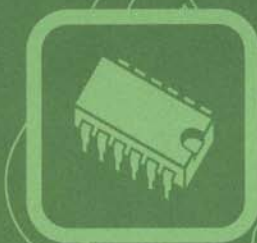


Федеральный комплект учебников



Учебное пособие



Начальное
профессиональное
образование

Радиоэлектроника

Г. В. Ярочкина

Электро- материаловедение

Рабочая тетрадь

УДК 621.3:620.22(075.32)

ББК 31.2я722

Я769

Рецензенты:

преподаватель спецпредметов высшей категории Строительного колледжа № 26 г. Москвы

В. В. Дьяков;

директор ГОУ СПО Колледжа связи № 54 г. Москвы *И. А. Павлюк*

Ярочкина Г. В.

Я769 Электроматериаловедение. Рабочая тетрадь : учеб. пособие для нач. проф. образования / Г. В. Ярочкина. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 80 с.

ISBN 978-5-7695-4269-5

Рабочая тетрадь содержит вопросы, упражнения и тесты, которые помогут учащимся выработать соответствующие навыки определения характеристик материалов, применяемых в электронике и электротехнике, закрепить теоретические знания, полученные на занятиях.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 621.3:620.22(075.32)

ББК 31.2я722

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Ярочкина Г. В., 2008

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-4269-5

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Механические характеристики

Электротехнические материалы — это специальные материалы, из которых изготавливают электрические машины, аппараты, приборы и другие элементы электрооборудования и электроустановок.

Величины, с помощью которых оценивают те или иные свойства материалов, называют *характеристиками*.

Чтобы досконально оценить свойства того или иного электротехнического материала, необходимо знать его механические, электрические, тепловые и физико-химические характеристики, а у магнитных материалов надо знать еще и магнитные характеристики, которые позволяют оценить их магнитные свойства.

К основным механическим характеристикам материалов относятся:
разрушающее напряжение при растяжении, Н/м²,

$$\sigma_p = P_p/S_0,$$

где P_p — разрушающее усилие при растяжении образца материала, Н; S_0 — площадь поперечного сечения образца до испытания, м²;

разрушающее напряжение при сжатии, Н/м²,

$$\sigma_c = P_c/S_0,$$

где P_c — разрушающее усилие при сжатии образца материала, Н;

разрушающее напряжение при статическом изгибе, Н/м²,

$$\sigma_{и} = 1,5P_{и}L/(bh^2),$$

где $P_{и}$ — разрушающее усилие при статическом изгибе, Н; L — расстояние между опорами в испытательной машине, м; b , h — соответственно ширина и толщина образца, м;

ударная вязкость, Дж/м²,

$$\alpha = \Delta A/S_0,$$

где ΔA — работа, совершенная маятником при разрушении образца.

Выполните задания

1.1. Определите разрушающее напряжение при растяжении опытного образца с площадью поперечного сечения до испытания 10 см², если разрушающее усилие при растяжении образца материала составляет 200 Н.

Решение:																				
Ответ:																				

1.2. Определите площадь поперечного сечения образца до испытания, если известно, что разрушающее усилие при растяжении опытного образца равно 200 Н, а разрушающее напряжение при растяжении этого образца составляет 3 000 Н/м².

Решение:																				
Ответ:																				

1.3. Определите разрушающее напряжение при сжатии опытного образца цилиндрической формы высотой 15 мм и диаметром 10 мм, если разрушающее усилие при сжатии составляет 200 Н.

Решение																				
Ответ																				

1.4. Определите разрушающее усилие при сжатии опытного образца цилиндрической формы высотой 20 мм, диаметром 10 мм, если разрушающее напряжение при сжатии материала образца составляет 2 000 Н/м².

Решение:																				
Ответ:																				

1.5. Определите разрушающее напряжение материала при статическом изгибе опытного образца шириной 5 мм, толщиной 4 мм, если расстояние между стальными опорами в испытательной машине равно 50 см, а изгибающее усилие составляет 200 Н.

Решение:																				
Ответ:																				

1.6. Определите ударную вязкость испытуемого материала, если работа, затраченная маятником на разрушение образца, составляет 120 Дж, а площадь образца равна 20 см².

Решение:																				
Ответ:																				

Ответьте на вопросы

1.7. Как ударная вязкость испытуемого материала зависит от хрупкости этого материала?

Ответ:																				

1.8. Образцы какой формы используются для определения разрушающего напряжения при растяжении?

Ответ:																				

1.9. Образцы какой формы используются для определения разрушающего напряжения при сжатии?

Ответ:																				

1.10. Образцы какой формы используются для определения разрушающего напряжения при статическом изгибе?

Ответ:																				

Выберите правильный ответ

1.11. Для определения разрушающего напряжения материала при статическом изгибе используют формулу:

A. $\sigma_{и} = 1,5P_{и}L/(bh^2)$;

B. $\sigma_{и} = 1,5P_{и}/(Lbh^2)$;

C. $\sigma_{и} = 1,5P_{и}Lb/h^2$.

1.2. Электрические характеристики

К основным электрическим характеристикам материалов относятся: удельное электрическое сопротивление, Ом · м или Ом · мм²/м,

$$\rho = RS/l,$$

где R — общее электрическое сопротивление образца материала, Ом; S — площадь образца материала, через который проходит ток проводимости, м² или мм², l — длина пути тока в образце, м;

температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°C,

$$K_{\rho} = (\rho_2 - \rho_1)/[\rho_1(t_2 - t_1)],$$

где ρ_1 , ρ_2 — удельные электрические сопротивления материала, Ом · м, соответственно при температурах t_1 (начальной) и t_2 , °C;

диэлектрическая проницаемость ϵ , определяющая способность диэлектрика образовывать электрическую емкость, Ф,

$$C = \epsilon_0 \epsilon S_k/h,$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная, равная $8,85419 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; S_k — площадь одной металлической обкладки конденсатора, м², h — толщина диэлектрика, м;

тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$, определяющий потери энергии в диэлектрике;

электрическая прочность, МВ/м,

$$E_{\text{пр}} = U_{\text{пр}}/h_{\text{пр}},$$

где $U_{\text{пр}}$ — напряжение, при котором наступает пробой диэлектрика МВ; $h_{\text{пр}}$ — толщина диэлектрика в месте пробоя, м.

Выберите правильный ответ

1.12. Чтобы оценить степень электропроводности того или иного материала, приходится определять:

A. Удельную электрическую проводимость;

B. Удельное электрическое сопротивление;

C. Электрическую прочность;

D. Все перечисленные характеристики.

1.13. У проводниковых и полупроводниковых материалов измеряют:

A. Удельное объемное сопротивление;

- В. Удельное поверхностное сопротивление;
 - С. Общее удельное сопротивление;
 - Д. Все перечисленные характеристики.
- 1.14.** Удельное сопротивление электротехнических материалов зависит:
- А. От площади образца материала;
 - В. От длины образца материала;
 - С. От температуры материала;
 - Д. От характеристик, не перечисленных в предыдущих ответах.
- 1.15.** Электрическая характеристика, позволяющая определить способность диэлектрика образовывать электрическую емкость:
- А. Полярная ионизация;
 - В. Электронная поляризация;
 - С. Диэлектрическая проницаемость;
 - Д. Тангенс угла диэлектрических потерь.
- 1.16.** Увеличение тангенса угла диэлектрических потерь неполярного диэлектрика обусловлено:
- А. Возрастанием тока проводимости диэлектрика;
 - В. Уменьшением тока проводимости диэлектрика;
 - С. Причиной, не перечисленной в предыдущих ответах.
- 1.17.** У полупроводников и диэлектриков с повышением температуры сопротивление:
- А. Уменьшается;
 - В. Увеличивается;
 - С. Не изменяется.
- 1.18.** Диэлектрическая проницаемость ϵ позволяет определить:
- А. Поляризацию диэлектрика;
 - В. Способность диэлектрика образовывать электрическую емкость;
 - С. Обе перечисленные характеристики.
- 1.19.** Диэлектрическая проницаемость электроизоляционных материалов зависит:
- А. От вида поляризации диэлектрика;
 - В. От емкости конденсатора;
 - С. От интенсивности процессов поляризации, протекающих в диэлектриках под действием приложенного напряжения;
 - Д. От характеристик, не перечисленных в предыдущих ответах.
- 1.20.** Диэлектрическая проницаемость электроизоляционных материалов изменяется в зависимости от следующего параметра:
- А. Температура;
 - В. Частота приложенного напряжения;
 - С. Оба перечисленных параметра.
- 1.21.** Диэлектрическая проницаемость у сегнетоэлектриков достигает:
- А. 3... 8;
 - В. 8... 20;
 - С. 1 500... 4 500.
- 1.22.** Диэлектрическая проницаемость у полярных диэлектриков достигает:
- А. 3... 8;
 - В. 8... 20;
 - С. 1 500... 4 500.

1.23. Потери энергии в диэлектрике называются:

- А. Электрические потери;
- В. Диэлектрические потери;
- С. Электронные потери;
- Д. Активные потери.

1.24. Активную мощность, Вт, теряемую в диэлектрике, работающем под переменным напряжением, рассчитывают по формуле:

- А. $P_a = U^2 f C \operatorname{tg} \delta$;
- В. $P_a = U^2 f / (C \operatorname{tg} \delta)$;
- С. $P_a = U^2 2 \pi f / (C \operatorname{tg} \delta)$;
- Д. $P_a = U^2 2 \pi f C \operatorname{tg} \delta$.

1.25. Увеличение тангенса угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg} \delta$) неполярного диэлектрика, а следовательно, и потерь энергии в нем обусловлено:

- А. Возрастанием тока проводимости в диэлектрике;
- В. Потерями энергии, затрачиваемой на поворот все большего числа полярных молекул;
- С. Напряжением, прикладываемым к диэлектрику;
- Д. Частотой переменного тока.

Ответьте на вопросы и выполните задания

1.26. В каких единицах в системе СИ измеряется электрическая проводимость?

Ответ:																			

1.27. Определите проводимость проводника, если его сопротивление равно 5 Ом?

Решение:																			
Ответ:																			

1.28. Проволока с площадью сечения 0,5 мм² и длиной 40 м имеет сопротивление 16 Ом. Определите материал, из которого она сделана.

Решение:																			
Ответ:																			

1.29. Определите проводимость материала, если его сопротивление равно 10 Ом.

Решение:																				
Ответ:																				

1.30. Определите сопротивление железной проволоки длиной 200 м с площадью сечения 5 мм².

Решение:																				
Ответ:																				

1.31. Определите проводимость куска медной проволоки сопротивлением 12 Ом.

Решение:																				
Ответ:																				

1.32. На рис. 1.1 изобразите графические зависимости удельного сопротивления проводников, полупроводников и диэлектриков от температуры.

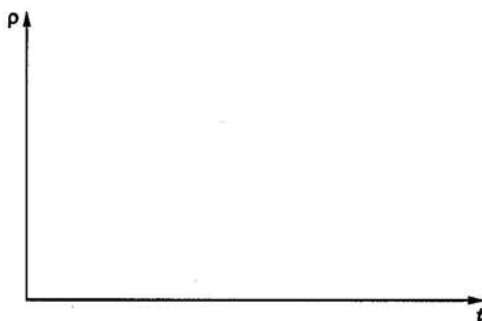


Рис. 1.1. Зависимости удельного сопротивления проводников, полупроводников и диэлектриков от температуры

1.33. Как определить длину мотка медной проволоки, не разматывая его?

Ответ:																				

1.34. Длину и диаметр проводника увеличили в 2 раза. Как изменилась его проводимость?

Решение:																				
Ответ:																				

1.35. Во сколько раз увеличится сопротивление линии, если медный провод заменить стальным такой же длины и такого же поперечного сечения?

Решение:																				
Ответ:																				

1.36. Зависит ли сопротивление катушки, изготовленной из медного провода, от величины приложенного к ней напряжения?

Ответ:																				

1.37. Медный и стальной провода имеют одинаковые диаметр и длину. Какой из проводов сильнее нагревается при одной и той же силе тока?

Решение:																				
Ответ:																				

1.38. При температуре 0°C сопротивление медного провода равно $1,2\ \text{Ом}$. Каким будет сопротивление этого провода при температуре 100°C ?

Решение:																				
Ответ:																				

1.39. Обмотка трансформатора, изготовленная из медного провода, в нерабочем состоянии при температуре 15°C имела сопротивление $2\ \text{Ом}$. В ходе работы сопротивление ее стало равным $2,48\ \text{Ом}$. Определите температуру обмотки в рабочем состоянии. Температурный коэффициент меди $0,004^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Решение:																				
Ответ:																				

1.40. Перечислите четыре основных вида поляризации диэлектриков.

1.																				
2.																				
3.																				
4.																				

1.41. Дайте определение различным видам поляризации диэлектриков.

<i>Электронная поляризация — это</i>																				
<i>Ионная поляризация — это</i>																				
<i>Спонтанная поляризация — это</i>																				

1.42. Определите, какая из зависимостей на рис. 1.2 (1 или 2) соответствует полярному диэлектрику, а какая — неполярному.

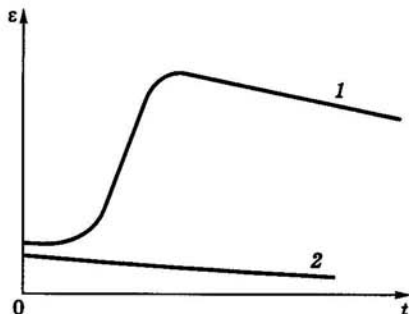


Рис. 1.2. Зависимости диэлектрической проницаемости полярного и неполярного диэлектриков от температуры

Ответ:																				

1.43. Определите, какая из зависимостей на рис. 1.3 (1 или 2) соответствует полярному диэлектрику, а какая — неполярному.

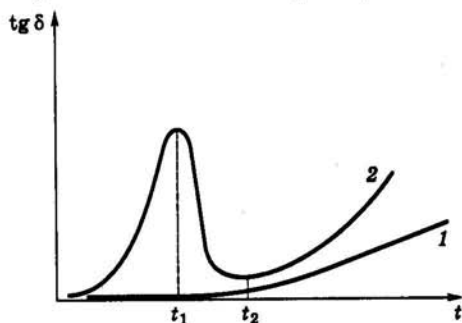


Рис. 1.3. Зависимости тангенса угла диэлектрических потерь полярного и неполярного диэлектриков от температуры

Ответ:																				

1.44. Дайте определение

<i>Электрическая прочность — это</i>																				

1.45. Определите электрическую прочность диэлектрика, если его толщина в месте пробоя составляет 10 см, а пробивное напряжение, при котором наступает пробой, равно 500 кВ.

Решение:																				
Ответ:																				

1.46. Определите пробивное напряжение, при котором наступает пробой диэлектрической пластины толщиной 5 мм, имеющей электрическую прочность $E_{пр} = 3\,000$ кВ/м.

Решение:																				
Ответ:																				

1.47. На рис. 1.4 изобразите графическую зависимость электрической прочности от температуры диэлектрика (при тепловом пробое). Дайте объяснение этой зависимости.

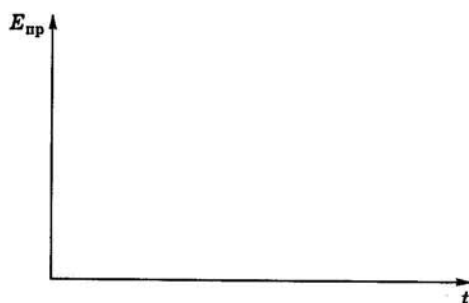


Рис. 1.4. Зависимость электрической прочности от температуры диэлектрика (при тепловом пробое)

1.3. Тепловые характеристики

Тепловые характеристики позволяют оценить поведение электроизоляционных материалов при нагревании. Это имеет важное значение, так как большинство электроизоляционных материалов в электрических машинах и аппаратах работает при повышенных температурах.

К основным тепловым характеристикам материалов относятся:

- температура плавления;*
- температура размягчения;*
- нагревостойкость;*
- холодостойкость;*
- температура вспышки паров.*

Ответьте на вопросы

1.48. У каких материалов определяется температура плавления?

Ответ:																				

1.49. В чем отличие аморфных материалов от кристаллических?

Ответ:																			

1.50. Почему нельзя применять материалы при температурах, близких к температуре размягчения?

Ответ:																			

1.51. В чем отличие теплостойкости материала от его нагревостойкости?

Ответ:																			

1.52. Что происходит с диэлектрическими материалами при низких температурах?

Ответ:																			

1.53. Каким параметром определяется холодостойкость жидких диэлектриков?

Ответ:																			

Выберите правильный ответ

1.54. Характеристикой, позволяющей оценить стойкость диэлектриков к кратковременному нагреву, является:

- А. Нагревостойкость;
- В. Теплостойкость;
- С. Температура размягчения.

Выполните задания

1.55. Дайте определение.

<i>Температура размягчения — это</i>																			

Ответьте на вопросы

1.60. Как оценивают коэффициент внутреннего трения жидкости?

Ответ:																			

1.61. Почему у всех жидкостей с ростом температуры уменьшается вязкость?

Ответ:																			

1.62. Как изменяется пропитывающая способность жидких диэлектриков с возрастанием вязкости?

Ответ:																			

1.63. У каких материалов определяется тропическая стойкость?

Ответ:																			

1.64. Какие электроизоляционные материалы обладают наибольшей тропической стойкостью?

Ответ:																			

1.65. Как определяют тропическую стойкость материалов?

Ответ:																			

Выберите правильный ответ

1.66. Вязкость определяет:

- A. Пропитывающую способность жидкости;
- B. Текучесть жидкости;
- C. Густоту жидкости;
- D. Все перечисленные характеристики.

Глава 2

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

2.1. Газообразные диэлектрики

К газообразным диэлектрикам относятся все газы и воздух, представляющий собой смесь газов и паров воды. Основными характеристиками газообразных диэлектриков являются *электропроводность, напряжение пробоя в однородном электрическом поле, напряжение пробоя в неоднородном электрическом поле.*

Выполните задания

2.1. Заполните табл. 2.1 и среди перечисленных газов выберите обладающий наилучшими изоляционными свойствами. Укажите область его применения.

Таблица 2.1

Основные характеристики газообразных диэлектриков

Газообразный диэлектрик	Плотность, г/см^3	Диэлектрическая проницаемость	Электрическая прочность, МВ/м	Удельная теплоемкость, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
Воздух				
Азот				
Водород				
Углекислый газ				
Элегаз				

Ответ:															

2.2. На вольт-амперной характеристике газообразного диэлектрика (рис. 2.1) отметьте участки: а) несамостоятельной проводимости; б) ударной ионизации; в) самостоятельной проводимости. Дайте объяснения перечисленным явлениям.

2.6. Как однородность электрического поля влияет на пробой газа?

Ответ:																			

Выберите правильный ответ

2.7. Иногда в слое воздуха, непосредственно соприкасающемся с поверхностью проводов высокого напряжения, наблюдается светлое фиолетовое свечение — электрическая корона. Причиной ее возникновения является:

- A. Ухудшение электроизоляционных свойств воздуха;
- B. Воздействие на воздух повышенного напряжения;
- C. Обе перечисленные причины;
- D. Причина, не указанная в предыдущих ответах.

2.8. В нормальных условиях работы газообразных диэлектриков их проводимость:

- A. Высокая;
- B. Низкая;
- C. Не зависит от условий работы;
- D. Не соответствует ни одному из предыдущих ответов.

2.9. Изменение тока в зависимости от напряжения, приложенного к объему газа, выражается в виде кривой, называемой:

- A. Газовой характеристикой;
- B. Характеристикой электрической проводимости;
- C. Вольт-амперной характеристикой;
- D. Характеристикой с иным названием, чем перечисленные.

2.10. В момент пробы газа напряжение и ток в нем ведут себя следующим образом:

- A. Ток резко возрастает, а напряжение стремится к нулю;
- B. Ток уменьшается, а напряжение увеличивается;
- C. Ток и напряжение остаются неизменными, а изменяется давление

газа;

2.11. Большое влияние на пробой газа в неоднородном поле оказывает:

- A. Полярность электродов;
- B. Наличие ионизированных частиц в газе;
- C. Напряженность электрического поля;
- D. Все перечисленные факторы.

2.12. Чтобы избежать возникновения электрической короны и повысить величину пробивного напряжения газообразного диэлектрика, необходимо:

- A. Закруглить острые кромки электродов или закрыть их металлическими колпаками (экранами) большего диаметра;
- B. Изменить полярность электродов;
- C. Заземлить электроды;
- D. Выполнить все перечисленные действия.

2.2. Жидкие диэлектрики

Жидкие диэлектрики представляют собой низкомолекулярные вещества органического происхождения, которые бывают полярными и неполярными. Их электрофизические свойства в значительной степени зависят от строения молекул и наличия примесей.

Жидкие диэлектрики характеризуются *диэлектрической проницаемостью*, *электропроводностью*, *диэлектрическими потерями*, *электрической прочностью*.

Выполните задания

2.13. Заполните табл. 2.2 и среди перечисленных масел выберите обладающее наименьшей плотностью, наибольшей электрической прочностью и наименьшей диэлектрической проницаемостью. Укажите область применения этого масла.

Таблица 2.2

Основные характеристики нефтяных изоляционных масел

Характеристика	Трансформаторное масло	Конденсаторное масло	Кабельное масло
Плотность, кг/м ³			
Температура вспышки паров, °С			
Температура застывания, °С			
Удельное электрическое сопротивление Ом · м			
Диэлектрическая проницаемость			
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц			
Электрическая прочность, МВ/м			

Ответ:																						

2.14. В приведенной системе координат (рис. 2.3) изобразите графическую зависимость тангенса угла диэлектрических потерь нефтяного масла от температуры и дайте объяснение этой зависимости.

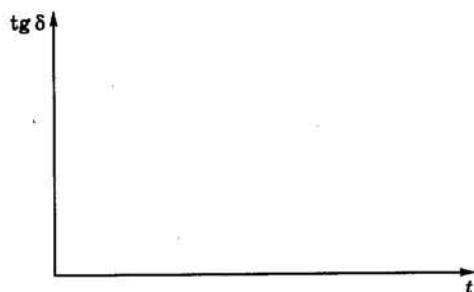


Рис. 2.3. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь нефтяного масла от температуры

2.15. В приведенной системе координат (рис. 2.4) изобразите графическую зависимость электрической прочности нефтяного масла от давления и дайте объяснение этой зависимости.



Рис. 2.4. Зависимость электрической прочности нефтяного масла от давления

2.16. Заполните табл. 2.3 и среди перечисленных жидкостей выберите обладающую наименьшей температурой вспышки паров, наибольшей электрической прочностью и наименьшим тангенсом угла диэлектрических потерь. Укажите область применения этой жидкости.

Таблица 2.3

Основные характеристики синтетических изоляционных жидкостей

Характеристика	Совол	Севтол-10	ПЭСЖ
Плотность, кг/м ³			
Температура вспышки паров, °С			
Температура застывания, °С			
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м			
Диэлектрическая проницаемость			
Тангенс угла диэлектрических потерь			
Электрическая прочность, МВ/м			

D. Все перечисленные факторы.

2.28. Недостатками нефтяных масел являются:

A. Высокая горючесть и невысокая температура вспышки паров;

B. Малая величина диэлектрической проницаемости;

C. Все перечисленные факторы;

D. Факторы, не указанные в предыдущих ответах.

2.29. Этот жидкий диэлектрик является негорючим веществом, что составляет его главное преимущество перед нефтяными маслами, однако он имеет и существенные недостатки, ограничивающие его применение, например большую вязкость. Приведенному описанию соответствует:

A. Совол;

A. Октол;

C. Трансформаторное масло.

2.3. Твердые полимеризационные и поликонденсационные диэлектрики

Полимеризация — это процесс соединения молекул исходного (мономерного) вещества в большие молекулы высокополимерного вещества без изменения его элементарного состава.

Поликонденсация — это процесс составления молекул нескольких исходных (мономерных) веществ в большие молекулы высокополимерного вещества.

Выполните задания

2.30. Заполните табл. 2.4 и среди перечисленных диэлектриков выберите обладающий наибольшей электрической прочностью и наименьшим тангенсом угла диэлектрических потерь. Укажите область применения этого диэлектрика.

Таблица 2.4

Основные характеристики полимеризационных диэлектриков

Характеристика	Полистирол	Полиэтилен	Винипласт	Органическое стекло	Капрон
Плотность, кг/м ³					
Теплостойкость (по Мартенсу), °C					
Холодостойкость, °C					
Удельное электрическое сопротивление, Ом · м					
Диэлектрическая проницаемость					
Тангенс угла диэлектрических потерь					
Электрическая прочность, МВ/м					

Ответ:																				

2.31. Определите вид полимеризационного диэлектрика по следующему описанию: «Твердый непрозрачный материал белого или светло-серого цвета, несколько жирный на ощупь, получается из газа этилена ($H_2C = CH_2$) посредством его полимеризации под давлением». Назовите область применения данного диэлектрика.

Ответ:																				

2.32. Определите вид полимеризационного диэлектрика по следующему описанию: «Высокополимерный термопластичный прозрачный материал, легко окрашивается во многие цвета, обладает оптической прозрачностью (пропускает 0,2 % лучей видимой области спектра)». Назовите область применения данного диэлектрика.

Ответ:																				

2.33. Заполните табл. 2.5 и среди перечисленных диэлектриков выберите обладающий наилучшими электрическими характеристиками. Укажите область применения этого диэлектрика.

Таблица 2.5

Основные характеристики поликонденсационных диэлектриков

Характеристика	Бакелитовая смола (бакелит)	Новолачные смолы (новолаки)	Глифталевые смолы (глифталы)	Лавсан	Эпоксидная смола
Плотность, $кг/м^3$					
Теплостойкость (по Мартенсу), $^{\circ}C$					
Удельное электрическое сопротивление, $Ом \cdot м$					
Диэлектрическая проницаемость					
Тангенс угла диэлектрических потерь					
Электрическая прочность, $МВ/м$					

Ответ:																				

2.34. Определите вид твердого поликонденсационного диэлектрика по следующему описанию: «Этот материал получают в результате реакции поликонденсации глицерина и фталевого ангидрида при избытке последнего. Отличительной способностью этого материала является высокая клеящая способность при хороших электрических характеристиках». Назовите область применения данного диэлектрика.

Ответ:																				

2.35. Определите вид твердого поликонденсационного диэлектрика по следующему описанию: «Прозрачный высокополимерный материал кристаллического или аморфного строения, относящийся к полиэфирам и получаемый в результате реакции поликонденсации терефталевой кислоты и этиленгликоля». Назовите область применения данного диэлектрика.

Ответ:																				

2.36. Заполните табл. 2.6.

Таблица 2.6

Достоинства, недостатки и области применения твердых полимеризационных диэлектриков

Диэлектрик	Достоинства	Недостатки	Область применения
Полистирол			
Полиэтилен			
Винипласт			
Полиформальдегид			
Органическое стекло			
Капрон			

2.37. Заполните табл. 2.7.

Таблица 2.7

Достоинства, недостатки и области применения твердых поликонденсационных диэлектриков

Наименование смол	Достоинства	Недостатки	Область применения
Резольные смолы			
Новолачные смолы (новолаки)			
Глифталевые смолы (глифталы)			
Эпоксидные смолы			

2.43. Этот негорючий, жирный на ощупь материал белого цвета получается в результате полимеризации сжиженного газа тетрафторэтилена ($F_2C = CF_2$) и имеет нагревостойкость до $250\text{ }^\circ\text{C}$. Приведенному описанию соответствует:

- A. Полиимид;
- B. Фторопласт;
- C. Эпоксидная смола;
- D. Лавсан.

2.44. Кремнийорганические электроизоляционные материалы (пластмассы, резины, лаки и др.) могут работать в интервале температур:

- A. От -60 до $180\text{ }^\circ\text{C}$;
- B. От -100 до $100\text{ }^\circ\text{C}$;
- C. От 0 до $60\text{ }^\circ\text{C}$;
- D. От -20 до $100\text{ }^\circ\text{C}$.

2.45. Отличительная особенность всех кремнийорганических диэлектриков:

- A. Высокая нагревостойкость;
- B. Низкая холодостойкость;
- C. Оба перечисленных фактора.

2.46. Фторопласт-4 работает в интервале температур:

- A. От 0 до $180\text{ }^\circ\text{C}$;
- B. От -100 до $200\text{ }^\circ\text{C}$;
- C. От -269 до $250\text{ }^\circ\text{C}$.

2.47. Полиимидные пластмассы обладают:

- A. Высокой нагревостойкостью ($220 \dots 250\text{ }^\circ\text{C}$);
- B. Низкой нагревостойкостью ($80 \dots 100\text{ }^\circ\text{C}$);
- C. Низкими электрическими и механическими характеристиками;
- D. Всеми перечисленными свойствами;
- E. Ни одним из перечисленных свойств.

2.48. Эти смолы представляют собой сиропообразную жидкость либо твердое вещество желтой или светло-коричневой окраски. Они нашли широкое применение в электротехнике как основа электроизоляционных заливочных компаундов, а также в качестве клеящих лаков и клеев. Приведенному описанию соответствуют:

- A. Эпоксидные смолы;
- B. Глифталевые смолы;
- C. Новолачные смолы.

2.49. Этот высокополимерный термопластичный прозрачный материал поддается всем видам механической обработки (сверление, фрезерование и др.). Детали из него легко склеиваются дихлорэтановым клеем. Приведенному описанию соответствует:

- A. Полиэтилен;
- B. Органическое стекло;
- C. Фторопласт-4;
- D. Полиамид.

2.50. Теплостойкость полиэтилена составляет:

- A. $70\text{ }^\circ\text{C}$;
- B. $100\text{ }^\circ\text{C}$;
- C. $150\text{ }^\circ\text{C}$;
- D. $200\text{ }^\circ\text{C}$.

Д. Коллоидные растворы.

2.62. Для ускорения высыхания лаков в них вводят:

- А. Сиккативы;
- В. Разбавители;
- С. Пластификаторы;
- Д. Коллоидные растворы.

2.63. У лаков воздушной сушки, отверждение пленки происходит:

- А. При комнатной температуре;
- В. При температуре, значительно превышающей комнатную;
- С. При условии, не указанном в предыдущих ответах.

2.64. Электроизоляционные эмали представляют собой лаки, в которые введены следующие мелкоизмельченные вещества:

- А. Пигменты;
- В. Сиккативы;
- С. Пластификаторы;
- Д. Бензолы.

2.65. Электроизоляционные эмали являются материалами:

- А. Покровными;
- В. Пропиточными;
- С. Клеящими.

2.66. Широко применяемые электроизоляционные эмали на основе кремнийорганических лаков отличаются:

- А. Высокой нагревостойкостью (180... 200 °С);
- В. Высокой холодостойкостью (-100 °С);
- С. Низкой нагревостойкостью (до 60 °С);
- Д. Широким диапазоном рабочих температур (от -100 до 100 °С).

2.67. В отличие от лаков и эмалей компаунды не содержат:

- А. Летучих растворителей;
- В. Пластификаторов;
- С. Разбавителей;
- Д. Всех перечисленных веществ.

2.68. Кремнийорганические компаунды могут работать в интервале температур:

- А. От 0 до 100 °С;
- В. От -60 до 100 °С;
- С. От -60 до 100 °С;
- Д. От -60 до 200 °С.

2.69. Для уменьшения хрупкости эпоксидных компаундов в них вводят:

- А. Пластификаторы;
- В. Сиккативы;
- С. Разбавители;
- Д. Ксилол.

2.70. Для пропитки обмоток электрических машин битумный пропиточный компаунд разогревают до температуры:

- А. 70 °С;
- В. 10 °С;
- С. 150 °С;
- Д. 160... 170 °С.

2.76. Веществами, выделяющими при нагревании большое количество газов, создающих пористую структуру в газонаполненных пластмассовых изделиях, являются:

- А. Наполнители;
- В. Порообразователи;
- С. Стабилизаторы;
- Д. Отвердители.

2.77. Исходными материалами, из которых изготовляют пластмассовые изделия, являются:

- А. Термореактивные смолы;
- В. Полиэфирные лаки и компаунды;
- С. Прессовочные порошки (пресс-порошки);
- Д. Густые маслообразующие синтетические жидкости.

2.78. Наилучшими характеристиками обладают пластмассы на основе:

- А. Кремнийорганических связующих;
- В. Эфиров метакриловой кислоты;
- С. Органических кислот;
- Д. Всех перечисленных веществ.

2.79. Пластмассы на основе кремнийорганических связующих и минеральных наполнителей обладают нагревостойкостью:

- А. 70 °С;
- В. 100 °С;
- С. 100... 120 °С;
- Д. 120... 200 °С.

2.80. Пластмассы на основе кремнийорганических и эпоксидных связующих отличаются:

- А. Низкой нагревостойкостью;
- В. Плохой механической обработкой;
- С. Стойкостью к грибковой плесени и влагостойкостью.

2.6. Слоистые пластмассы

Слоистые пластмассы представляют собой материалы со слоистой структурой. Эти пластмассы состоят из чередующихся слоев листового наполнителя (бумага, хлопчатобумажная или стеклянная ткань) и связующего вещества.

Выполните задания

2.81. Заполните табл. 2.9 и среди перечисленных материалов выберите обладающий лучшими изоляционными свойствами. Укажите область его применения.

Таблица 2.9

Основные характеристики слоистых пластмасс

Характеристика	Гетинакс	Текстолит	Стеклотекстолит на основе связующей смолы
Плотность, кг/м ³			

Основные характеристики слюдяных материалов

Характеристика	Мусковит	Флогопит
Плотность, кг/м ³		
Водопоглощение, %		
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м		
Диэлектрическая проницаемость		
Тангенс угла диэлектрических потерь		
Электрическая прочность, МВ/м		
Температура плавления, °С		
Рабочая температура, °С		

Ответ:																		

2.90. Определите вид слюдяного материала по следующему описанию: «Твердый или гибкий листовый материал, получаемый склеиванием листочков щепанной слюды с помощью клеящих смол (шеллачной, глифталевой и др.) или лаков на основе этих смол». Назовите область применения этого материала.

Ответ:																		

2.91. Определите вид слюдяного материала по следующему описанию: «Этот природный слюдяной материал обладает химической стойкостью. На него не действуют ни один из растворителей и ни одна из щелочей, серная и соляная кислоты разлагают его только при нагревании». Назовите область применения данного материала.

Ответ:																		

2.92. Заполните табл. 2.12.

Таблица 2.12

Достоинства, недостатки и области применения слюдяных материалов

Слюдяной материал	Достоинства	Недостатки	Область применения
Мусковит			
Флогопит			

2.93. Заполните табл. 2.13 и среди перечисленных материалов выберите обладающий лучшими диэлектрическими характеристиками. Укажите область его применения.

Таблица 2.13

Основные характеристики миканитов

Характеристика	Миканит	Коллекторный миканит	Прокладочный миканит	Формовочный миканит
Плотность, кг/м ³				
Рабочая температура, °С				
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м				
Диэлектрическая проницаемость				
Электрическая прочность, МВ/м				

Ответ:																							

2.94. Определите вид слюдяного материала по следующему описанию: «Синтетический слюдяной материал, отличается хорошей расщепляемостью на листочки, которые совершенно прозрачны. По сравнению с природными слюдяными материалами он обладает более высокой нагревостойкостью, меньшим водопоглощением и более высоким уровнем электрических характеристик». Назовите область применения этого материала.

Ответ:																						

2.95. Расшифруйте марку миканита ПМГА.

Ответ:																						

2.96. Заполните табл. 2.14 и из двух приведенных материалов выберите обладающий лучшими диэлектрическими характеристиками. Укажите область его применения.

Таблица 2.14

Основные характеристики рулонных слюдяных материалов

Характеристика	Микафолый	Микалента
Плотность, кг/м ³		
Рабочая температура, °С		

Характеристика	Микафолий	Микалента
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м		
Диэлектрическая проницаемость		
Электрическая прочность, МВ/м		

Ответ:																			

Выберите правильный ответ

2.97. Для улучшения электрических и механических свойств слюдинитовых бумаг в слюдяную пульпу вводят следующие связующие вещества:

- A. Пластификаторы;
- B. Компаунды;
- C. Кремнийорганические, глифталевые и другие смолы;
- D. Все перечисленные вещества.

2.98. При разработке природной слюды и изготовлении из нее электроизоляционных материалов образуется около 90 % различных отходов. Среди них наибольшую долю составляют мелкие отходы:

- A. Скрапа;
- B. Миканита;
- C. Флогопита;
- D. Мусковита.

2.99. Среди слюдинитовых материалов наибольшее применение имеют:

- A. Микалента;
- B. Микафолий;
- C. Слюдинитовая и стеклослюдинитовая ленты.
- D. Флогопит.

2.100. Все виды миканитов на кремнийорганическом связующем могут работать при температуре:

- A. 80 °C;
- B. 100 °C;
- C. 150 °C;
- D. 180 °C.

2.101. Этот рулонный или листовой материал состоит из одного или нескольких слоев шепанной слюды, наклеенных на плотную телефонную бумагу. Приведенному описанию соответствует:

- A. Микафолий;
- B. Микалента;
- C. Гибкий миканит;
- D. Слюдинитовая бумага.

2.102. Гибкие стекломиканиты содержат слюду в количестве:

- А. До 20 %;
- В. 45...65 %;
- С. До 70 %.

2.103. Из листочков этого материала штамповкой получают изоляционные прокладки, применяемые для изолирования друг от друга медных пластин в коллекторах электрических машин. Данным материалом является:

- А. Прокладочный миканит;
- В. Коллекторный миканит;
- С. Формовочный миканит;
- Д. Гибкий миканит.

2.8. Электрокерамические материалы

Электрокерамические материалы представляют собой твердые камнеподобные вещества, которые можно обрабатывать только абразивами (например, карборундом).

Выполните задания

2.104. Заполните табл. 2.15 и из двух приведенных материалов выберите обладающий лучшими диэлектрическими характеристиками. Укажите область его применения.

Таблица 2.15

Основные характеристики электрокерамических материалов

Характеристика	Электрофарфор	Стеатит
Плотность, кг/м ³		
Разрушающее напряжение при растяжении, Н/м ²		
Разрушающее напряжение при изгибе, Н/м ²		
Ударная вязкость, кДж/м ²		
Удельное электрическое сопротивление, Ом·м		
Диэлектрическая проницаемость		
Электрическая прочность, МВ/м		

Ответ:																			

2.105. Определите вид электрокерамического материала по следующему описанию: «Этот материал дороже электрофарфора, так как для его изготовления используется более дорогое сырье».

Ответ:																		

2.106. Определите, какой из приведенных на рис. 2.6 штыревых фарфоровых изоляторов является изолятором низкого напряжения, а какой — высокого?

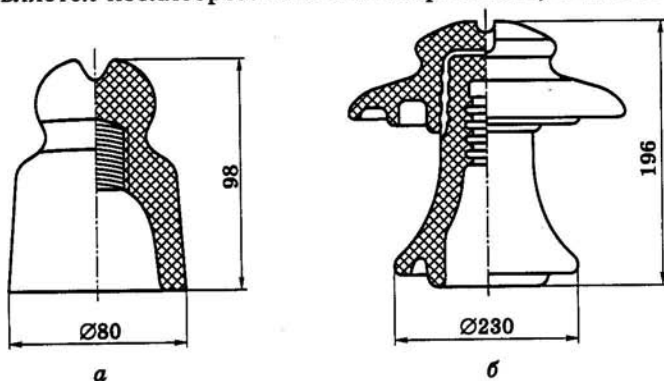


Рис. 2.6. Штыревые фарфоровые изоляторы

Ответ:	а)																
	б)																

2.107. Опишите технологический процесс изготовления электрокерамических изоляторов.

Ответ:																		

2.108. Заполните табл. 2.16 и среди перечисленных материалов выберите обладающий лучшими диэлектрическими характеристиками. Укажите область его применения.

Таблица 2.16

Основные характеристики конденсаторных керамических материалов

Характеристика	Титанат магния	Титанат кальция	Станнат кальция	Цирконат бария
Химическая формула кристаллической основы				
Разрушающее напряжение при статическом изгибе, Н/м ²				
Диэлектрическая проницаемость				
Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости 1/°С				

Ответ:																					

2.109. Напишите химическую формулу титаната бария.

Ответ:																					

Ответьте на вопросы

2.110. Каким испытаниям подвергают электрокерамические изделия после обжига?

Ответ:																					

2.111. В каких печах производят обжиг керамических изделий?

Ответ:																					

2.112. На основе каких природных материалов изготавливают стеатитовые массы?

Ответ:																					

2.113. Отличается ли процесс изготовления стеатитовых масс от процесса изготовления электрофарфоровых?

Ответ:																					

2.114. Какими методами изготавливают керамические конденсаторы?

Ответ:																					

2.115. В каком году был синтезирован титанат бария — первый керамический сегнетоэлектрик?

Ответ:																					

2.116. Какое явление будет происходить, если пластину сегнетоэлектрика сжимать или растягивать, и в каких областях техники это явление находит применение?

Ответ:																			

2.117. Где используются изготовленные из сегнетоэлектриков пьезоэлементы?

Ответ:																			

Выберите правильный ответ

2.118. Все электрокерамические материалы делятся на следующие три группы:

- A. Изоляторные, конденсаторные, керамические;
- B. Изоляторные, конденсаторные, сегнетоэлектрические;
- C. Изоляторные, конденсаторные, изоляционные;
- D. Группы, не указанные в предыдущих ответах.

2.119. Исходная электрофарфоровая масса имеет следующий состав:

- A. 60 % глинистых веществ, 30 % кварца и 10 % калиевого шпата;
- B. 50 % глинистых веществ, 30 % кварца, 10 % калиевого шпата, 10 % измельченных бракованных изделий;
- C. 42... 50 % глинистых веществ, 20... 25 % кварца, 22... 30 % калиевого шпата, 5... 8 % измельченных бракованных изделий.

2.120. Высушенные фарфоровые изделия покрывают:

- A. Покровным лаком;
- B. Жидкой глазурной суспензией (глазурью);
- C. Покровной эмалью;
- D. Всеми перечисленными материалами.

2.121. Покрытие фарфоровых изделий обеспечивает:

- A. Повышение их механической прочности и улучшение обрабатываемости;
- B. Повышение их механической прочности и придание им влагостойкости;
- C. Повышение их механической прочности, придание им влагостойкости и устойчивости против атмосферных загрязнений;
- D. Все перечисленные улучшения.

2.122. Стеатитовые электроизоляционные изделия могут работать, существенно не изменяя своих электрических характеристик, при температуре:

- A. 100 °C;
- B. 150 °C;
- C. 200 °C;

D. 250 °С.

2.123. Стеатит имеет следующий состав:

- A. 70 % кристаллов клиноэнстатита и 30 % стекла;
- B. 70 % талька и 30 % стекла;
- C. 40 % титаната кальция и 60 % стекла;
- D. 70 % станната кальция и 30 % стекла.

2.124. Керамические конденсаторы имеют следующую особенность:

- A. Не обладают гигроскопичностью и поэтому не нуждаются в защитных корпусах и оболочках;
- B. Обладают малой диэлектрической проницаемостью и поэтому имеют большие габаритные размеры;
- C. Обладают достаточно большими габаритными размерами и поэтому находят малое применение в технике;
- D. Ни одну из перечисленных особенностей.

2.125. Для придания пластичности в некоторые исходные конденсаторные массы вводят:

- A. Небольшое количество глинистых веществ;
- B. Природный материал — тальк;
- C. 20... 25 % калиевого полевого шпата;
- D. До 30 % кварца.

2.126. Диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектриков существенно возрастает:

- A. С повышением приложенного к ним напряжения;
- B. С введением в них дополнительных материалов;
- C. С увеличением давления;
- D. С повышением температуры окружающей среды.

2.127. Если к пластине сегнетоэлектрика приложить переменное напряжение, то произойдет следующее:

- A. Улучшатся диэлектрические свойства сегнетоэлектрика;
- B. Пластина начнет вибрировать с той же частотой, с какой изменяется приложенное к ней переменное напряжение;
- C. Ничего не изменится.

2.128. Отличительной чертой керамических сегнетоэлектриков является:

- A. Отсутствие влагопоглощения;
- B. Нерастворимость в воде;
- C. Возможность работы в большом интервале температур;
- D. Все перечисленные особенности.

2.129. Когда температура сегнетоэлектриков становится выше точки Кюри, с ними происходит следующее:

- A. Улучшаются их изоляционные свойства;
- B. Сегнетоэлектрики теряют свои характерные свойства и становятся обычными диэлектриками;
- C. Происходят явления, не указанные в предыдущих ответах.

2.130. Сегнетоэлектрические материалы применяют для изготовления:

- A. Конденсаторов в микросхемах;
- B. Электрических датчиков давления;
- C. Источников высокочастотных колебаний;
- D. Всех перечисленных устройств.

- 2.142.** Для изготовления электроизоляционной бумаги и картонов преимущественно используют:
- А. Сульфатную целлюлозу;
 - В. Сульфитную целлюлозу.
- 2.143.** При жирном помоле целлюлозы происходит следующее:
- А. Волокна получаются длинными и тонкими, а бумага, изготовленная из целлюлозы жирного помола, обладает большей гибкостью и большей механической прочностью;
 - В. Волокна получаются короткими и толстыми, что обуславливает рыхлость бумаги, ее малую механическую прочность, а также способность впитывать воду и другие жидкости;
 - С. Происходят явления, не указанные в предыдущих ответах.
- 2.144.** Влажность бумаг находится в пределах:
- А. 2... 3 %;
 - В. 5... 9 %;
 - С. 9... 12 %.
- 2.145.** Перед пропиткой жидкими диэлектриками бумажная изоляция кабелей подвергается:
- А. Механической обработке;
 - В. Щелочной варке;
 - С. Кислотной варке;
 - Д. Длительной сушке.
- 2.146.** Сырьем для выработки намоточной бумаги является:
- А. Небеленая целлюлоза жирного помола;
 - В. Небеленая целлюлоза тощего помола;
 - С. Сульфатная целлюлоза;
 - Д. Сульфитная целлюлоза.
- 2.147.** С увеличением толщины конденсаторной бумаги электрическая прочность:
- А. Уменьшается;
 - В. Увеличивается;
 - С. Не изменяется.
- 2.148.** Микалентная бумага применяется:
- А. Для изолирования отводов и мест соединений в обмотках трансформаторов и других маслонаполненных электрических аппаратов;
 - В. Для изготовления гибкой слюдяной ленты;
 - С. Для изготовления слоистой электроизоляционной пластмассы — гетинакса;
 - Д. Для всех перечисленных целей.
- 2.149.** Для изготовления микалентной бумаги используется:
- А. Длинноволокнистый хлопок с волокнами, ориентированными преимущественно в направлении длины полотна бумаги;
 - В. Сульфатная целлюлоза;
 - С. Наиболее чистая сульфатная целлюлоза жирного помола;
 - Д. Материал, не указанный в предыдущих ответах.
- 2.150.** Недостатками фибры являются:
- А. Низкие механические характеристики;
 - В. Низкие электрические характеристики;
 - С. Гигроскопичность и набухание во влажной среде;
 - Д. Все перечисленные факторы.

Ответ:																			

3.3. Используя данные справочной литературы и учебника, заполните табл. 3.2 и укажите, какой из приведенных материалов применяется для изготовления проводов контактной сети электрического транспорта.

Таблица 3.2

Основные характеристики бронз и меди

Материал	Проводимость, См	Разрушающее напряжение при растяжении, Н/м ²	Относительное удлинение при растяжении, %
Проводниковая медь (99,95 %): мягкая твердая			
Берилевая бронза: мягкая твердая			
Фосфористая бронза: мягкая твердая			

Ответ:																			

3.4. Укажите стадии процесса получения вольфрама.

Ответ:																			

Выберите правильный ответ

3.5. С ростом температуры электрическое сопротивление металлических проводников:

- А. Возрастает;
- В. Уменьшается;
- С. Не изменяется.

3.13. Почему по сравнению с алюминием и медью серебро находит ограниченное применение?

Ответ:																				

3.14. Как расшифровываются марки припоев ПСр-10 и ПСр-25?

Ответ:																				

3.15. При какой температуре происходит окисление вольфрама на воздухе?

Ответ:																				

3.16. При какой температуре могут работать детали, изготовленные из вольфрама?

Ответ:																				

3.2. Проводниковые материалы с большим удельным сопротивлением

Группу проводниковых материалов с большим удельным сопротивлением образуют сплавы металлов, обладающих малым значением температурного коэффициента удельного сопротивления. Эти сплавы представляют собой твердые растворы металлов с неупорядоченной структурой.

Выполните задания

3.17. Используя справочные данные, заполните табл. 3.3.

Таблица 3.3

Основные характеристики проводниковых материалов с большим удельным сопротивлением

Характеристика	Манганин	Константан
Состав, %		

- 3.23. Электрическое сопротивление изделий из константана:
- А. Не изменяется при изменении температуры;
 - В. Увеличивается при уменьшении температуры;
 - С. Уменьшается при уменьшении температуры.
- 3.24. Изолированная константановая проволока в паре с медной применяется для изготовления:
- А. Шунтов для измерительных приборов;
 - В. Термопар;
 - С. Резисторов и потенциометров высокого класса;
 - Д. Всех перечисленных устройств.
- 3.25. Достоинством манганиновых изделий является:
- А. Малая зависимость от температуры;
 - В. Малая термоЭДС в контакте с медью;
 - С. Оба указанных фактора.
- 3.26. В некоторые сорта манганина вводят:
- А. Вольфрам;
 - В. Серебро;
 - С. Кобальт.

3.3. Жаростойкие проводниковые материалы

Жаростойкими проводниковыми материалами являются сплавы на основе никеля, хрома и некоторых других компонентов.

Выполните задания

3.27. Используя справочные данные и материал учебника, заполните табл. 3.4.

Таблица 3.4

Основные характеристики жаростойких проводниковых материалов

Характеристика	Нихром Х15Н60	Нихром Х20Н80	Фехраль	Хромаль
Состав, %				
Плотность, кг/м ³				
Допустимая температура, °С				
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°С				
Удельное электрическое сопротивление, мкОм · м				
Область применения				

3.28. Расшифруйте марки следующих жаростойких сплавов: Х15Н60, Х30Н70, Х13Ю4, Х23Ю5Т.

Ответ:																				

3.29. Перечислите входящие в жаростойкие сплавы примеси, составляющие не более 0,5 % и вызывающие некоторую хрупкость проволоки и лент, изготовленных из этих сплавов.

Ответ:																				

Ответьте на вопросы

3.30. Чем обусловлена жаростойкость сплавов?

Ответ:																				

3.31. Что представляют собой жаростойкие сплавы?

Ответ:																				

3.32. Почему жаростойкие сплавы обладают большим удельным сопротивлением и малыми значениями температурного коэффициента сопротивления?

Ответ:																				

3.4. Неметаллические проводниковые материалы

Неметаллическими материалами, обладающими свойствами проводников и используемыми в качестве проводниковых материалов, являются природный графит, сажа, пиролитический углерод, бороуглеродистые пленки.

Выполните задания

3.33. Используя справочные данные и материал учебника, заполните табл. 3.5.

Основные характеристики неметаллических проводниковых материалов

Характеристика	Природный графит	Сажа	Антрацит
Плотность, кг/м ³			
Рабочая температура, °С			
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления, 1/°С			
Удельное электрическое сопротивление, мКОМ·м			
Область применения			

3.34. Используя данные табл. 3.5, определите материал, обладающий наилучшими электрическими характеристиками.

Ответ:																			

Выберите правильный ответ

3.35. Изделия из графита можно использовать в инертной среде при температуре, не превышающей:

- A. 500 °С;
- B. 1000 °С;
- C. 1500 °С;
- D. 2000 °С.

3.36. Особенностью угольных изделий является:

- A. Положительный коэффициент удельного электрического сопротивления;
- B. Отрицательный коэффициент удельного электрического сопротивления;
- C. Фактор, не указанный в приведенных ответах.

3.37. Угольные материалы используют для изготовления:

- A. Кабельных изделий;
- B. Щеток;
- C. Фотоэлементов;
- D. Всех перечисленных изделий.

3.38. Электроугольные электроды отличаются:

- A. Стойкостью к электрической дуге;
- B. Медленным процессом окисления;
- C. Отсутствием горения и плавления до температуры 3800°С;
- D. Всеми перечисленными факторами.

3.39. В результате обжига электроугольные изделия приобретают:

- A. Механическую прочность и способность к механической обработке;

- B. Меньшее удельное сопротивление;
C. Все вышеперечисленные свойства.

Ответьте на вопросы

- 3.40. От чего зависят структура и свойства пленок пиролитического углерода?

Ответ:																						

- 3.41. Для чего электроугольные изделия подвергают механической обработке?

Ответ:																						

3.5. Проводниковые (кабельные) изделия

Для передачи и распределения электрической энергии, соединения различных приборов и их частей, изготовления обмоток электрических машин применяют проводниковые изделия. К ним относятся:

- обмоточные провода;
- монтажные провода;
- установочные провода и шнуры;
- кабели.

Ответьте на вопросы

- 3.42. Какие материалы применяют в обмоточных проводах?
3.43. Чем определяется электрическая прочность эмалевых проводов?

Ответ:																						

- 3.44. Как определяют эластичность эмалевого провода?

Ответ:																						

- 3.45. Как определяют нагревостойкость эмалевой изоляции обмоточных проводов?

Ответ:																				

Ответ:																				

3.46. Как повышают нагревостойкость обмоточных проводов?

Ответ:																				

3.47. Зачем у некоторых установочных проводов защитную оплетку пропитывают противогнилостным составом?

Ответ:																				

Выполните задания

3.48. Расшифруйте марки обмоточных проводов ПЭЛ, ПЭВТЛ-1, ПЭТВ, ПЭЛРА и укажите область их применения:

Ответ:																				

3.49. Перечислите требования, предъявляемые к обмоточным проводам с волокнистой изоляцией.

Ответ:																				

3.50. Расшифруйте марки монтажных проводов МРГ, МГВ, ПМВ, МГСЛ.

Ответ:																			

3.51. Заполните табл. 3.6.

Таблица 3.6

Характеристики и области применения монтажных проводов

Марка провода	Характеристика	Область применения
МРГ		
ПМВ		
МГВ		
МГСЛ		

3.52. Определите тип соединения монтажных проводов, показанных на рис. 3.1.

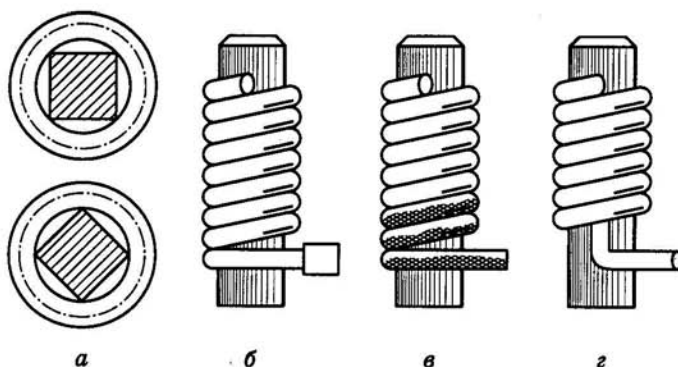


Рис. 3.1. Соединения монтажных проводов

Ответ:																			
а)																			
б)																			
в)																			
г)																			

3.53. Приведите названия сечений токопроводящих жил многопроволочных кабелей, показанных на рис. 3.2.

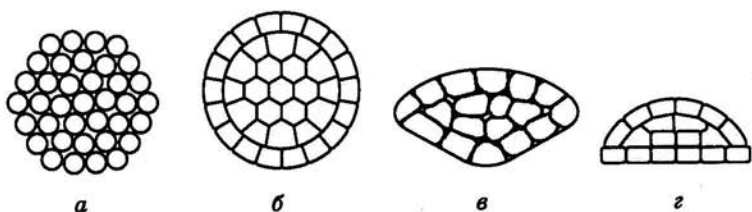


Рис. 3.2. Сечения токопроводящих жил многопроволочных кабелей

Ответ:																						
а)																						
б)																						
в)																						
г)																						

3.54. Приведите названия составных частей показанного на рис. 3.3 силового бронированного кабеля в свинцовой оболочке с бумажной изоляцией жил (марка СБ).

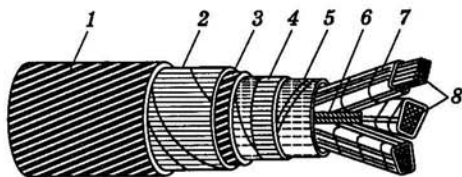


Рис. 3.3. Силовой кабель марки СБ

Ответ:																						
1.																						
2.																						
3.																						
4.																						
5.																						
6.																						
7.																						
8.																						

3.55. Заполните табл. 3.7.

Область применения проводниковых изделий

Проводниковые изделия	Область применения
Обмоточные провода	
Монтажные провода	
Установочные провода и шнуры	
Кабели	

3.56. Приведите названия составных частей показанного на рис. 3.4 установочного провода с резиновой изоляцией.

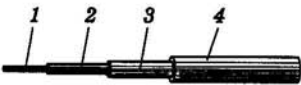


Рис. 3.4. Установочный провод с резиновой изоляцией

Ответ:																			
1.																			
2.																			
3.																			
4.																			

Выберите правильный ответ

3.57. Пробивное напряжение обмоточных проводов с шелковой изоляцией составляет:

- A. 200 ... 400 В;
- B. 450 ... 600 В;
- C. 600 ... 800 В;
- D. Свыше 800 В.

3.58. Пробивное напряжение обмоточных проводов с хлопчатобумажной изоляцией составляет:

- A. 200 ... 400 В;
- B. 450 ... 600 В;
- C. 700 ... 1000 В;
- D. Свыше 1000 В.

3.59. Для обмоточных проводов с волокнистой изоляцией характерны:

- A. Невысокие электроизоляционные свойства;
- B. Высокие электроизоляционные свойства;
- C. Свойства, не указанные в предыдущих ответах.

Глава 4

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

4.1. Свойства полупроводников

Полупроводниковые материалы представляют собой твердые кристаллические вещества с электронной проводимостью, которые по удельному электрическому сопротивлению при нормальной температуре занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками (изоляторами).

Выберите правильный ответ

- 4.1.** Для полупроводников характерна зависимость удельного электрического сопротивления:
- A. От изменения температуры;
 - B. От изменения напряжения;
 - C. От освещенности;
 - D. От введения примесей;
 - E. От всех перечисленных факторов.
- 4.2.** При уменьшении температуры удельная электрическая проводимость полупроводников:
- A. Уменьшается;
 - B. Увеличивается;
 - C. Остается без изменения.
- 4.3.** Замещение вакантной ковалентной орбиты свободным электроном называют:
- A. Регенерацией или рекомбинацией;
 - B. Генерацией электронно-дырочной пары;
 - C. Ковалентной связью;
 - D. Электрическим дрейфом.
- 4.4.** Легирующие примеси, атомы которых снабжают полупроводник свободными электронами, называют:
- A. Донорными;
 - B. Акцепторными;
 - C. Донорными и акцепторными;
 - D. Свободными зонами.
- 4.5.** Атомы примесей, имеющие меньшую валентность, чем атомы полупроводника, обладают способностью присоединять к себе электроны. Такие примеси называют:
- A. Донорными;
 - B. Акцепторными;
 - C. Донорными и акцепторными;
 - D. Свободными зонами.

- 4.6. Место на внешней орбите атома полупроводника, покинутое электроном, называется:
- Свободным электроном;
 - Дыркой;
 - Донором;
 - Акцептором.
- 4.7. Перемещение электронов в одном направлении, а дырок — в противоположном определяет:
- Собственную электрическую проводимость полупроводника;
 - Дырочную электропроводность полупроводника;
 - Дырочную и электрическую проводимость полупроводника.
- 4.8. Чтобы получить полупроводник, обладающий только электронной проводимостью, в него вводят вещество, состоящее из атомов, валентность которых характеризуется следующим:
- Она на единицу меньше валентности атомов основного полупроводника;
 - Она на единицу больше валентности атомов основного полупроводника;
 - Для нее не справедливы предыдущие ответы.
- 4.9. Место плотного соприкосновения двух полупроводников с различными типами электрической проводимости называется:
- Электронным переходом;
 - p - n -переходом;
 - p -переходом;
 - n -переходом.
- 4.10. В случае собственной электрической проводимости полупроводника между его электронами и дырками существует следующее соотношение:
- Число электронов равно числу дырок;
 - Дырок больше, чем электронов;
 - Дырок меньше, чем электронов.

Выполните задания

- 4.11. На рис. 4.1 покажите направления движения электронов и дырок в случае собственной электропроводности полупроводника.

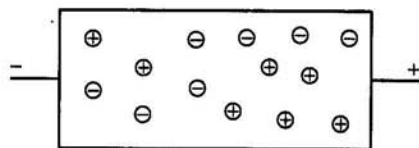


Рис. 4.1. Направления движения электронов и дырок в случае собственной электропроводности полупроводника

- 4.12. На рис. 4.2. покажите направления движения электронов и дырок в полупроводнике с донорной примесью.

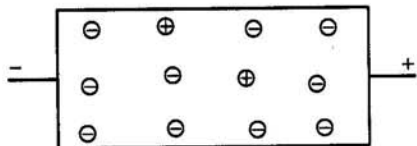


Рис. 4.2. Направления движения электронов и дырок в полупроводнике с донорной примесью

4.13. В приведенной системе координат (рис. 4.3) изобразите графическую зависимость удельной проводимости полупроводника от температуры.

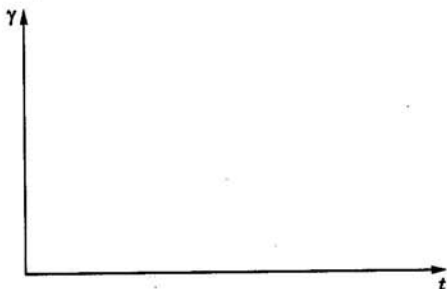


Рис. 4.3. Зависимость удельной проводимости полупроводника от температуры

4.14. В приведенной системе координат (рис. 4.4) изобразите графические зависимости тока и сопротивления полупроводника от приложенного напряжения.



Рис. 4.4. Зависимости тока и сопротивления полупроводника от приложенного напряжения

Ответьте на вопросы

4.15. Чем собственная проводимость полупроводникового материала отличается от примесной?

Ответ:																			

4.16. Почему проводимость некоторых полупроводниковых материалов, например селена, меняется под действием света?

Ответ:															

4.17. Что собой представляет тензорезистивный эффект?

Ответ:															

4.18. Что возникает между нагретым и холодным участками полупроводникового материала?

Ответ:															

4.19. Какое явление возникает в полупроводниковом материале при частичном его освещении и где это явление используется?

Ответ:															

4.20. Что такое p - n -переход? Нарисуйте схему и опишите принцип его работы.

Ответ:															

4.21. Почему с ростом тока в полупроводнике резко уменьшается его сопротивление?

Ответ:																	

4.2. Простые полупроводники

Простыми называют такие полупроводники, основной состав которых образован атомами одного химического элемента.

Выполните задания

4.22. Заполните табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основные характеристики простых полупроводников

Полупроводниковый материал	Температура плавления, °С	Плотность кг/м ³	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	Диэлектрическая проницаемость	Область применения
Германий					
Кремний					
Селен					
Теллур					

4.23. Напишите химическое уравнение реакции диспропорционирования, в результате которой получают монокристаллическую эпитаксиальную пленку германия.

Ответ:																	

4.24. Напишите химическое уравнение реакции восстановления четыреххлористого кремния (SiCl₄) парами цинка или водорода для получения кремния.

Ответ:																	

4.25. Перечислите свойства кристаллического германия.

Ответ:																		

4.26. Определите вид полупроводникового материала по следующему описанию: «Элемент шестой группы Периодической системы Д. И. Менделеева, может находиться как в аморфном, так и в кристаллическом состояниях. Исходными материалами для его получения являются остатки, образующиеся при электролитическом рафинировании меди».

Ответ:																	

4.27. Определите вид полупроводникового материала по следующему описанию: «Элемент шестой группы Периодической системы Д. И. Менделеева, применяется в составе сплавов с висмутом, сурьмой и свинцом для изготовления термоэлектрических генераторов».

Ответ:																	

4.28. Перечислите методы получения монокристаллических полупроводников.

Ответ:																	

Выберите правильный ответ

4.29. Основными акцепторными примесями в германии являются:

- A. Галлий;
- B. Индий;
- C. Алюминий;
- D. Все перечисленные элементы.

4.30. Донорные уровни в германии создают:

- A. Мышьяк и сурьма;
- B. Висмут и фосфор;
- C. Литий;
- D. Все перечисленные элементы.

4.31. В полупроводниковом производстве чистый монокристаллический кремний используют:

- А. Постоянно;
- В. Крайне редко;
- С. Не используют вообще;
- Д. Нет верного ответа.

4.32. Основными донорными примесями в кремнии являются элементы Периодической системы Д. И. Менделеева:

- А. Пятой группы;
- В. Первой группы;
- С. Четвертой группы.

4.33. Чистый селен по удельному электрическому сопротивлению:

- А. Близок к изоляторам (диэлектрикам);
- В. Близок к проводникам;
- С. Занимает среднее положение между проводниками и диэлектриками.

4.34. Селен применяют для изготовления:

- А. Фоторезисторов и фотоэлементов;
- В. Фильтров и защитных покрытий в приборах инфракрасного диапазона;
- С. Устройств, не указанных в предыдущих ответах.

4.3. Полупроводниковые соединения

Для создания материалов с различными свойствами широко используют сложные неорганические и органические полупроводниковые соединения. Структура сложных полупроводников образована атомами разных химических элементов.

Выполните задание

4.35. Заполните табл. 4.2.

Таблица 4.2

Основные характеристики сложных полупроводников

Полупроводниковый материал	Химическая формула	Плотность, кг/м ³	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	Область применения
Карбид кремния				
Арсенид галлия				
Фосфид галлия				
Арсенид индия				

4.36. Определите вид полупроводникового соединения по следующему описанию: «Важным и широко используемым свойством этого материала является»

Глава 5

МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Основные характеристики магнитных материалов

Магнитные материалы — это материалы, которые под действием внешнего магнитного поля способны намагничиваться, т.е. приобретать особые магнитные свойства.

Основные характеристики магнитных материалов:

магнитная проницаемость — величина, определяющая способность материала к намагничиванию. Между абсолютной магнитной проницаемостью μ_a , Гн/м, и относительной магнитной проницаемостью μ (безразмерная величина) существует соотношение

$$\mu_a = \mu_0 \mu,$$

где μ_0 — магнитная постоянная, равная $1,256637 \cdot 10^{-6}$ Гн/м;

индукция насыщения B_s , Тл;

остаточная магнитная индукция B_r , Тл, т.е. индукция в веществе при напряженности магнитного поля, равной нулю;

коэрцитивная сила H_c , А/м, — напряженность магнитного поля, при которой магнитная индукция становится равной нулю;

коэффициент прямоугольности α_n петли гистерезиса, характеризующий степень прямоугольности предельной гистерезисной петли. Определяется отношением

$$\alpha_n = B_r / B_{\max},$$

где B_{\max} — максимальная магнитная индукция;

удельная объемная энергия w , Дж/м³, т.е. энергия, создаваемая постоянным магнитом в воздушном зазоре (между полюсами), отнесенная к единице его объема. Максимальное значение w определяется по формуле

$$w_{\max} = BH/2;$$

где B — индукция, соответствующая максимальному значению удельной объемной энергии; H — напряженность магнитного поля, соответствующая максимальному значению удельной объемной энергии.

Выполните задания

5.1. Определите коэффициент прямоугольности α_n гистерезисной петли, показанной на рис. 5.1.

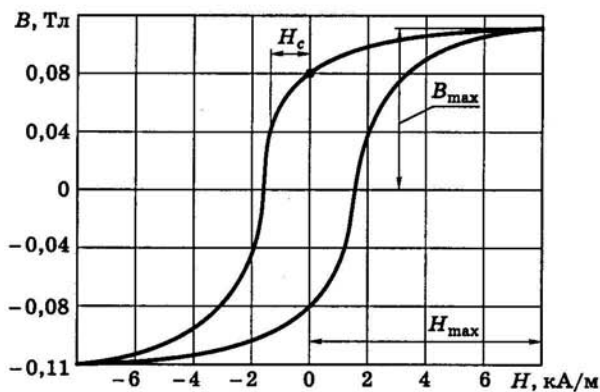


Рис. 5.1. Петля гистерезиса

Решение:															
Ответ:															

5.2. Определите абсолютную магнитную проницаемость пермаллоя, если относительная магнитная проницаемость этого материала $\mu = 6\ 000$.

Решение:															
Ответ:															

5.3. Используя графическую зависимость магнитной проницаемости μ чистого железа от напряженности магнитного поля H (рис. 5.2), определите зна-

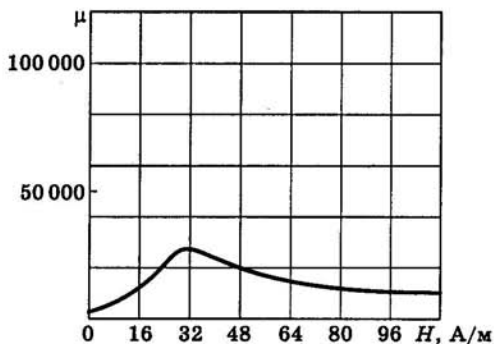


Рис. 5.2. Зависимость магнитной проницаемости чистого железа от напряженности магнитного поля

чения абсолютной магнитной проницаемости μ_a чистого железа для следующих значений напряженности магнитного поля: 32 А/м; 64 А/м; 96 А/м. Объясните полученные результаты.

Решение:																			
Ответ:																			

5.4. Вставьте пропущенные слова

Поведение магнитного материала в магнитном поле характеризуется начальной кривой _____.

Для размагничивания образца материала надо, чтобы вектор напряженности магнитного поля изменил свое направление на _____.

Предельная петля гистерезиса снимается при медленном изменении постоянного _____ от $+H$ до $-H$, когда величина магнитной индукции становится равной индукции _____.

Чем больше α_n , тем более _____ гистерезисная петля.

При воздействии на материал переменного магнитного поля получают _____ кривую намагничивания и _____ петлю гистерезиса.

Магнитной характеристикой материала является максимальная величина удельной _____, Дж/м³.

Выберите правильный ответ

5.5. Свойства магнитных материалов оценивают с помощью:

- A. Магнитных параметров;
- B. Магнитных характеристик;
- C. Магнитных величин;
- D. Магнитных зависимостей.

5.6. Чем больше величина магнитной проницаемости μ , тем материал:

- A. Легче намагничивается;
- B. Труднее намагничивается;
- C. Легче перемагничивается;
- D. Свойства намагничивания материала не зависят от величины μ .

5.7. Магнитная проницаемость μ в большей степени зависит:

- A. От величины магнитной индукции;
- B. От напряженности магнитного поля;
- C. От удельной объемной магнитной энергии;
- D. От внутренних свойств самого материала.

- 5.8. Для размагничивания образца материала необходимо:
- Чтобы магнитная индукция B достигла нуля;
 - Чтобы вектор напряженности магнитного поля H изменил свое направление на обратное;
 - Чтобы магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H материала достигли нуля.
- 5.9. При увеличении остаточной магнитной индукции B_r магнитные свойства материала ведут себя следующим образом:
- Становятся выше;
 - Становятся ниже;
 - Не изменяются.
- 5.10. Потери энергии на вихревые токи P_v зависят:
- От величины остаточной магнитной индукции B_r ;
 - От величины коэрцитивной силы H_c ;
 - От удельного электрического сопротивления ρ магнитного материала;
 - От параметра, который не указан в предыдущих ответах.

5.2. Магнитотвердые материалы

Магнитотвердые материалы обладают большой коэрцитивной силой ($H_c > 40$ А/м) и большой остаточной индукцией ($B_r > 0,1$ Тл).

Они с большим трудом намагничиваются, а будучи намагниченными, могут несколько лет сохранять магнитную энергию, т.е. служить источниками постоянного магнитного поля.

Основными характеристиками магнитотвердых материалов являются коэрцитивная сила H_c , остаточная индукция B_r и отдаваемая во внешнее пространство максимальная удельная магнитная энергия w_{\max} .

Выберите правильный ответ

- 5.11. Магнитная проницаемость μ магнитотвердых материалов:
- Значительно больше, чем у магнитомягких материалов;
 - Значительно меньше, чем у магнитомягких материалов;
 - Не зависит от типа материала.
- 5.12. При оценке качества магнитотвердых материалов учитывают:
- Коэрцитивную силу H_c ;
 - Остаточную магнитную индукцию B_r ;
 - Максимальную удельную магнитную энергию w_{\max} ;
 - Все перечисленные параметры.
- 5.13. Чем «тверже» магнитный материал:
- Тем выше его коэрцитивная сила H_c ;
 - Тем больше его остаточная магнитная индукция B_r ;
 - Тем меньше его магнитная проницаемость μ ;
 - Все ответы верны.

5.19. Заполните табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные характеристики металлических магнитотвердых материалов

Металлические магнитотвердые материалы	Состав	Магнитные характеристики материалов		Достоинства	Недостатки
		H_c , А/м	B_r , Тл		
Мартенситные стали					
Железо-никель-алюминиевые сплавы					
Нековкие металлокерамические материалы					

Ответьте на вопросы

5.20. Каким требованиям должны отвечать магнитные материалы для носителей информации?

Ответ:																	

5.21. Что представляют собой жидкие магниты и где их применяют?

Ответ:																	

5.22. Как классифицируют магнитотвердые материалы по составу и способу получения?

Ответ:																	

5.23. В каком случае повторное намагничивание не устраняет необратимое старение?

Ответ:																				

5.3. Магнитомягкие материалы

Магнитомягкие материалы обладают большими начальным и максимальным значениями магнитной проницаемости и малыми значениями коэрцитивной силы ($H_c < 40$ А/м). Эти материалы легко намагничиваются и размагничиваются.

Выберите правильный ответ

- 5.24. Уровень магнитных характеристик магнитомягких материалов зависит:
- От их химической чистоты;
 - От степени искажения их кристаллической структуры;
 - От тепловой обработки;
 - От всех перечисленных факторов.
- 5.25. Основными металлическими магнитомягкими материалами являются:
- Пермаллой, альсифер, кремнистые стали;
 - Мартенситные и низкоуглеродистые кремнистые стали;
 - Пермаллой и ферриты;
 - Все перечисленные материалы.
- 5.26. Для улучшения технических свойств пермаллоев в них необходимо ввести:
- Вольфрам, хром, молибден;
 - Углерод, железо;
 - Молибден, хром, медь.
- 5.27. Детали из пермаллоя подвергают дополнительному отжигу в целях:
- Повысить механическую прочность;
 - Повысить магнитные свойства пермаллоя;
 - В обоих указанных целях.
- 5.28. Без термической обработки магнитная проницаемость пермаллоев:
- Меньше, чем у чистого железа;
 - Больше чем у чистого железа;
 - Такая же, как и после термической обработки.
- 5.29. Чувствительны ли все виды пермаллоев к механическим деформациям?
- Да.
 - Нет.
- 5.30. Эти нековкие хрупкие сплавы, состоящие из железа, алюминия (5,5... 13 %) и кремния (9... 10 %) используют для изготовления литых сердеч-

ников, работающих в диапазоне частот от 20 кГц. Приведенному описанию соответствуют:

- А. Альсиферы;
- В. Пермаллои;
- С. Мартенситные стали;
- Д. Ферриты.

Выполните задания

5.31. По виду гистерезисных кривых, приведенных на рис. 5.3, определите типы магнитных материалов и укажите их в соответствующих строках:

- а) _____;
- б) _____;
- в) _____;
- г) _____.

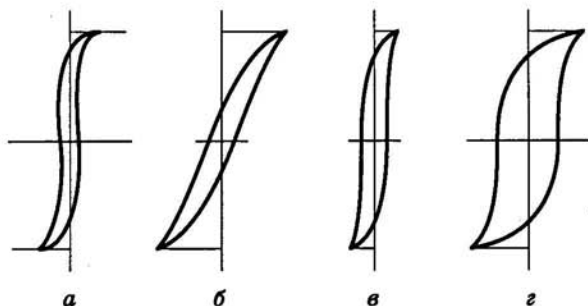


Рис. 5.3. Петли гистерезиса различных типов магнитных материалов

5.32. Заполните табл. 5.2.

Таблица 5.2

Основные характеристики магнитомягких материалов

Магнитомягкие материалы	Состав	Магнитные характеристики		Достоинства	Недостатки
		H_c , А/м	B_r , Тл		
Пермаллои					
Альсиферы					
Электротехническое железо					
Электротехнические кремнистые стали					

5.33. Вставьте пропущенные слова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Журавлева Л. В. Электроматериаловедение : учебник для студ. сред. проф. образования / Л. В. Журавлева. — М. : Изд. центр «Академия», 2000. — 311 с.

Калинин Н. Н. Электроматериалы : учебник для техникумов / Н. Н. Калинин, Г. В. Скибинский, П. П. Новиков ; под. ред. Н. Н. Калинина. — М. : Высш. шк., 1981. — 293 с.

Никулин В. Н. Справочник молодого электрика по электрическим материалам и изделиям / В. Н. Никулин. — М. : Высш. шк., 1982. — 216 с.

Никулин В. Н. Электроматериаловедение / В. Н. Никулин. — М. : Высш. шк., 1984. — 75 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. Основные характеристики электротехнических материалов	3
1.1. Механические характеристики	3
1.2. Электрические характеристики	6
1.3. Тепловые характеристики	13
1.4. Физико-химические характеристики	15
Глава 2. Диэлектрические материалы	18
2.1. Газообразные диэлектрики	18
2.2. Жидкие диэлектрики	21
2.3. Твердые полимеризационные и поликонденсационные диэлектрики	25
2.4. Лаки, эмали, компаунды	30
2.5. Пластические массы	33
2.6. Слоистые пластмассы	34
2.7. Слоистые материалы	36
2.8. Электрокерамические материалы	40
2.9. Бумаги и картоны	45
Глава 3. Проводниковые материалы и изделия	48
3.1. Проводниковые материалы с малым удельным сопротивлением	48
3.2. Проводниковые материалы с большим удельным сопротивлением	51
3.3. Жаростойкие проводниковые материалы	53
3.4. Неметаллические проводниковые материалы	54
3.5. Проводниковые (кабельные) изделия	56
Глава 4. Полупроводниковые материалы	61
4.1. Свойства полупроводников	61
4.2. Простые полупроводники	65
4.3. Полупроводниковые соединения	67
Глава 5. Магнитные материалы	69
5.1. Основные характеристики магнитных материалов	69
5.2. Магнитотвердые материалы	72
5.3. Магнитомягкие материалы	75
Список литературы	78

Учебное издание

Ярочкина Галина Владимировна
Электроматериаловедение. Рабочая тетрадь
Учебное пособие

Редактор *Е. М. Зубкович*
Технический редактор *О. Н. Крайнова*
Компьютерная верстка: *Е. Ю. Матвеева*
Корректоры *Е. Н. Медведева, Н. Л. Котелина*

Изд. № 101112780. Подписано в печать 13.02.2008. Формат 70×100/16. Гарнитура «Таймс». Бумага тип. № 2. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,5. Тираж 3000 экз. Заказ № 26202.

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.
117342, Москва, ул. Бутлерова, 17-Б, к. 360. Тел./факс: (495) 330-1092, 334-8337.

Отпечатано в соответствии с качеством диапозитивов,
предоставленных издательством в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. www.sarpk.ru

Для подготовки квалифицированных кадров по профессиям «Монтажник радиоэлектронной аппаратуры», «Регулировщик радиоэлектронной аппаратуры» рекомендуются следующие учебники и учебные пособия:

- Л. В. Журавлева
Электроматериаловедение
- Л. В. Журавлева
Электрорадиоизмерения
- П. А. Бутырин, О. В. Толчеев,
Ф. Н. Шакирзянов
Электротехника
- Г. В. Ярочкина, А. А. Володарская
Электротехника. Рабочая тетрадь

ISBN 978-5-7695-4269-5



Издательский центр «Академия»
www.academia-moscow.ru

