

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для  
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**Б1.В.02 Прикладная физика**

**Направление подготовки: 35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы: «Электрооборудование и электротехнологии»**

**Форма обучения: очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Организация самостоятельной работы.....	4
1.1 Организационно-методические данные дисциплины.....	4
2. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних задания.....	6
2.1 Темы индивидуальных домашних заданий.....	6
2.2 Содержание индивидуальных домашних заданий.....	6
2.3 Порядок выполнения заданий.....	22
2.4 Пример выполнения задания.....	23
3. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов.....	26
3.1 Термоэлектрические явления.....	26
3.2 Термопары, свойства и применение.....	26
3.3 Термоэлектрические батареи.....	26
3.4 Радиоактивное излучение, его виды и свойства.....	26
3.5 Закон радиоактивного распада.....	26
3.6 Методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений.....	26
3.7 Структура кристаллических тел.....	26
3.8 Дифракция рентгеновских волн.....	26
3.9 Термоэлектронная эмиссия, её законы и применение.....	26
3.10 Электронно-лучевая трубка (назначение, конструкция и применение).....	26
3.11 Полупроводники и их свойства.....	27
3.12 Полупроводниковые приборы (терморезистор, фоторезистор) и их применение.....	27
3.13 Электронно-дырочный переход, его свойства и вольт-амперная характеристика.....	27
3.14 Полупроводниковые диоды и транзисторы, их характеристики и применение.....	27
3.15 Природа и характеристики солнечного света.....	27
3.16 Устройство и принцип действия полупроводникового солнечного фотопреобразователя.....	27
3.17 Устройство и принцип действия солнечной батареи наземного применения.....	27
3.18 Основные параметры и характеристики современных кремниевых солнечных батарей.....	27
3.19 Особенности эксплуатации кремниевых солнечных батарей наземного применения.....	27
3.20 Сетевые солнечные фотоэлектростанции: устройство, структурная схема, основные компоненты и их назначение.....	28
3.21 Подвижные и неподвижные опорные системы сетевых фотоэлектростанций.....	28
3.22 Генерация электроэнергии согласно «зелёному тарифу».....	28
4. Методические рекомендации по подготовке к занятиям.....	29
4.1 ЛР-1 «Аналоговые электроизмерительные приборы».....	29
4.2 ЛР-2 «Цифровые мультиметры».....	29
4.3 ЛР-3 «Градуировка термопары».....	29
4.4 ЛР-4 «Измерение индукции магнитного поля».....	29
4.5 ЛР-5 «Измерение радиоактивного излучения».....	29
4.6 ЛР-6 Структура кристаллов и рентгеновская дифракция.....	29
4.7 ЛР-7 «Рентгеновский дифрактометр».....	29

4.8 ЛР-8«Идентификация вещества по данным о межплоскостных расстояниях».....	30
4.9 ЛР-9 «Изучение электронного осциллографа (занятие 1)».....	30
4.10 ЛР-10 «Изучение электронного осциллографа (занятие 2)».....	30
4.11 ЛР-11«Снятие температурной характеристики терморезистора».....	30
4.12 ЛР-12«Изучение характеристик фоторезистора».....	30
4.13 ЛР-13«Измерение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода».....	31
4.14 ЛР-14«Полупроводниковые выпрямители переменного тока».....	31
4.15 ЛР-15«Изучение характеристик фотодиода».....	31
4.16 ЛР-16«Изучение светоизлучающих диодов».....	31
4.17 ЛР-17Фотоэлектрический метод преобразования солнечного света».....	31
4.18 ЛР-18«Измерение нагрузочной вольт-амперной характеристики солнечной батареи».....	31
4.19 ЛР-19«Влияние на к.п.д. солнечного фотопреобразователя температуры и уровня освещённости».....	32
4.20 ЛР-20 «Спектральная чувствительность солнечного фотопреобразователя».....	32
4.21 ЛР-21 «Современные солнечные батареи».....	32
4.22 ЛР-22 «Солнечные фотоэлектрические системы (электростанции)».....	32
4.23 ЛР-23 «Автономные солнечные ФЭС (устройство, компоненты, работа)».....	32
4.24 ЛР-24 «Расчёт автономной ФЭС».....	32

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1 Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовк а реферата/ эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятель ное изучение вопросов (СИВ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел 1 Измерение физико-технических величин	-	-	-	5	5
1.1	<b>Тема 1</b> Аналоговые электроизмерительные приборы				-	1
1.2.	<b>Тема 2</b> Цифровые мультиметры				-	1
1.3.	<b>Тема 3</b> Градуировка термпары				2	1
1.4.	<b>Тема 4</b> Измерение индукции магнитного поля				-	1
1.5.	<b>Тема 5</b> Измерение радиоактивного излучения				3	1
2	Раздел 2 <b>Элементы рентгенодифракционного анализа</b>	-	-	-	3	3
2.1.	<b>Тема 6</b> Структура кристаллов и рентгеновская дифракция				3	1
2.2	<b>Тема 7</b> Рентгеновский дифрактометр				-	1
2.3.	<b>Тема 8</b> Идентификация вещества по данным о межплоскостных расстояниях				-	1
3	Раздел 3 Физические основы действия и применение полупроводниковых приборов	-	-	3	5	8
3.1.	<b>Тема 9</b> Изучение электронного осциллографа (занятие 1)				1	1
3.2.	<b>Тема 10</b> Изучение электронного осциллографа (занятие 2)			0.5	-	1

3.3.	<b>Тема 11</b> Снятие температурной характеристики терморезистора			0.5	2	1
3.4.	<b>Тема 12</b> Изучение характеристик фоторезистора			0.5	-	1
3.5.	<b>Тема 13</b> Измерение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода			0.5	-	1
3.6.	<b>Тема 14</b> Полупроводниковые выпрямители переменного тока			0.5	2	1
3.7.	<b>Тема 15</b> Изучение фотодиода				-	1
3.8.	<b>Тема 16</b> Изучение светоизлучающих диодов			0.5	-	1
4	<b>Раздел 4</b> <b>Полупроводниковые фотопреобразователи солнечной энергии</b>	-	-	3	5	8
4.1	<b>Тема 17</b> Фотоэлектрический метод преобразования солнечного света				1	1
4.2	<b>Тема 18</b> Измерение нагрузочной вольт-амперной характеристики солнечной батареи				-	1
4.3.	<b>Тема 19</b> Влияние на к.п.д. солнечного фотопреобразователя температуры и уровня освещённости				-	1
4.4.	<b>Тема 20</b> Спектральная чувствительность солнечного фотопреобразователя				-	1
4.5.	<b>Тема 21</b> Современные солнечные батареи				2	1
4.6.	<b>Тема 22</b> Солнечные фотоэлектрические системы (электростанции)				2	1
4.7.	<b>Тема 23</b> Автономные солнечные				-	1

	ФЭС (устройство, компоненты, работа)					
4.8.	<b>Тема 24</b> Расчёт автономной ФЭС			3	-	1

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

Индивидуальные домашние задания выполняются в форме расчётно-практической работы.

### 2.1 Темы индивидуальных домашних заданий

1. Физические основы действия полупроводниковых приборов.
2. Расчёт автономной ФЭС.

### 2.2 Содержание индивидуальных домашних заданий

Тема 1. Физические основы действия полупроводниковых приборов.

#### Вариант 1

1. Во сколько раз увеличится плотность тока насыщения при термоэлектронной эмиссии из вольфрама при повышении температуры вольфрама от 2000 до 2500 К ? Работа выхода электрона из вольфрама равна  $A = 4,5$  эВ.

2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 1 мс, 4 мс, 20 мс, 0,2 с и 50 мкс.

3. На экране электронного осциллографа наблюдаются четыре полных колебания синусоидального напряжения с периодом  $T = 2$  мс. Определите период и частоту генератора горизонтальной развёртки. Как изменится осциллограмма, если частоту развёртки увеличить в два раза?

4. Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 25 кОм, включили последовательно с резистором 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 4 раза. Определите сопротивление освещённого фоторезистора. Нарисуйте электрическую схему.

5. К концам цепи, состоящей из последовательно включённых терморезистора и резистора сопротивлением 1 кОм, подано напряжение 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 5 мА. Когда терморезистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 10 мА. Во сколько раз и как изменилось в результате нагрева сопротивление терморезистора? Нарисуйте электрическую схему опыта.

6. Имеется светодиод с рабочим напряжением 3 вольта и рабочим током 20 мА. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$ , необходимого для подключения светодиода к источнику тока с напряжением 5 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 2

1. Определите (в единицах системы Си) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 500 Гц, 2 кГц, 4 кГц, 5 кГц, 2 МГц.

2. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 20 \cos(200\pi \cdot t + \pi/4)$  (мВ). Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения. а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 4-х колебаний входного сигнала.

3. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технологии применяют фосфор, галлий, мышьяк, индий, сурьму. Какие из этих элементов можно ввести в качестве примеси в кристаллический кремний, чтобы получить

электронную проводимость? Ответ объясните. Укажите основные и неосновные носители заряда.

4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 95 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением  $5 \text{ кОм}$ . Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи при том же напряжении увеличилась в 5 раз. Каким стало сопротивление фоторезистора? Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу прямого тока полупроводникового диода, к которому приложено напряжение  $U = 0,2 \text{ В}$ , если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет  $5 \text{ мкА}$ . Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для простой схемы включения светодиода. Рабочий ток светодиода  $10 \text{ мА}$ , его рабочее напряжение  $2 \text{ В}$ . Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения  $5 \text{ В}$ . Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 3

1. В вакуумном диоде электрон подходит к аноду со скоростью  $2 \text{ Мм/с}$ . Найти анодное напряжение. Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ , заряд  $Q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .

2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно:  $10 \text{ мс}$ ,  $25 \text{ мс}$ ,  $20 \text{ мкс}$ ,  $0,1 \text{ с}$  и  $4 \text{ мкс}$ .

3. Напряжение на входе осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 40 \cos(10^4 \pi \cdot t + \pi/4)$  (мВ). Определите амплитуду, действующее (или эффективное) значение напряжения, частоту  $f$  и период  $T$ , а также период горизонтальной развёртки, при которой на экране наблюдаются два колебания входного сигнала.

4. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением  $2 \text{ кОм}$  и источника постоянного напряжения  $20 \text{ В}$ . При комнатной температуре сила тока в цепи была равна  $10 \text{ мА}$ . Когда терморезистор охладили сила тока в цепи стала  $5 \text{ мА}$ . Определите сопротивление охлаждённого терморезистора. Нарисуйте электрическую схему опыта.

5. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 155 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением  $25 \text{ кОм}$  и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, его сопротивление уменьшилось до  $35 \text{ кОм}$ . Во сколько раз и как изменилась сила в цепи? Нарисуйте электрическую схему.

6. Определите сопротивление токоограничивающего резистора  $R$  и его мощность для включения светодиода, рабочий ток которого  $20 \text{ мА}$ , а его рабочее напряжение  $2,5 \text{ В}$ . Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения  $8 \text{ В}$ . Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 4

1. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно:  $0,4 \text{ с}$ ,  $100 \text{ мс}$ ,  $5 \text{ мс}$ ,  $40 \text{ мкс}$ ,  $10 \text{ мкс}$  и  $200 \text{ нс}$ .

2. Напряжение изменяется со временем согласно уравнению  $U = 2 \cos(2 \cdot 10^3 \pi \cdot t)$  (В)

Сколько колебаний содержит осциллограмма при частоте генератора горизонтальной развёртки  $200 \text{ Гц}$ ? Также укажите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения.

3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 95 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением  $5 \text{ кОм}$  и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась в 10 раз. Определите сопротивление фоторезистора. Нарисуйте электрическую схему.

4. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технологии применяют фосфор P, галлий Ga, мышьяк As, индий In, сурьму Sb, бор B. Какие из этих элементов можно ввести в качестве примеси в кристаллический кремний, чтобы получить в нём дырочную проводимость? Ответ объясните. Укажите основные и неосновные носители заряда.

5. Определите силу тока, текущего через полупроводниковый диод, к которому приложено прямое напряжение  $U = 0,4$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 10 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Светодиод с рабочим напряжением 3 В и рабочим током 20 мА подключен к источнику с напряжением 9 В. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора, который нужно включить в цепь. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 5

1. При частоте горизонтальной развёртки осциллографа 1 кГц на экране наблюдаются 4 синусоидальных колебания с амплитудой 0,5 В. Определите частоту и период напряжения, поданного на вход осциллографа и напишите уравнение колебаний этого напряжения.

2. Определите (в единицах системы СИ) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,25 с, 100 мс, 40 мс, 5 мс, 125 мкс и 40 мкс.

3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_t = 95$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением  $R = 5$  кОм и источником постоянного напряжения с  $\varepsilon = 24$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшилось в 5 раз. Определите изменение напряжения на резисторе  $R$ . Нарисуйте электрическую схему.

4. К концам цепи, состоящей из последовательно включённых терморезистора, резистора сопротивлением 2 кОм, подано напряжение 24 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 0,5 мА. Когда терморезистор нагрели, сила тока в цепи стала 5 мА. Определите сопротивление терморезистора до и после нагревания. Нарисуйте электрическую схему опыта.

6. Имеется светодиод с рабочим напряжением 2,5 В и рабочим током 15 мА. Необходимо подключить его к источнику с напряжением 5 В. Рассчитайте сопротивление токоограничивающего резистора  $R$  и его мощность.

#### Вариант 6

1. Определите (в единицах системы СИ) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 500 кГц, 2000 Гц, 2 МГц, 100 Гц, 800 МГц.

2. Период генератора горизонтальной развёртки  $T = 1$  мс. При этом на экране осциллографа наблюдается осциллограмма сигнала, состоящая из 4-х гармонических колебаний, амплитуда которых составляет 200 мВ. Напишите уравнение колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа.

3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_t = 155$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением  $R = 25$  кОм и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, его сопротивление уменьшилось до 35 кОм. Во сколько раз и как изменилось напряжение на резисторе? Нарисуйте электрическую схему.

4. Определите силу прямого тока кремниевого диода, к которому приложено напряжение  $U = 0,35$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 20 мкА. Температура диода  $t = 77^\circ\text{C}$ .



5. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением  $R_n = 2 \text{ кОм}$  и источника постоянного напряжения  $20 \text{ В}$ . Сопротивление терморезистора при температуре  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  равно  $R_0 = 48 \text{ кОм}$ . Когда терморезистор опустили в воду при температуре  $T = 25^\circ\text{C}$ , сила тока в цепи стала  $1,6 \text{ мА}$ . Определите температурный коэффициент сопротивления терморезистора. Нарисуйте электрическую схему.

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для простой схемы включения светодиода. Рабочий ток светодиода  $10 \text{ мА}$ , его рабочее напряжение  $2,2 \text{ В}$ . Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения  $7 \text{ В}$ . Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 7

1. В вакуумном диоде электрон подходит к аноду со скоростью  $6 \text{ Мм/с}$ . Найти анодное напряжение. Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ , заряд  $Q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .

2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен:  $0,05 \text{ с}$ ,  $25 \text{ мс}$ ,  $400 \text{ мкс}$ ,  $25 \text{ мкс}$ ,  $500 \text{ нс}$ .

3. На вход осциллографа подано напряжение, изменяющееся со временем согласно уравнению  $U = 0,8 \cdot \cos(4 \cdot 10^3 \pi \cdot t) \text{ (В)}$ . Укажите характеристики этих колебаний (амплитуда, частота, период). Какой должна быть частота генератора развёртки, чтобы осциллограмма содержала пять колебаний?

4. Определите силу обратного тока полупроводникового диода, к которому приложено обратное напряжение  $U = 10,0 \text{ В}$ , если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет  $20 \text{ мкА}$ . Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

5. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 150 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением  $10 \text{ кОм}$  и источником постоянного напряжения  $16 \text{ В}$ . Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась до  $0,4 \text{ мА}$ . Найдите сопротивление освещённого фоторезистора  $R_{св}$  и величину фототока  $I_{ф}$ . Нарисуйте электрическую схему.

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для подключения светодиода к источнику постоянного напряжения  $U = 9 \text{ В}$ . Рабочий ток светодиода  $12 \text{ мА}$ , его рабочее напряжение  $2,1 \text{ В}$ .

#### Вариант 8

1. Определите (в единицах системы Си) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно:  $50 \text{ Гц}$ ,  $400 \text{ Гц}$ ,  $2 \text{ кГц}$ ,  $100 \text{ кГц}$ ,  $10 \text{ МГц}$ .

2. При подаче на вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки осциллографа напряжения в  $50 \text{ В}$  электронный луч сместился (на экране) на  $2 \text{ см}$ . Найдите чувствительность ЭЛТ к вертикальному отклонению и смещение электронного луча при подаче на отклоняющие пластины напряжения  $110 \text{ В}$ .

3. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 200 \cdot \cos(8 \cdot 10^5 \pi \cdot t) \text{ (мВ)}$ . Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения, а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 4-х колебаний входного сигнала.

4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 160 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением  $20 \text{ кОм}$  и источником постоянного напряжения  $U = 9 \text{ В}$ . Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась в 6 раз. Определите сопротивление освещённого фоторезистора  $R_{св}$  и силу фототока  $I_{ф}$ . Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите ток насыщения полупроводникового диода, если при прямом напряжении  $U = 0,3 \text{ В}$  сила тока, текущего через диод, равна  $200 \text{ мА}$ . Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ , диодный параметр  $n = 1,8$ .

6. Светодиод с рабочим напряжением 2,0 В и рабочим током 12 мА подключили к источнику с напряжением 4,4 В. Рассчитайте сопротивление токоограничивающего резистора  $R$  и его мощность.

#### Вариант 9

1. Чувствительность электронно-лучевой трубки осциллографа к горизонтальному отклонению равна  $a_x = 0,4 \text{ мм/ В}$ , а диаметр круглого экрана  $D = 10 \text{ см}$ . Чему равно напряжение горизонтальной развёртки, подаваемое на горизонтально-отклоняющие пластины ЭЛТ, если размер осциллограммы изучаемого сигнала полностью заполняет экран ?

2. Определите (в единицах системы СИ) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,025 с, 25 мс, 40 мс, 200 мкс, 2 мкс и 50 нс.

3. При частоте генератора горизонтальной развёртки 1 кГц на экране осциллографа наблюдается осциллограмма сигнала, состоящая из 4-х гармонических колебаний, амплитуда которых составляет 400 мВ. Напишите уравнение колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа.

4. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением  $R_n = 2 \text{ кОм}$  и источника постоянного напряжения 10 В. Сопротивление терморезистора при температуре  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  равно  $R_0 = 18 \text{ кОм}$ . Когда терморезистор опустили в воду при температуре  $T = 25^\circ\text{C}$ , сила тока в цепи стала 1,0 мА. Определите температурный коэффициент сопротивления терморезистора. Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу тока, текущего через полупроводниковый диод, к которому приложено прямое напряжение  $U = 0,4 \text{ В}$ , если параметр диода  $n = 1,4$ , а ток насыщения составляет 10 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Светодиод с рабочим напряжением 3 В и рабочим током 20 мА подключен к источнику с напряжением 9 В последовательно с резистором 100 Ом. Будет ли работать светодиод? Нарисуйте электрическую схему. Ответ обоснуйте с помощью расчёта.

#### Вариант 10

1. Во сколько раз увеличится плотность тока насыщения при термоэлектронной эмиссии из катода прямого накала при повышении его температуры от 1500 К до 2000 К ? Работа выхода электрона из катода равна  $A = 4,5 \text{ эВ}$ .

2. Определите (в единицах системы СИ) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 10 мс, 5 мс, 25 мс, 20 мкс и 400 нс.

3. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 20 \cos(2000\pi \cdot t)$  (мВ). Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения, а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 3-х колебаний входного сигнала.

4. Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 45 кОм, включили последовательно с резистором 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 3 раза. Определите сопротивление освещённого фоторезистора. Нарисуйте электрическую схему.

5. К концам цепи, состоящей из последовательно включённых терморезистора и резистора сопротивлением 2 кОм, подано напряжение 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 5 мА. Когда терморезистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 15 мА. Во сколько раз и как изменилось в результате нагрева сопротивление терморезистора? Нарисуйте электрическую схему опыта.

6. Имеется светодиод с рабочим напряжением 2,2 вольта и рабочим током 20 мА. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$ ,

необходимого для подключения светодиода к источнику тока с напряжением 6 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 11

1. Определите (в единицах системы СИ) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 500 Гц, 2 кГц, 4 кГц, 5 кГц, 2 МГц.

2. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 20 \cos(200\pi \cdot t + \pi/4)$  (мВ). Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения. а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 4-х колебаний входного сигнала.

3. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технологии применяют фосфор, галлий, мышьяк, индий, сурьму. Какие из этих элементов можно ввести в качестве примеси в кристаллический кремний, чтобы получить электронную проводимость? Ответ объясните. Укажите основные и неосновные носители заряда.

4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 95$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи при том же напряжении увеличилась в 5 раз. Каким стало сопротивление фоторезистора? Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу прямого тока полупроводникового диода, к которому приложено напряжение  $U = 0,2$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 5 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для простой схемы включения светодиода. Рабочий ток светодиода 10 мА, его рабочее напряжение 2 В. Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 5 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 12

1. Определите (в единицах системы СИ) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 1000 Гц, 50 Гц, 5 кГц, 125 кГц, 20 МГц.

2. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 20 \cos(200\pi \cdot t + \pi/4)$  (мВ). Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения. а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 4-х колебаний входного сигнала.

3. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технологии применяют фосфор, галлий, мышьяк, индий, сурьму. Какие из этих элементов можно ввести в качестве примеси в кристаллический кремний, чтобы получить электронную проводимость? Ответ объясните. Укажите основные и неосновные носители заряда.

4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 95$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи при том же напряжении увеличилась в 5 раз. Каким стало сопротивление фоторезистора? Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу прямого тока полупроводникового диода, к которому приложено напряжение  $U = 0,2$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 5 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для простой схемы включения светодиода. Рабочий ток светодиода 10 мА, его рабочее напряжение 2 В. Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 5 В. Нарисуйте электрическую схему.

### Вариант 13

1. В вакуумном диоде электрон подходит к аноду со скоростью 5 Мм/с. Найти анодное напряжение. Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, заряд  $Q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.
2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 100 мс, 2,5 мс, 200 мкс, 0,01 с и 40 нс.
3. Напряжение на входе осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 40 \cos(2 \cdot 10^4 \pi \cdot t)$  (мВ). Определите амплитуду, действующее (или эффективное) значение напряжения, частоту  $f$  и период  $T$ , а также частоту горизонтальной развёртки, при которой на экране наблюдаются четыре колебания входного сигнала.
4. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением 2 кОм и источника постоянного напряжения 40 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 10 мА. Когда терморезистор охладили сила тока в цепи стала 5 мА. Определите сопротивление охлаждённого терморезистора. Нарисуйте электрическую схему опыта.
5. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 125$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением 25 кОм и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, его сопротивление уменьшилось до 25 кОм. Во сколько раз и как изменилась сила в цепи? Нарисуйте электрическую схему.
6. Определите сопротивление токоограничивающего резистора  $R$  и его мощность для включения светодиода, рабочий ток которого 22 мА, а его рабочее напряжение 2,4 В. Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 9 В. Нарисуйте электрическую схему.

### Вариант 14

1. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,125 с, 1 мс, 40 мс, 400 мкс, 25 мкс и 400 нс.
2. Напряжение изменяется со временем согласно уравнению  $U = 1,2 \cos(4 \cdot 10^3 \pi \cdot t)$  (В)  
Сколько колебаний содержит осциллограмма при частоте генератора горизонтальной развёртки 400 Гц? Также укажите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения.
3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 95$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась в 5 раз. Определите сопротивление фоторезистора. Нарисуйте электрическую схему.
4. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технологии применяют фосфор P, галлий Ga, мышьяк As, индий In, сурьму Sb, бор B. Какие из этих элементов можно ввести в качестве примеси, чтобы создать электронно-дырочный переход (p-n переход) в кристаллическом кремнии? Ответ объясните. Укажите основные и неосновные носители заряда в каждой из областей перехода.
5. Определите силу тока, текущего через полупроводниковый диод, к которому приложено прямое напряжение  $U = 0,4$  В, если параметр диода  $n = 1$ , а ток насыщения составляет 5 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .
6. Светодиод с рабочим напряжением 2,1 В и рабочим током 12 мА подключен к источнику с напряжением 9 В. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора, который нужно включить в цепь. Нарисуйте электрическую схему.

### Вариант 15

1. При частоте горизонтальной развёртки осциллографа на экране наблюдаются 3 синусоидальных колебания с амплитудой 1,4 В. Определите частоту и период напряжения, поданного на вход осциллографа и напишите уравнение колебаний этого напряжения.
2. Определите (в единицах системы СИ) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,05 с, 10 мс, 50 мс, 4 мс, 125 нс и 500 мкс.
3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 120$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением  $R = 5$  кОм и источником постоянного напряжения с  $\varepsilon = 24$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшилось в 5 раз. Определите изменение напряжения на резисторе  $R$ . Нарисуйте электрическую схему.
4. К концам цепи, состоящей из последовательно включённых терморезистора, резистора сопротивлением 2 кОм, подано напряжение 24 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 0,5 мА. Когда терморезистор нагрели, сила тока в цепи стала 2 мА. Определите сопротивление терморезистора до и после нагревания. Нарисуйте электрическую схему опыта.
6. Имеется светодиод с рабочим напряжением 2,5 В и рабочим током 20 мА. Необходимо подключить его к источнику с напряжением 5 В. Рассчитайте сопротивление токоограничивающего резистора  $R$  и его мощность.

### Вариант 16

1. Определите (в единицах системы СИ) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 50 кГц, 200 Гц, 20 МГц, 10 кГц, 800 МГц.
2. Период генератора горизонтальной развёртки  $T = 2$  мс. При этом на экране осциллографа наблюдается осциллограмма сигнала, состоящая из 4-х гармонических колебаний, амплитуда которых составляет 500 мВ. Напишите уравнение колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа.
3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 150$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением  $R = 10$  кОм и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, его сопротивление уменьшилось до 30 кОм. Во сколько раз и как изменилось напряжение на резисторе? Нарисуйте электрическую схему.
4. Определите силу прямого тока кремниевого диода, к которому приложено напряжение  $U = 0,35$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 10 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .
5. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением  $R_n = 2$  кОм и источника постоянного напряжения 25 В. Сопротивление терморезистора при температуре  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  равно  $R_0 = 48$  кОм. Когда терморезистор опустили в воду при температуре  $T = 24^\circ\text{C}$ , сила тока в цепи стала 1,6 мА. Определите температурный коэффициент сопротивления терморезистора. Нарисуйте электрическую схему.
6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для простой схемы включения светодиода. Рабочий ток светодиода 15 мА, его рабочее напряжение 2,2 В. Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 8 В. Нарисуйте электрическую схему.

### Вариант 17

1. В вакуумном диоде электрон подходит к аноду со скоростью 10 Мм/с. Найти анодное напряжение. Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, заряд  $Q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен: 0,04 с, 2,5 мс, 40 мкс, 250 мкс, 500 нс.
3. На вход осциллографа подано напряжение, изменяющееся со временем согласно уравнению  $U = 0,5 \cdot \cos(8 \cdot 10^3 \pi \cdot t) (В)$ . Укажите характеристики этих колебаний (амплитуда, частота, период). Какой должна быть частота генератора развёртки, чтобы осциллограмма содержала четыре колебания?
4. Определите силу обратного тока полупроводникового диода, к которому приложено обратное напряжение  $U = 12,0 В$ , если параметр диода  $n = 1$ , а ток насыщения составляет 10 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ C$ .
5. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 150 кОм$  включили последовательно с резистором сопротивлением 10 кОм и источником постоянного напряжения 32 В. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась до 0,8 мА. Найдите сопротивление освещённого фоторезистора  $R_{св}$  и величину фототока  $I_{ф}$ . Нарисуйте электрическую схему.
6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для подключения светодиода к источнику постоянного напряжения  $U = 6 В$ . Рабочий ток светодиода 10 мА, его рабочее напряжение 2,1 В.

#### Вариант 18

1. Определите (в единицах системы Си) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 50 Гц, 400 Гц, 20 кГц, 100 кГц, 100 МГц.
2. При подаче на вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки осциллографа напряжения в 50 В электронный луч сместился (на экране) на 1 см. Найдите чувствительность ЭЛТ к вертикальному отклонению и смещение электронного луча при подаче на отклоняющие пластины напряжения 100 В.
3. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 200 \cdot \cos(4 \cdot 10^4 \pi \cdot t) (мВ)$ . Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения, а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 4-х колебаний входного сигнала.
4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 160 кОм$  включили последовательно с резистором сопротивлением 20 кОм и источником постоянного напряжения  $U = 18 В$ . Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась в 6 раз. Определите сопротивление освещённого фоторезистора  $R_{св}$  и силу фототока  $I_{ф}$ . Нарисуйте электрическую схему.
5. Определите ток насыщения полупроводникового диода, если при прямом напряжении  $U = 0,4 В$  сила тока, текущего через диод, равна 200 мА. Температура диода  $t = 27^\circ C$ , диодный параметр  $n = 2$ .
6. Светодиод с рабочим напряжением 2,0 В и рабочим током 10 мА подключили к источнику с напряжением 5 В. Рассчитайте сопротивление токоограничивающего резистора  $R$  и его мощность.

#### Вариант 19

1. Чувствительность электронно-лучевой трубки осциллографа к горизонтальному отклонению равна  $a_x = 0,2 мм/В$ , а диаметр круглого экрана  $D = 8 см$ . Чему равно напряжение горизонтальной развёртки, подаваемое на горизонтально-отклоняющие пластины ЭЛТ, если размер осциллограммы изучаемого сигнала полностью заполняет экран?
2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,025 с, 2,5 мс, 4 мс, 250 мкс, 20 мкс и 500 нс.

3. При частоте генератора горизонтальной развёртки 2 кГц на экране осциллографа наблюдается осциллограмма сигнала, состоящая из 3-х гармонических колебаний, амплитуда которых составляет 800 мВ. Напишите уравнение колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа.

4. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением  $R_n = 4$  кОм и источника постоянного напряжения 20 В. Сопротивление терморезистора при температуре  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  равно  $R_0 = 36$  кОм. Когда терморезистор опустили в воду при температуре  $T = 26^\circ\text{C}$ , сила тока в цепи стала 2,0 мА. Определите температурный коэффициент сопротивления терморезистора. Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу тока, текущего через полупроводниковый диод, к которому приложено прямое напряжение  $U = 0,4$  В, если параметр диода  $n = 1,5$ , а ток насыщения составляет 20 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Светодиод с рабочим напряжением 2,5 В и рабочим током 20 мА подключен к источнику с напряжением 9 В последовательно с резистором 300 Ом. Будет ли работать светодиод? Нарисуйте электрическую схему. Ответ обоснуйте с помощью расчёта.

#### Вариант 20

1. Во сколько раз увеличится плотность тока насыщения при термоэлектронной эмиссии из катода прямого накала при повышении его температуры от 1500 К до 2000 К? Работа выхода электрона из катода равна  $A = 4,0$  эВ.

2. Определите (в единицах системы СИ) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 125 мс, 50 мс, 250 мс, 2 мкс и 500 нс.

3. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 20 \cos(2 \cdot 10^3 \pi \cdot t)$  (мВ). Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения, а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 4-х колебаний входного сигнала.

4. Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 45 кОм, включили последовательно с резистором 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 5 раз. Определите сопротивление освещённого фоторезистора. Нарисуйте электрическую схему.

5. К концам цепи, состоящей из последовательно включённых терморезистора и резистора сопротивлением 2 кОм, подано напряжение 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 5 мА. Когда терморезистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 12,5 мА. Во сколько раз и как изменилось в результате нагрева сопротивление терморезистора? Нарисуйте электрическую схему опыта.

6. Имеется светодиод с рабочим напряжением 2,2 вольта и рабочим током 15 мА. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$ , необходимого для подключения светодиода к источнику тока с напряжением 5 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 21

1. При подаче на вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки осциллографа напряжения в 40 В электронный луч сместился (на экране) на 1 см. Найдите чувствительность ЭЛТ к вертикальному отклонению и смещение электронного луча при подаче на отклоняющие пластины напряжения 100 В.

2. Определите (в единицах системы СИ) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 50 мс, 4 мкс, 200 нс, 0,1 с и 80 мкс.

3. На экране электронного осциллографа наблюдаются пять колебаний синусоидального напряжения с периодом  $T = 2$  мс. Определите период и частоту генератора горизонтальной развёртки. Как изменится осциллограмма, если частоту развёртки увеличить в два раза?

4. Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 35 кОм, включили последовательно с резистором 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 2 раза. Определите сопротивление освещённого фоторезистора. Нарисуйте электрическую схему.

5. К концам цепи, состоящей из последовательно включённых терморезистора и резистора сопротивлением 3 кОм, подано напряжение 30 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 3 мА. Когда терморезистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 9 мА. Во сколько раз и как изменилось в результате нагрева сопротивление терморезистора? Нарисуйте электрическую схему опыта.

6. Имеется светодиод с рабочим напряжением 2,2 вольта и рабочим током 20 мА. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$ , необходимого для подключения светодиода к источнику тока с напряжением 5 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 22

1. Определите (в единицах системы Си) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 250 Гц, 2 кГц, 400 Гц, 50 кГц, 200 МГц.

2. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 20 \cos(2 \cdot 10^5 \pi \cdot t)$  (мВ). Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения, а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 2-х колебаний входного сигнала.

3. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технологии применяют фосфор, галлий, мышьяк, индий, сурьму. Какие из этих элементов можно ввести в качестве примеси в кристаллический кремний, чтобы получить дырочную проводимость? Ответ объясните. Укажите основные и неосновные носители заряда.

4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_t = 115$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи при том же напряжении увеличилась в 4 раз. Каким стало сопротивление фоторезистора? Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу прямого тока полупроводникового диода, к которому приложено напряжение  $U = 0,2$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 10 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для включения светодиода. Рабочий ток светодиода 12 мА, его рабочее напряжение 2,2 В. Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 10 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 23

1. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 1 мс, 25 мс, 200 мкс, 0,01 с и 40 нс.

2. Определите силу обратного тока полупроводникового диода, к которому приложено обратное напряжение  $U = 12,0$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 20 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

3. Напряжение на входе осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 60 \cos(2 \cdot 10^4 \pi \cdot t)$  (мВ). Определите амплитуду, действующее (или эффективное) значение напряжения, частоту  $f$  и период  $T$ , а также период горизонтальной развёртки, при которой на экране наблюдаются три колебания входного сигнала.

4. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением 2 кОм и источника постоянного напряжения 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была равна 2,5 мА. Когда терморезистор



охладили сила тока в цепи стала 7,5 мА. Определите сопротивление охлаждённого терморезистора. Нарисуйте электрическую схему опыта.

5. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 155 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением 25 кОм и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, его сопротивление уменьшилось до 25 кОм. Во сколько раз и как изменилась сила в цепи? Нарисуйте электрическую схему.

6. Определите сопротивление токоограничивающего резистора R и его мощность для включения светодиода, рабочий ток которого 12 мА, а его рабочее напряжение 2,4 В. Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 9 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 24

1. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,04 с, 10 мс, 50 мкс, 400 мкс, 1 мкс и 400 нс.

2. Напряжение изменяется со временем согласно уравнению  $U = 2 \cos(2 \cdot 10^3 \pi \cdot t)$  (В)

Сколько колебаний содержит осциллограмма при частоте генератора горизонтальной развёртки 1000 Гц? Также укажите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения.

3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 95 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась в 4 раза. Найдите сопротивление освещённого фоторезистора. Нарисуйте электрическую схему.

4. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технологии применяют фосфор P, галлий Ga, мышьяк As, индий In, сурьму Sb, бор B. Какие из этих элементов нужно ввести в качестве примеси, чтобы создать электронно-дырочный переход (p-n переход) в кристаллическом кремнии? Ответ объясните. Укажите основные и неосновные носители заряда в каждой из областей p-n перехода.

5. Определите силу тока, текущего через полупроводниковый диод, к которому приложено прямое напряжение  $U = 0,4 \text{ В}$ , если параметр диода  $n = 1$ , а ток насыщения составляет 12 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Светодиод с рабочим напряжением 3 В и рабочим током 25 мА подключен к источнику с напряжением 10 В. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора, который нужно включить в цепь. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 25

1. При частоте горизонтальной развёртки осциллографа  $f = 2$  на экране наблюдаются 4 синусоидальных колебания с амплитудой 0,4 В. Определите частоту и период колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа, и напишите уравнение колебаний этого напряжения.

2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,25 с, 100 мс, 40 мс, 5 мс, 125 мкс и 40 мкс.

3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 95 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением  $R = 5 \text{ кОм}$  и источником постоянного напряжения с  $\varepsilon = 18 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 2 \text{ Ом}$ . При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшилось в 3 раза. Определите изменение напряжения на резисторе R. Нарисуйте электрическую схему.

4. К концам цепи, состоящей из последовательно включённых терморезистора, резистора сопротивлением 2 кОм, подано напряжение 24 В. При комнатной температуре

сила тока в цепи была равна 1,5 мА. Когда терморезистор нагрели, сила тока в цепи стала 7,5 мА. Определите сопротивление терморезистора до и после нагревания. Нарисуйте электрическую схему опыта.

6. Имеется светодиод с рабочим напряжением 2,5 В и рабочим током 12 мА. Необходимо подключить его к источнику с напряжением 6 В. Рассчитайте сопротивление токоограничивающего резистора R и его мощность.

#### Вариант 26

1. Определите (в единицах системы Си) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно: 500 кГц, 2000 Гц, 2 МГц, 100 Гц, 800 МГц.

2. Период генератора горизонтальной развёртки  $T = 200$  мкс. При этом на экране осциллографа наблюдается осциллограмма сигнала, состоящая из 4-х гармонических колебаний, амплитуда которых составляет 100 мВ. Напишите уравнение колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа.

3. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 155$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением  $R = 25$  кОм и источником постоянного напряжения. Когда фоторезистор осветили, его сопротивление уменьшилось до 31 кОм. Во сколько раз и как изменилось напряжение на резисторе? Нарисуйте электрическую схему.

4. Определите силу прямого тока кремниевого диода, к которому приложено напряжение  $U = 0,4$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 10 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

5. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением  $R_n = 2$  кОм и источника постоянного напряжения 20 В. Сопротивление терморезистора при температуре  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  равно  $R_0 = 48$  кОм. Когда терморезистор опустили в воду при температуре  $T = 25^\circ\text{C}$ , сила тока в цепи стала 1,6 мА. Определите температурный коэффициент сопротивления терморезистора. Нарисуйте электрическую схему.

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора R для простой схемы включения светодиода. Рабочий ток светодиода 12 мА, его рабочее напряжение 2,2 В. Светодиод необходимо подключить к источнику постоянного напряжения 5 В. Нарисуйте электрическую схему.

#### Вариант 27

1. Чувствительность электронно-лучевой трубки осциллографа к горизонтальному отклонению равна  $a_x = 0,3$  мм/В, а диаметр экрана  $D = 9$  см. Чему равно напряжение горизонтальной развёртки, подаваемое на горизонтально-отклоняющие пластины ЭЛТ, если размер осциллограммы изучаемого сигнала полностью заполняет экран?

2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен: 0,05 с, 25 мс, 40 мкс, 250 мкс, 500 нс.

3. На вход осциллографа подано напряжение, изменяющееся со временем согласно уравнению  $U = 0,2 \cdot \cos(6 \cdot 10^3 \pi \cdot t) \text{ (В)}$ . Укажите характеристики этих колебаний (амплитуда, частота, период). Какой должна быть частота генератора развёртки, чтобы осциллограмма содержала пять колебаний?

4. Определите силу обратного тока полупроводникового диода, к которому приложено обратное напряжение  $U = 16,0$  В, если параметр диода  $n = 2$ , а ток насыщения составляет 24 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

5. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 300$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением 20 кОм и источником постоянного напряжения 32 В. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась до 0,5 мА. Найдите сопротивление освещённого фоторезистора  $R_{св}$  и величину фототока  $I_{ф}$ . Нарисуйте электрическую схему.

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для подключения светодиода к источнику постоянного напряжения  $U = 6 \text{ В}$ . Рабочий ток светодиода  $14 \text{ мА}$ , его рабочее напряжение  $2,2 \text{ В}$ .

#### Вариант 28

1. Определите (в единицах системы Си) период синусоидальных электрических сигналов, частота которых  $f$  равна, соответственно:  $50 \text{ Гц}$ ,  $400 \text{ Гц}$ ,  $2 \text{ кГц}$ ,  $100 \text{ кГц}$ ,  $10 \text{ МГц}$ .

2. При частоте генератора горизонтальной развёртки  $2 \text{ кГц}$  на экране осциллографа наблюдается осциллограмма сигнала, состоящая из 4-х гармонических колебаний, амплитуда которых составляет  $600 \text{ мВ}$ . Напишите уравнение колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа.

3. Входное напряжение осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 250 \cdot \cos(8 \cdot 10^4 \pi \cdot t)$  (мВ). Определите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения, а также частоту горизонтальной развёртки, при которой осциллограмма состоит из 4-х колебаний входного сигнала.

4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 160 \text{ кОм}$  включили последовательно с резистором сопротивлением  $20 \text{ кОм}$  и источником постоянного напряжения  $U = 18 \text{ В}$ . Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась в 4 раза. Определите сопротивление освещённого фоторезистора  $R_{\text{св}}$  и силу фототока  $I_{\text{ф}}$ . Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите ток насыщения полупроводникового диода, если при прямом напряжении  $U = 0,4 \text{ В}$  сила тока, текущего через диод, равна  $200 \text{ мА}$ . Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ , диодный параметр  $n = 2$ .

6. Светодиод с рабочим напряжением  $2,2 \text{ В}$  и рабочим током  $18 \text{ мА}$  подключили к источнику с напряжением  $5 \text{ В}$ . Рассчитайте сопротивление токоограничивающего резистора  $R$  и его мощность.

#### Вариант 29

1. Напряжение на входе осциллографа изменяется со временем согласно уравнению  $U = 70 \cdot \cos(6 \cdot 10^4 \pi \cdot t)$  (мВ). Определите амплитуду, действующее (или эффективное) значение напряжения, частоту  $f$  и период  $T$ , а также частоту горизонтальной развёртки, при которой на экране наблюдаются четыре колебания входного сигнала.

2. Определите (в единицах системы Си) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно:  $0,005 \text{ с}$ ,  $2,5 \text{ мс}$ ,  $50 \text{ мс}$ ,  $200 \text{ мкс}$ ,  $25 \text{ мкс}$  и  $100 \text{ нс}$ .

3. При частоте генератора горизонтальной развёртки  $1 \text{ кГц}$  на экране осциллографа наблюдается осциллограмма сигнала, состоящая из 2-х гармонических колебаний, амплитуда которых составляет  $200 \text{ мВ}$ . Напишите уравнение колебаний напряжения, поданного на вход осциллографа.

4. Электрическая цепь состоит из последовательно соединённых терморезистора, резистора сопротивлением  $R_n = 2 \text{ кОм}$  и источника постоянного напряжения  $20 \text{ В}$ . Сопротивление терморезистора при температуре  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  равно  $R_0 = 18 \text{ кОм}$ . Когда терморезистор опустили в воду при температуре  $T = 22^\circ\text{C}$ , сила тока в цепи стала  $0,4 \text{ мА}$ . Определите температурный коэффициент сопротивления терморезистора. Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу тока, текущего через полупроводниковый диод, к которому приложено прямое напряжение  $U = 0,5 \text{ В}$ , если параметр диода  $n = 1$ , а ток насыщения составляет  $15 \text{ мкА}$ . Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Светодиод с рабочим напряжением 3 В и рабочим током 15 мА подключен к источнику с напряжением 9 В последовательно с резистором 200 Ом. Будет ли работать светодиод? Нарисуйте электрическую схему. Ответ обоснуйте с помощью расчёта.

Вариант 30

1. Определите (в единицах системы СИ) частоту  $f$  переменных электрических сигналов, период которых  $T$  равен, соответственно: 0,025 с, 10 мс, 4 мс, 400 мкс, 25 мкс и 40 нс.

2. Напряжение изменяется со временем согласно уравнению  $U = 2 \cos(4 \cdot 10^3 \pi \cdot t)$  (В)

Сколько колебаний содержит осциллограмма при частоте генератора горизонтальной развёртки 500 Гц? Также укажите амплитуду, частоту и период колебаний напряжения.

3. При частоте горизонтальной развёртки 0,9 кГц осциллографа на экране наблюдаются 3 синусоидальных колебания с амплитудой 0,4 В. Определите частоту и период напряжения, поданного на вход осциллографа и напишите уравнение колебаний этого напряжения.

4. Фоторезистор с темновым сопротивлением  $R_T = 150$  кОм включили последовательно с резистором сопротивлением 10 кОм и источником постоянного напряжения 8 В. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи увеличилась до 0,4 мА. Найдите сопротивление освещённого фоторезистора  $R_{св}$  и величину фототока  $I_f$ . Нарисуйте электрическую схему.

5. Определите силу обратного тока, текущего через полупроводниковый диод, к которому приложено напряжение  $U = 20$  В, если параметр диода  $n = 1$ , а ток насыщения составляет 10 мкА. Температура диода  $t = 27^\circ\text{C}$ .

6. Определите сопротивление и мощность токоограничивающего резистора  $R$  для подключения двух последовательно соединённых одинаковых светодиодов к источнику постоянного напряжения  $U = 12$ . Рабочий ток светодиодов 20 мА, а рабочее напряжение 2,2 В. Нарисуйте электрическую схему.

Тема 2. Расчёт автономной ФЭС (30 вариантов)

Название: «Расчёт автономной фотоэлектрической системы»

Вариант 1

Исходные данные для расчёта ФЭС

1. Нагрузочные устройства ФЭС:

1. Телевизор мощностью 40 Вт, работает 4 часа в сутки;
2. Осветительные лампы – 3 шт., по 40 Вт, работают 5 часов в сутки;
3. Холодильник с энергопотреблением 600 Вт·ч/сутки; мощность 200 Вт.
4. Характер нагрузки: переменный ток напряжением 220 В.

2. Параметры компонентов ФЭС

- напряжение аккумуляторной батареи  $U_{АКБ} = 12$  В ;
- глубина разряда батареи  $k_{гр} = 0,5$  (50 %) ;
- количество пасмурных дней  $n = 2$  дня
- температура аккумуляторной батареи  $t_{АКБ} = 25^\circ\text{C}$
- поправка на температуру АКБ  $k = 1$

3. Условия применения ФЭС

- солнечные модули расположены под оптимальным углом, системы слежения за положением Солнца нет;
- солнечная месячная инсоляция равна  $E = 180 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$  ;
- время года – лето (необходимо учесть сезонный коэффициент  $k_c$ )

#### 4. Методика расчёта автономной ФЭС

1. Составить перечень нагрузок ;
2. Расчёт суточного и месячного энергопотребления ;
3. Определение ёмкости аккумуляторной батареи ;
4. Оценить мощность инвертора ;
5. Определить мощность солнечной батареи и количество модулей. При подборе модулей использовать таблицу .
6. Указать способ коммутации модулей.
7. Заключение – составить перечень элементов автономной ФЭС с указанием их технических характеристик

Таблица Каркасные солнечные модули серии МСК

Модель	Размер, мм	U <sub>н</sub> , В	U <sub>хх</sub> , В	I <sub>кз</sub> , А	U <sub>р</sub> , В	I <sub>р</sub> , А	W <sub>р</sub> , Вт	Вес, кг
МСК-15	285*425*28	12	21,8	0,92	17	0,86-0,88	15	1,9
МСК-20	425*425*28	12	21,8	1,30	17	1,05-1,20	20	2,7
МСК-24	425*555*28	12	21,8	1,75	17	1,40-1,65	24	3,4
МСК-30	425*555*28	12	21,8	1,80	17	1,65-1,75	30	3,4
МСК-40	535*615*28	12	21,8	2,75	18	2,35-2,50	40	4,0
МСК-60	550*810*28	12	21,8	3,55	18	3,25-3,35	60	5,5
МСК-95	500*1185*28	12	21,8	5,58	18	5,00-5,27	95	7,2
МСК-120	705*1315*38	12	21,8	7,25	18	7,00-7,20	120	10
МСК-140	667*1467*38	12	21,8	8,25	18	7,78-8,05	140	12
МСК-185	805*1575*38	12	21,8	10,99	18	10,00-10,26	185	17
МСК-185	805*1575*38	24	43,6	5,59	36	5,00-5,13	185	17

U<sub>р</sub>, I<sub>р</sub>, W<sub>р</sub> - рабочие напряжение, ток и мощность модуля.

### 2.3 Порядок выполнения заданий

При выполнении работы необходимо соблюдать следующие правила:

1. Работу следует выполнять аккуратно в тонкой ученической тетради в клетку.  
На обложке тетради следует написать: «Расчётно-практическая работа по физике студента (студентки) 2-ого курса, номер группы, направление, фамилию и инициалы», ниже указать номер варианта расчётно-практической работы.
2. Условия задач своего варианта переписывать полностью, а заданные условия выписать отдельно, при этом все численные величины должны быть переведены в единицы Международной системы (СИ).
3. Для пояснения решения задачи там, где это нужно и возможно, дать аккуратно выполненный схематический чертёж (рисунок).
4. Указать основные законы и формулы, на которых базируется решение задач, дать словесную формулировку этих законов, пояснить буквенные обозначения, употребляемые при написании формул.
5. Решение задачи сопровождать краткими и ясными пояснениями: при получении расчётной формулы, которая нужна для решения конкретной задачи, привести её вывод.
6. Рекомендуются решение задачи сначала осуществить в общем виде, то есть только в буквенных обозначениях. При этом способе не производятся вычисления

промежуточных величин; числовые значения подставляются только в окончательную расчётную (рабочую) формулу, выражающую искомую величину.

7. Вычисления следует проводить путём подстановки в расчётную формулу заданных числовых величин, выраженные в единицах одной системы. Преимущественно следует пользоваться единицами системы СИ.

8. Проверить единицы измерения искомых величин, полученных в результате расчёта с помощью расчётной формулы.

Для этого в расчётную (рабочую) формулу следует подставить единицы измерения всех величин и произвести необходимые действия.

Если полученная таким путём единица измерения не совпадает с единицей измерения искомой величины, то задача решена неверно.

9. При вычислении величин, подставленных в окончательную (расчётную) формулу, следует пользоваться правилами приближённых вычислений.

10. После проверки размерности записать в ответе числовое значение и сокращённое наименование единицы измерения искомой величины в той системе единиц измерения, в которой производилось вычисление.

## 2.4 Пример выполнения задания

Пример расчёта токоограничивающего резистора.

Имеется светодиод с рабочим напряжением 3 вольт и рабочим током 20 мА. Необходимо подключить его к источнику с напряжением 5 вольт. Рассчитать сопротивление и мощность токоограничивающего резистора R.

Дано:

$$U_{\text{питания}} = 5 \text{ В}$$

$$I_{\text{светодиода}} = 20 \text{ мА}$$

$$U_{\text{светодиода}} = 3 \text{ В}$$

---

$$R = ? \quad P = ?$$

Решение:

1.  $R = U_{\text{гасящее}} / I_{\text{светодиода}}$  (по закону Ома для участка цепи), где

$$U_{\text{гасящее}} = U_{\text{питания}} - U_{\text{светодиода}}$$

$$U_{\text{питания}} = 5 \text{ В}$$

$$U_{\text{светодиода}} = 3 \text{ В}$$

$$I_{\text{светодиода}} = 20 \text{ мА} = 0.02 \text{ А}$$

$$\text{Делаем расчёт } R = (5 - 3) / 0.02 = 100 \text{ Ом} = 0.1 \text{ кОм}$$

В качестве токоограничивающего резистора надо взять резистор сопротивлением 100 Ом. 2. Также надо учесть тепловую мощность, выделяемую при протекании тока через резистор, которая определяется по формуле  $P = I^2 \cdot R = 0.02^2 \cdot 100 = 0.04 \text{ Вт}$ .

Очевидно, что надо выбрать резистор, рассчитанный на тепловую мощность 0,125 Вт или 0,25 Вт.

Ответ:  $R = 0.1 \text{ кОм}$ ,  $P = 0.125 \text{ Вт}$ .

Пример выполнения задания по теме 2.

Расчет фотоэлектрической системы состоит из нескольких этапов:

1. Перечень нагрузочных устройств ФЭС

а) Телевизор мощностью 30 Вт, работает 4 часа в сутки;

б) Осветительные лампы – 3 шт., по 15 Вт, работают 6 часов в сутки;

в) Холодильник с энергопотреблением 600 Вт·ч/сутки. Мощность 200 Вт.

2. Расчет суточного энергопотребления  $W_c$  ( в кВт · час). Для этого надо для каждого типа нагрузки перемножить её мощность, количество приборов и среднесуточное

время работы. Полученные результаты сложить, что и даст энергию, потребляемую в течение суток. Итого получаем:  $W_c = 30 \text{ Вт} \cdot 4 \text{ ч} + 15 \text{ Вт} \cdot 3 \cdot 6 \text{ ч} + 600 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 990 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$ . За месяц энергопотребление примерно равно  $W = 990 \cdot 30 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 30 \text{ кВт} \cdot \text{час}$ .

Поскольку нагрузочные устройства используют переменный ток нужно учесть энергопотребление инвертора, умножив энергопотребление  $W$  на нагрузку на коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,2$ . В итоге имеем:

суточное энергопотребление  $W_c = 1,2 \cdot 990 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 1200 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$ ; (округлено)

месячное энергопотребление  $W = 1,2 \cdot 990 \cdot 30 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 36 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ . (округлено)

### 3. Определение емкости аккумуляторной батареи АКБ;

1) Выбираем номинальное напряжение аккумуляторной батареи

$U_{\text{АКБ}} = 12 \text{ В}$ ;

2) Количество пасмурных (несолнечных) дней подряд  $n = 2$  дня

3) Задаём оптимальную глубину разряда батареи АКБ  $k_{\text{гр}} = 0,5$  (50 %);

4) Поскольку температура аккумуляторной батареи предполагается  $t_{\text{АКБ}} = 25^\circ\text{C}$ , поправка на температуру АКБ  $k = 1$

5) Цифра суточного энергопотребления  $W_c$  умножается на количество пасмурных дней и полученная величина должна составлять глубину разряда АКБ от её полной энергии.

Окончательная емкость АКБ получается умножением расчетной энергии, заключенной в ней, на коэффициент  $k$  (поправку на температуру АКБ) из приведенной таблицы и последующим делением на напряжение АКБ.

$$C = W_c \cdot n \cdot k / k_{\text{гр}} \cdot U_{\text{АКБ}} = 1200 \cdot 2 \cdot 1 / 0,5 \cdot 12 = 2400 / 6 = 400 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

Таблица 1

T, °C	25	20	15	10	5	0	- 5
K	1,00	1,03	1,10	1,2	1,28	1,36	1,50

### 4. Расчёт мощность инвертора.

Мощность инвертора должна быть на 25-30% выше суммарной номинальной мощности одномоментно подключаемых нагрузок. Пусковую мощность получаем, умножая рабочую мощность холодильника 200 Вт на 3. Получаем 600 Вт.

Кроме того, полагаем, что в моменты включения холодильника все остальные нагрузки тоже работают. Это составляет почти 400 Вт. Таким образом, суммарная пиковая мощность составляет 1000 Вт.

Поэтому мощность инвертора должна быть не менее  $P_{\text{и}} = 1,3 \cdot 1000 = 1300 \text{ Вт}$ .

### 5. Определение суммарной мощности модулей солнечной батареи и количества солнечных модулей.

Упрощенная формула для расчета необходимой мощности массива солнечных модулей и количества модулей определяется по количеству пикочасов, исходя из того, что суммарная мощность всех солнечных модулей, образующих батарею, равна энергии, необходимой для потребления за определённый выбранный период времени с учётом различных потерь и условий эксплуатации.

Один модуль мощностью  $P$  вырабатывает в течение выбранного периода времени (месяц, сезон, год) следующее количество энергии  $W_{\text{м}}$ :

$$W_m = k_c \cdot P \cdot E / 1000$$

Здесь,  $k_c$  - сезонный коэффициент, равный летом 0,55, а зимой 0,7 ;

$E$  - значение солнечной инсоляции за выбранный период времени, Вт·ч/м<sup>2</sup> ;

1000 Вт/м<sup>2</sup> – стандартная энергетическая освещённость ;

$t = E / 1000$  - количество пикочасов в течение выбранного периода.

Количество энергии  $W$ , необходимой для потребления за этот период равно:

$$W = W_c \cdot \text{количество дней} = N \cdot W_m = N \cdot k_c \cdot P \cdot E / 1000 \quad (1)$$

Суммарная мощность модулей или мощность солнечной батареи равна

$$P_{CB} = N \cdot P = W \cdot 1000 / k_c \cdot E \quad (2)$$

Отсюда определяем количество солнечных модулей  $N$ , необходимых для получения этой энергии:

$$N = W \cdot 1000 / k_c \cdot P \cdot E \quad (3)$$

Здесь,

$W_c$  - суточное энергопотребление, Вт·ч/сутки ;

$W = W_c \cdot \text{количество дней}$  - электроэнергия, необходимая для потребления;

$W_m$  - энергия, вырабатываемая одним модулем в течение выбранного периода, Вт·ч;

$P$  - мощность одного модуля, соответствующая освещённости 1000 Вт/м<sup>2</sup> ;

$N$  - количество модулей, образующих батарею.

Коэффициент  $k_c$  учитывает все потери (нагрев батареи под солнцем, учитывает наклонное падение света в течение дня, потери на заряд АКБ), за исключением потерь в соединительных кабелях. Сечение кабелей обычно подбирается из расчета потерь не превышающих 2-3%.

Предполагается, что солнечные модули ориентированы в пространстве оптимально и ничто их не загораживает в течении светового дня.

- Солнечная инсоляция условно равна  $E = 180 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$  за один летний месяц (июнь, июль, август) ;

- Рассчитанное месячное энергопотребление составляет  $W = 36 \text{ кВт} \cdot \text{час}$  ;

- Сезонный коэффициент  $k_c = 0,55$ ;

- По формуле (2) вычисляем суммарную мощность солнечных модулей

$$P_{CB} = W \cdot 1000 / k_c \cdot E = 36 \cdot 10^3 \cdot 10^3 / 0,55 \cdot 180 \cdot 10^3 = 364,6 \text{ Вт}$$

- Выберем из таблицы подходящий по параметрам тип модуля. Для приведенных условий подходит модуль МСК – 95.

- Путём деления суммарной мощности  $P_{CB}$  на мощность одного модуля 95 Вт, определяем количество модулей  $N = 4$ . Суммарная мощность 4-х модулей МСК – 95 равна 380 Вт, что немного больше расчётной.

Заключение. Для электрических нагрузок и условий применения ФЭС, указанных в варианте 1 задания, выбраны следующие основные элементы автономной ФЭС:

1. Четыре стандартных каркасных солнечных модуля МСК- 95 общей мощностью

$P_{CB} = 380 \text{ Вт}$ . Коммутация модулей – параллельное соединение.

2. Аккумуляторная батарея:

напряжение  $U_{AKB} = 12 \text{ В}$ ,

ёмкость  $C = 400 \text{ А} \cdot \text{ч}$ ,

тип – гелевая.

3. Инвертор:

входное напряжение -  $U_{вх} = 12 \text{ В}$  (постоянное),

выходное напряжение -  $U_{вых} = 220$  (переменное),



мощность – 1300 Вт.

форма выходного напряжения – синусоидальное или трапеция.

4. Соединительные кабели выбираем (по сечению) в зависимости от реального расположения элементов ФЭС таким образом, чтобы электрические потери в них не превышали 8-10 Вт

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ**

#### **3.1 Термоэлектрические явления.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: механизм возникновения внутренней контактной разности потенциалов и термоэдс.

#### **3.2 Термодпары, свойства и применение.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на: устройство и принцип действия термодпары; термоэдс металлических термодпар, применение термодпар для измерения температуры;

#### **3.3 Термоэлектрические батареи.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

конструкция, принцип работы, и перспективные полупроводниковые материалы для термоэлектрических батарей. Область применения.

#### **3.4 Радиоактивное излучение, его виды и свойства.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: механизм возникновения различных видов радиоактивного излучения и их свойства (проникающая и ионизирующая способности).

#### **3.5 Закон радиоактивного распада.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Понятия: активность радиоактивного вещества, единица измерения - беккерель (1 Бк), период полураспада, среднее время жизни радиоактивного изотопа, радиоактивные семейства; радиоуглеродный метод геохронологии.

#### **3.6 Методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

- различные методы регистрации радиоактивных излучений;
- устройство и принцип действия счётчика Гейгера-Мюллера;
- характеристики действия радиоактивного излучения на вещество и их единицы измерения (поглощённая доза, эквивалентная доза).

#### **3.7 Структура кристаллических тел.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: различные виды и параметры элементарных ячеек различных кристаллических структур,

типы структурных дефектов и их влияние на свойства кристаллических веществ.

#### **3.8 Дифракция рентгеновских волн.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

природа и характеристики рентгеновского излучения; дифракция рентгеновских волн на кристаллической решетке; условие (формула) Вульфа- Брегга; применение для изучения и идентификации структуры кристаллических веществ.

### **3.9 Термоэлектронная эмиссия, её законы и применение.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Понятия: вольт-амперная характеристика, ток насыщения, эмиссионная способность.

Зависимость эмиссионной способности от работы выхода электронов и температуры.

### **3.10 Электронно-лучевая трубка.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

Назначение, конструкция и применение электронно-лучевой трубки в осциллографах.

### **3.11 Полупроводники и их свойства.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности.

Понятия: ковалентная химическая связь, ширина запрещённой зоны, электроны и дырки.

Зависимость электропроводности полупроводников от температуры, освещённости, наличия примесей.

### **3.12 Полупроводниковые приборы (терморезистор, фоторезистор) и их применение.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

конструкция, материалы и области применения (конкретные примеры и схемы).

### **3.13 Электронно-дырочный переход, его свойства и вольт-амперная характеристика.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

способы создания электронно-дырочного перехода, уравнение и характер (график) вольт-амперной характеристики.

### **3.14 Полупроводниковые диоды и транзисторы, их характеристики и применение.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

однополупериодная и двухполупериодная (мостовая) выпрямительные схемы; усилительные схемы на биполярных транзисторах.

### **3.15 Природа и характеристики солнечного света.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

Энергетические характеристики солнечного излучения, солнечная инсоляция, влияние земной атмосферы на спектр солнечного света.

### **3.16 Устройство и принцип действия полупроводникового солнечного фотопреобразователя.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности:

механизм фотопреобразования в полупроводниковом солнечном фотопреобразователе.

### **3.17 Устройство и принцип действия солнечной батареи наземного применения.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: конструкция современных кремниевых солнечных батарей наземного применения.

### **3.18 Основные параметры и характеристики современных кремниевых солнечных батарей.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: Основные параметры современных кремниевых солнечных батарей наземного применения.

### **3.19 Особенности эксплуатации кремниевых солнечных батарей наземного применения.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: особенности эксплуатации кремниевых солнечных батарей наземного применения: влияние температуры, рассеянный свет, оптимальный угол наклона, влияние частичного затенения (эффект «горячего пятна») и защита батареи от этого явления.

### **3.20 Сетевые солнечные фотоэлектростанции: устройство, структурная схема, основные компоненты и их назначение.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: структурная схема сетевых солнечных фотоэлектростанций, основные компоненты и их назначение; преимущества сетевых фотоэлектростанций в сравнении с другими альтернативными источниками энергии.

### **3.21 Подвижные и неподвижные опорные системы сетевых фотоэлектростанций.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: Конструкция и назначение опорных систем (трекеры). Автоматические системы слежения за Солнцем.

### **3.22 Генерация электроэнергии согласно «зелёному тарифу».**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на следующие особенности: экономические аспекты применения сетевых фотоэлектростанций, «зелёный тариф» и его формы.

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ**

### **4.1 Лабораторная работа №1 «Аналоговые электроизмерительные приборы».**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Принцип действия, устройство и основные характеристики широко распространённых электроизмерительных приборов;
2. Правила измерения электрических величин и оценки погрешности измерения.

### **4.2 Лабораторная работа № 2 «Цифровые мультиметры»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Принцип действия, устройство и основные характеристики цифровых мультиметров;
2. Правила измерения электрических и неэлектрических величин и оценки погрешности измерения.

#### **4.3 Лабораторная работа № 3 «Градуировка термопары»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Природа и механизм эффекта Зеебека, величина термоэдс, коэффициент термоэдс;
2. Измерение температуры с помощью термопар. Термоэдс металлических термопар.
3. Применение термопар в технике

#### **4.4 Лабораторная работа № 4 «Измерение индукции магнитного поля»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: магнитное поле, индукция магнитного поля, линии магнитной индукции.
2. Явление и закон электромагнитной индукции.
3. Методика измерения магнитной индукции. Вывод расчётной формулы.

#### **4.5 Лабораторная работа № 5 «Измерение радиоактивного излучения»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: строение атома, зарядовое и массовое числа, изотопы, ядерные силы;
2. Радиоактивность, закон радиоактивного распада ядер, период полураспада;
3. Радиоактивное излучение и его виды;
4. Регистрация радиоактивных излучений. Счётчик Гейгера-Мюллера. Дозиметр.
5. Характеристики действия радиоактивного излучения и их единицы измерения: поглощённая доза, эквивалентная доза.

#### **4.6 Лабораторная работа № 6 «Структура кристаллов и рентгеновская дифракция»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: кристаллы, кристаллическая решётка, элементарная ячейка и её параметры, кристаллографические сингонии, индексы Миллера;
2. Рентгеновские волны (излучение) и их характеристики. Сплошное и характеристическое рентгеновское излучение;
3. Дифракция рентгеновских волн на кристаллической решётке;
4. Условие (уравнение, формула, соотношение) Вульфа-Брэгга.

#### **4.7 Лабораторная работа № 7 «Рентгеновский дифрактометр»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: дифрактометр, рентгеновская трубка, рентгеновский детектор, дифракционный спектр (дифрактограмма) и его связь со структурой вещества;
2. Устройство и принцип работы минидифрактометра МД-10;
3. Устройство и принцип действия рентгеновской трубки;
4. Устройство и принцип действия рентгеновского детектора (ПЧД).

#### **4.8 Лабораторная работа № 8 «Идентификация вещества по данным о межплоскостных расстояниях»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: фаза вещества, поликристаллическое вещество, межплоскостные расстояния, рентгеноструктурный анализ;
2. Уравнение Вульфа-Брэгга;
3. Методика расчёта рентгеновских дифрактограмм для определения межплоскостных расстояний и идентификации исследуемого вещества.

#### **4.9 Лабораторная работа № 9 «Изучение электронного осциллографа (занятие 1)»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Устройство, назначение основных элементов и принцип действия электронно-лучевой трубки;
2. Структурная схема (блок-схема) базовой модели электронного осциллографа.

#### **4.10 Лабораторная работа № 10 «Изучение электронного осциллографа (занятие 2)»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Каналы вертикального и горизонтального отклонения электронного луча;
2. Генератор горизонтальной развёртки;
3. Формирование осциллограммы периодического сигнала. Соотношение частот.
4. Синхронизация. Её назначение и виды.
5. Функциональное назначение элементов управления на панели прибора.

#### **4.11 Лабораторная работа № 11 «Снятие температурной характеристики терморезистора»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Полупроводники и их свойства;
2. Механизм электропроводности полупроводников. Собственная и примесная проводимость полупроводников;
3. Конструкция, материал и свойства терморезисторов. Температурная характеристика. Температурный коэффициент сопротивления.
4. Применение терморезисторов для измерения и регулирования температуры и в автоматике.

#### **4.12 Лабораторная работа № 12 «Изучение характеристик фоторезистора»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Механизм электропроводности полупроводников. Собственная и примесная проводимость полупроводников;
2. Внутренний фотоэффект.
3. Материал, конструкция, свойства и параметры фоторезисторов.
4. Применение фоторезисторов в технике.

#### **4.13 Лабораторная работа № 13 «Измерение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Механизм собственной и примесной проводимости полупроводников. Легирующие примеси (донорные и акцепторные).
2. Электронно-дырочный переход в полупроводнике, его образование и вольт-амперная характеристика.
3. Полупроводниковый диод и его основные свойства.

#### **4.14 Лабораторная работа № 14 «Полупроводниковые выпрямители переменного тока»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Однополупериодное выпрямление переменного тока;
2. Двухполупериодное выпрямление переменного тока. Диодный мост.
3. Сглаживающий фильтр.

#### **4.15 Лабораторная работа № 15 «Изучение характеристик фотодиода»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: фотодиод, внутренний фотоэффект, основные и неосновные носители заряда, неравновесные носители заряда;
2. Устройство, принцип работы и основные параметры фотодиода;
3. Два режима работы фотодиода, схема включения;
4. Применение фотодиодов.

#### **4.16 Лабораторная работа №16 «Изучение светоизлучающих диодов»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: светодиод, рекомбинация, излучательная рекомбинация;
2. Материалы, конструкция и параметры светодиодов;
3. Схема включения и методика расчёта необходимых параметров светодиодов;
4. Применение светодиодов.

#### **4.17 Лабораторная работа №17 «Фотоэлектрический метод преобразования солнечного света»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: свет, поток излучения, энергетическая освещённость, солнечная инсоляция и факторы, её определяющие, Внутренний фотоэффект, солнечный фотопреобразователь;
2. Материалы, конструкция и принцип действия солнечного фотопреобразователя;
3. Коэффициент полезного действия солнечного фотопреобразователя.

#### **4.18 Лабораторная работа №18 «Измерение нагрузочной вольт-амперной характеристики солнечной батареи»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Понятия: напряжение холостого хода, фототок, фототок короткого замыкания, коэффициент заполнения, пиковая мощность, стандартные условия;
2. Конструкция и принцип действия солнечного фотопреобразователя;
3. Световая (нагрузочная) вольт-амперная характеристика;
4. Основные параметры фотопреобразователя;
5. Значения основных параметров фотопреобразователей из кристаллического кремния.

#### **4.19 Лабораторная работа №19 «Влияние на к.п.д. солнечного фотопреобразователя температуры и уровня освещённости»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Коэффициент полезного действия и его связь основными параметрами (формула);
2. Зависимость напряжения холостого хода и тока короткого замыкания от температуры;
3. Зависимость напряжения холостого хода и тока короткого замыкания от уровня освещённости ;
4. Применение фотопреобразователей в концентрированных световых потоках.

#### **4.20 Лабораторная работа № 20 «Спектральная чувствительность солнечного фотопреобразователя»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Спектр солнечного излучения;

2. Селективное (избирательное) поглощение солнечного света фотопреобразователем. Энергетический параметр полупроводника – ширина запрещённой зоны.

3. Спектральная чувствительность фотопреобразователя.

4. Схема измерения спектральной чувствительности фотопреобразователя.

#### **4.21 Лабораторная работа № 21 «Современные солнечные батареи»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Значения основных параметров промышленных кремниевых фотопреобразователей;

2. Электрическая коммутация фотопреобразователей;

3. Конструкция солнечного модуля и назначение его отдельных элементов;

4. Эффект затенения солнечной батареи.

#### **4.22 Лабораторная работа № 22 «Солнечные фотоэлектрические системы (электростанции)»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Сетевые солнечные фотоэлектростанции. Структурная схема, основные элементы и их назначение.

2. Применение сетевых солнечных фотоэлектростанций.

3. Несетевые солнечные фотоэлектростанции.

#### **4.23 Лабораторная работа № 23 «Автономные солнечные ФЭС (устройство, компоненты, работа)»**

При подготовке к занятию необходимо обратить внимание на следующие моменты:

1. Схема, основные компоненты автономной ФЭС и их функциональное назначение;

2. Принцип работы автономной ФЭС.

#### **4.24 Лабораторная работа № 24 «Расчёт автономной ФЭС»**

1. Понятия: стандартные условия, мощность солнечного модуля, глубина разряда аккумулятора, пикочас;

2. Солнечная инсоляция местности и её определение;

3. Методика расчёта параметров компонентов ФЭС (аккумуляторной батареи, инвертора, суммарной мощности солнечных модулей и параметров солнечных модулей).