силы тока следует:  $I = \frac{|q|}{t} = \frac{eN}{t}$ . Тогда число электронов, которое пройдет через поперечное сечение проводника за время  $t$ ,

$$N = \frac{I \cdot t}{e}$$

$$N = \frac{4,8 \text{ A} \cdot 1,8 \cdot 10^3 \text{ c}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 5,4 \cdot 10^{22}$$

Ответ:  $N = 5,4 \cdot 10^{22}$ .

**302.** Движением каких заряженных частиц обусловлен в проводнике электрический ток?

**303.** На рисунке 41 изображен измерительный прибор. Какую физическую величину измеряют этим прибором? Какова цена деления его шкалы? Чему равен предел измерения этим прибором?

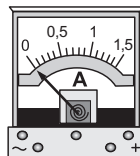


Рис. 41

**304.** Как включается в электрическую цепь амперметр? Почему?

**305.** Имеются заряженный электроскоп и металлический стержень. Можно ли говорить о возникновении электрического тока в стержне в случае его соприкосновения с шариком электроскопа?

**306.** Имеются два заряженных одинаковыми по абсолютной величине зарядами электроскопов и металлический стержень на изолирующей ручке. Концы стержня одновременно касаются шариков электроскопов. В каких из представленных на рисунке 42,  $a-z$  случаях по стержню пройдет кратковременный электрический ток?

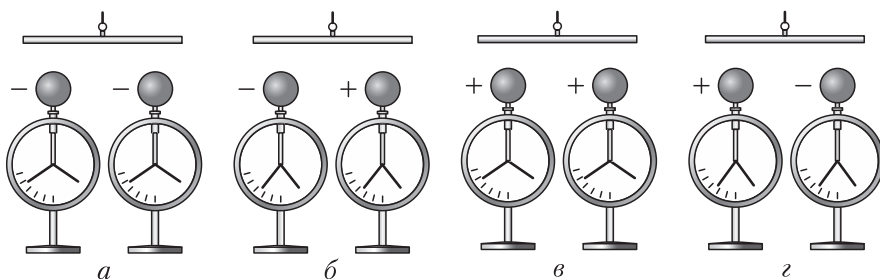


Рис. 42

**307.** Можно ли считать молнию электрическим током?



**308.** Какие электрические приборы имеются у вас дома? Какие действия электрического тока используются в каждом из них?

**309.** Выразите в амперах следующие значения силы тока:  $I_1 = 0,08 \text{ кА}$ ,  $I_2 = 160 \text{ мА}$ ,  $I_3 = 1200 \text{ мкА}$ .

**310.** Выразите в вольтах следующие значения напряжения:  $U_1 = 48 \text{ мВ}$ ,  $U_2 = 0,24 \text{ кВ}$ .

**311.** Назовите элементы электрической цепи, изображенные на рисунке 43.

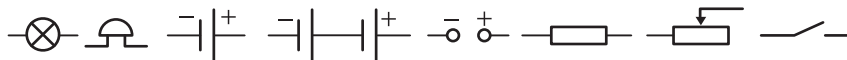


Рис. 43

**312.** Напряжение на автомобильной лампочке  $U = 12,0 \text{ В}$ . Определите силу тока в спирали лампочки, если за время  $t = 6,0 \text{ ч}$  электрическим током совершена работа  $A = 720 \text{ Дж}$ .

**313.** На цоколе лампочки, используемой в лабораторной работе, написано «0,3 А». Что это означает? Что может произойти с лампочкой, если сила тока в спирали будет больше указанного на цоколе значения?

**314.** Из каких звеньев состоит электрическая цепь, схема которой представлена на рисунке 44? Какая клемма источника тока имеет знак «+», а какая — «-»? Укажите направление электрического тока в цепи.

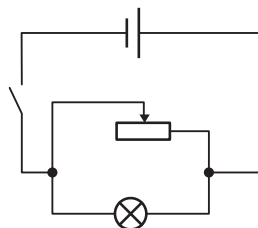


Рис. 44

**315.** Петя и Света, выполняя лабораторную работу, включили амперметр в электрическую цепь так, как показано на рисунке 45, а. Показания амперметра оказались  $I = 0,8 \text{ А}$ .

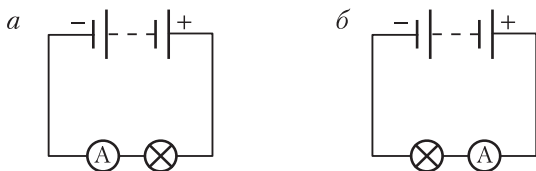


Рис. 45

Какое значение силы тока получили Петя и Света, включив амперметр так, как показано на рисунке 45, б?

**316.** Для сборки электрической цепи учитель физики использовал приборы, представленные на рисунке 46. Нарисуйте схему этой цепи и выполните задания: а) на линиях, изображающих соединительные провода, отметьте буквами возможные места включения амперметра; б) укажите стрелками направление электрического тока; в) отметьте знаками «+» и «-» полярность клемм электроизмерительных приборов; г) определите цену деления амперметра и вольтметра.

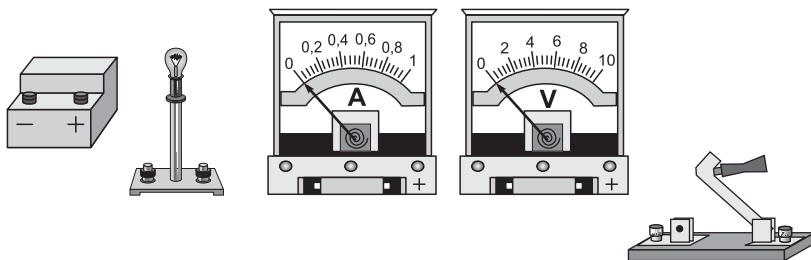


Рис. 46

**317.** На уроке физики Катя собрала электрическую цепь, изображенную на рисунке 47. Начертите в тетради схему этой электрической цепи.

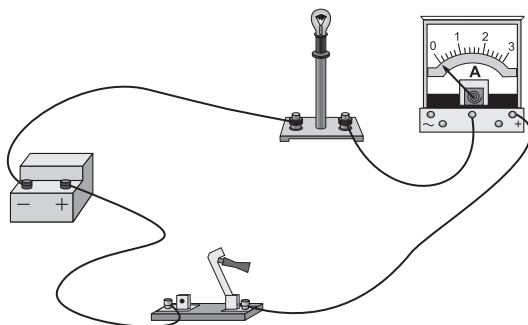


Рис. 47

**318.** На рисунке 48 изображена шкала амперметра. Определите цену деления шкалы и выразите ее в  $\frac{\text{мА}}{\text{дел}}$ . С какой точностью можно

измерять этим прибором силу тока? Чему равен верхний предел измерения силы тока? Какую силу тока показывает прибор?

**319.** На рисунке 49 изображена шкала вольтметра. Определите цену деления шкалы. С какой точностью можно измерять напряжение этим прибором? Чему равен верхний предел измерения напряжения? Какое напряжение показывает прибор?

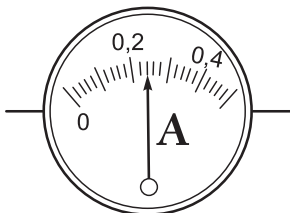


Рис. 48

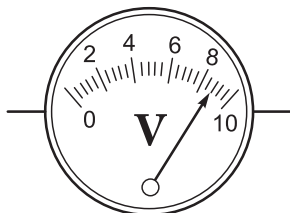


Рис. 49

**320.** Начертите в тетради схему электрической цепи, состоящей из источника тока, ключа, лампочки и вольтметра, измеряющего напряжение на лампочке. Укажите направление электрического тока в цепи и полярность включения вольтметра.

**321.** Начертите в тетради схему электрической цепи, состоящей из батареи элементов, ключа, резистора и амперметра, измеряющего силу тока в резисторе. Укажите направление электрического тока в цепи и полярность включения амперметра.

**322.** Определите силу тока в проводнике, если за время  $t = 5,0$  мин через его поперечное сечение проходит заряд  $q = 90$  Кл.

**323.** В течение какого времени через поперечное сечение проводника пройдет заряд  $q = 300$  Кл, если сила тока  $I = 0,50$  А?

**324.** Какой электрический заряд проходит через поперечное сечение спирали электрического утюга за время  $t = 10$  мин, если сила тока в ней  $I = 3,0$  А?

**325.** По данным таблицы составьте и решите задачи.

$q$ , Кл	$t$ , с	$I$ , А
63	180	?
24	?	0,20
?	360	0,400

**326.** Электрическую лампочку поочередно подключают к двум разным источникам тока. В первом случае через поперечное сечение нити накаливания за время  $t_1 = 2,0$  мин проходит заряд  $q_1 = 12$  Кл, а во втором — за время  $t_2 = 10$  с проходит заряд  $q_2 = 3,0$  Кл. Во сколько раз отличаются силы токов, проходящих по нити накаливания?

**327.** В проводнике, напряжении на котором  $U = 20$  В, сила тока  $I = 0,80$  А. Определите работу сил электрического поля по перемещению заряда в проводнике за время  $t = 5,0$  мин.

**328.** Определите силу электрического тока в проводнике, если через поперечное сечение проводника за время  $t = 2,0 \cdot 10^{-3}$  с проходит  $N = 2,0 \cdot 10^{15}$  электронов.

**329.** По проводнику проходит электрический ток силой  $I = 1,2$  А. Определите массу электронов, прошедших через поперечное сечение проводника за время  $t = 1,0$  ч. Масса электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

**330.\*** Определите заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время  $t = 5,0$  с, если в течение этого времени сила тока равномерно возрастала от  $I_1 = 0,0$  А до  $I_2 = 10$  А.

## Связь силы тока и напряжения. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Единица сопротивления

### Вопросы для самоконтроля

- Как зависит сила электрического тока в проводнике от напряжения на нем и сопротивления проводника?
- Как формулируется закон Ома?
- Как, зная силу электрического тока и сопротивление проводника, рассчитать напряжение на этом проводнике?
- Как, зная силу электрического тока и напряжение на проводнике, рассчитать сопротивление проводника?
- В каких единицах измеряется сопротивление проводника?

### Пример решения задачи

Через поперечное сечение проводника за время  $t = 10$  мин прошло  $N = 1,8 \cdot 10^{21}$  электронов. Определите напряжение на проводнике, сопротивление которого  $R = 60$  Ом.

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>t = 10 \text{ мин} =</math> <math>= 6,0 \cdot 10^2 \text{ с}</math></p> <p><math>N = 1,8 \cdot 10^{21}</math></p> <p><math>R = 60 \text{ Ом}</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>U = ?</math></p>	<p style="text-align: right;"><i>Решение.</i></p> <p>Из закона Ома следует, что напряжение на проводнике</p> <p style="text-align: right;"><math>U = IR.</math></p> <p>Поскольку сила тока <math>I = \frac{q}{t}</math>, а заряд <math>q =  e N</math>, где <math> e  = 1,6 \cdot 10^{-19}</math> Кл, то</p>
---	--

$$U = \frac{qR}{t} = \frac{|e|NR}{t}.$$

$$U = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1,8 \cdot 10^{21} \cdot 60 \text{ Ом}}{6,0 \cdot 10^2 \text{ с}} = 29 \text{ В.}$$

Ответ:  $U = 29 \text{ В}$ .

**331.** Выразите в омах следующие значения сопротивлений проводников:  $R_1 = 56 \text{ МОм}$ ,  $R_2 = 0,044 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 825 \text{ мОм}$ ,  $R_4 = 670 \text{ мкОм}$ .

**332.** Согласно закону Ома для участка электрической цепи сопротивление этого участка определяется по формуле  $R = \frac{U}{I}$ . Можно

ли, исходя из этой формулы, утверждать, что сопротивление данного проводника прямо пропорционально напряжению на проводнике и обратно пропорционально силе тока в нем? Почему?

**333.** По проводнику, сопротивление которого  $R = 40 \text{ Ом}$ , проходит электрический ток силой  $I = 0,30 \text{ А}$ . Определите напряжение на проводнике.

**334.** Каким должно быть сопротивление амперметра, чтобы при включении его в электрическую цепь напряжение на потребителях практически не изменилось?

**335.** Почему сопротивление вольтметра всегда должно быть значительно больше, чем сопротивление того участка, на котором измеряется напряжение?

**336.** Определите сопротивление нити накаливания электрической лампочки при прохождении по ней электрического тока силой  $I = 0,50 \text{ А}$ . Лампочка включена в сеть с напряжением  $U = 220 \text{ В}$ .

**337.** Электрическая плитка работает при подключении к сети с напряжением  $U = 220 \text{ В}$ . Какой силы электрический ток проходит по спирали плитки, если ее сопротивление  $R = 80,0 \text{ Ом}$ ?

**338.** Определите напряжение на клеммах амперметра, через который проходит электрический ток силой  $I = 6,5 \text{ А}$ , если сопротивление амперметра  $R = 1,2 \text{ мОм}$ . Объясните причину малости сопротивления амперметра и напряжения на нем.

**339.** Используя данные электрической цепи, представленные на рисунке 50, определите направление и значение силы тока в резисторе.

**340.** По показаниям приборов (рис. 51, а) определите сопротивление проводника. Во сколько раз оно отличается от сопротивления проводника, изображенного на рисунке 51, б?

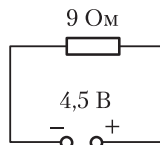


Рис. 50

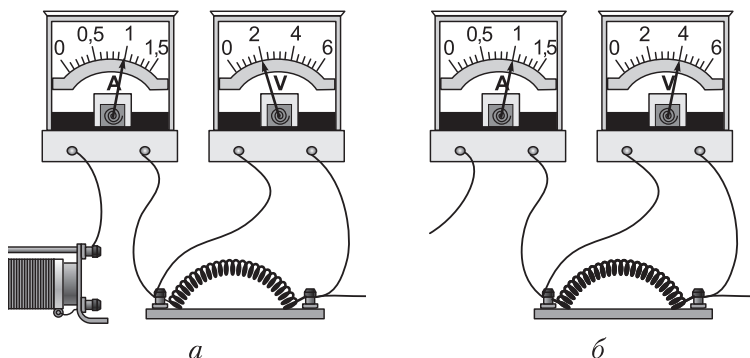


Рис. 51

**341.** Во сколько раз увеличилось напряжение на участке электрической цепи, если сопротивление участка уменьшилось в  $k = 2,0$  раза, а сила тока при этом увеличилась в  $n = 3,6$  раза?

**342.** Сила тока на участке электрической цепи  $I = 75$  мА. Определите сопротивление участка цепи, если напряжение на нем  $U = 0,12$  кВ.

**343.** В ходе эксперимента по установлению зависимости силы тока от напряжения при постоянном сопротивлении проводника восьмиклассники занесли в таблицу 1 показания вольтметра и амперметра. По данным, приведенным в таблице 1, определите среднее значение сопротивления проводника. Постройте график зависимости силы тока от напряжения на участке цепи и сделайте вывод.

Таблица 1

№ п/п	$U$ , В	$I$ , А
1	0,0	0,00
2	1,0	0,25
3	2,0	0,55
4	3,0	0,76
5	4,0	1,00

Таблица 2

№ п/п	$R$ , Ом	$I$ , А
1	2,0	1,5
2	3,0	1,0
3	4,0	0,8
4	5,0	0,6
5	6,0	0,5

**344.** В ходе эксперимента по установлению зависимости силы тока от сопротивления проводника при постоянном напряжении восьмиклассники занесли в таблицу 2 показания омметра и амперметра. По данным, приведенным в таблице 2, определите напряже-

ние на проводнике. Постройте график зависимости силы тока от сопротивления проводника и сделайте вывод.

**345.** По графику зависимости силы тока в проводнике от напряжения на нем (рис. 52) найдите сопротивление проводника. Как изменится угол наклона графика к оси абсцисс при увеличении сопротивления проводника? Уменьшении сопротивления? Чему будет равна сила тока в цепи, если напряжение на проводнике станет  $U = 3,0$  В?

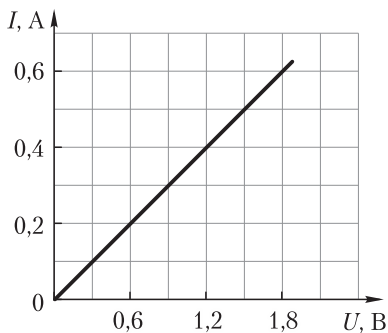


Рис. 52

**346.** По графику зависимости силы тока в проводнике от его сопротивления (рис. 53) найдите напряжение на проводнике.

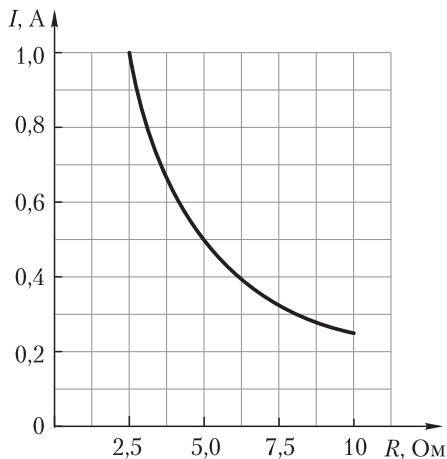


Рис. 53



**347.** Наибольшее напряжение, приложенное к участку электрической цепи сопротивлением  $R = 40$  Ом, равно  $U = 80$  В. Постройте график зависимости силы тока от напряжения для данного участка цепи.

**348.** Сила тока на участке электрической цепи сопротивлением  $R = 5,0$  Ом изменяется от  $I_1 = 0,20$  А до  $I_2 = 2,0$  А. Постройте график зависимости напряжения на этом участке цепи от силы тока в ней. Как изменится вид графика для участка электрической цепи с большим сопротивлением?

**349.** Вольтметр, измеряющий напряжение на амперметре, показывает значение  $U = 2,0$  мВ. Определите показания амперметра, если его сопротивление  $R = 0,01$  Ом.

**350.** Амперметр имеет шкалу, верхний предел измерения силы тока которой  $I_{\max} = 5,0$  А. При силе тока, равной половине предельного значения, вольтметр, подключенный к амперметру, показывает напряжение  $U = 0,10$  В. Определите сопротивление амперметра.

**351.** Сопротивление лампочки, включенной в электрическую цепь, представленную на рисунке 54, а, —  $R_1 = 20$  Ом, а сопротивление лампочки, включенной в электрическую цепь, представленную на рисунке 54, б, —  $R_2 = 15$  Ом. Показания какого из амперметров больше,  $A_1$  или  $A_2$ ? Во сколько раз?

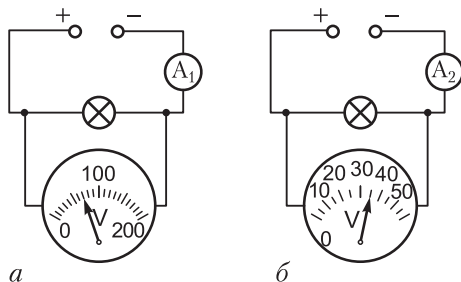


Рис. 54

**352.** На рисунке 55 представлены графики зависимости силы тока от напряжения для двух проводников. У какого из проводников сопротивление больше и во сколько раз?

**353.** На участке электрической цепи, сопротивление которой  $R = 8,0$  Ом, напряжение  $U = 12,0$  В. Определите заряд, который проходит в этой цепи за время  $t = 0,50$  ч.

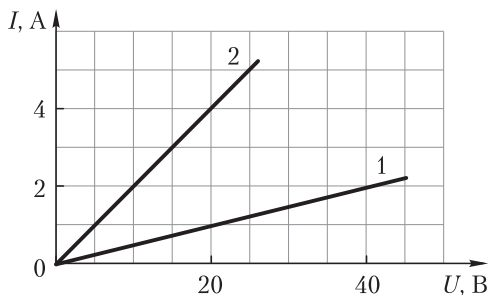


Рис. 55

**354.** Через нагревательный элемент электрической плитки за время работы в течение времени  $t = 15$  мин прошел заряд  $q = 900$  Кл. Определите сопротивление спирали плитки, если она включена в сеть напряжением  $U = 220$  В.

**355.** Длина проволоки  $l = 0,80$  км, а сопротивление  $R = 4,8$  Ом. Определите напряжение на каждом участке проволоки длиной  $l_1 = 50$  м, если по ней проходит электрический ток силой  $I = 9,0$  мА.

**356.** На проводнике, сопротивление которого  $R = 40$  Ом, напряжение  $U = 12$  В. Определите число электронов, прошедших через поперечное сечение проводника за время  $t = 5,0$  мин.

**357.** (э) По данным на цоколе лампочки карманного фонарика найдите сопротивление нити этой лампочки.

## 14

### Расчет сопротивления проводника

#### Вопросы для самоконтроля

- От чего зависит электрическое сопротивление проводника?
- Как определить сопротивление проводника?

- Что такое удельное сопротивление?
- В каких единицах измеряется удельное сопротивление вещества проводника?

### Пример решения задачи

Зависимость силы тока, проходящего по константановому проводнику, от напряжения на нем представлена на рисунке 56. Определите площадь поперечного сечения проводника, если его длина  $l = 2,0$  м.

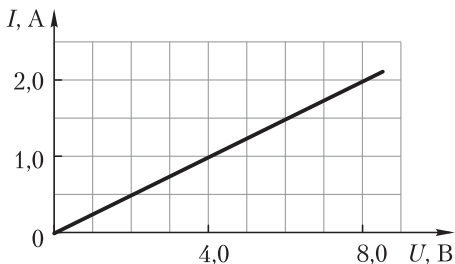


Рис. 56

Дано:

$$l = 2,0 \text{ м}$$

$$\rho = 0,50 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$S = ?$

Решение.

Из графика видно, что при напряжении  $U = 8,0$  В на проводнике сила тока в проводнике  $I = 2,0$  А. Тогда согласно закону Ома сопротивление проводника

$$R = \frac{U}{I}.$$

Площадь поперечного сечения проводника  $S = \frac{\rho l}{R} = \frac{\rho l I}{U}$ .

$$S = \frac{0,50 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot 2,0 \text{ м} \cdot 2,0 \text{ А}}{8,0 \text{ В}} = 0,25 \text{ мм}^2.$$

Ответ:  $S = 0,25 \text{ мм}^2$ .

**358.** Удельное сопротивление константана  $\rho = 0,50 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ .

Что это значит?

**359.** Чему равно сопротивление алюминиевого проводника длиной  $l = 1,0$  м и площадью поперечного сечения  $s = 1,0 \text{ мм}^2$ ?

**360.\*** По таблице 6 учебного пособия «Физика. 8 класс» сравните значения удельных сопротивлений чистых металлов и сплавов. Какие из этих веществ обладают бóльшим удельным сопротивлением? Как вы думаете почему?

**361.** Определите длину медной проволоки площадью поперечного сечения  $S = 0,765 \text{ мм}^2$  и сопротивлением  $R = 1,60 \text{ Ом}$ .

**362.** Из какого вещества изготовлена проволока длиной  $l = 8,0$  м и площадью поперечного сечения  $S = 2,0 \text{ мм}^2$ , если ее сопротивление  $R = 1,6 \text{ Ом}$ ?

**363.** По данным таблицы составьте задачи и решите их.

$\rho, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	$R, \text{ Ом}$	$l, \text{ м}$	$S, \text{ мм}^2$
$1,7 \cdot 10^{-2}$	?	20	0,20
$5,5 \cdot 10^{-2}$	22	?	0,050
0,40	160	100	?
?	220	50,0	0,250

**364.** Длина одного мотка алюминиевой проволоки больше длины другого мотка такой же проволоки в  $n = 4$  раза. Какой из мотков обладает большим сопротивлением и во сколько раз?

**365.** Площади поперечных сечений двух алюминиевых проводников одинаковой длины отличаются в  $n = 3$  раза. Во сколько раз отличаются сопротивления этих проводников?

**366.** Во сколько раз увеличится сила тока, проходящего по проводнику, если напряжение на концах проводника и площадь его поперечного сечения увеличить в  $n = 3$  раза?

**367.** Как и во сколько раз изменится сопротивление алюминиевой проволоки, если ее разрезать пополам и половинки скрутить в жгут?

**368.\*** Протягивая проволоку через волочильный станок, ее удлинили в  $n = 4$  раза. Как и во сколько раз изменилось ее сопротивление?

**369.** Сопротивление алюминиевого провода  $R = 24$  Ом. Каким сопротивлением обладает алюминиевый провод, у которого в  $n = 3$  раза больше площадь поперечного сечения и в  $m = 2$  раза больше длина?

**370.** Проволока длиной  $l_1 = 10$  м имеет сопротивление  $R_1 = 150$  Ом. Какую длину должна иметь проволока, чтобы ее сопротивление было  $R_2 = 60$  Ом?

**371.** Железная и алюминиевая проволоки имеют одинаковые массы и площади поперечных сечений. У какой проволоки больше сопротивление и во сколько раз?

**372.** Длина железного проводника в  $n = 4$  раза превышает длину нихромового, а его диаметр больше диаметра нихромового в  $k = 8$  раз. Во сколько раз сопротивление нихромового проводника отличается от сопротивления железного, если удельное сопротивление железа в  $m = 11$  раз меньше, чем нихрома?

**373.** Длина железной проволоки в  $n = 3$  раза меньше длины медной проволоки, площадь поперечного сечения которой  $S_1 = 0,6$  мм<sup>2</sup>. Определите площадь поперечного сечения железной проволоки, при которой ее сопротивление будет равно сопротивлению медной проволоки.

**374.\*** Алюминиевый провод сопротивлением  $R = 480$  Ом имеет длину  $l = 60$  м. Определите диаметр провода.

**375.** Моток медной проволоки имеет массу  $m = 2,4$  кг и сопротивление  $R = 4,8$  Ом. Определите площадь поперечного сечения проволоки.

**376.** Определите сопротивление железной проволоки длиной  $l = 4,0$  м и массой  $m = 32$  г.

**377.** Реостат изготовлен из никелиновой проволоки длиной  $l = 50$  м и площадью поперечного сечения  $S = 1,0$  мм<sup>2</sup>. Определите напряжение на реостате, если по проволоке реостата проходит ток силой  $I = 2,5$  А.

**378.** Определите силу тока, проходящего через алюминиевый проводник длиной  $l = 1,5$  м и площадью поперечного сечения  $S = 0,20$  мм<sup>2</sup>, если напряжение на нем  $U = 0,30$  В.

**379.** Зависимость силы тока, проходящего по нихромовому проводнику, от напряжения на нем представлена на рисунке 57. Пло-

щадь поперечного сечения проводника  $S = 0,10 \text{ мм}^2$ . Определите длину проводника.

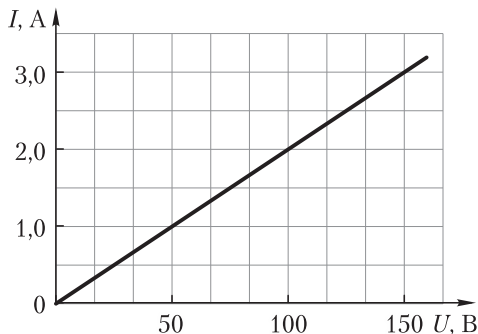


Рис. 57

**380.** Определите массу алюминиевого провода длиной  $l = 400 \text{ м}$ , применяемого в двухпроводной линии электропередач, если при прохождении электрического тока силой  $I = 10,0 \text{ А}$  напряжение на линии  $U = 40,0 \text{ В}$ .

## 15

### Последовательное соединение проводников. Реостат

#### *Вопросы для самоконтроля*

- *Отличается ли сила электрического тока в отдельных проводниках и на всем участке цепи при последовательном соединении проводников?*
- *Как связано напряжение на всем участке последовательно соединенных проводников с напряжениями на отдельных проводниках?*
- *Как определить электрическое сопротивление участка последовательно соединенных проводников?*

- Чему равно электрическое сопротивление участка цепи, состоящего из  $N$  одинаковых последовательно соединенных проводников?
- Как устроен реостат? Для чего он используется?

### Пример решения задачи

Определите напряжение на участке  $AB$  электрической цепи, если сопротивления проводников  $R_1 = 4,0$  Ом и  $R_2 = 10$  Ом, а вольтметр показывает напряжение  $U_1 = 28$  В (рис. 58).

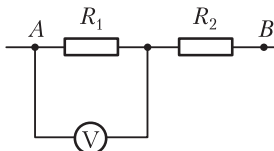


Рис. 58

Дано:

$$R_1 = 4,0 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$U_1 = 28 \text{ В}$$

$$U = ?$$

Решение.

Определим силу тока на участке  $AB$ . Она равна силе тока на первом резисторе:

$$I = I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{28 \text{ В}}{4,0 \text{ Ом}} = 7,0 \text{ А.}$$

Определить напряжение на участке  $AB$  можно двумя способами.

1 способ.  $U = I(R_1 + R_2) = 7,0 \text{ А} \cdot (4,0 \text{ Ом} + 10 \text{ Ом}) = 98 \text{ В.}$

2 способ.  $U = U_1 + U_2 = U_1 + IR_2 = 28 \text{ В} + 7,0 \text{ А} \cdot 10 \text{ Ом} = 98 \text{ В.}$

Ответ:  $U = 98 \text{ В.}$

**381.** На уроке физики Маша собрала электрическую цепь, изображенную на рисунке 59. Начертите в тетради схему этой электрической цепи.

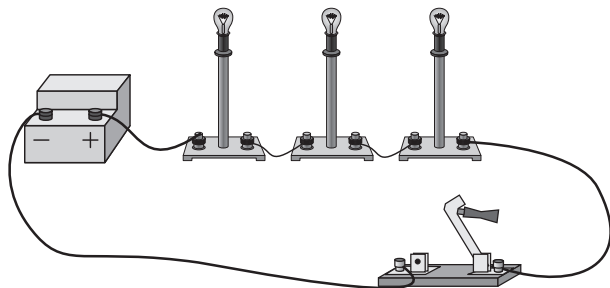


Рис. 59

**382.** На участке электрической цепи последовательно соединены лампочка, сопротивление нити накала которой  $R_1 = 3,50$  Ом,

и резистор сопротивлением  $R_2 = 10,0$  Ом. Определите общее сопротивление участка цепи.

**383.** Четыре резистора, сопротивления которых  $R_1 = 3,0$  Ом,  $R_2 = 4,0$  Ом,  $R_3 = 5,0$  Ом и  $R_4 = 6,0$  Ом, соединены так, как показано на рисунке 60. Какие резисторы соединены последовательно? Определите сопротивление участка цепи с последовательно соединенными резисторами.

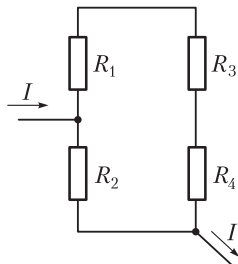


Рис. 60

**384.** Используя приборы, представленные на рисунке 61, Олег собрал электрическую цепь так, чтобы можно было регулировать и измерять силу тока, проходящего через лампу. Нарисуйте электрическую схему этой цепи. Дополните схему двумя вольтметрами для измерения напряжения на лампе и на реостате. Отметьте на схеме возможные места включения амперметра для измерения силы тока, проходящего через реостат. Определите цену деления вольтметров и амперметра.

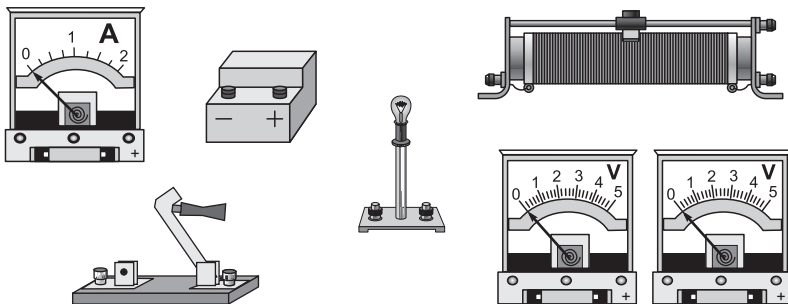


Рис. 61

**385.** Участок электрической цепи состоит из последовательно соединенных лампочки и реостата (рис. 62). Как будет изменяться сила тока в лампочке, если ползунок реостата перемещать вправо? Влево? Как при этом будет изменяться напряжение на лампочке?

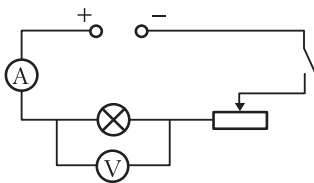


Рис. 62



**386.** Ползунок реостата, включенного в электрическую цепь (рис. 63), установлен посередине. По показаниям приборов определите сопротивление проволоки реостата.

**387.** Обмотка реостата содержит  $N = 200$  витков провода. Если реостат полностью включен в сеть, то напряжение на нем  $U = 10$  В. Каким будет напряжение на части реостата, содержащей  $N_1 = 80$  витков?

**388.** В электрическую цепь включены два резистора  $R_1 = 18$  Ом и  $R_2$  так, как показано на рисунке 64. Определите силу тока, проходящего через резистор  $R_2$ .

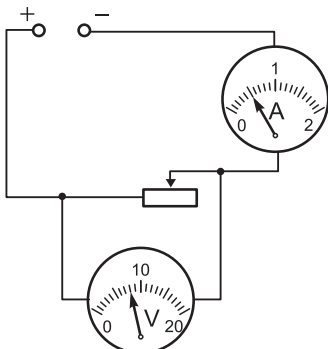


Рис. 63

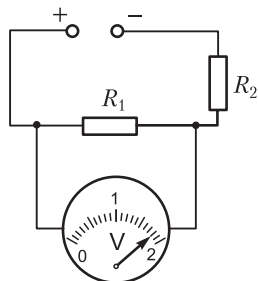


Рис. 64

**389.** Участок электрической цепи состоит из двух последовательно соединенных резисторов сопротивлениями  $R_1 = 30,0$  Ом и  $R_2 = 60,0$  Ом. Сила тока во втором резисторе  $I_2 = 1,20$  А. Определите напряжение на всем участке цепи.

**390.** На участке электрической цепи последовательно соединены два резистора (рис. 65), сопротивления которых  $R_1 = 40$  Ом и  $R_2 = 10$  Ом. На каком резисторе напряжение больше и во сколько раз?

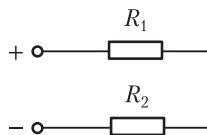


Рис. 65

**391.** Участок электрической цепи, по которому проходит ток силой  $I = 4,00$  мА, состоит из двух последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых  $R_1 = 2,50$  кОм и  $R_2 = 1,20$  кОм. Определите напряжение на всем участке цепи и на отдельных резисторах.

**392.** На участке электрической цепи последовательно соединены электрическая лампочка и резистор. Сопротивление нити накала лампочки  $R_1 = 12$  Ом, а сопротивление резистора  $R_2 = 72$  Ом. Определите напряжение на резисторе, если напряжение на лампочке  $U_1 = 2,5$  В.

**393.** Напряжение на участке электрической цепи  $U = 10$  В. Предложите способ измерения напряжения на этом участке, если у вас имеются два вольтметра с верхними пределами измерений  $U_{\max} = 6$  В.

**394.** Участок электрической цепи состоит из последовательно соединенных резистора, сопротивление которого  $R_1 = 40$  Ом, и реостата (рис. 66). Сопротивление полностью введенного реостата  $R_2 = 15$  Ом. В каких пределах можно изменять сопротивление участка цепи?

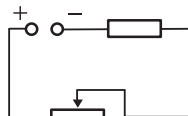


Рис. 66

**395.\*** Как изменятся показания амперметра и обоих вольтметров (рис. 67), если ползунок реостата перемещать из крайнего правого положения в крайнее левое?

**396.** Участок электрической цепи состоит из медной и железной проволок, соединенных последовательно. Во сколько раз отличаются силы токов в проволоках и напряжения на них, если длины и площади поперечного сечения проволок одинаковы?

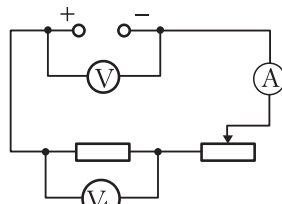


Рис. 67

**397.** Каждая лампочка в елочной гирлянде рассчитана на напряжение  $U_1 = 3,0$  В. Определите количество лампочек в гирлянде, если она включена в сеть напряжением  $U = 220$  В. В сторону большего или меньшего значения следует округлить результат? Почему?

**398.** Перегорит ли лампочка от карманного фонаря, рассчитанная на напряжение  $U_1 = 4,0$  В и силу тока  $I = 0,30$  А, если ее соединить последовательно с резистором сопротивлением  $R_2 = 800$  Ом и включить в сеть напряжением  $U_2 = 220$  В? Почему?

**399.** Определите сопротивления и силу тока в каждой из лампочек, включенных в электрическую цепь (рис. 68), если общее сопротивление цепи  $R = 20$  Ом.

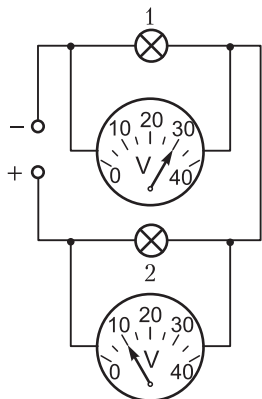


Рис. 68

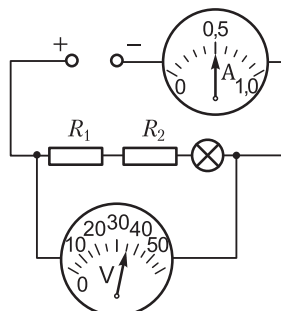


Рис. 69

**400.** На участке электрической цепи последовательно соединены два резистора сопротивлениями  $R_1 = 12$  Ом,  $R_2 = 48$  Ом и лампочка (рис. 69). Исходя из показаний приборов, определите напряжение на каждом резисторе и лампочке и сопротивление лампочки.

**401.** Участок электрической цепи состоит из двух последовательно соединенных проводников (рис. 70), сопротивления которых  $R_1 = 12$  Ом,  $R_2 = 4,0$  Ом, амперметра и двух вольтметров. Первый вольтметр показывает напряжение  $U_1 = 18$  В. Определите показания амперметра и второго вольтметра.

**402.** Участок электрической цепи состоит из трех последовательно соединенных проводников, сопротивления которых  $R_1 = 4,0$  Ом,  $R_2 = 6,0$  Ом и  $R_3 = 10$  Ом (рис. 71). Определите показание амперметра и напряжение между точками  $A$  и  $B$ , если показание вольтметра  $U_2 = 1,8$  В.

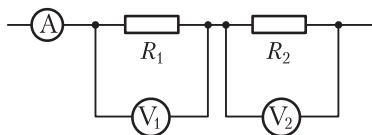


Рис. 70

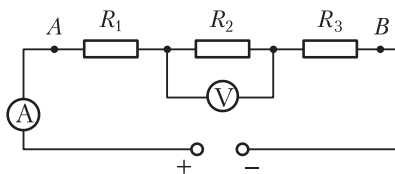


Рис. 71

**403.** Электрический нагреватель рассчитан на напряжение  $U_1 = 110$  В и силу тока  $I = 2,0$  А. Определите сопротивление резистора, который следует использовать, чтобы нагреватель включить в сеть напряжением  $U = 220$  В.

**404.** При подключении к источнику постоянного напряжения первого резистора (рис. 72) амперметр показывает силу тока  $I_1 = 3,0$  А. Если вместо первого подключить второй резистор, амперметр покажет силу тока  $I_2 = 1,0$  А. Какими будут показания амперметра, если в цепь подключить последовательно оба резистора?

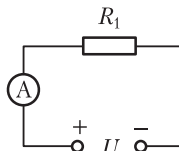


Рис. 72

**405.\*** Участок электрической цепи состоит из трех последовательно соединенных проводников одинаковой длины. Зависимость напряжения на данном участке от длины проводников представлена на рисунке 73. Одинаково ли сопротивление всех трех проводников? Какой проводник имеет наибольшее, а какой наименьшее сопротивление? В каком соотношении сопротивления проводников?

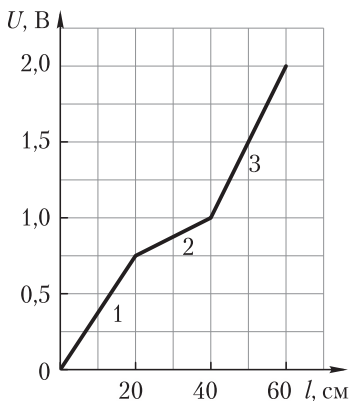


Рис. 73

**406. (э)** Подсчитайте число лампочек в елочной гирлянде. Запишите паспортные данные (номинальные напряжение и силу тока). Рассчитайте фактическое напряжение на каждой лампочке при включении гирлянды в сеть напряжением  $U = 220$  В и сравните его с номинальным.

**407. (э)** Соберите электрическую цепь, состоящую из источника тока, ключа, двух последовательно соединенных резисторов с известными сопротивлениями и амперметра. Рассчитайте напряжение на каждом резисторе и на клеммах источника тока. Сделайте вывод. Используя вольтметр, проверьте правильность ответа. Как изменится напряжение на первом резисторе, если клеммы на втором резисторе замкнуть проводом? Ответ подтвердите опытом.

408. (э) Соберите электрическую цепь с двумя последовательно соединенными одинаковыми лампочками (рис. 74). Ответьте на вопросы: каким будет накал лампочек при замыкании только ключа  $K_1$ ? ключей  $K_1$  и  $K_2$ ? ключей  $K_1$  и  $K_3$ ? Почему? Правильность своих ответов проверьте на опыте.

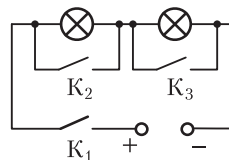


Рис. 74

409. (э) Соберите электрическую цепь, состоящую из лабораторного источника питания напряжением  $U = 4,0$  В, лампочки для фонарика, на цоколе которой написано «3,5 В; 2,6 А», реостата и ключа. Будет ли лампочка гореть нормальным накалом при замыкании цепи? Почему? Рассчитайте сопротивление рабочей части реостата, которую следует включить последовательно с лампочкой, чтобы она горела нормальным накалом. Проверьте ответ на опыте, используя амперметр и вольтметр.

## 16

---

### Параллельное соединение проводников

#### *Вопросы для самоконтроля*

- Как связаны сила электрического тока в неразветвленной части электрической цепи с параллельным соединением проводников и силы электрического тока в отдельных проводниках этой цепи?
- Что можно сказать о напряжении на всем участке параллельно соединенных проводников и отдельных проводниках?
- Как связано общее сопротивление участка электрической цепи параллельно соединенных проводников с сопротивлениями отдельных проводников?
- Чему равно электрическое сопротивление участка цепи, состоящего из  $N$  одинаковых параллельно соединенных проводников?

## Пример решения задачи

На рисунке 75 изображен участок цепи, содержащий три резистора. Через резистор  $R_1$  проходит электрический ток силой  $I_1 = 1,8$  А, а напряжение на резисторе  $R_2$  составляет  $U_2 = 2,4$  В. Определите сопротивление резистора  $R_3$ , если известно, что оно в 2 раза превышает сопротивление резистора  $R_2$ .

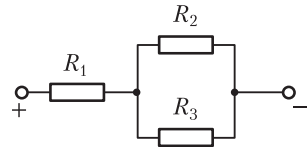


Рис. 75

*Дано:*

$$I_1 = 1,8 \text{ А}$$

$$U_2 = 2,4 \text{ В}$$

$$R_3 = 2R_2$$

$$R_3 - ?$$

*Решение.*

Сила тока, проходящего через резистор  $R_1$ , равна сумме сил токов, проходящих через резисторы  $R_2$  и  $R_3$  (рис. 76):  $I_1 = I_2 + I_3$ .

Согласно закону Ома,  $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$ ,  $I_3 = \frac{U_3}{R_3}$ .

При параллельном соединении проводников напряжения на резисторах  $R_2$  и  $R_3$  одинаковы:  $U_2 = U_3$ . Из условия задачи следует, что

$$R_2 = \frac{R_3}{2}.$$

Тогда

$$I_1 = \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} = \frac{U_2}{\frac{R_3}{2}} + \frac{U_2}{R_3} = \frac{2U_2}{R_3} + \frac{U_2}{R_3} = \frac{3U_2}{R_3},$$

и отсюда

$$R_3 = \frac{3U_2}{I_1}.$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$R_3 = \frac{3 \cdot 2,4 \text{ В}}{1,8 \text{ А}} = 4,0 \text{ Ом}.$$

*Ответ:*  $R_3 = 4,0$  Ом.

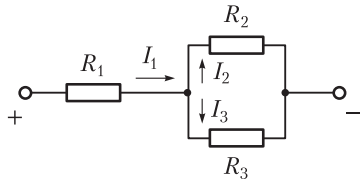


Рис. 76

**410.** При каком соединении двух одинаковых резисторов их общее сопротивление больше: при последовательном или параллельном? Во сколько раз?

**411.** Сколько электрических цепей с различными сопротивлениями можно получить, соединяя различными способами три одинаковых резистора? Нарисуйте схемы этих цепей.

**412.** Можно ли показания идеального амперметра (сопротивление прибора практически равно нулю) в схемах участков  $AB$  электрических цепей (рис. 77,  $a-v$ ) считать равными силе тока, проходящего в резисторе  $R_2$ ? Аргументируйте ответ.

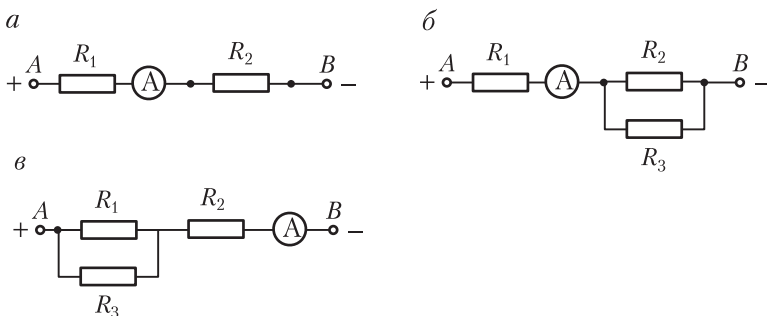


Рис. 77

**413.** В какой схеме участка  $AB$  электрической цепи (рис. 78,  $a-z$ ) идеальный вольтметр (имеющий сопротивление  $R_v \gg R_{\text{цепи}}$ ) для измерения напряжения на резисторе  $R_1$  включен правильно?

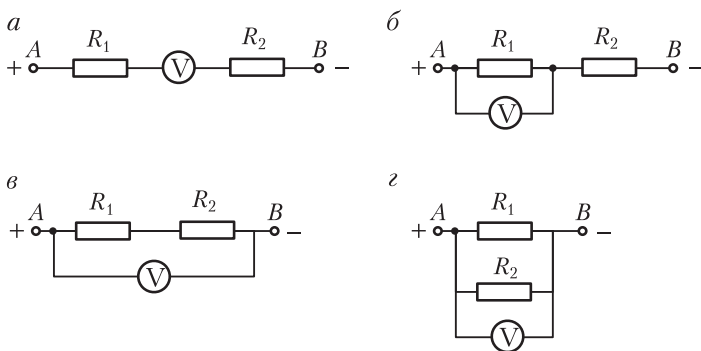


Рис. 78

**414.** На уроке физики Саша и Даша собрали электрическую цепь, изображенную на рисунке 79. Начертите в тетради схему этой электрической цепи. Дополните схему двумя амперметрами, включенными так, чтобы Саша и Даша могли измерять силу тока, проходящего через каждую лампочку.

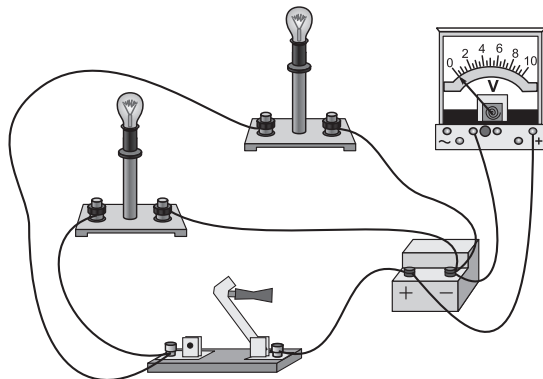


Рис. 79

**415.** Участок электрической цепи состоит из параллельно соединенных лампочки и реостата (рис. 80). Как будет изменяться напряжение на лампочке, если ползунок реостата перемещать влево?

**416.** В электрической цепи (рис. 81) напряжением  $U = 40$  В все резисторы имеют равные сопротивления  $R = 10$  Ом. Определите показания амперметра.

**417.** На участке электрической цепи параллельно соединены два резистора, сопротивления которых  $R_1 = 8,0$  Ом и  $R_2 = 2,0$  Ом (рис. 82). Через какой резистор проходит больший ток? Во сколько ко раз?

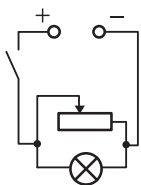


Рис. 80

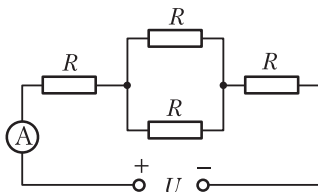


Рис. 81

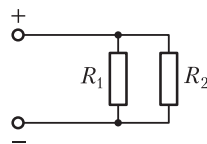


Рис. 82



**418.** Как изменятся показания идеального амперметра (рис. 83), если параллельно ему включить точно такой же амперметр? Ответ обоснуйте.

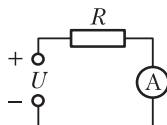


Рис. 83

**419.\*** Из однородной проводящей проволоки сопротивлением  $R = 8,0$  Ом изготовили два одинаковых кольца. Кольца имеют перемычки сопротивлением  $R_1 = R_2 = 1,0$  Ом. Кольца с перемычками включены в электрическую цепь (рис. 84). Определите общее сопротивление участка  $AB$ .

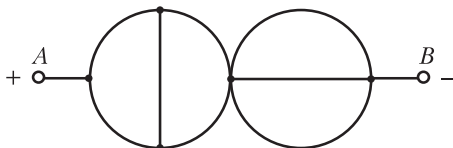


Рис. 84

**420.** Как следует соединить на участке электрической цепи резисторы, сопротивления которых  $R_1 = 12$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом и  $R_3 = 30$  Ом, чтобы получить максимальное сопротивление этого участка? Минимальное сопротивление? Нарисуйте схемы в тетради и определите эти сопротивления.

**421.** Медный и железный проводники, размеры которых одинаковы, соединены последовательно и подключены к источнику тока. Лампочка, подключенная к концам железного проводника, горит, а лампочка, подключенная к концам медного, — нет. Почему?

**422.** Определите показания вольтметра в схемах, приведенных на рисунке 85, а, б.

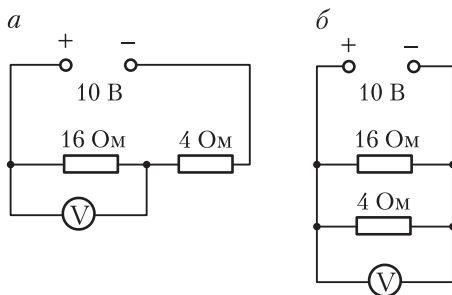


Рис. 85

423. В электрической цепи, приведенной на рисунке 86, амперметр А показывает силу тока  $I = 1,5$  А. Сопротивления резисторов  $R_1 = 8,0$  Ом и  $R_2 = 4,0$  Ом. Каковы будут показания амперметра  $A_2$ ?

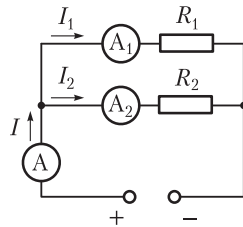


Рис. 86

424. Участок электрической цепи состоит из двух параллельно соединенных резисторов сопротивлениями  $R_1 = 20$  Ом и  $R_2 = 40$  Ом. Напряжение на первом резисторе  $U_1 = 24$  В. Определите силу тока на участке цепи и в отдельных резисторах.

425. Сопротивление куска провода, используемого для подводки электрического тока к телефону,  $R = 0,051$  Ом. Провод состоит из многих тонких медных проволок длиной  $l = 3,0$  м и площадью поперечного сечения  $S = 0,050$  мм<sup>2</sup> каждая. Определите количество медных проволок в проводе.

426. Сопротивление лампочки  $R = 400$  Ом. Найдите сопротивление гирлянды из  $N = 25$  таких лампочек, соединенных параллельно.

427. В каком случае сила тока в неразветвленной части электрической цепи (рис. 87) уменьшится в 2 раза: а) при отсоединении цепочки резисторов сопротивлениями  $R_1 = 2,0$  Ом и  $R_2 = 6,0$  Ом на участке АВ цепи;

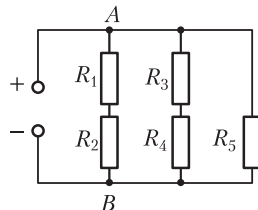


Рис. 87

б) при замене резисторов сопротивлениями  $R_1 = 2,0$  Ом и  $R_2 = 6,0$  Ом на резистор сопротивлением  $R = 2,0$  Ом? Сопротивления  $R_3 = 6,0$  Ом и  $R_4 = 10$  Ом,  $R_5 = 16$  Ом.

428. Определите сопротивление участка АВ электрической цепи, изображенного на рисунке 88, если сопротивления резисторов  $R_1 = 8,0$  Ом,  $R_2 = 24$  Ом,  $R_3 = 6,0$  Ом,  $R_4 = 6,0$  Ом.

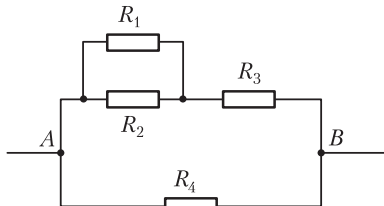


Рис. 88

**429.** Из однородной проволоки сопротивлением  $R = 8,0$  Ом изготовлено кольцо. Во сколько раз отличаются электрические сопротивления участков  $AB$ , на которых кольцо включено так, как показано на рисунке 89, *а*, *б*?

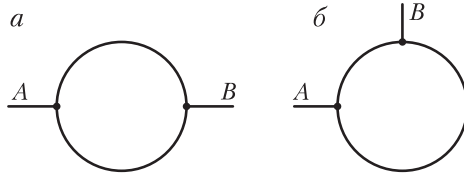


Рис. 89

**430.** Определите силу тока, проходящего через резистор  $R_3$  (рис. 90), если сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = R_3 = 6,0$  Ом, а напряжение на клеммах источника тока  $U = 9,0$  В.

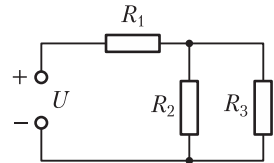


Рис. 90

**431.** Нарисуйте схему соединения резисторов, сопротивления которых  $R_1 = 3,0$  Ом,  $R_2 = 5,0$  Ом и  $R_3 = 8,0$  Ом, при котором общее сопротивление участка цепи  $R = 4,0$  Ом.

**432.** Определите показания идеального вольтметра в электрической цепи (рис. 91), в которой  $R_1 = 12$  Ом,  $R_2 = 9,0$  Ом,  $R_3 = R_4 = 6,0$  Ом. Напряжение на клеммах источника тока  $U = 24$  В.

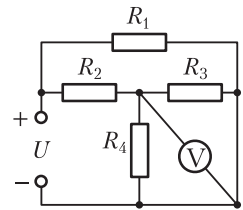


Рис. 91

**433.\*** Определите силу тока, проходящего через резистор  $R_6$  (рис. 92), и общее сопротивление цепи, если сопротивления всех резисто-

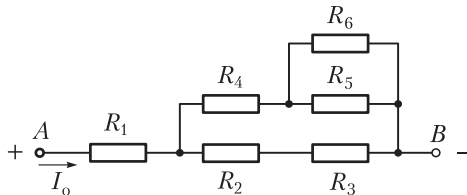


Рис. 92

ров одинаковы и равны  $R = 7,0$  Ом. Сила тока в общей части цепи  $I_0 = 3,5$  А.

**434.** Определите общее сопротивление участка  $AB$  (рис. 93,  $a$ – $в$ ). Сопротивления резисторов одинаковы и равны  $R = 3,0$  Ом.

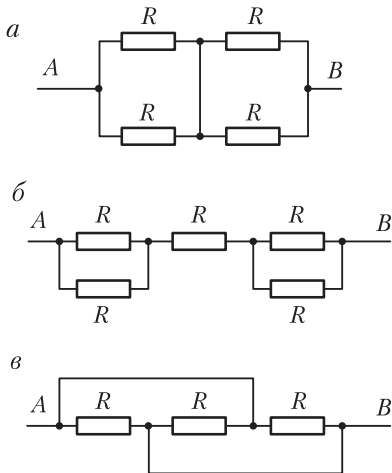


Рис. 93

**435.** Участок электрической цепи  $AB$  состоит из четырех одинаковых резисторов (рис. 94), сопротивления которых  $R = 8,0$  Ом. Определите общее сопротивление этого участка цепи.

**436.** На участке  $AB$  электрической цепи резисторы, сопротивления которых  $R_1 = 2,0$  Ом,  $R_2 = R_3 = R_4 = 9,0$  Ом,  $R_5 = 1,0$  Ом и  $R_6 = 6,0$  Ом, соединены так, как показано на рисунке 95. Определите общее сопротивление этого участка цепи.

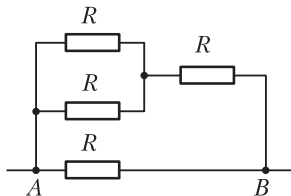


Рис. 94

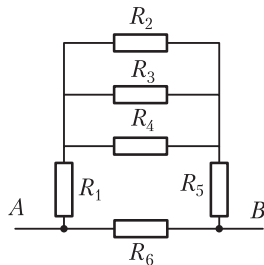


Рис. 95

**437.** На участке  $AB$  электрической цепи резисторы, сопротивления которых  $R_1 = 4,0$  Ом,  $R_2 = 5,0$  Ом,  $R_3 = 10$  Ом,  $R_4 = 10$  Ом, соединены так, как показано на рисунке 96. Определите общее сопротивление этого участка цепи.

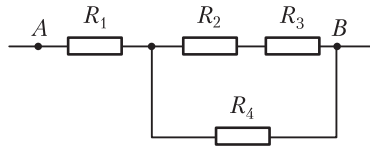


Рис. 96

**438.** Железная и медная проволоки одинаковой длины и одинаковой площади поперечного сечения включены в цепь параллельно. В какой из проволок сила тока больше? Во сколько раз?

**439.** В сеть напряжением  $U = 220$  В включена люстра, состоящая из  $N = 5$  лампочек сопротивлением  $R_1 = 900$  Ом каждая. Как включены эти лампочки — параллельно или последовательно? Определите силу тока в сети при включении этих лампочек параллельно. Нарисуйте схему включения люстры в сеть, учитывая, что в схеме должен быть выключатель.

**440.** Имеются  $N_1 = 10$  одинаковых резисторов, сопротивления которых  $R_1 = 2$  Ом, и  $N_2 = 20$  одинаковых резисторов, сопротивления которых  $R_2 = 4$  Ом. Как следует составить электрическую цепь, чтобы ее общее сопротивление было минимальным? Определите это сопротивление.

**441.** На рисунке 97 представлен участок  $AB$  электрической цепи. Сопротивление второго резистора  $R_2 = 6,0$  Ом. Силы токов, проходящих через первый и второй резисторы,  $I_1 = 1,5$  А и  $I_2 = 3,0$  А. Напряжение на третьем резисторе  $U_3 = 9,0$  В. Определите общее сопротивление участка  $AB$  электрической цепи.

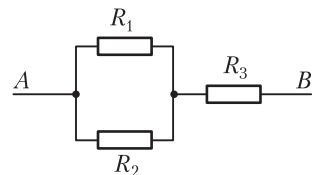


Рис. 97

**442.** Сила тока на участке  $AB$  электрической цепи, представленном на рисунке 98,  $I = 5,0$  А. Сила тока, проходящего через третий резистор,  $I_3 = 1,5$  А, сопротивления последовательно соединенных

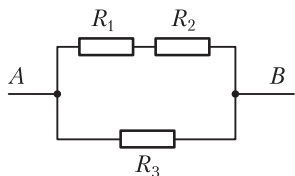


Рис. 98

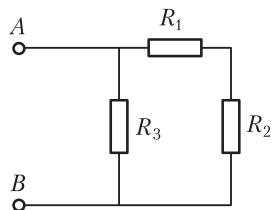


Рис. 99

резисторов  $R_1 = 2,0$  Ом и  $R_2 = 4,0$  Ом. Определите общее сопротивление участка  $AB$  цепи.

**443.** Три резистора сопротивлениями  $R_1 = 60$  Ом,  $R_2 = 40$  Ом,  $R_3 = 50$  Ом соединены на участке  $AB$  электрической цепи так, как показано на рисунке 99. Напряжение на третьем резисторе  $U = 20$  В. Определите силы токов, проходящих через резисторы. Чему равна сила тока в неразветвленной части электрической цепи?

**444.** Сопротивление участка  $AB$  электрической цепи, состоящего из четырех резисторов (рис. 100),  $R = 10$  Ом. Определите сопротивление четвертого резистора, если сопротивления первого, второго и третьего резисторов  $R_1 = 4,0$  Ом,  $R_2 = 12$  Ом,  $R_3 = 6,0$  Ом.

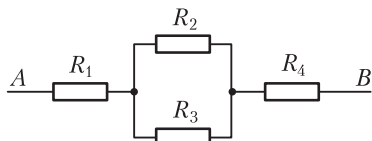


Рис. 100

**445.** Четыре резистора сопротивлениями  $R_1 = 4,0$  Ом,  $R_2 = R_3 = R_4 = 9,0$  Ом соединены на участке электрической цепи так, как показано на рисунке 101. Определите общее сопротивление участка цепи, напряжение на всем участке и на каждом резисторе, если через первый резистор проходит электрический ток силой  $I_1 = 3,0$  А.

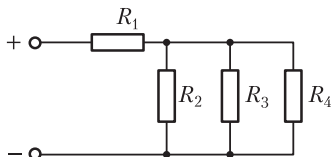


Рис. 101

**446.** На участке  $AB$  электрической цепи четыре резистора, сопротивления которых  $R_1 = 6,0$  Ом,  $R_2 = 40$  Ом,

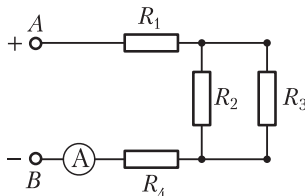


Рис. 102

$R_3 = 60 \text{ Ом}$  и  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ , соединены так, как показано на рисунке 102. Определите напряжение на участке цепи  $AB$ , если амперметр показывает силу тока  $I = 3,0 \text{ А}$ .

**447.** По неразветвленному участку электрической цепи (рис. 103) проходит электрический ток силой  $I = 1,5 \text{ А}$ . Определите напряжение на концах участка и на каждом из резисторов, если их сопротивления  $R_1 = 5,9 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4,0 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3,0 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 2,0 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 1,0 \text{ Ом}$ .

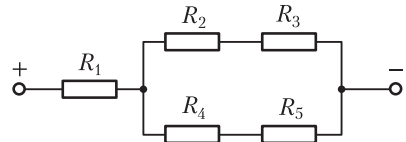


Рис. 103

**448.** Электрическая цепь состоит из пяти резисторов (рис. 104), сопротивления которых  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 60 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 7,5 \text{ Ом}$ . Определите силу тока в пятом резисторе, если вольтметр, подключенный к клеммам источника тока, показывает напряжение  $U = 45 \text{ В}$ .

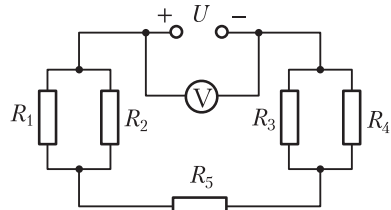


Рис. 104

**449.\*** На рисунке 105 изображена схема соединения шести резисторов сопротивлениями  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 12 \text{ Ом}$ . Определите силу тока в каждом резисторе, если на участке  $AB$  напряжение  $U = 19,8 \text{ В}$ .

**450.\*** На неразветвленном участке электрической цепи (рис. 106) амперметр показывает силу тока  $I = 2,0 \text{ А}$ . Определите напряжение на всем участке цепи, если сопротивления резисторов  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,

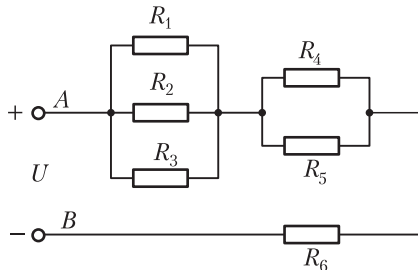


Рис. 105

$R_2 = 3,0 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 2,0 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 6,0 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 4,0 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = 7,0 \text{ Ом}$ ,  $R_7 = 5,0 \text{ Ом}$ ,  $R_8 = 8,0 \text{ Ом}$ .

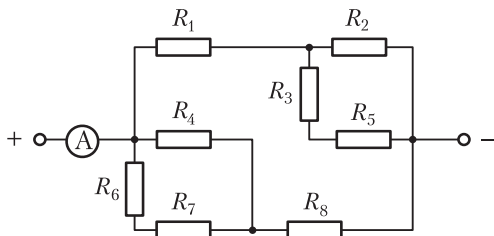


Рис. 106

**451.** При выполнении экспериментального задания Денис сначала вычислил по показаниям амперметра и вольтметра общее сопротивление двух параллельно включенных резисторов, а затем — общее сопротивление этих же резисторов, включенных последовательно. Определите сопротивление каждого резистора, если в случае их параллельного соединения общее сопротивление  $R_{\text{пар}} = 24 \text{ Ом}$ , а в случае последовательного —  $R_{\text{пос}} = 100 \text{ Ом}$ .

**452.** Для освещения длинных коридоров в некоторых случаях используют электрические цепи, в которых имеется два выключателя. Выключатели устанавливаются так, чтобы при входе в коридор можно было включить лампу, а при выходе — погасить ее. Предложите вариант электрической схемы, удовлетворяющей такому условию.

**453.** На рисунке 107 изображены три электрические лампочки. Как следует подключить все три лампочки к источнику напряжения  $U = 24 \text{ В}$ , чтобы они горели полным накалом? Нарисуйте электрическую схему этого соединения. *Примечание.* Электрическая

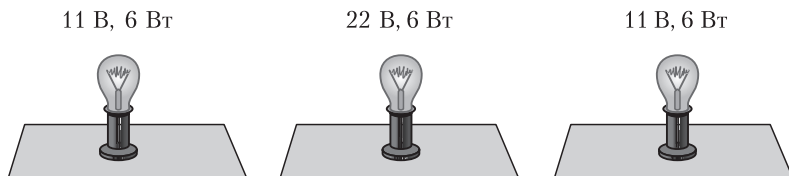


Рис. 107



лампочка горит с полным накалом, когда подводимое к ней напряжение соответствует номинальному значению, указанному на баллоне лампочки (на рисунке номинальные значения лампочек представлены сверху).

454.\* Три лампочки соединены последовательно (рис. 108). Предложите вариант электрической схемы, который позволил бы, не меняя расположения лампочек, с помощью дополнительных соединительных проводов соединить их параллельно.

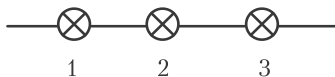


Рис. 108

455. (э) Соберите электрическую цепь, состоящую из источника тока, двух параллельно соединенных лампочек и ключа. Замкните цепь и убедитесь в наличии тока в цепи. Затем выверните одну из лампочек. Будет ли гореть вторая лампочка? Почему?

456. (э) Соберите электрическую цепь, состоящую из источника тока, двух одинаковых лампочек и ключа, так, чтобы: а) сопротивление цепи было наибольшим; б) сопротивление цепи было наименьшим. В каком случае сопротивление цепи больше? Во сколько раз? Пользуясь вольтметром и амперметром, проверьте ответ.

## 17

### Работа и мощность тока. Закон Джоуля — Ленца

#### Вопросы для самоконтроля

- Как определить работу и мощность электрического тока?
- Какие превращения энергии происходят в проводнике при прохождении по нему электрического тока?
- Что определяет закон Джоуля — Ленца?

### Пример решения задачи

Электрочайник потребляет электрический ток силой  $I = 4,00$  А при напряжении  $U = 220$  В. Какой объем воды при температуре  $t_1 = 28,0$  °С можно нагреть в электрочайнике до кипения за время  $\tau = 10,0$  мин? Потерями энергии пренебречь.

*Дано:*

$$I = 4,00 \text{ А}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$t_1 = 28,0 \text{ °С}$$

$$t_2 = 100 \text{ °С}$$

$$c = 4,20 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

$$\tau = 10,0 \text{ мин} = 600 \text{ с}$$

$$V = ?$$

*Решение.*

Согласно закону Джоуля — Ленца, количество теплоты, выделившееся в процессе работы электрочайника:  $Q_1 = IU\tau$ . Так как потерями энергии можно пренебречь, то будем считать, что все выделившееся количество теплоты идет на нагревание воды:  $Q_1 = Q_2$ , где

$$Q_2 = cm(t_2 - t_1) = c\rho V(t_2 - t_1).$$

$$\text{Тогда } IU\tau = c\rho V(t_2 - t_1),$$

$$\text{откуда } V = \frac{IU\tau}{c\rho(t_2 - t_1)}.$$

Подставим числовые значения:

$$V = \frac{4,00 \text{ А} \cdot 220 \text{ В} \cdot 600 \text{ с}}{4,20 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 72,0 \text{ °С}} = 0,00176 \text{ м}^3 = 1,76 \text{ л}.$$

*Ответ:*  $V = 1,76$  л.

**457.** Выразите в джоулях значения работы электрического тока:  $A_1 = 40$  Вт · ч,  $A_2 = 120$  кВт · ч,  $A_3 = 2,5$  МВт · ч,  $A_4 = 5$  гВт · ч,  $A_5 = 1$  Вт · с.

**458.** Выразите в ваттах значения мощности:  $P_1 = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$ ,  $P_2 = 1$  л. с.,

$P_3 = 40$  гВт,  $P_4 = 80$  кВт,  $P_5 = 2$  МВт.

**459.** Определите работу электрического тока на участке электрической цепи за время  $t = 10$  мин, если амперметр показывает силу тока  $I = 1,6$  А, а вольтметр — напряжение на участке  $U = 32$  В.

**460.** На цоколе электрической лампочки карманного фонарика написано: «1 В, 0,68 А». Определите по этим данным мощность электрического тока, проходящего по спирали лампочки во время ее работы.

**461.** Сопротивление нагревательного элемента электрической плитки, включенной в сеть напряжением  $U = 220$  В,  $R = 72$  Ом. Какое количество электрической энергии потребит плитка в течение времени  $t = 15$  мин?

**462.** Как на практике можно определить работу и мощность электрического тока в цепи? Какие для этого нужны приборы? Подумайте, как рассчитать работу электрического тока при его прохождении по цепи (рис. 109) в течение времени  $t = 10$  с. Какова работа тока в лампочке за это время? В резисторе? Сравните работу электрического тока во всей цепи с суммой работ тока за то же время на отдельных ее участках. Сделайте вывод.

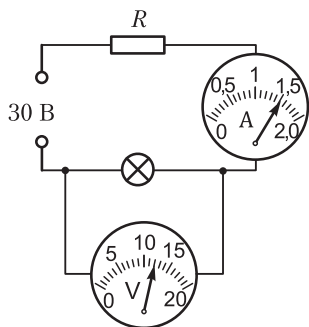


Рис. 109

**463.** Электродвигатель в течение времени  $t = 20$  мин был включен в электрическую цепь (рис. 110). Определите работу, выполненную электродвигателем за это время, если его коэффициент полезного действия (КПД)  $\eta = 86\%$ .

**464.** На участке электрической цепи последовательно соединены три проволоки одинаковых размеров: железная, алюминиевая и медная. Какая из них нагреется сильнее при прохождении электрического тока? Почему?

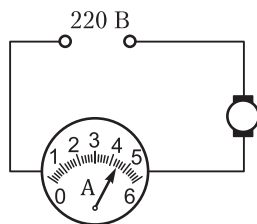


Рис. 110

**465.** На участке электрической цепи параллельно соединены две проволоки одинаковых размеров: алюминиевая и медная. Какая из них нагреется сильнее при прохождении электрического тока? Почему?

**466.\*** Пластмассовая трубка длиной  $l = 10$  см заполнена водой. К концам трубки (к воде) через специальное устройство подключено напряжение  $U = 84$  В. Через какое время вода в трубке нагреется на  $\Delta t = 20$  °С? Удельное сопротивление воды  $\rho = 1,0$  Ом · м. Потерями теплоты пренебречь.

**467.** На участке электрической цепи последовательно включены две лампочки  $L_1$  и  $L_2$  (рис. 111). Напряжение на первой лампочке  $U_1 = 10,0$  В, на второй —  $U_2 = 25,0$  В. Определите мощность, выделяемую на второй лампочке, если на первой выделяется мощность  $P_1 = 6,0$  Вт.

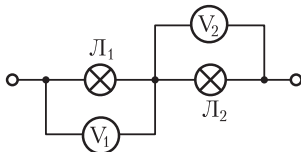


Рис. 111

**468.** Электрокипятильник с сопротивлением спирали  $R = 140$  Ом опустили в банку с водой и включили в сеть напряжением  $U = 220$  В. Объем воды  $V = 3,0$  л, температура  $t = 18$  °С. Через время  $\tau = 1,0$  ч кипятильник выключили. Определите массу воды в банке после выключения кипятильника. Потерями энергии пренебречь.

**469.** Два резистора сопротивлениями  $R_1 = 150$  Ом и  $R_2 = 300$  Ом соединены параллельно (рис. 112). Определите время, за которое на первом резисторе выделится количество теплоты, равное количеству теплоты, выделившемуся на втором резисторе за время  $\tau_2 = 0,50$  ч.

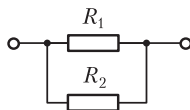


Рис. 112

**470.** Напряжение на клеммах источника тока электрической цепи, изображенной на рисунке 113,  $U = 20$  В. Определите мощность тока, если сопротивления резисторов  $R_1 = 4,0$  Ом,  $R_2 = 6,0$  Ом,  $R_3 = 1,6$  Ом. Сопротивлением источника тока пренебречь.

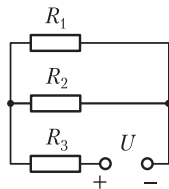


Рис. 113

**471.** Две лампочки мощностью по  $P_1 = 7,5$  Вт каждая, рассчитанные на напряжение  $U_1 = 11$  В, включены последовательно в сеть напряжением  $U = 22$  В. Определите силу тока в цепи и напряжение на каждой из ламп.

**472.** Через спираль лампочки от карманного фонаря проходит электрический ток примерно такой же силы, что и через спираль электрического нагревателя, включенного в электрическую сеть.

Объясните, почему эти спирали за одно и то же время выделяют разные количества теплоты.

**473.** Две лампочки рассчитаны на напряжение  $U = 22$  В каждая. Мощность одной лампочки  $P_1 = 7,5$  Вт, а другой —  $P_2 = 15,0$  Вт. У какой лампочки сопротивление больше? Во сколько раз?

**474.** При выполнении экспериментального задания по определению работы, совершенной электрическим током, восьмиклассники собрали электрическую цепь. Используя показания электроизмерительных приборов (рис. 114, а, б), включенных в цепь, определите мощность электрического тока. Найдите работу тока, если цепь оставалась включенной в течение времени  $t = 15$  мин.

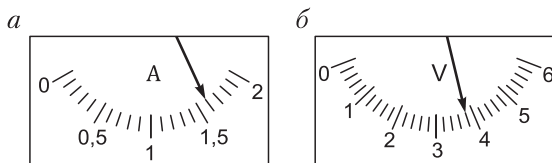


Рис. 114

**475.** Из нихромовой проволоки сечением  $S = 0,4$  мм<sup>2</sup> нужно изготовить спираль для нагревателя мощностью  $P = 600$  Вт, работающего при напряжении  $U = 220$  В. Определите длину проволоки, необходимую для изготовления спирали.

**476.** Участок электрической цепи состоит из двух последовательно соединенных резисторов (рис. 115), сопротивления которых  $R_1 = 3,0$  Ом и  $R_2 = 6,0$  Ом. Определите показания вольтметров, если амперметр показывает силу тока  $I = 1,6$  А. В каком из резисторов выделится большее количество теплоты за одно и то же время и во сколько раз?

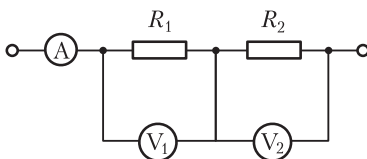


Рис. 115

**477.** Участок электрической цепи состоит из двух параллельно соединенных резисторов (рис. 116), сопротивления которых  $R_1 = 8,0$  Ом

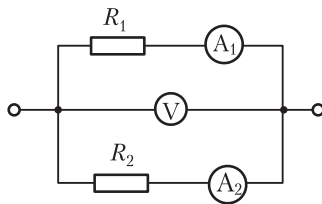


Рис. 116

и  $R_2 = 2,0$  Ом. Определите показания амперметров, если вольтметр показывает напряжение  $U = 4,0$  В. В каком из резисторов выделится большее количество теплоты за одно и то же время и во сколько раз?

**478.** В сеть напряжением  $U = 22,0$  В включают две лампочки, мощности которых  $P_1 = 48,0$  Вт и  $P_2 = 6,0$  Вт, рассчитанные на это напряжение. Какая из лампочек будет гореть ярче при их последовательном соединении? При параллельном соединении?

**479.** Два электронагревателя, рассчитанные на напряжение  $U = 220$  В и имеющие номинальные мощности  $P_1 = 80$  Вт и  $P_2 = 121$  Вт, включены последовательно в сеть с тем же напряжением. Определите мощность, потребляемую электронагревателем с большей номинальной мощностью.

**480.** Две никелиновые проволоки имеют одинаковую площадь поперечного сечения, но различную длину. Проволоки включены параллельно друг другу в цепь электрического тока. В какой из них будет выделяться большее количество теплоты? Почему?

**481.\*** Медную и алюминиевую проволоки одинаковой длины и площади поперечного сечения соединяют параллельно и подключают к источнику тока. Одна из проволок перегорает. Какая? А если проволоки соединить последовательно, то какая проволока перегорит в этом случае? Начальная температура проволок  $t_{0м} = t_{0ал} = 10$  °С. Потерями теплоты пренебречь.

**482.** Почему нить электрической лампочки с течением времени перегорает?

**483.** Электрические провода, с помощью которых на нить накала электрической лампы подается напряжение, не нагреваются. В то же время нить лампы накаляется и светит ярко. Почему?

**484.** Почему пустой электрический чайник нельзя включать в сеть?

**485.** Почему при последовательном соединении сильнее всего нагревается проводник, изготовленный из вещества с наибольшим удельным сопротивлением? Какой проводник будет сильнее всего нагреваться при параллельном соединении? Ответ обоснуйте.

**486.** Напряжение на клеммах источника тока электрической цепи, изображенной на рисунке 117,  $U = 5,0$  В. Определите мощность

электрического тока, проходящего по цепи, если сопротивления резисторов  $R_1 = 6,0$  Ом,  $R_2 = 14$  Ом,  $R_3 = 20$  Ом и  $R_4 = 10$  Ом.

**487.** Напряжение на клеммах источника тока электрической цепи, изображенной на рисунке 118,  $U = 100$  В. Определите мощность электрического тока, проходящего по резистору  $R_6$ , если сопротивления резисторов  $R_1 = 4,0$  Ом,  $R_2 = 6,0$  Ом,  $R_3 = 12$  Ом,  $R_4 = 14$  Ом,  $R_5 = 16$  Ом,  $R_6 = 8,0$  Ом.

**488.** Нагревательный элемент электрической плитки состоит из двух одинаковых параллельно включенных спиралей. При ремонте плитки одну из спиралей пришлось укоротить на 25 %. Как и во сколько раз изменилась мощность плитки после ремонта?

**489.** В сеть напряжением  $U = 220$  В включена электрическая плитка, сопротивление спирали которой  $R = 40$  Ом. Через какое время на этой плитке закипит в кастрюле вода, температура которой  $t = 20$  °С, а объем  $V = 2,0$  л? Коэффициент полезного действия плитки  $\eta = 60$  %. Теплоемкостью кастрюли пренебречь.

**490.** Спираль нагревателя изготовлена из сплава, удельное сопротивление которого  $\rho = 1,10 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ . Длина проволоки спирали  $l = 22,0$  м, площадь ее поперечного сечения  $S = 0,605 \text{ мм}^2$ . Определите напряжение, подаваемое на нагреватель, если его мощность  $P = 1,20$  кВт.

**491.\*** Электрический чайник имеет два нагревательных элемента. При включении одного из них вода в чайнике закипает через время  $\tau_1 = 10$  мин, а при включении другого — через  $\tau_2 = 15$  мин. Через какое время закипит вода в чайнике, если включить оба нагревательных элемента: а) последовательно; б) параллельно?

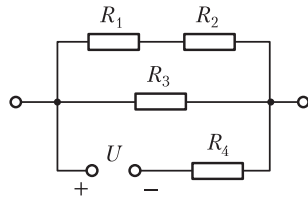


Рис. 117

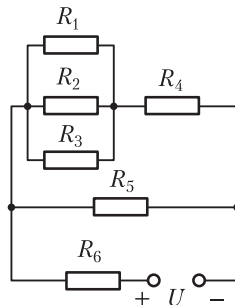


Рис. 118

**492.** Нагреватель со спиралью сопротивлением  $R = 240$  Ом поместили в сосуд с водой при температуре  $t = 20$  °С, масса которой  $m_1 = 0,50$  кг, и включили в сеть напряжением  $U = 220$  В. Какая масса воды выкипит за время  $\tau = 20$  мин, если КПД спирали  $\eta = 80$  %? Потерями энергии на нагревание сосуда и окружающей среды пренебречь.

**493.** Подъемный кран равномерно поднимает груз массой  $m = 0,40$  т со скоростью  $v = 18 \frac{\text{М}}{\text{мин}}$ . В электродвигателе, рассчитанном на напряжение  $U = 220$  В, сила тока  $I = 6,0$  А. Определите КПД электродвигателя.

**494.\*** Через резистор сопротивлением  $R = 5,0$  Ом проходит электрический ток. График зависимости количества теплоты, выделяемой в резисторе, от времени представлен на рисунке 119. Определите силу тока в резисторе.

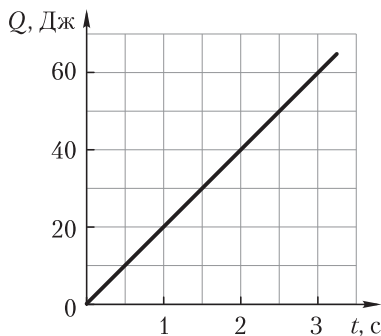


Рис. 119

**495.\*** В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке 120, сопротивления резисторов  $R_2 = 12$  Ом,  $R_3 = 18$  Ом,  $R_4 = 20$  Ом. Определите сопротивление резистора  $R_1$ , если мощность, потребляемая участком  $AB$  цепи, одинакова при разомкнутом и замкнутом ключе.

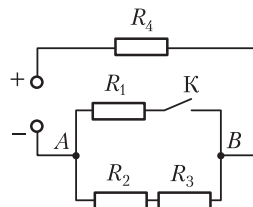


Рис. 120

**496.** Почему, стоя на земле или на сыром полу, опасно заниматься ремонтом электрооборудования, не приняв специальные меры предосторожности?



**497.** Почему любую работу в электрической цепи можно производить только при отключенном напряжении?

**498.** Почему воду в электрический чайник необходимо наливать до включения его в сеть?

**499.** Почему ремонтные работы электромонтерам рекомендуется проводить в резиновой обуви и в резиновых перчатках?

**500.** В плавком предохранителе основным элементом является тонкая свинцовая проволока, рассчитанная на ток определенной силы. Что произойдет, если сила тока в цепи станет больше предельного? Почему перегорает предохранитель, а не проводка?

**501.** Почему опасно заменять предохранитель кусочком медной проволоки («жучком»)?

**502.** (э) Запишите номинальные мощности электробытовых приборов, имеющихся у вас дома (утюг, холодильник, пылесос, телевизор и т. д.). Подсчитайте общую мощность всех электропотребителей. Определите месячное потребление энергии одним из электроприборов и ее стоимость. Предложите пути экономии электроэнергии в вашем доме.

**503.** (э) Используя паспортные данные батареи гальванических элементов, лампочки карманного фонарика, определите работу электрического тока за время  $t = 30$  мин (примерное время непрерывной работы фонарика).

**504.** (э) Используя паспортные данные электрического чайника и часы с секундной стрелкой, определите количество теплоты, выделяемое за время, необходимое для закипания воды объемом  $V = 1,0$  л, а также стоимость потребляемой за это время энергии.

**505.** (э) Используя паспортные данные электрического чайника, определите его мощность. Налейте в чайник определенный объем воды комнатной температуры. Включив чайник, зафиксируйте время, необходимое для закипания воды. Рассчитайте количество теплоты, полученное водой, и работу электрического тока. Определите коэффициент полезного действия электрочайника.

**506.** (э) Используя паспортные данные всех потребителей электроэнергии в вашей квартире (доме), определите силу тока, на которую должны быть рассчитаны плавкие предохранители, если все электроприборы включить одновременно.

## Постоянные магниты. Магнитное поле

### Вопросы для самоконтроля

- В чем состоит основное свойство магнита?
- Что называют полюсами магнита?
- Можно ли разделить полюса магнита?
- Что принято за направление магнитных линий?
- Как расположены магнитные полюса Земли относительно географических?

**507.** В каком месте на Земле магнитный компас «не работает»?

**508.** Можно ли доверять показаниям компаса, находясь в областях магнитных аномалий?

**509.** Почему корпус компаса делают из меди, алюминия, пластмассы, но не из железа и стали?

**510.** На какой магнитный полюс Земли указывает северный конец стрелки компаса?

**511.** На столе стоят три «черных ящика». Известно, что в одном из них находится постоянный магнит, в другом — стальной гвоздь и в третьем — алюминиевый стержень. Как и в какой последовательности, воспользовавшись такими же предметами, определить, что находится в каждом ящике?

**512.** Как изменятся показания динамометра (рис. 121), если снизу к магниту поднести второй магнит, обращенный к нему: а) северным полюсом; б) южным полюсом?

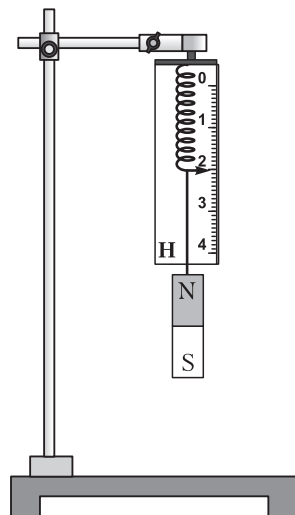
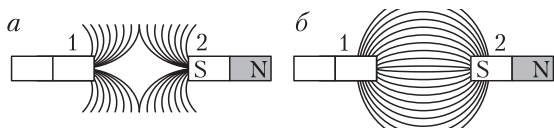


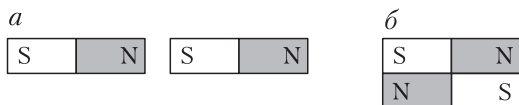
Рис. 121

**513.** На рисунке 122 представлены картины линий магнитных полей магнитов, полученные с помощью железных опилок. Определите ближайший к магниту 2 полюс магнита 1 в случае *a*; в случае *б*. Укажите направление линий магнитных полей.



*Рис. 122*

**514.** Схематически изобразите линии магнитных полей двух одинаковых магнитов для случаев *a* и *б* (рис. 123).



*Рис. 123*

**515.\*** Полосовой магнит разделили на две равные части и получили два магнита. Будет ли действие каждого из этих магнитов таким же, как и целого магнита? Почему?

**516.\*** Как, не пользуясь ничем, кроме двух стальных стержней, один из которых намагничен, определить, какой из стержней намагничен?

**517.\*** Один из стальных стержней намагничен сильнее другого. Как обнаружить этот стержень?

**518.** Почему, ударяя многократно молотком по магниту, его можно размагнитить?

**519. (э)** Как, используя источник тока, достаточно длинный медный изолированный провод и железный гвоздь, можно рассортировать медные винты и железные шурупы, перемешанные в коробке?

## Магнитное поле тока. Магнитные поля прямого проводника и катушки с током. Электромагнит

### Вопросы для самоконтроля

- Как можно определить направление магнитных линий прямого проводника с током? Катушки с током?
- Что представляет собой электромагнит?

**520.** В результате удара молнии в ящик со стальными гвоздями гвозди оказались намагниченными. Объясните это явление.

**521.** Почему магнитная стрелка, расположенная рядом с проводником, меняет свою ориентацию, если по нему пропустить электрический ток?

**522.** Магнитная стрелка, помещенная вблизи проводника (рис. 124), повернулась при пропускании по проводнику электрического тока. Какие силы совершили работу по повороту стрелки?

**523.** Изобразите в тетради линии магнитных полей проводников с током (рис. 125, а, б). Как можно изменить направление линий магнитных полей проводников с током?

**524.\*** Какой будет ориентация магнитной стрелки, помещенной между взаимно перпендикулярными проводниками в точке  $O$  (рис. 126), если сила электрического тока в проводниках одинакова?

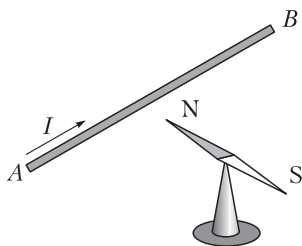


Рис. 124

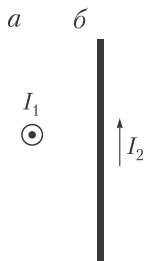


Рис. 125

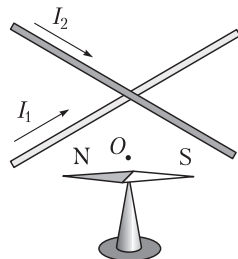


Рис. 126

**525.** Создает ли магнитное поле положительно заряженный ремень привода токарного станка, если станок: а) выключен; б) включен?

**526.\*** Почему магнитная стрелка, поднесенная к проводу, по которому идет переменный ток высокой частоты, не реагирует на магнитное поле провода?

**527.\*** Переменный ток в проводнике  $AB$  (рис. 127) изменяется очень медленно. Опишите поведение стрелки.

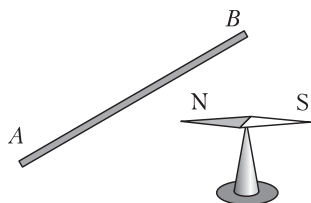


Рис. 127

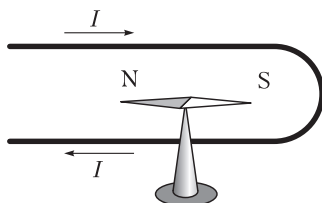


Рис. 128

**528.** Верно ли изображена ориентация расположенной вблизи изогнутого проводника с током магнитной стрелки на рисунке 128? Аргументируйте ответ.

**529.\*** Из кругового проводника 1 с током образовали проводник 2 в виде восьмерки (рис. 129). Сравните направление линий магнитного поля в центрах круговых проводников (точки  $O$ ,  $O_1$ ,  $O_2$ ).

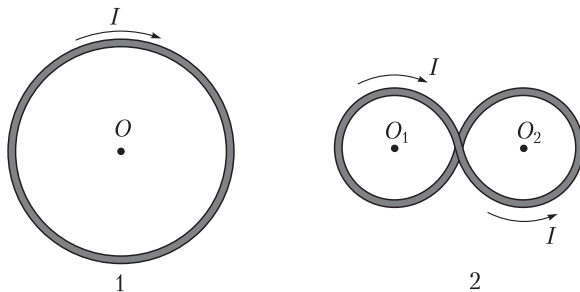


Рис. 129

**530.\*** Проводящее кольцо с током перекручивают, превращая его в «восьмерку» (рис. 130), а затем «восьмерку» складывают так, что получается двойное кольцо. Как изменится магнитное поле в центре такого кольца?

**531.\*** Как изменится магнитное поле в центре двойного кольца, если перед складыванием «восьмерки» ее не перекручивать (рис. 131)?

**532.\*** В вертикальной плоскости находится плоский виток медной проволоки (рис. 132). В центре витка помещена магнитная стрелка. Как будет ориентироваться стрелка, если по витку пустить постоянный электрический ток: а) по направлению движения часовой стрелки; б) против направления движения часовой стрелки?



Рис. 130



Рис. 131

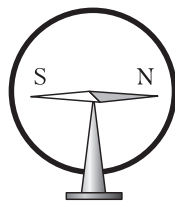


Рис. 132

**533.** Какими способами можно увеличить подъемную силу электромагнита?

**534.** Почему с помощью электромагнитного крана, не снабженного дополнительными захватами, нельзя поднимать и переносить раскаленные стальные и чугунные болванки?

**535.** Изобразите линии магнитного поля, их направление и полюса катушки с током, представленной на рисунке 133.

**536.** Определите полярность клемм источника электрического тока, подключенного к катушке (рис. 134).

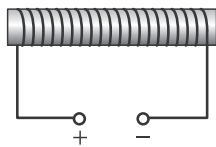


Рис. 133

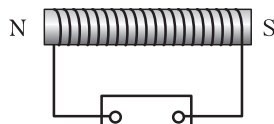


Рис. 134

**537.** В каком случае (рис. 135) взаимодействие между катушками с током обозначено правильно? Ответ аргументируйте.

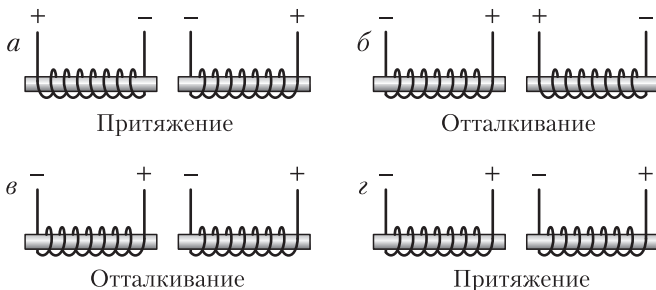


Рис. 135

**538.** Как будут взаимодействовать катушка и магнит (рис. 136) после замыкания ключа?

**539.** Будут ли железные предметы притягиваться к катушке (рис. 137), в обмотке которой течет электрический ток?

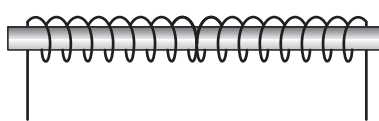
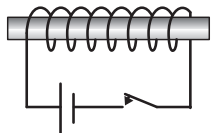


Рис. 136

Рис. 137

**540.** (э) С помощью магнитной стрелки определите полюса магнита, завернутого в бумагу.

**541.** (э) Поднесите компас вначале ко дну, а затем к верхней части железного ведра (кастрюли), стоящего на земле. У дна стрелка компаса поворачивается к ведру южным полюсом, а в верхней части — северным. Проверьте это явление и объясните его.

**542.** (э) Как с помощью компаса проверить, сделан предмет из стали или алюминия?

**543.** (э) Проверьте, будет ли притягивать магнит мелкие гвозди, если между магнитом и гвоздями находится: а) лист картона; б) лист стекла; в) лист плексигласа; г) лист жести; д) лист алюминия. Сделайте выводы.

**544.** (э) Можно ли с помощью компаса определить полюсы другого компаса, завернутого в бумагу, если он находится: а) в железной коробке; б) в воде; в) в песке?

**545.** (э) Исследуйте магнитное поле проволочного витка с током, расположенного в вертикальной плоскости (рис. 138, *а*): а) понаблюдайте за ориентацией магнитной стрелки в точках *A, B, C, D*; б) определите, будет ли меняться ориентация магнитной стрелки в точках *A, B, C, D* при изменении положения витка с током относительно горизонтальной плоскости; в) выясните поведение магнитной стрелки в случае сжатия витка (рис. 138, *б*). Оборудование: виток из гибкого провода, штатив, источник тока, магнитная стрелка, ключ.

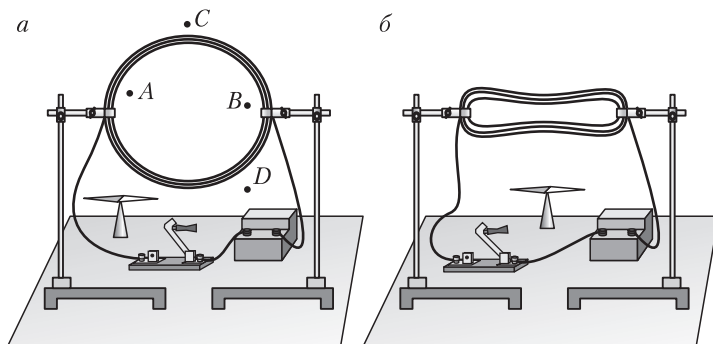


Рис. 138

**546.** (э) Определите полярность клемм источника тока и направление намотки провода в обмотке, состоящей из нескольких витков (рис. 139). Оборудование: проволочная обмотка на подставке, источник тока, магнитная стрелка, ключ.

**547.** (э) Определите направление тока в катушке. Оборудование: катушка с известным направлением намотки провода, магнитная стрелка, источник тока с неизвестной полярностью клемм.

**548.** (э) Изготовьте простейший электромагнит и определите его полюса. С помощью магнитной стрелки проверьте, будут ли меняться полюса магнита при изменении направления электрического тока, протекающего через электромагнит. Оборудование: железный гвоздь, тонкий изолированный провод, источник тока, магнитная стрелка, ключ.

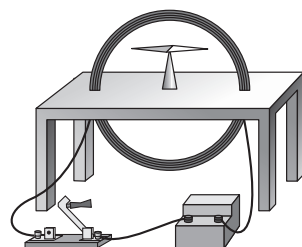


Рис. 139



# СВЕТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

20

## Источники света. Скорость света. Прямолинейность распространения света

### Вопросы для самоконтроля

- Какие источники света называются точечными?
- Как распространяется свет в однородной среде?
- Чему равна скорость распространения света в вакууме?
- Как объяснить образование тени? Полутени?

### Пример решения задачи

Модуль скорости распространения света во льду  $v = 2,3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Во сколько раз лед оптически более плотен, чем воздух?

Дано:

$$v = 2,3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$k - ?$

Решение.

Известно, что чем вещество оптически более плотное, тем скорость распространения света в нем меньше. Тогда

$$k = \frac{c}{v},$$

$$k = \frac{3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2,3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1,3.$$

Ответ: лед в  $k = 1,3$  раза оптически более плотен, чем воздух.

**549.** Из перечисленных ниже источников света выделите те, которые являются естественными источниками: электролампа, свеча, звезда, маяк, светлячок, молния, прожектор, радуга, Солнце, фонарь.

**550.** Какие превращения энергии происходят при свечении электрической лампы?

**551.** Из перечисленных ниже источников света укажите, какие относятся к холодным (люминесцентным) источникам света, а какие — к тепловым источникам света: экран работающего монитора, северное сияние, молния, светлячок, электрическая лампа накаливания, пламя горящих дров.

**552.** В каком из приведенных случаев источник света можно считать точечным: а) Солнце освещает Землю; б) лампочка фонаря освещает улицу; в) лампа дневного света освещает книгу, лежащую на столе?

**553.** Можно ли утверждать, что звездные карты показывают истинное положение звезды на небе? Почему?

**554.** Вычислите время, за которое солнечный свет, отраженный Луной, достигает Земли. Расстояние от Земли до Луны  $l = 3,84 \times 10^5$  км.

**555.** Примерная длина экватора Земли  $l = 4,0 \cdot 10^4$  км. Сколько земных экваторов преодолевает свет за время  $t = 1,0$  с?

**556.** Во сколько раз отличаются расстояния, проходимые светом за одно и то же время в воздухе и: а) в скипидаре; б) в алмазе; в) в стекле?

**557.** В какой среде свет распространяется с наибольшей скоростью? Чему примерно равна эта скорость?

**558.** Приведите примеры явлений, доказывающих прямолинейность распространения света.

**559.** Чтобы проверить прямолинейность грани оструганной рейки, смотрят вдоль ее кромки. Какое свойство света используется при этом?

**560.** Построением в тетради докажите, что размеры тени, создаваемой летящим самолетом, превышают размеры самолета.

**561.** В каком случае при освещении непрозрачного предмета область полутени не образуется? Докажите построением.

**562.** Используя рисунок 140, постройте области тени и полутени от непрозрачного предмета на экране.

**563.** В каком случае (рис. 141, *а*, *б*) область полутени от непрозрачного предмета на экране будет большей? Докажите построением.

**564.** Будет ли на экране область тени от непрозрачного предмета (рис. 142)? Докажите построением.

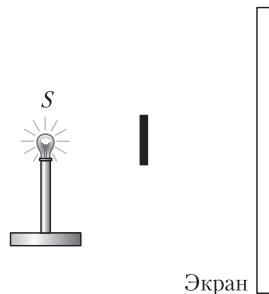


Рис. 140

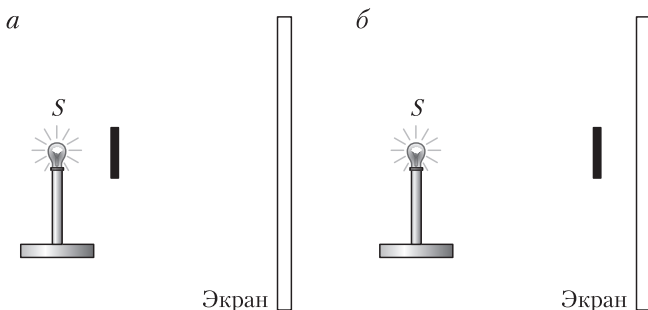


Рис. 141

**565.** Свет от точечного источника *S* падает на горизонтально расположенную решетку (рис. 143). Покажите построением в тетради, где на экране будут образовываться светлые полосы.

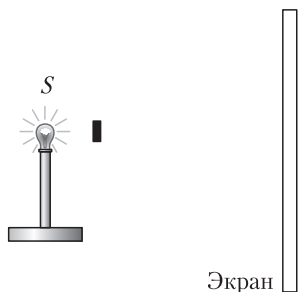


Рис. 142

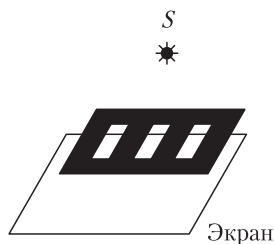


Рис. 143

**566.** Покажите построением в тетради, каким должно быть максимальное расстояние от забора до мальчика, чтобы через щель в заборе он смог увидеть весь дом (рис. 144).

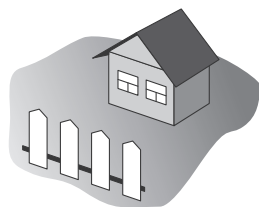


Рис. 144

**567.** Покажите построением в тетради, где будут образовываться области тени и полутени при освещении непрозрачного шара двумя лампами (рис. 145).

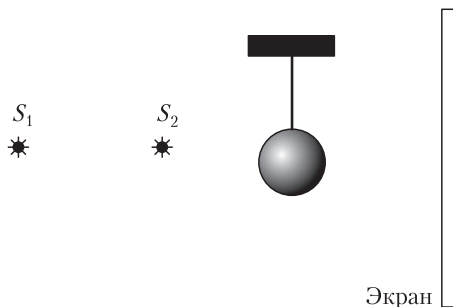


Рис. 145

**568.** Почему в комнате, освещаемой одной лампой, предметы дают хорошо очерченные тени, а если источником света является люстра — тени размываются?

**569.** Каким образом нужно расположить протяженный источник и непрозрачный предмет, чтобы предмет не отбрасывал тени? Ответ подтвердите построением.

**570.\*** Можно ли в солнечный день воткнуть в землю колышек так, чтобы некоторое время он не отбрасывал тени? Как это сделать?

**571.\*** В какое время дня тень, отбрасываемая палочкой, воткнутой в землю вертикально, параллельна стрелке компаса?

**572.** Можно ли от двух точечных источников и непрозрачного предмета получить область тени, не располагая источники и предмет на одной прямой? Ответ подтвердите построением.

**573.** Зимой или летом в полдень ваша тень короче? Почему?

**574.** В какое время суток (утром, вечером, в середине дня) тени от предметов длиннее самих предметов?

**575.** Может ли тень, создаваемая перекладиной турника, быть длиннее самой перекладины? Ответ подтвердите построением.

**576.** В каком положении (1 или 2) (рис. 146) рейка будет отбрасывать тень большей длины? Покажите построением.

**577.** Как измерить высоту дерева в пасмурный день, используя только шест?

**578.** Как, не меняя положения предмета, получить тень разной длины при его освещении? Ответ подтвердите построением.

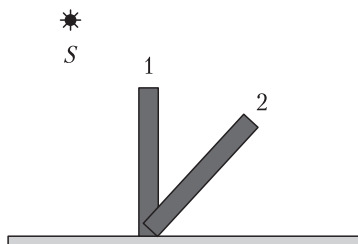


Рис. 146

**579.** Точечный источник света расположен на расстоянии  $L = 4,0$  м от экрана. На пути световых лучей параллельно экрану находится тонкий непрозрачный диск диаметром  $d = 30$  см. Определите расстояние от источника света до диска, если на экране образуется тень, имеющая форму круга диаметром  $D = 1,2$  м.

**580.** Длина тени дуба, высота которого  $h_d = 6,0$  м, в солнечный день равна  $l_d = 2,0$  м. Какую высоту имеет растущая недалеко береза, если длина ее тени  $l_b = 2,6$  м?

**581.** В солнечный день длина тени столбика, к которому привязана молодая яблоня,  $l_c = 40$  см. Высота столбика  $h_c = 80$  см. Определите длину тени яблони, если ее высота  $h_a = 2,6$  м.

**582.** (э) В солнечный день измерьте длину своей тени в середине дня и вечером. Сравните и объясните полученные результаты.

**583.** (э) Столовая вилка, освещенная свечой, дает на стене тень. При вертикальном положении вилки тень от зубцов отчетливая, а при горизонтальном — сильно размытая. Объясните наблюдаемое явление.

**584.** (э) Между включенной настольной лампой и стеной при открытом верхнем свете поместите несколько различных предметов (книгу, ладонь и т. д.) и получите от каждого на стене тень и полутень. Объясните с помощью построения их образование.

## Отражение света. Зеркала. Изображение в плоском зеркале

### Вопросы для самоконтроля

- Какой угол называют углом падения?
- Какой угол называют углом отражения?
- Сформулируйте законы отражения света.
- Какое изображение предмета дает плоское зеркало?

### Пример решения задачи

Девочка ростом  $l = 140,0$  см рассматривает свое изображение в плоском зеркале, расположенном на вертикальной стене. Какой должна быть минимальная высота зеркала и на каком расстоянии от пола должен находиться нижний край зеркала, чтобы девочка могла увидеть свое полное изображение? Расстояние от верхней точки головы до глаз девочки  $l_1 = 6,0$  см.

*Дано:*

$$l = 140,0 \text{ см}$$

$$l_1 = 6,0 \text{ см}$$

$$h_{\text{мин}} - ?$$

$$l_2 - ?$$

*Решение.*

Сделаем построение (рис. 147). Луч, идущий из точки  $B$ , отражаясь от нижнего края (точка  $C$ ) зеркала, попадает в глаз девочки.

Следовательно, нет надобности в зеркале ниже точки  $C$ . Так как угол отражения равен углу падения ( $\gamma = \alpha$ ), то

$$CM = \frac{NB}{2} = \frac{l - l_1}{2} = \frac{140,0 \text{ см} - 6,0 \text{ см}}{2} = 67,0 \text{ см}.$$

Аналогично, чтобы в глаз попал луч, идущий от точки  $A$ , верхний край зеркала должен доходить до точки  $K$ , которая ниже точки  $A$  на



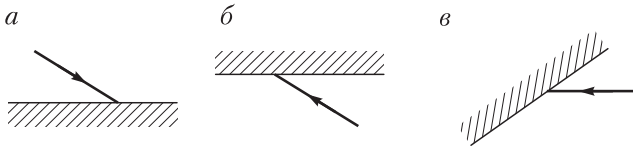


Рис. 148

**590.** На плоское зеркало падают световые лучи 1, 2 (рис. 149). Покажите построением дальнейший ход лучей.

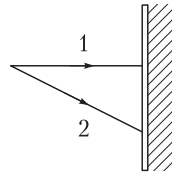


Рис. 149

**591.** Отраженный луч образует с перпендикуляром к плоскости зеркала, опущенным в точку падения, угол  $\gamma = 25^\circ$ . Изобразите примерный ход луча на рисунке. Определите угол между падающим на плоское зеркало и отраженным лучами.

**592.** Определите угол падения луча на плоское зеркало, если угол между отраженным и падающим лучами  $\phi = 20^\circ$ . Изобразите примерный ход лучей на рисунке.

**593.** Угол между падающим и отраженным лучами  $\delta = 30^\circ$ . Каким будет угол отражения, если угол падения увеличится на  $\phi = 5,0^\circ$ ? Изобразите примерный ход лучей на рисунке.

**594.** Два плоских зеркала расположены под прямым углом (рис. 150). На одно из зеркал падает сходящийся световой пучок, ограниченный лучами 1 и 2. Покажите построением в тетради дальнейший ход световых лучей 1 и 2.

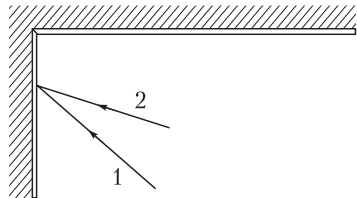


Рис. 150

**595.** В каком случае (рис. 151, а, б) угол падения светового луча на плоское зеркало больше? Чему он равен?

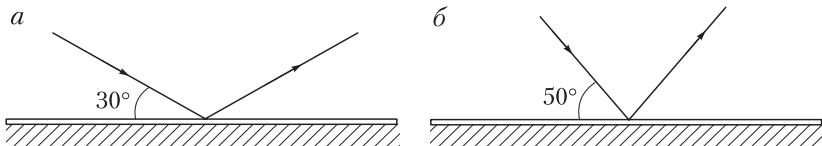


Рис. 151



**596.** Угол между поверхностью плоского зеркала и падающим на него световым лучом составляет  $\varphi = 40^\circ$ . Изобразите примерный ход луча на рисунке. Определите угол отражения луча.

**597.** Почему поверхность стекла, из которого изготавливают зеркало, шлифуют очень тщательно?

**598.\*** Построением покажите, как с помощью плоских зеркал можно изменить направление светового луча на угол  $\varphi_1 = 90^\circ$ ; на угол  $\varphi_2 = 180^\circ$ . Как, не изменяя первоначального направления, сместить световой луч параллельно самому себе?

**599.** Сквозь чистое стекло, смоченное водой, мы хорошо видим предметы. Почему же видимость ухудшается, если подышать на сухое холодное стекло?

**600.** Почему луч света хорошо виден в запыленном помещении?

**601.** Отраженный от гладкой поверхности предмета пучок света всегда менее ярк, чем падающий. Почему?

**602.** С какой целью с правой и левой сторон на кабине автомобиля ставят зеркала?

**603.** Какое автомобильное зеркало, правое или левое, расположено под большим углом к стенке кабины? Почему?

**604.** Почему лунные ночи снежной зимой светлее, чем летом?

**605.** Постройте изображение карандаша в плоском зеркале в случаях, показанных на рисунке 152, *a–г*.

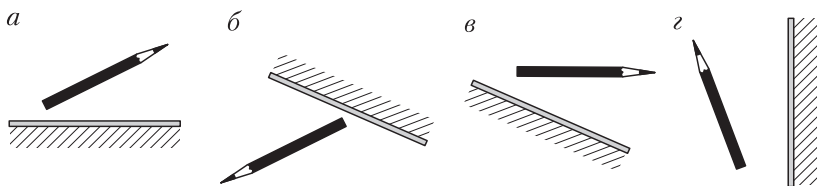


Рис. 152

**606.** На рисунке 153 представлены свеча и ее изображение в плоском зеркале. Где и как расположено зеркало? Сделайте соответствующее построение.

**607.** Два точечных источника света  $S_1$  и  $S_2$  расположены перед плоским зеркалом, как по-

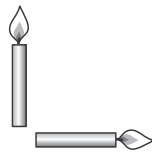


Рис. 153

казано на рисунке 154. Где должен находиться глаз наблюдателя, чтобы изображения источника для него совпали? Докажите построением.

**608.\*** Почему в изображении предмета в плоском зеркале правая и левая стороны предмета меняются местами, а верх и низ — нет?

**609.\*** Сколько изображений источника дают два плоских зеркала, если угол между их зеркальными поверхностями  $\alpha = 90^\circ$ , а точечный источник света  $S$  расположен на биссектрисе этого угла (рис. 155)?

**610.\*** На рисунке 156 изображены два плоских зеркала и точечный источник света  $S$ , расположенный на биссектрисе угла между зеркалами. Сколько изображений источника дают зеркала? Постройте эти изображения.

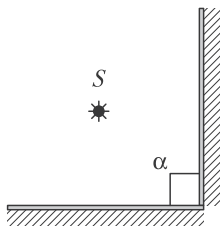


Рис. 155

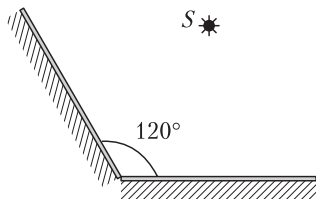


Рис. 156

**611.\*** Сколько изображений точечного источника  $S$  дадут два параллельных плоских зеркала (рис. 157)? Зеркала расположены симметрично относительно источника.



Рис. 157

**612.\*** Под каким углом друг к другу надо расположить два плоских зеркала, чтобы получить 5 изображений точечного источника света, расположенного на биссектрисе угла между зеркалами?

**613.** Два зеркала образуют угол  $\alpha = 120^\circ$ . На биссектрисе этого угла расположен точечный источник света (рис. 158). Определите расстояние между изображениями источника в зеркалах, если длина перпендикуляра  $SA = 20$  см.

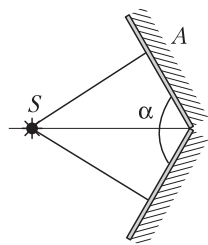


Рис. 158

Рис. 154

**614.\*** Человек, находящийся недалеко от берега озера, видит в воде изображение Солнца. Куда перемещается изображение по мере приближения человека к озеру?

**615.** Как нужно расположить плоское зеркало, чтобы изображение катящегося по столу шарика в зеркале поднималось вверх? Свой ответ подтвердите опытом.

**616.** Картина висит на стене перед плоским зеркалом, расположенным вертикально, на расстоянии  $l = 3,0$  м. Чему равно расстояние между картиной и ее изображением в зеркале?

**617.** Расстояние между свечой и ее изображением в плоском зеркале увеличилось на  $\Delta l = 40$  см. На какое расстояние и куда по отношению к зеркалу передвинули свечу?

**618.** Плоское зеркало приблизили к свече на расстояние  $\Delta l = 15$  см. На сколько и как изменилось расстояние между свечой и ее изображением?

**619.\*** С какой скоростью приближается мальчик к своему изображению в плоском зеркале, если к зеркалу он движется со скоростью  $v = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ?

**620.** Между двумя плоскими параллельными зеркалами расположена зажженная лампочка. Определите модуль скорости, с которой следует перемещать зеркала, сохраняя их параллельность, чтобы первые мнимые изображения лампочки сближались со скоростью, модуль которой  $v = 2,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

**621.** Угол между поверхностью Земли и лучами Солнца, падающими на нее,  $\varphi = 30^\circ$ . Определите, под каким углом к горизонту нужно расположить плоское зеркало, чтобы направить отраженные от него световые лучи горизонтально в сторону Солнца.

**622.** Используя условие предыдущей задачи, определите, под каким углом к горизонту нужно расположить плоское зеркало, чтобы направить отраженные от него световые лучи горизонтально от Солнца.

**623.** Солнечные лучи падают на Землю под углом  $\varphi = 22^\circ$  к ее поверхности. Под каким углом к горизонту нужно расположить плоское зеркало, чтобы отраженные от него световые лучи пошли вертикально вверх?

**624.** Используя условие предыдущей задачи, определите, под каким углом к горизонту нужно расположить плоское зеркало, чтобы отраженные от него световые лучи пошли вертикально вниз.

**625.** Луч света падает на вертикально расположенное плоское зеркало под углом  $\alpha = 25^\circ$ , отражается и попадает на второе плоское зеркало, расположенное горизонтально. Постройте луч, отраженный от второго зеркала, и определите угол отражения этого луча.

**626.** Луч света падает на плоское зеркало под углом  $\alpha = 34^\circ$ . Определите угол, образованный отраженным лучом и продолжением падающего луча.

**627.\*** На рисунке 159 представлены плоское зеркало и точечный источник света. Построением покажите область, находясь в которой глаз будет видеть изображение источника.

**628.\*** Точечный источник света  $S$  расположен над поверхностью стола так, как показано на рисунке 160. В каком месте на столе нужно положить плоское зеркало, чтобы отраженные лучи осветили фотографию  $\Phi$ , висящую на стене? Подтвердите ответ построением.

**629.\*** Постройте изображение предмета  $CD$  (рис. 161) в плоском зеркале  $AB$ . Найдите область, находясь в которой глаз будет видеть изображение всего предмета.

**630.\*** Угол падения светового луча на плоское зеркало  $\alpha = 20^\circ$ . Каким станет угол отражения, если зеркало поочередно повернуть на угол  $\varphi_1 = 10^\circ$  и  $\varphi_2 = 20^\circ$  относительно оси, лежащей в плоскости зеркала: а) по часовой стрелке; б) против часовой стрелки?

**631.\*** Каким образом надо расположить два плоских зеркала, чтобы увидеть изображение своего затылка?



Рис. 159

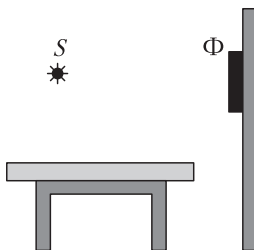


Рис. 160

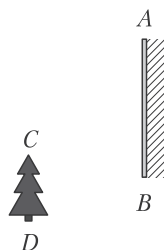


Рис. 161

**632.\*** Горизонтально расположенное плоское зеркало движется вертикально вверх с постоянной скоростью, модуль которой  $v_1 = 2,0 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Муха ползет по потолку комнаты со скоростью, модуль которой  $v_2 = 3,0 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Найдите модуль скорости движения изображения мухи в зеркале.

**633.** Плоское зеркало движется со скоростью, модуль которой  $v_1 = 1,8 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ . Определите модуль и направление скорости, с которой должен двигаться точечный источник света, чтобы его отражение в плоском зеркале оставалось неподвижным.

**634.** (э) Используя картон, клей, ножницы и два плоских зеркала, изготовьте перископ.

**635.** (э) Имея только метровую линейку, определите высоту дерева, не проводя ее прямого измерения. (Опыт желательно проводить вдвоем.)

**636.** (э) Направьте свет настольной лампы на плоские поверхности различных предметов (стены, стола, подошвы утюга, зеркала и т. д.). Как отражают свет эти предметы?

## 22

---

### Преломление света. Линзы. Оптическая сила линзы

#### *Вопросы для самоконтроля*

- *Какое явление называется преломлением света?*
- *Что называют углом преломления?*
- *От каких факторов зависит угол преломления?*
- *Что такое линза?*
- *Какую линию называют главной оптической осью линзы?*

- Что такое фокус линзы?
- Что такое оптическая сила линзы? В каких единицах она измеряется?
- Какая линза является собирающей? Каково ее основное свойство?
- Какая линза является рассеивающей? Каково ее основное свойство?

### Пример решения задачи

Изображение предмета, находящегося на расстоянии  $d = 30$  см перед тонкой линзой, расположено на экране на расстоянии  $f = 60$  см за линзой. Какая это линза? Определите ее фокусное расстояние. Каким является полученное изображение?

Дано:

$$d = 30 \text{ см}$$

$$f = 60 \text{ см}$$

$$F - ?$$

Решение.

а) Линза является собирающей, так как изображение предмета в ней получено на экране, а значит, оно действительное.

б) Построим изображение предмета  $AB$  в тонкой собирающей линзе (рис. 162). Из построения следует, что изображение в данной линзе является действительным, увеличенным, перевернутым.

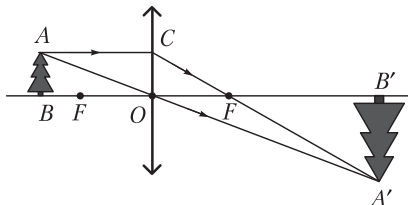


Рис. 162

в) По условию  $BO = d$ ,  $OB' = f$ .

Из  $\triangle AOB$  и  $\triangle A'OB'$  следует:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{f}{d} = \frac{60 \text{ см}}{30 \text{ см}} = 2.$$

Значит, изображение увеличено в 2 раза.

г) Рассмотрев  $\triangle COF$  и  $\triangle A'B'F$ , можно записать:

$$\frac{A'B'}{CO} = \frac{FB'}{OF}. \text{ Но } CO = AB, OF = F, FB' = f - F.$$

Тогда 
$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{f - F}{F}.$$

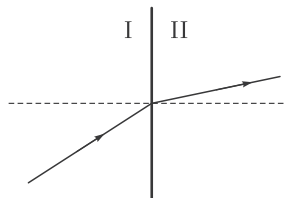
С учетом результата, полученного в пункте в), имеем:

$$\frac{f - F}{F} = 2 \text{ или } 3F = f, F = \frac{f}{3} = \frac{60 \text{ см}}{3} = 20 \text{ см.}$$

*Ответ:*  $F = 20$  см.

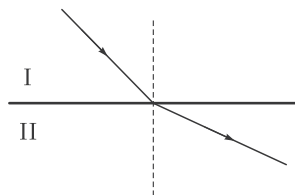
**637.** Угол падения луча света из воздуха на стекло  $\alpha = 0^\circ$ . Чему равен угол преломления?

**638.** На рисунке 163 изображено преломление луча света на границе раздела двух сред. Какая из сред является оптически более плотной? Почему?



*Рис. 163*

**639.** На рисунке 164 изображено преломление луча света на границе раздела двух сред. Какая из сред является оптически менее плотной? Почему?



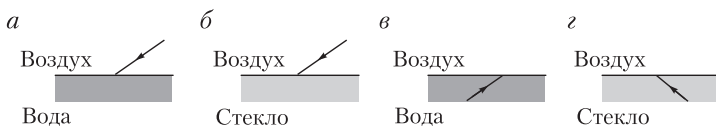
*Рис. 164*

**640.** Почему изображение предмета в воде всегда менее ярко, чем сам предмет?

**641.** Почему глубина водоема нам кажется меньшей, чем есть на самом деле?

**642.** Почему, находясь в лодке, трудно попасть копьём (острогой) в рыбу, плавающую неподалеку?

**643.** Изобразите примерный ход светового луча после преломления на границе двух прозрачных сред в случаях, показанных на рисунке 165,  $a-z$ .



*Рис. 165*

**644.** В воде солнечные лучи образуют с перпендикуляром к ее поверхности угол  $\beta = 60^\circ$ . Может ли при этом Солнце находиться под углом  $\varphi = 30^\circ$  к горизонту? Почему? Ответ подтвердите построением.

**645.** Если на поверхности воды наблюдается небольшая зыбь, то предметы, лежащие на дне, кажутся колеблющимися. Почему?

**646.** Два параллельных световых луча падают под некоторым углом на плоскопараллельную стеклянную пластинку. Останутся ли лучи параллельными после выхода из пластинки? Ответ подтвердите построением.

**647.** Построением хода лучей покажите, где глаз будет видеть монетку, лежащую на непрозрачном дне кружки с водой.

**648.** Пучок параллельных лучей света шириной  $a$  падает под некоторым углом в воду. Будет ли такой же ширина преломленного пучка? Ответ подтвердите построением.

**649.\*** Будут ли размеры предмета казаться такими же, как в воздухе, если его рассматривать, полностью погрузившись в воду (со дна бассейна)? Ответ подтвердите построением.

**650.\*** Точечный источник света  $S$ , плоское зеркало и глаз наблюдателя расположены так, как показано на рисунке 166. Построением покажите, куда переместится изображение источника, которое видит наблюдатель, если на пути отраженных лучей поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку так, как показано на рисунке.

**651.\*** Точечный источник света  $S$ , плоское зеркало и глаз наблюдателя расположены так, как показано на рисунке 167. Построением покажите, куда переместится изображение источника, которое видит наблюдатель, если на пути падающих на зеркало лучей поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку, как показано на рисунке.

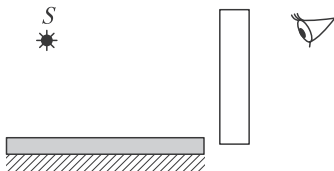


Рис. 166

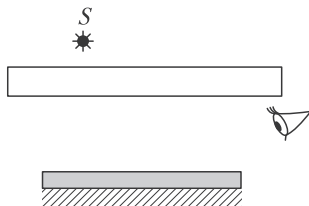


Рис. 167



**652.** Вычислите оптическую силу тонкой линзы, если ее фокусное расстояние: а)  $F = 20$  см; б)  $F = -10$  см.

**653.** Вычислите фокусное расстояние тонкой линзы, если ее оптическая сила: а)  $D = 2,5$  дптр; б)  $D = -20$  дптр.

**654.** Линзы 1 и 2 (рис. 168) изготовлены из одинакового стекла. Какая из них имеет меньшее фокусное расстояние? Оптическая сила какой линзы больше?

**655.\*** В каком соотношении должны быть модули числовых значений фокусных расстояний  $F_1$  и  $F_2$  тонких собирающей и рассеивающей линз, чтобы с помощью собирающей линзы можно было определить оптическую силу рассеивающей линзы? Почему?

**656.** Чему равна оптическая сила прозрачной плоскопараллельной пластинки (рис. 169)?

**657.\*** Как быстро определить, какая из двух собирающих линз имеет большую оптическую силу?

**658.\*** Изменится ли оптическая сила двояковыпуклой собирающей линзы (рис. 170), если ее края обрезать?

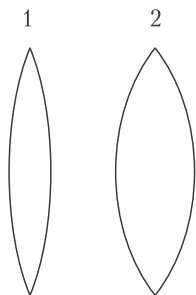


Рис. 168

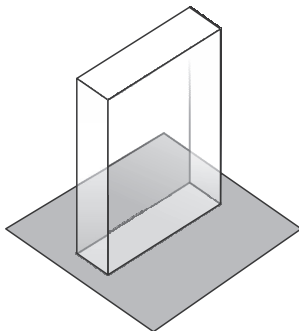


Рис. 169



Рис. 170

**659.\*** Положение пузырька воздуха относительно поверхности воды в сосуде показано на рисунке 171. Считая, что наблюдение за пузырьком ведется по вертикали, определите положение изображения пузырька в воде, видимое глазом.

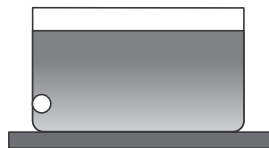


Рис. 171

**660.**<sup>o</sup> Оцените оптическую силу стекол очков, которые носите вы или кто-то из вашей семьи. Сравните результат с паспортными данными очков.

**661.** (э) Положите металлическую пуговицу на дно стакана. Расположите глаз так, чтобы пуговица не была видна (рис. 172). Осторожно наливайте воду в стакан. Объясните, почему пуговица при достижении определенного уровня воды становится видимой, хотя положения глаза и пуговицы относительно сосуда не изменились. Оборудование: непрозрачный стакан, сосуд с водой, металлическая пуговица.

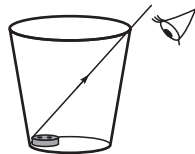


Рис. 172

**662.** (э) Экспериментально установите, какая среда преломления является оптически более плотной. Оборудование: прозрачный стакан с водой, плоскопараллельная стеклянная пластинка, лазерная указка, транспортир.

**663.** (э) На дно ванны опустите гайку. Попробуйте попасть в нее концом палки. Убедитесь, что сделать это трудно. Объясните почему.

## 23

### Построение изображений в тонких линзах

#### *Вопросы для самоконтроля*

- *Ход каких лучей в линзе заранее известен?*
- *Каким будет изображение и где оно расположено, если линза собирающая, а предмет расположен на расстоянии, большем двойного фокусного?*
- *Каким будет изображение и где оно расположено, если линза собирающая, а предмет расположен на расстоянии, равном двойному фокусному расстоянию?*

- Каким будет изображение и где оно расположено, если линза собирающая, а предмет расположен на расстоянии, меньшем фокусного расстояния?
- Каким будет изображение предмета в рассеивающей линзе?

664. Укажите, какие из стеклянных линз, изображенных на рисунке 173, не дают действительных изображений предметов в воздухе.

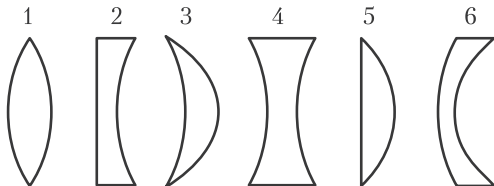


Рис. 173

665. Может ли двояковогнутая линза дать действительное изображение предмета? При каких условиях это возможно?

666. Скорость света в веществе, из которого изготовлена двояковыпуклая линза, в 1,3 раза меньше, чем в воздухе. Собирающей или рассеивающей будет эта линза, если ее поместить в скипидар?

667. Постройте в тетради ход светового луча после его преломления в тонкой линзе в каждом из представленных на рисунке 174 случаев.

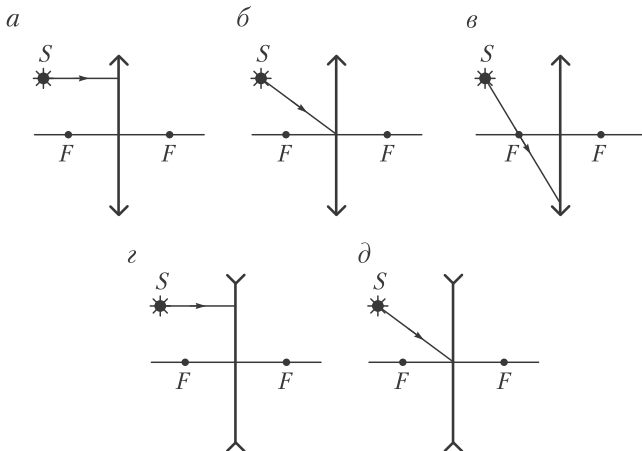


Рис. 174

**668.** Если куску льда придать форму выпуклого стекла, то посредством его можно в ясный зимний день зажечь спичку. Почему?

**669.** Почему капли воды, попавшие на листья растений в солнечный день, могут причинить листьям вред?

**670.** Назовите все случаи, при которых изображения предмета в тонкой линзе являются: а) прямыми; б) увеличенными; в) уменьшенными.

**671.** Пересекутся ли после прохождения тонкой собирающей линзы световые лучи, идущие от источника  $A$  (рис. 175)? От источника  $B$ ? Начертите ход лучей.

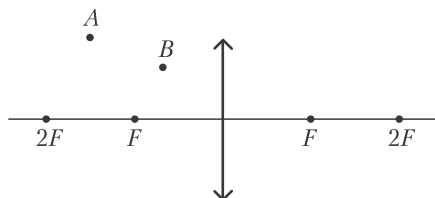


Рис. 175

**672.** Можно ли мнимое изображение предмета в тонкой линзе спроецировать на экран?

**673.** Если линза по краям толще, чем посередине, то обязательно ли она является рассеивающей? Почему?

**674.** Зависит ли фокусное расстояние тонкой линзы от оптической плотности окружающей ее прозрачной среды? Аргументируйте свой ответ.

**675.** С помощью тонкой линзы на экране получили изображение свечи. Прямым или перевернутым было это изображение?

**676.** Изображение спирали лампочки в тонкой линзе оказалось увеличенным и мнимым. Как располагались лампочка и линза относительно друг друга? Какой была линза?

**677.** Как расположить относительно друг друга предмет и тонкую линзу, чтобы размер полученного в линзе изображения был равен размеру предмета? Какой должна быть линза?

**678.** Изображение горячей свечи, полученное с помощью собирающей тонкой линзы, оказалось уменьшенным. Где относительно линзы и изображения располагалась свеча?

**679.\*** На каком расстоянии перед собирающей тонкой линзой надо поместить предмет, чтобы расстояние от предмета до его действительного изображения было наименьшим? Ответ аргументируйте.

**680.** Для каждого из трех случаев (рис. 176) постройте изображение предмета  $AB$  в тонкой собирающей линзе. Дайте характеристику изображению в каждом случае.

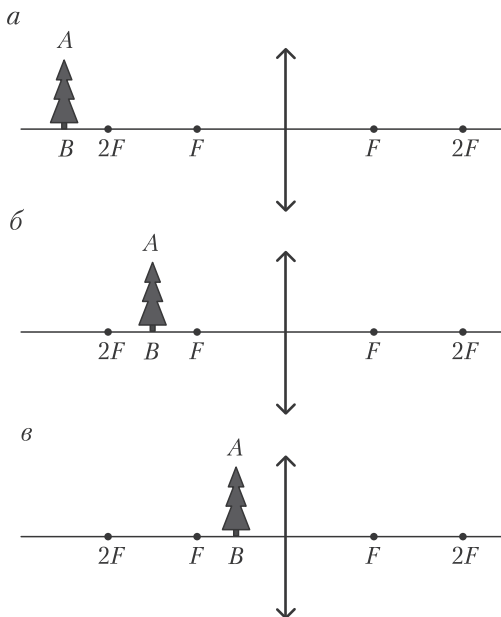


Рис. 176

**681.** Покажите ход световых лучей после преломления в тонкой стеклянной линзе (рис. 177).

**682.** Для каждого из трех случаев (рис. 178) постройте изображение предмета  $AB$  в рассеивающей тонкой линзе. Сравните с результатами задачи № 680. Сделайте выводы.

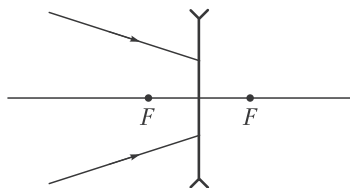


Рис. 177

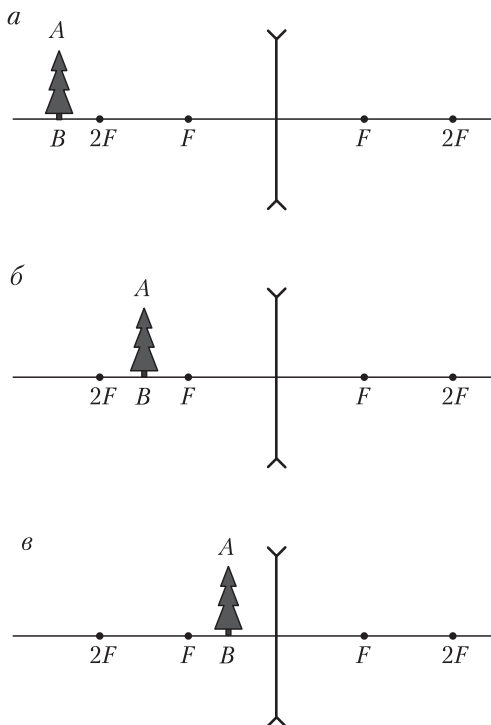


Рис. 178

**683.\*** Постройте изображение предмета  $AB$  (рис. 179) в собирающей тонкой линзе.

**684.\*** Определите положения точечного источника света и его изображения в собирающей тонкой линзе (рис. 180).

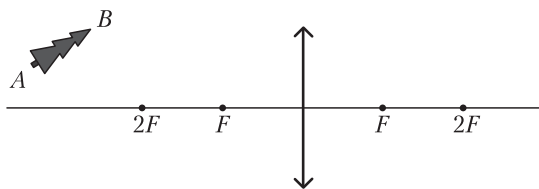


Рис. 179

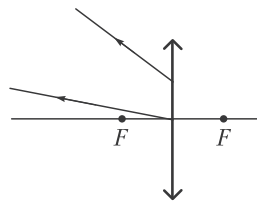


Рис. 180

**685.\*** Постройте изображение предмета  $AB$  (рис. 181) в собирающей тонкой линзе.

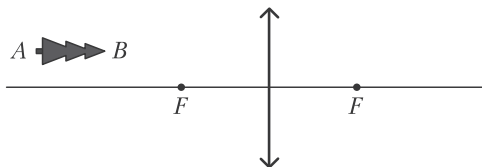


Рис. 181

**686.** Для каждого из четырех случаев (рис. 182) определите тип тонкой линзы, дающей изображение  $S'$  точечного источника света  $S$ . Определите построением положения оптического центра линзы и ее главных фокусов.

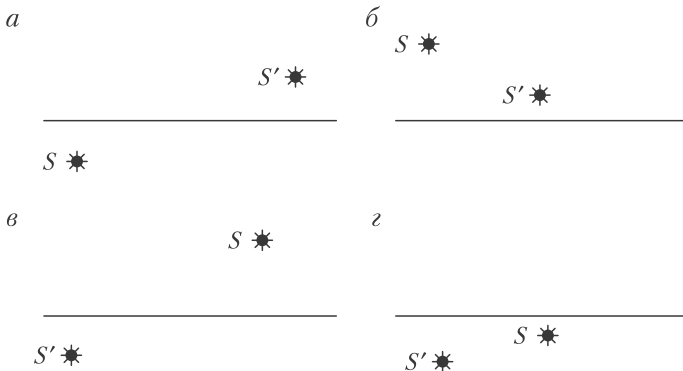


Рис. 182

**687.** Определите положения точечного источника света  $S$  и его изображения  $S'$  в тонкой стеклянной линзе (рис. 183).

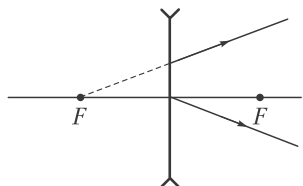


Рис. 183

**688.** Покажите ход световых лучей после их преломления в тонкой стеклянной линзе (рис. 184).

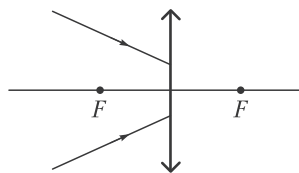


Рис. 184

**689.** Перевернутое, равное по величине предмету изображение, полученное с помощью тонкой линзы, оказалось на расстоянии  $f = 50$  см от линзы. Какую оптическую силу имеет линза?

**690.\*** Постройте изображение предмета  $AB$  в тонкой стеклянной линзе (рис. 185).

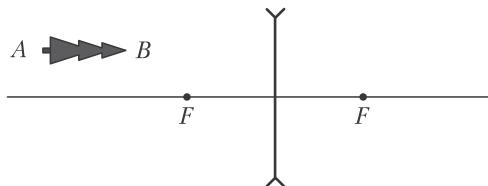


Рис. 185

**691.\*** Постройте изображение точечного источника света  $S$  в тонкой стеклянной линзе (рис. 186).

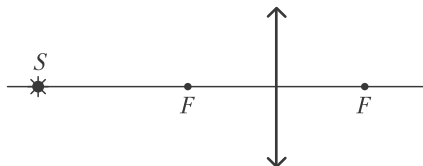


Рис. 186

**692.\*** Где и каким будет изображение точечного источника света  $S$ , расположенного на главной оптической оси тонкой стеклянной линзы (рис. 187, *a*, *б*)? Ответ подтвердите построением.

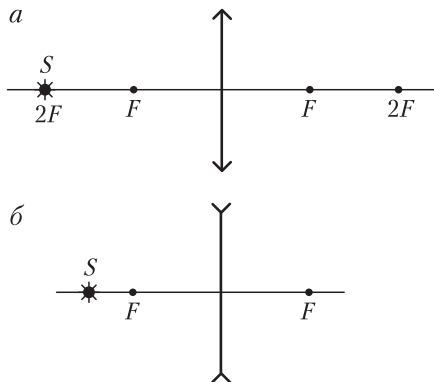


Рис. 187



**693.\*** Светящаяся точка  $S$ , ее изображение  $S'$  и оптический центр  $O$  находятся на главной оптической оси (рис. 188,  $a$ ,  $b$ ) тонкой стеклянной линзы. Определите местоположение главных фокусов. Какая это линза?

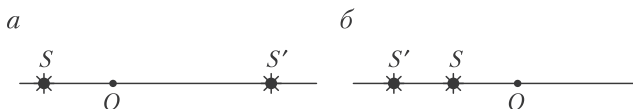


Рис. 188

**694.** Светящаяся стрелка расположена перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Ее изображение находится на расстоянии  $f = 40$  см от линзы и в 2 раза меньше самой стрелки. Определите расстояние от стрелки до линзы.

**695.** Изображение светящейся стрелки, расположенной перпендикулярно главной оптической оси тонкой стеклянной линзы, на экране в 3 раза больше самой стрелки. Фокусное расстояние линзы  $F = 15$  см. Определите расстояние от стрелки до экрана.

**696.** Муха находится на расстоянии  $d = 58$  см от объектива фотоаппарата с фокусным расстоянием  $F = 50$  мм. Определите расстояние от объектива до изображения мухи. Во сколько раз размеры изображения мухи отличаются от размеров самой мухи?

**697.** Ось  $Ox$  системы координат совпадает с главной оптической осью тонкой линзы. Определите увеличение линзы, если координаты точечного источника света  $(4, 8)$ , а его действительного изображения —  $(34, -16)$ .

**698.** Ось  $Ox$  системы координат совпадает с главной оптической осью тонкой линзы. Координаты точечного источника света  $(20, 18)$ , а его изображения в линзе —  $(35, 6)$ . Определите, какая это линза, какое изображение получено в линзе.

**699.\*** Ось  $Ox$  системы координат совпадает с главной оптической осью тонкой линзы. Определите координату оптического центра линзы, если точечный источник света имеет координаты  $(15, 4)$ , а его действительное изображение —  $(55, -12)$ .

**700.\*** Муравья рассматривают сверху через тонкую линзу с оптической силой  $D = +4,0$  дптр. Длина муравья  $l = 2,0$  мм, расстояние

от муравья до линзы  $d = 10$  см. Определите размеры изображения муравья и расстояние его от линзы.

**701.\*** На каком расстоянии от тонкой собирающей линзы с оптической силой  $D = 10$  дптр расположен перпендикулярно главной оптической оси предмет высотой  $h = 2,0$  см, если высота его изображения  $H = 4,0$  см? Чему равно расстояние от линзы до изображения?

**702.\*** Предмет, находящийся на расстоянии  $d = 15$  см от собирающей линзы, движется параллельно плоскости линзы и перпендикулярно главной оптической оси со скоростью, модуль которой  $v = 3,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Определите скорость движения предмета относительно его действительного изображения на экране, если экран расположен на расстоянии  $f = 45$  см от линзы.

**703.\*** Продолжения световых лучей, падающих на тонкую стеклянную линзу, пересекаются в точке  $A$  (рис. 189). Определите построением положение точки пересечения лучей после их преломления в линзе с известным положением фокусов.

**704.\*** Постройте изображение предмета  $AB$  (рис. 190) в тонкой стеклянной линзе с известным положением фокусов.

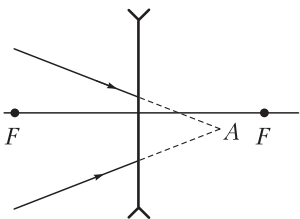


Рис. 189

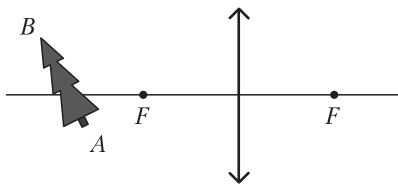


Рис. 190

**705.\*** Как нужно расположить две тонкие собирающие линзы, чтобы падающий на одну из них параллельный пучок световых лучей остался параллельным после преломления во второй линзе?

**706.** Предмет  $AB$  и его изображение в тонкой линзе  $A'B'$  расположены, как показано на рисунке 191. Где находятся оптический центр линзы и ее фокусы? Какая это линза?

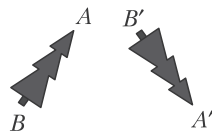


Рис. 191

**707.\*** На рисунке 192  $AA'$  — положение тонкой линзы,  $BB'B''$  — направление луча света. Построением определите дальнейший ход луча  $CC'$ , параллельного лучу  $B'B''$ . Собирающей или рассеивающей является линза?

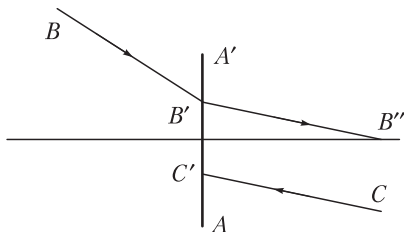


Рис. 192

**708.** Изменится ли изображение предмета, даваемое плосковыпуклой линзой, если линзу повернуть относительно вертикальной оси на угол  $\varphi = 180^\circ$ ?

**709.\*** Узкий параллельный пучок световых лучей падает на тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 6,0$  см под углом  $\alpha = 30^\circ$  к главной оптической оси. Найдите расстояние от точки, в которой сфокусируются преломленные лучи, до главной оптической оси.

**710.** (э) Бутылочка представляет собой воздушную цилиндрическую линзу. Может ли такая линза быть рассеивающей? Ответ подтвердите опытом. Оборудование: прозрачная бутылочка, лазерная указка, сосуд с водой.

**711.** (э) Из пластиковой бутылки сконструируйте воздушную двояковогнутую линзу (рис. 193). Может ли такая линза стать собирающей? Ответ подтвердите опытом. Оборудование: пластиковая бутылка, ножницы, пластилин (скотч), лазерная указка, прозрачный сосуд с водой.

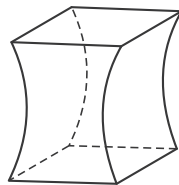


Рис. 193

**712.** (э) Экспериментально определите, какая из двух собирающих линз имеет большую оптическую силу. Оборудование: лист бумаги, две собирающие линзы с разными фокусными расстояниями, линейка.

## Глаз как оптическая система. Дефекты зрения. Очки

### Вопросы для самоконтроля

- Где находится изображение удаленных предметов в нормальном глазу?
- Где находится изображение удаленных предметов в глазу человека с недостатком зрения — близорукостью?
- Где находится изображение удаленных предметов в глазу человека с недостатком зрения — дальнозоркостью?

**713.** Прямое или перевернутое изображение предмета образуется на сетчатке глаза? Почему?

**714.** Будет ли близорукий человек, носящий очки, отчетливо видеть в этих очках предметы под водой? Ответ аргументируйте.

**715.** Каким дефектом зрения страдает человек, носящий очки, стекла-линзы которых имеют оптическую силу  $D = -2,5$  дптр?

**716.** Пловцы с нормальным зрением видят под водой далекие предметы размытыми. Объясните причину такого факта.

**717.**° Оцените размер изображения телевизора на сетчатке вашего глаза.

**718.** (э) Используя велосипедное колесо, надетое на ось (рис. 194), убедитесь в существовании инерции зрения.

**719.** (э) Пользуясь книгой и линейкой, экспериментально определите минимальное расстояние аккомодации глаза. Оборудование: книга, линейка.

**720.** (э) Посмотрите одним глазом на карандаш, расположенный на расстоянии 20–30 см от глаза на фоне удаленного предмета. Переведите взгляд на удаленный предмет и снова на карандаш. Объясните, почему в первом случае нечетко виден удаленный предмет, а во втором — карандаш.

**721.** (э) Используя зеркало, наблюдайте за изменением диаметра зрачка при аккомодации глаза. Объясните явление.

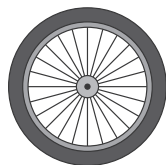


Рис. 194

# Ответы

## Тепловые явления

41.  $\Delta U = -455$  кДж; уменьшилась.

42.  $\Delta U = 2,76$  кДж; увеличилась.

43.  $Q = 20$  кДж;  $U_1 = 40$  кДж.

44.  $\Delta U = 72$  кДж.

87.  $Q = 230$  кДж.

88.  $Q = 50,4$  кДж.

89.  $c = 550 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

93.  $m = 1,0$  кг.

94.  $\rho = 0,90 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

95.  $V = 2,0$  л.

96.  $\Delta t = 10$  °С.

99.  $t_2 = 43$  °С.

103.  $t_1 = -10$  °С.

104.  $m = 6,7$  т.

105.  $t_3 = 94$  °С.

107.  $C = 150 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}$ ; нет.

108.  $t = \frac{3}{4} t_1$ .

111.  $\Delta t = 2,6$  °С.

112.  $h = 20$  м.

113. а)  $m_1 = 1$  кг; б)  $m_2 = 4,2$  кг;  
в)  $m_3 = 12$  кг.

114.  $\frac{c_1}{c_2} = 1,8$ ; ОЛОВО.

115.  $V = 5$  л.

116.  $t = 40$  °С.

119.  $m_2 = 2,4$  кг.

120.  $t = 45$  °С;  $m = 0,87$  кг.

121.  $t_3 = 35$  °С.

122.  $\frac{Q_1}{Q_2} = 0,25$ .

123. Медный.

128.  $Q = 22$  МДж.

129.  $m = 0,5$  мг.

130. Мазут.

131.  $m_2 = 29$  кг.

132.  $m = 4$  кг.

133.  $V_2 = 0,16$  м<sup>3</sup>.

134. Кокс.

135.  $q = 27 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .

136.  $V = 1,3$  л.

137.  $\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$ .

138.  $m_2 = 0,30$  т.

139. а) нет; б) да.

140.  $m = 263$  кг.

141. 1 – мазут,  $Q_1 = 88$  МДж;  
2 – торф,  $Q_2 = 33$  МДж.

142. Порох.

143.  $\frac{m_6}{m_c} = \frac{27}{46}$ .

144.  $\eta = 25$  %.

145.  $m_2 = 10$  г.

146.  $\langle P \rangle = 12$  кВт.

157.  $Q = 87$  Дж.

158.  $|Q| = 28$  кДж.

159. Свинец.  
 160.  $m = 4,0$  кг.  
 161.  $\rho = 905 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$ .  
 162.  $V = 1$  л.  
 163. 1 – свинец, 2 – ртуть;  
 $|Q| = 75$  кДж.  
 164. Свинец.  
 166.  $m_1 = 0,19$  кг.  
 167. Свинец,  $Q = 0,15$  МДж.  
 168.  $V = 66$  см<sup>3</sup>.  
 169. Нет.  
 170.  $\frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{л}}} = 0,28$ .  
 171.  $m = 0,83$  г.  
 172.  $V = 0,11$  м<sup>3</sup>.  
 173.  $t = 897$  °С.  
 174.  $t = 45$  °С.  
 176.  $m = 28$  г.  
 177.  $\frac{m_2}{m_1} = 0,06$ .  
 178.  $\frac{m_2}{m_1} = 0,13$ .  
 179.  $\tau_1 = 9,9$  мин.  
 180.  $P = 0,56$  кВт.  
 208.  $Q = 1$  кДж.  
 209.  $Q = 3,9$  МДж.  
 210.  $L = 0,20 \frac{\text{МДж}}{\text{КГ}}$ .  
 214.  $m = 0,5$  кг.  
 215.  $\rho = 72 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$ .  
 216.  $V = 0,84$  л.  
 217.  $m = 0,15$  кг.  
 218.  $m = 34$  г.

219. Ацетон;  $|Q| = 4,2$  МДж.  
 220.  $m = 81$  г.  
 221.  $\tau = 1$  ч.  
 222.  $m_2 = 0,15$  кг.  
 223.  $|Q| = 3,06$  МДж.  
 224.  $m_1 = 0,5$  кг.  
 225.  $m_2 = 75$  г.  
 226.  $Q = 1,3$  МДж.  
 227.  $q = 15 \frac{\text{МДж}}{\text{КГ}}$ .  
 229.  $t_3 = 100$  °С.  
 230.  $m = 16$  г.  
 232.  $Q = 1,2 \cdot 10^{21}$  Дж.  
 233.  $v = 1,0 \frac{\text{КМ}}{\text{С}}$ .

### Электромагнитные явления

255.  $q = 150e$ .  
 256.  $N = 4$ .  
 257.  $N_1 = 10$ ;  $N_2 = 10$ ;  
 $q_3 = 3,2 \cdot 10^{-17}$  Кл;  
 $q_4 = -4,8 \cdot 10^{-17}$  Кл.  
 258.  $N = 5 \cdot 10^{18}$ .  
 259.  $N = 8,0 \cdot 10^7$ .  
 260.  $N = 2,0 \cdot 10^7$ .  
 261.  $q' = 2q$ .  
 262.  $q'_1 = q'_2 = 4,0$  мКл.  
 263.  $q_1 = q_2 = 2,4 \cdot 10^{-17}$  Кл;  
 $N = 50$ .  
 282.  $q = 1,6 \cdot 10^{10}$  Кл.  
 283.  $\Delta m = 1,5 \cdot 10^{-26}$  кг.  
 284.  $q = 4,8 \cdot 10^{-16}$  Кл.  
 295.  $U = 30$  В.  
 296.  $A = 0,12$  кДж.

297.  $q = 1,8 \cdot 10^{-2}$  Кл;

$N = 1 \cdot 10^{17}$ .

298. В 1,73 раза.

299. В 3 раза.

300.  $v = 12 \cdot 10^3 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ .

301.  $U = 0,46$  В.

323.  $t = 600$  с = 10 мин.

324.  $q = 1,8$  кКл.

325.  $I = 0,35$  А;  $\Delta t = 2,0$  мин;

$q = 144$  Кл.

326.  $\frac{I_2}{I_1} = 3$ .

327.  $A = 4,8$  кДж.

328.  $I = 0,16$  А.

329.  $m = 2,5 \cdot 10^{-8}$  кг.

330.  $q = 25$  Кл.

333.  $U = 12$  В.

336.  $R = 0,44$  кОм.

337.  $I = 2,75$  А.

338.  $U = 7,8$  мВ.

339.  $I = 0,5$  А.

340. В 2 раза.

341. В 1,8 раза.

342.  $R = 1,6$  кОм.

343.  $\langle R \rangle = 3,1$  Ом.

344.  $U = 3,0$  В.

345.  $R = 3,0$  Ом; уменьшится;  
увеличится;  $I = 1,0$  А.

346.  $U = 2,5$  В.

349.  $I_a = 0,2$  А.

350.  $R_2 = 0,04$  Ом.

351. Второго; в 1,5 раза.

352.  $\frac{R_1}{R_2} = 4$ .

353.  $q = 2,7 \cdot 10^3$  Кл.

354.  $R = 220$  Ом.

355.  $U = 2,7$  мВ.

356.  $N = 5,6 \cdot 10^{20}$ .

361.  $l = 72$  м.

362. Никелин.

363.  $R = 1,7$  Ом;  $l = 20$  м;

$S = 0,25$  мм<sup>2</sup>;  $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ .

364.  $\frac{R_1}{R_2} = 4$ .

365.  $\frac{R_1}{R_2} = 3$ .

366. В 9 раз.

367. Уменьшится в 4 раза.

368. Увеличилось в 16 раз.

369.  $R_2 = \frac{R_1}{1,5} = 16$  Ом.

370.  $l_2 = 4$  м.

371.  $\frac{R_{\text{ж}}}{R_{\text{ал}}} = 1,2$ .

372.  $\frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{ж}}} = 176$ .

373.  $S_2 = 1,2$  мм<sup>2</sup>.

374.  $d = 2\sqrt{\frac{\rho l}{\pi R}} = 0,067$  мм.

375.  $S = \sqrt{\frac{\rho m}{DR}} = 0,98$  мм<sup>2</sup>.

376.  $R = \frac{\rho l^2 D}{m} = 0,39$  Ом.

377.  $U = 50$  В.

378.  $I = 1,4$  А.

379.  $l = 4,5$  м.

$$380. m = \frac{\rho l^2 DI}{U} = 3,0 \text{ кг.}$$

$$382. R = 13,5 \text{ Ом.}$$

$$383. R_{1-3-4} = 14 \text{ Ом.}$$

$$386. R = 32 \text{ Ом.}$$

$$387. U = 4,0 \text{ В.}$$

$$388. I = 0,10 \text{ А.}$$

$$389. U = 108 \text{ В.}$$

$$390. \frac{U_1}{U_2} = 4$$

$$391. U = 14,8 \text{ В, } U_1 = 10,0 \text{ В,}$$

$$U_2 = 4,80 \text{ В.}$$

$$392. U_2 = 15 \text{ В.}$$

$$394. R_{\text{мин}} = 40 \text{ Ом, } R_{\text{макс}} = 55 \text{ Ом.}$$

$$396. I_{\text{м}} = I_{\text{ж}}, \frac{U_{\text{ж}}}{U_{\text{м}}} = 5,9.$$

$$397. N = 74.$$

$$398. I_0 = 0,27 \text{ А. Не перегорит.}$$

$$399. I = 2,0 \text{ А, } R_1 = 15 \text{ Ом,}$$

$$R_2 = 5 \text{ Ом.}$$

$$400. U_1 = 6,0 \text{ В, } U_2 = 24 \text{ В,}$$

$$U_3 = 5,0 \text{ В, } R_3 = 10 \text{ Ом.}$$

$$401. I_0 = 1,5 \text{ А, } U_2 = 6,0 \text{ В.}$$

$$402. I_0 = 0,30 \text{ А, } U_0 = 6,0 \text{ В.}$$

$$403. R \geq 55 \text{ Ом.}$$

$$404. I = \frac{I_1 I_2}{I_1 + I_2} = 0,75 \text{ А.}$$

$$405. R_1 : R_2 : R_3 = 3 : 1 : 4.$$

410. При последовательном соединении; в 4 раза.

$$411. 4.$$

412. Можно в схемах *a* и *в*.

413. В схемах *б* и *г*.

$$416. I = 1,6 \text{ А.}$$

$$417. \frac{I_2}{I_1} = 4$$

418. Уменьшатся в 2 раза.

$$419. R_0 = 1,5 \text{ Ом.}$$

$$420. R_{\text{макс}} = 62 \text{ Ом, } R_{\text{мин}} = 6 \text{ Ом.}$$

$$422. \text{ а) } U = 8,0 \text{ В; б) } U = 10 \text{ В.}$$

$$423. I_2 = 1,0 \text{ А.}$$

$$424. I_0 = 1,8 \text{ А, } I_1 = 1,2 \text{ А,}$$

$$I_2 = 0,60 \text{ А.}$$

$$425. N = 20.$$

$$426. R_0 = 16 \text{ Ом.}$$

427. В случае а).

$$428. R_0 = 4,0 \text{ Ом.}$$

$$429. \frac{R_a}{R_b} = 1,3.$$

$$430. I_3 = 0,50 \text{ А.}$$

$$432. U_3 = U_4 = 6,0 \text{ В.}$$

$$433. R_0 = 13 \text{ Ом, } I_6 = 1,0 \text{ А.}$$

$$434. \text{ а) } R = 3,0 \text{ Ом; б) } R = 6,0 \text{ Ом;}$$

$$\text{ в) } R = 1,0 \text{ Ом.}$$

$$435. R = 4,8 \text{ Ом.}$$

$$436. R = 3,0 \text{ Ом.}$$

$$437. R_0 = 10 \text{ Ом.}$$

$$438. \frac{I_{\text{м}}}{I_{\text{ж}}} = 5,9.$$

$$439. I = 1,2 \text{ А.}$$

$$440. R = 0,1 \text{ Ом.}$$

$$441. R_0 = 6,0 \text{ Ом.}$$

$$442. R_0 = 4,2 \text{ Ом.}$$

$$443. I_3 = 0,4 \text{ А; } I_1 = I_2 = 0,2 \text{ А;}$$

$$I = 0,6 \text{ А.}$$

$$444. R_4 = 2,0 \text{ Ом.}$$

$$445. R_0 = 7,0 \text{ Ом, } U_0 = 21 \text{ В,}$$

$$U_1 = 12 \text{ В, } U_2 = U_3 = U_4 = 9,0 \text{ В.}$$

$$446. U_0 = 0,12 \text{ кВ.}$$



447.  $U_0 = 12$  В;  $U_1 = 8,9$  В;  
 $U_2 = 1,8$  В;  $U_3 = 1,3$  В;  $U_4 = 2,1$  В;  
 $U_5 = 1,0$  В.

448.  $I_5 = 1,5$  А.

449.  $I_1 = I_2 = I_3 = 0,30$  А,  
 $I_4 = I_5 = 0,45$  А,  $I_6 = 0,90$  А.

450.  $U_0 = 12$  В.

451.  $R_1 = 60$  Ом,  $R_2 = 40$  Ом.

459.  $A = 31$  кДж.

460.  $P = 0,68$  Вт.

461.  $Q = 605$  кДж.

462.  $A_{\Gamma} = 0,27$  кДж,  
 $A_{\text{л}} = 0,18$  кДж,  $A = 0,45$  кДж.

463.  $A_{\text{пол}} = 1,0$  МДж.

466.  $\tau = \frac{cDl^2\rho\Delta t}{U^2} = 2$  мин.

467.  $P_2 = 15$  Вт.

468.  $m = 2,9$  кг.

469.  $\tau_1 = 15$  мин.

470.  $P = 0,1$  кВт.

471.  $I = 0,68$  А,  $U_1 = U_2 = 11$  В.

473.  $\frac{R_1}{R_2} = 2$ .

474.  $P = 6,1$  Вт,  $A = 5,5$  кДж.

475.  $l = 29$  м.

476.  $U_1 = 4,8$  В,  $U_2 = 9,6$  В;  $\frac{Q_2}{Q_1} = 2$ .

477.  $I_1 = 0,50$  А,  $I_2 = 2,0$  А;

$\frac{Q_2}{Q_1} = 4$ .

478. Вторая; первая.

479.  $P'_2 = 19$  Вт.

481. Алюминиевая.

486.  $P = 1,3$  Вт.

487.  $P_6 = 0,31$  кВт.

488. Увеличилась:  $P_2 = 1,2P_1$ .

489.  $\tau = 15$  мин.

490.  $U = 219$  В.

491. а)  $\tau_3 = \tau_1 + \tau_2 =$   
 $= 25$  мин;

б)  $\tau_4 = \frac{\tau_1 \cdot \tau_2}{\tau_1 + \tau_2} = 6,0$  мин.

492.  $m_2 = 11$  г.

493.  $\eta = 91$  %.

494.  $I = 2,0$  А.

495.  $R_1 = 24$  Ом.

### Световые явления

554.  $t = 1,28$  с.

555.  $N = \frac{ct}{l} = 7,5$ .

579.  $l = \frac{Ld}{D} = 1,0$  м.

580.  $h_6 = h_{\text{л}} \frac{l_6}{l_{\text{л}}} = 7,8$  м.

581.  $l_{\text{я}} = l_{\text{с}} \frac{h_{\text{я}}}{h_{\text{с}}} = 1,3$  м.

609. 3.

610. 2.

611. Бесконечное множество изображений.

612.  $\alpha = 60^\circ$ .

613.  $l = 40$  см.

617.  $x = \frac{\Delta l}{2} = 20$  см (от зеркала).

618.  $x = 2\Delta l = 30$  см.

619.  $v_1 = 2v = 4,0 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ .

620.  $v_1 = \frac{v}{4} = 0,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ .

621.  $\alpha = 75^\circ$ .

622.  $\alpha = 15^\circ$ .

623.  $\alpha = 34^\circ$ .

624.  $\alpha = 56^\circ$ .

625.  $\beta = 65^\circ$ .

626.  $\varphi = 112^\circ$ .

630. а)  $\gamma_1 = 30^\circ$ ;  $\gamma_2 = 40^\circ$ ;

б)  $\gamma_1 = 10^\circ$ ;  $\gamma_2 = 0^\circ$ .

632.  $v = \sqrt{v_2^2 + (2v_1)^2} = 5,0 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ .

633.  $v_2 = 0,9 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ .

652. а)  $D = 5,0$  дптр;

б)  $D = -10$  дптр.

653. а)  $F = 40$  см; б)  $F = -5$  см.

654.  $F_1 > F_2$ .

655.  $F_1 < |F_2|$ .

689.  $D = 4$  дптр.

694.  $d = 80$  см.

695.  $L = 80$  см.

696.  $f = 5,5$  см;  $\frac{H}{h} = 0,09$ .

697.  $k = \frac{|y_2|}{y_1} = 2$ .

698. Мнимое, прямое, уменьшенное в 3 раза изображение.

699.  $x_0 = 25$ .

700.  $H = 3,3$  мм;  $d = 17$  см.

701.  $f = F \left( \frac{H}{h} + 1 \right) = 30$  см;

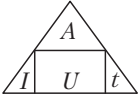
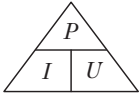
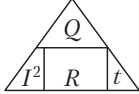
$d = f \frac{h}{H} = 15$  см.

702.  $v_{\text{отн}} = 12 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ .

709.  $l = 3,5$  см.

Основные формулы и «треугольники памяти»

№ п/п	Физическая величина, закон	Формула	«Треугольник памяти»
1	Удельная теплоемкость	$c = \frac{Q}{m\Delta t}$	
2	Удельная теплота сгорания топлива	$q = \frac{Q}{m}$	
3	Удельная теплота плавления	$\lambda = \frac{Q}{m}$	
4	Удельная теплота парообразования	$L = \frac{Q}{m}$	
5	Заряд тела	$q = eN$	
6	Работа в электрическом поле	$A = qU$	
7	Сила электрического тока	$I = \frac{q}{t}$	
8	Закон Ома	$I = \frac{U}{R}$	
9	Сопротивление проводника	$R = \rho \frac{l}{S}$	

№ П/П	Физическая величина, закон	Формула	«Треугольник памяти»
10	Работа электрического тока	$A = IUt$	
11	Мощность электрического тока	$P = IU$	
12	Закон Джоуля – Ленца	$Q = I^2 Rt$	

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	I A	
	1	
1	1,00794 <b>1 H</b> ВОДОРОД	II A
		2
2	6,941 <b>3 Li</b> ЛИТИЙ	9,01218 <b>4 Be</b> БЕРИЛЛИЙ
3	22,9898 <b>11 Na</b> НАТРИЙ	24,3050 <b>12 Mg</b> МАГНИЙ
4	39,0983 <b>19 K</b> КАЛИЙ	40,078 <b>20 Ca</b> КАЛЬЦИЙ
5	85,4678 <b>37 Rb</b> РУБИДИЙ	87,62 <b>38 Sr</b> СТРОНЦИЙ
6	132,905 <b>55 Cs</b> ЦЕЗИЙ	137,327 <b>56 Ba</b> *
7	[223] <b>87 Fr</b> ФРАНЦИЙ	[226] <b>88 Ra</b> **

III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	
3	4	5	6	7	8	9
44,9559 <b>21 Sc</b> СКАНДИЙ	47,867 <b>22 Ti</b> ТИТАН	50,9415 <b>23 V</b> ВАНАДИЙ	51,9961 <b>24 Cr</b> ХРОМ	54,9380 <b>25 Mn</b> МАРГАНЕЦ	55,845 <b>26 Fe</b> ЖЕЛЕЗО	58,9332 <b>27 Co</b> КОБАЛЬТ
88,9058 <b>39 Y</b> ИТТРИЙ	91,224 <b>40 Zr</b> ЦИРКОНИЙ	92,9064 <b>41 Nb</b> НИОБИЙ	95,96 <b>42 Mo</b> МОЛИБДЕН	[98] <b>43 Tc</b> ТЕХНЕЦИЙ	101,07 <b>44 Ru</b> РУТЕНИЙ	102,905 <b>45 Rh</b> РОДИЙ
174,967 <b>71 Lu</b> ЛЮТЕЦИЙ	178,49 <b>72 Hf</b> ГАФНИЙ	180,948 <b>73 Ta</b> ТАНТАЛ	183,84 <b>74 W</b> ВОЛЬФРАМ	186,207 <b>75 Re</b> РЕНИЙ	190,23 <b>76 Os</b> ОСМИЙ	192,217 <b>77 Ir</b> ИРИДИЙ
[262] <b>103 Lr</b> ЛОУРЕНСИЙ	[261] <b>104 Rf</b> РЕЗЕРФОРДИЙ	[262] <b>105 Db</b> ДУБНИЙ	[266] <b>106 Sg</b> СИБОРГИЙ	[271] <b>107 Bh</b> БОРИЙ	[277] <b>108 Hs</b> ХАССИЙ	[268] <b>109 Mt</b> МЕЙТНЕРИЙ

\* ЛАНТАНОИДЫ

138,905 <b>57 La</b> ЛАНТАН	140,116 <b>58 Ce</b> ЦЕРИЙ	140,908 <b>59 Pr</b> ПРАЗЕОДИМ	144,242 <b>60 Nd</b> НЕОДИМ	[145] <b>61 Pm</b> ПРОМЕТИЙ	150,36 <b>62 Sm</b> САМАРИЙ	151,964 <b>63 Eu</b> ЕВРОПИЙ
[227] <b>89 Ac</b> АКТИНИЙ	232,038 <b>90 Th</b> ТОРИЙ	231,036 <b>91 Pa</b> ПРОТАКТИНИЙ	238,029 <b>92 U</b> УРАН	[237] <b>93 Np</b> НЕПУНИЙ	[239] <b>94 Pu</b> ПЛУТОНИЙ	[243] <b>95 Am</b> АМЕРИЦИЙ

\*\* АКТИНОИДЫ

										VIII A	
										18	
										4,00260	
										2 He	
										ГЕЛИЙ	
										20,1797	
										10 Ne	
										НЕОН	
										39,948	
										18 Ar	
										АРГОН	
										83,798	
										36 Kr	
										КРИПТОН	
										131,293	
										54 Xe	
										КСЕНОН	
										[222]	
										86 Rn	
										РАДОН	
										[294]	
										118 Og	
										ОГАНЕСОН	

			III A	IV A	V A	VI A	VII A				
			13	14	15	16	17				
			10,811	12,0107	14,0067	15,9994	18,9984				
			5 B	6 C	7 N	8 O	9 F				
			БОР	УГЛЕРОД	АЗОТ	КИСЛОРОД	ФТОР				
			26,9815	28,0855	30,9738	32,065	35,453				
			13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl				
			АЛЮМИНИЙ	КРЕМНИЙ	ФОСФОР	СЕРА	ХЛОР				
10	I B	II B									
11	12										
58,6934	63,546	65,38	69,723	72,63	74,9216	78,96	79,904	83,798			
28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr			
НИКЕЛЬ	МЕДЬ	ЦИНК	ГАЛЛИЙ	ГЕРМАНИЙ	МЫШЬЯК	СЕЛЕН	БРОМ	КРИПТОН			
106,42	107,868	112,411	114,818	118,710	121,760	127,60	126,904	131,293			
46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe			
ПАЛЛАДИЙ	СЕРЕБРО	КАДМИЙ	ИНДИЙ	ОЛОВО	СУРЬМА	ТЕЛЛУР	ИОД	КСЕНОН			
195,084	196,967	200,59	204,383	207,2	208,980	[209]	[211]	[222]			
78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn			
ПЛАТИНА	ЗОЛОТО	РТУТЬ	ТАЛЛИЙ	СВИНЕЦ	ВИСМУТ	ПОЛОНИЙ	АСТАТ	РАДОН			
[271]	[282]	[285]	[286]	[289]	[289]	[293]	[294]	[294]			
110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og			
ДАРМШТАДИЙ	РЕНТГЕНИЙ	КОПЕРНИЦИЙ	НИХОНИЙ	ФЛЁРОВИЙ	МОСКОВИЙ	ЛИВЕРМОРИЙ	ТЕННЕСИЙ	ОГАНЕСОН			

157,25	158,925	162,500	164,930	167,259	168,934	173,054		
64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
ГАДОЛИНИЙ	ТЕРБИЙ	ДИСПРОЗИЙ	ГОЛЬМИЙ	ЭРБИЙ	ТУЛИЙ	ИТТЕРБИЙ		
[247]	[247]	[249]	[252]	[257]	[258]	[259]		
96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		
КЮРИЙ	БЕРКЛИЙ	КАЛИФОРНИЙ	ЭЙНШТЕЙНИЙ	ФЕРМИЙ	МЕНДЕЛЕВИЙ	НОБЕЛИЙ		

**Плотность твердых, жидких и газообразных веществ**  
(при нормальном атмосферном давлении)

Вещество	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Вещество	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Вещество в твердом состоянии при 20 °С					
Осьмий	22 600	22,6	Мрамор	2700	2,7
Иридий	22 400	22,4	Стекло оконное	2500	2,5
Платина	21 500	21,5	Фарфор	2300	2,3
Золото	19 300	19,3	Бетон	2300	2,3
Свинец	11 300	11,3	Соль поваренная	2200	2,2
Серебро	10 500	10,5	Кирпич	1800	1,8
Медь	8900	8,9	Оргстекло	1200	1,2
Латунь	8500	8,5	Капрон	1100	1,1
Сталь, железо	7800	7,8	Полиэтилен	920	0,92
Олово	7300	7,3	Парафин	900	0,90
Цинк	7100	7,1	Лед	900	0,90
Чугун	7000	7,0	Дуб (сухой)	700	0,70
Корунд	4000	4,0	Сосна (сухая)	400	0,40
Алюминий	2700	2,7	Пробка	240	0,24
Жидкость при 20 °С					
Ртуть	13 600	13,60	Керосин	800	0,80
Серная кислота	1800	1,80	Спирт	800	0,80
Глицерин	1200	1,20	Нефть	800	0,80
Вода морская	1030	1,03	Ацетон	790	0,79
Вода	1000	1,00	Бензин	710	0,71
Масло подсолнечное	930	0,93	Жидкое олово (при $t = 400$ °С)	6800	6,80
Масло машинное	900	0,90	Жидкий воздух (при $t = -194$ °С)	860	0,86
Газ при 0 °С					
Хлор	3,210	0,00321	Оксид углерода (II) (угарный газ)	1,250	0,00125
Оксид углерода (IV) (углекислый газ)	1,980	0,00198	Природный газ	0,800	0,0008
Кислород	1,430	0,00143	Водяной пар (при $t = 100$ °С)	0,590	0,00059
Воздух	1,290	0,00129	Гелий	0,180	0,00018
Азот	1,250	0,00125	Водород	0,090	0,00009

# Содержание

Предисловие .....	3
-------------------	---

## Тепловые явления

1. Тепловое движение частиц .....	4
2. Внутренняя энергия. Способы изменения внутренней энергии .....	5
3. Виды теплопередачи .....	9
4. Расчет количества теплоты при нагревании и охлаждении. Удельная теплоемкость .....	12
5. Горение. Удельная теплота сгорания топлива .....	20
6. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления .....	24
7. Испарение жидкостей. Факторы, влияющие на скорость испарения .....	33
8. Кипение жидкостей. Удельная теплота парообразования .....	35

## Электромагнитные явления

9. Электризация тел. Взаимодействие зарядов. Проводники и диэлектрики. Элементарный заряд .....	43
10. Строение атома. Ионы .....	48
11. Электрическое поле. Электрическое напряжение. Расчет работы в электрическом поле .....	50
12. Электрический ток. Источники тока. Сила и направление электрического тока. Электрическая цепь. Измерение силы тока и напряжения .....	54
13. Связь силы тока и напряжения. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Единица сопротивления .....	60
14. Расчет сопротивления проводника .....	65
15. Последовательное соединение проводников. Реостат .....	69
16. Параллельное соединение проводников .....	76
17. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца .....	88
18. Постоянные магниты. Магнитное поле .....	97
19. Магнитное поле тока. Магнитные поля прямого проводника и катушки с током. Электромагнит .....	99



## Световые явления

20. Источники света. Скорость света. Прямолинейность распространения света .....	104
21. Отражение света. Зеркала. Изображение в плоском зеркале .....	109
22. Преломление света. Линзы. Оптическая сила линзы .....	116
23. Построение изображений в тонких линзах .....	121
24. Глаз как оптическая система. Дефекты зрения. Очки .....	131
Ответы .....	132
Приложение .....	138