

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК)

Учебно-методическое пособие по дисциплине

ФИЗИКА

методические указания по выполнению контрольной работы № 2

«Молекулярная физика. Электричество»

для студентов заочной формы обучения
по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия
направлениям подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование,
21.03.02 Землеустройство и кадастры

Составитель: Малинникова Е.В., к. т. н., доцент

Рекомендовано к использованию в учебном процессе МИИГАиК

*решением Редакционно-издательского совета (протокол № от « »
2021 г.)*

Рецензенты: Литвиненко М.В., декан факультета дистанционных форм обучения
МИИГАиК, д.п.н., доцент

Васильчикова Е.Н., доцент кафедры общей физики Московского
государственного областного университета, к.ф-м.н.

Москва 2021 г.

Оглавление

	стр.
1. Требования к знаниям, умениям, которые студент должен будет продемонстрировать по результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения работы	2
2. Условия допуска работы к защите	2
3. Задания для контрольной работы	3
4. Методические указания по выполнению контрольной работы	15
5. Методические указания по оформлению контрольной работы	15
6. Вопросы для самоконтроля	15
7. Демонстрационный вариант контрольной работы	17
8. Перечень рекомендуемой литературы	24

1. Требования к знаниям и умениям, которые студент должен будет продемонстрировать по результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения работы

По учебному плану для студентов заочной формы обучения по направлениям подготовки 21.03.02 *Землеустройство и кадастры*, 21.03.03 *Геодезия и дистанционное зондирование* и по специальности 21.05.01 *Прикладная геодезия* предусматривается выполнение контрольных работ, в том числе контрольная работа №2 – «Молекулярная физика. Электричество». По результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения контрольной работы студент должен:

Знать: теоретические сведения по всем вопросам физики, которые рассматриваются в контрольной работе. С этой целью необходимо изучить следующие разделы физики: молекулярная физика и термодинамика, электричество, используя, в частности, литературу, указанную в п.[8]. Полезно также ознакомиться с вопросами для самоконтроля п.[6] и ответить на них.

Уметь: решать задачи, относящиеся к разделам физики, соответствующим контрольной работе. С этой целью полезно разобрать решение задач демонстрационного варианта п.[7].

2. Условие допуска к защите

По результатам проверки студент может получить следующие оценки:

1. Работа допущена к защите.
2. Работа допущена к защите с исправлениями.
3. Работа не допущена к защите.

В таблице приводятся действия студента, получившего ту или иную оценку своей работы:

1.	Работа допущена к защите	Студент приносит распечатанную или отсканированную работу на экзамен.
2.	Работа допущена к защите с исправлениями	Сделав исправления в работе по указанию преподавателя, студент не присылает повторно работу на проверку, а приносит ее в период сессии в распечатанном виде для последующей проверки преподавателем.
3.	Работа не допущена к защите	Сделав исправления в работе по указанию преподавателя, студент присылает работу на проверку повторно до тех пор, пока работа не будет допущена к защите без исправлений или с незначительными исправлениями.

3. Задания для контрольной работы № 2

Задачи 1 – 10

Тема: молекулярная физика

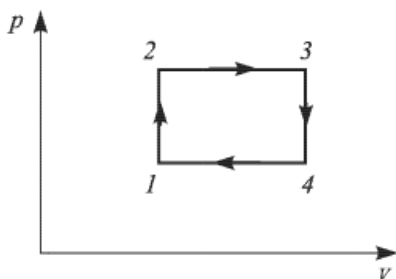
1. В баллоне емкостью 50 л находится газ под давлением $3 \cdot 10^5$ Па. Какой объем займет газ при нормальном атмосферном давлении (10^5 Па)? Температура не меняется.
2. До какой температуры нужно изобарически охладить некоторую массу газа с начальной температурой 40°C , чтобы объем газа уменьшился при этом на одну четверть?
3. При изохорическом охлаждении давление в баллоне уменьшилось в три раза. Найдите « $\gg$ »
4. При температуре 5°C давление воздуха в баллоне равно 10^4 Па. При какой температуре давление в нем будет в три раза больше?
5. Манометр на баллоне со сжатым кислородом показывал при температуре -3°C давление $1,8 \cdot 10^6$ Па, а при температуре 27°C давление $2 \cdot 10^6$ Па. Происходила ли утечка газа из баллона?

6. При температуре 5°C давление воздуха в баллоне равно 10^4 Па. При какой температуре давление в нем будет $2,6 \cdot 10^4$ Па?
7. Для сварки металлов и их сплавов в инертных газах гелий поставляют в баллонах под давлением $1,5 \cdot 10^7$ Па. Определите концентрацию молекул гелия (число молекул в единице объема) в баллоне при температуре 27°C .
8. Современная техника позволяет создавать очень высокий вакуум, порядка 10^{-7} Па. Сколько молекул газа остается при таком вакууме в камере емкостью $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ при температуре 27°C ?
9. Баллон, содержащий 1 кг азота, при испытании на прочность взорвался при температуре 327°C . Какую массу водорода можно было бы хранить в таком баллоне при температуре 27°C , имея пятикратный запас прочности? Молярная масса азота 28 г/моль, водорода 2 г/моль.
10. Атмосферное давление на пике Ленина (высота 7134 м) $4 \cdot 10^4$ Па. Определить плотность воздуха на вершине при температуре -10°C , если при нормальных условиях, плотность воздуха $1,29 \text{ кг/м}^3$.

Задачи 11 – 20

Тема: термодинамика

11. С одним молем идеального газа проводят циклический процесс, состоящий из двух изохор и двух изобар. Найти коэффициент полезного действия цикла, если известно, что температура в состоянии 1 $T_1 = 256 \text{ К}$, в состоянии 3 $T_3 = 625 \text{ К}$, а в состояниях 2 и 4 температура одинакова.



12. Кислород занимает объем 10 л и находится под давлением 200 кПа. При нагревании при постоянном давлении газ расширился втрое, а затем при постоянном объеме его давление увеличилось в 5 раз. Найдите количество теплоты, переданное газу, изменение внутренней энергии и работу.
13. Азот нагревается при постоянном давлении 40 кПа, при этом его объем увеличивается от 2 до 4 м^3 . Найдите количество теплоты, переданное газу, изменение внутренней энергии и работу.

14. Азот массой 14 г адиабатически расширили в 2 раза, а затем изобарно сжали до начального объема. Найдите переданное телу количество теплоты и совершенную работу.
15. Газ находился в цилиндре с поршнем площадью поперечного сечения 200 см^2 . После того, как газ нагрели, сообщив ему количество теплоты в $1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$, поршень сдвинулся на расстояние $h=30 \text{ см}$. Как изменилась внутренняя энергия газа, если его давление осталось равным $2 \cdot 10^7 \text{ Па}$.
16. Кислород нагрели при постоянном давлении $p=80 \text{ кПа}$. Объем газа увеличился с 1 до 3 кубических метров. Определить изменение внутренней энергии кислорода, работу, совершенную газом, и количество теплоты, сообщенное ему.
17. Во сколько раз увеличится объем 0.5 моль кислорода при изотермическом расширении, если ему передано количество теплоты 1000 Дж. Температура 300 К.
18. Во сколько раз увеличится объем 1 моля кислорода, если ему передать количество теплоты 10^3 Дж ? Начальная температура 27° С , процесс считать изотермическим.
19. Аргон, находящийся в сосуде объемом 5 л, нагревают так, что его давление возрастает с 100 кПа до 300 кПа. Какое количество теплоты получил газ?
20. Какую работу совершил газ, взятый в количестве двух молей, при изобарном нагревании на 50 градусов Кельвина и как при этом изменилась его внутренняя энергия?

Задачи 21 – 30

Тема: закон Кулона

21. Заряженный шарик приводят в соприкосновение с точно таким же незаряженным шариком. Находясь на расстоянии 15 см, шарики отталкиваются с силой 1 мН. Каков был первоначальный заряд заряженного шарика?
22. Два маленьких одинаковых заряженных шарика с зарядами 2 мкКл и -4 мкКл находятся на расстоянии 30 см друг от друга. На сколько изменится сила их взаимодействия, если шарики привести в соприкосновение и затем вновь развести на прежнее расстояние?
23. Вокруг неподвижного положительного заряда 10^{-8} Кл движется по окружности отрицательный заряд. Радиус окружности 0.1 см. Один оборот заряд совершает за время 2 с. Найти отношение заряда к массе для движущегося заряда.

24. Четыре заряда -1 мкКл , -2 мкКл , -3 мкКл и -4 мкКл расположены в вершинах квадрата со стороной $0,1 \text{ м}$. В центр квадрата помещен заряд 5 мкКл . Найти силу, действующую на центральный заряд.
25. Одноименные заряды по $0,1 \text{ мкКл}$ каждый расположены на расстоянии 6 см друг от друга. Найти напряженность поля в точке, удаленной от каждого заряда на расстояние 5 см .
26. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ равно 5 см . Какова напряженность поля в точке, находящейся на расстоянии 4 см от заряда q_1 и 3 см от заряда q_2 ?
27. Модуль напряженности однородного электрического поля равен 150 В/м . Какую максимальную работу может совершить электрическое поле при смещении заряда 20 мкКл на расстояние 2 м ?
28. Тонкое кольцо радиуса $R = 10 \text{ см}$ однородно заряжено с линейной плотностью $\tau = 40 \text{ мкКл/м}$. Найти напряженность электрического поля в точке, расположенной на оси кольца и удаленной от его центра на расстояние 20 см .
29. Тонкое кольцо радиуса $R = 10 \text{ см}$ однородно заряжено с линейной плотностью $\tau = 30 \text{ мкКл/м}$. Чему равна сила, действующая со стороны этого кольца на точечный заряд 4 мкКл , расположенный на оси этого кольца на расстоянии 10 см от его центра?
30. Два одинаковых заряженных шарика подвешены к одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарика погружаются в масло. Какова плотность масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материала шарика $\rho = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, диэлектрическая проницаемость масла $\epsilon = 2$.

Задачи 31 – 40

Тема: потенциал, энергия и работа поля.

31. Шарик массой $0,1 \text{ г}$ перемещается в электрическом поле из точки А, потенциал которой равен 1000 В , в точку В, потенциал равен нулю. Определите скорость шарика в точке А, если в точке В его скорость 20 м/с . Заряд шарика 10^{-5} Кл .

32. Капелька масла радиусом 1 мкм, несущая в себе заряд двадцати электронов, находится в равновесии в поле горизонтально расположенного конденсатора, когда к нему приложено напряжение 82 В. Расстояние между пластинками $d = 8$ мм. Найдите из этих данных заряд электрона. Плотность масла 800 кг/м^3 .
33. Поле образованно точечным зарядом $q = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$. Какую работу совершает поле переносе одноименного заряда $1,5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$ из точки В, удаленной от заряда q на расстояние 0,5 м, в точку А, удаленную от q на расстояние 2 м? Среда - воздух.
34. Два заряда по 6 нКл находятся на расстоянии 100 см друг от друга. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния 50 см?
35. В однородном электрическом поле напряженностью 100 В/м переместили заряд 5 нКл. Перемещение, равное по модулю 40 см, образует угол 60° с направлением силовой линии. Найти работу сил поля, изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля и разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения. Дать ответы на те же вопросы для случая перемещения отрицательного заряда.
36. Шар радиусом $R_1=6$ см заряжен до потенциала 300 В, а шар радиусом $R_2=4$ см – до потенциала 500 В. Найдите потенциал шаров после того, как их соединили металлическим проводом, емкостью которого можно пренебречь.
37. Три точечных заряда $Q_1= 1 \text{ мкКл}$, $Q_2= -2 \text{ мкКл}$, $Q_3= 4 \text{ мкКл}$ находятся на бесконечно больших расстояниях друг от друга. Найти: а) работу, которую нужно совершить, чтобы расположить заряды в вершинах правильного треугольника со стороной 0,1 м; б) потенциальную энергию заряда Q_1 после перемещения зарядов.
38. Бесконечная тонкая равномерно заряженная нить имеет линейную плотность заряда $5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл/м}$. Какую скорость приобретет электрон, переместившись из точки на расстоянии $r_1 = 0,1$ м в точку на расстоянии $r_2 = 0,2$ м от нити? Начальная скорость электрона равна нулю.
39. Два электрона, находясь первоначально на бесконечном расстоянии друг от друга, движутся навстречу друг другу со скоростями, равными по величине 10 Мм/с. На какое минимальное расстояние сблизятся электроны?
40. Определить потенциал электрического поля точечного диполя, момент которого $p = 2,0 \times 10^{-14} \text{ Кл} \times \text{м}$, в точке, лежащей на оси диполя на расстоянии $r = 10$ см от его центра со стороны положительного заряда.

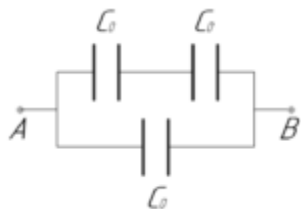
Задачи 41 – 50

Тема: конденсаторы

41. Плоский воздушный конденсатор после зарядки отключают от источника напряжения и погружают в керосин. Во сколько раз изменится энергия, накопленная в конденсаторе?

42. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно в батарею, которая подключена к источнику с ЭДС $\mathcal{E} = 12\text{ В}$. Определить, насколько изменится напряжение на конденсаторах, если один из них погрузить в трансформаторное масло с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 8$.

43. Три одинаковых конденсатора соединены, как показано на рисунке. При разности потенциалов между точками А и В в 1000 В энергия батареи конденсаторов равна 3 Дж . Найти емкость каждого конденсатора.



44. Какое количество теплоты выделяется при замыкании пластин конденсатора емкостью 5 мФ , заряженного до потенциала 300 В ?

45. Плоский конденсатор состоит из двух пластин площадью 50 см^2 каждая. Между пластинами находится слой стекла. Какой наибольший заряд можно накопить на этом конденсаторе, если при напряженности поля 10 МВ/м в стекле происходит пробой конденсатора?

46. Шесть конденсаторов емкостью 5 нФ каждый соединили параллельно и зарядили до 4 кВ . Какой заряд накоплен такой батареей?

47. Плоский воздушный конденсатор после зарядки отключают от источника напряжения и погружают в керосин. Во сколько раз изменится энергия, накопленная в конденсаторе?

48. Плоский воздушный конденсатор после зарядки отключают от источника напряжения и погружают в керосин. Как изменится заряд, емкость и напряжение конденсатора?

49. Плоский воздушный конденсатор погрузили в воду так, что над водой находится девятая часть площади поверхности пластин. Во сколько раз изменилась его емкость?

50. Определить количество электрической энергии, перешедшей в тепло при соединении одноименно заряженных обкладок конденсаторов емкостью 2 и 0,5 мкФ, заряженных до напряжений 100 и 50 В, соответственно.

Задачи 51 – 60

Тема: диэлектрики.

51. В некоторой точке однородного изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$ вектор электрического смещения равен $D = 3 \text{ мкКл/м}^2$. Найти вектор поляризации P в этой точке.

52. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком (слода, $\epsilon = 7$). Площадь пластин конденсатора равна 50 см^2 . Определить поверхностную плотность связанных зарядов на слюде, если пластины конденсатора притягивают друг друга с силой 1 мН.

53. Эбонитовая ($\epsilon = 3$) плоскопараллельная пластина помещена в однородное электрическое поле напряженностью 2 МВ/м. Грани пластины перпендикулярны линиям напряженности. Определить поверхностную плотность связанных зарядов на гранях пластины

54. Металлическую сферу с равномерно распределенным зарядом 100 мкКл помещают в однородный изотропный диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$. Определить связанный заряд на границе диэлектрика с шаром.

55. Стеклянная пластина с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$ внесена в однородное электрическое поле с напряженностью $E_0 = 20 \text{ В/м}$ и расположена так, что угол между нормалью к пластине и направлением внешнего поля равен 30° . Найти напряженность поля внутри пластины

56. Стеклянная пластина с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 5$ внесена в однородное электрическое поле с напряженностью $E_0 = 20 \text{ В/м}$ и расположена так, что угол между нормалью к пластине и направлением внешнего поля равен 30° . Найти поверхностную плотность связанных зарядов возникших в пластине.

57. Стеклянная пластина с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 6$ внесена в однородное электрическое поле с напряженностью $E_0 = 20$ В/м и расположена так, что угол между нормалью к пластине и направлением внешнего поля равен 30° . Найти угол между нормалью к пластине и направлением поля внутри пластины.

58. Стеклянная пластина с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 6$ внесена в однородное электрическое поле с напряженностью $E_0 = 20$ В/м и расположена так, что угол между нормалью к пластине и направлением внешнего поля равен 30° . Найти электрическое смещение D внутри пластины.

59. Бесконечная пластина из однородного изотропного диэлектрика помещена в перпендикулярное к ней внешнее однородное электрическое поле напряженностью $E_0 = 3$ В/м. Найти модуль вектора электрического смещения D внутри диэлектрика.

60. На каком расстоянии r_2 от точечного заряда напряженность электрического поля этого заряда в жидком диэлектрике с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_2 = 81$ (вода) такая же, как на расстоянии $r_1 = 9$ см от этого заряда в воздухе?

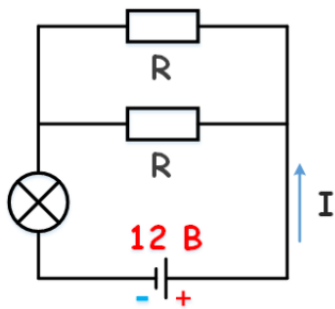
Задачи 61 – 70

Тема: закон Ома

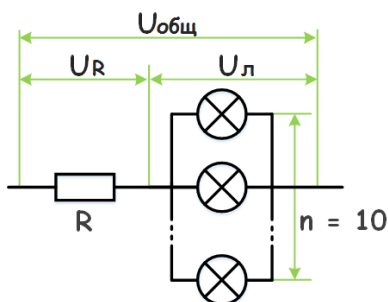
61. ЭДС батареи 80 В, внутреннее сопротивление $r = 6$ Ом. Внешняя цепь потребляет мощность $P = 100$ Вт. Определить силу тока в цепи, напряжение U , под которым находится внешняя цепь, и ее сопротивление R .

62. Источник постоянного тока с ЭДС $E = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом замкнут на внешнее сопротивление $R = 9$ Ом. Определить силу тока в цепи I , падение напряжения U_R на внешнем участке и падение напряжения U_r на внутреннем участке цепи.

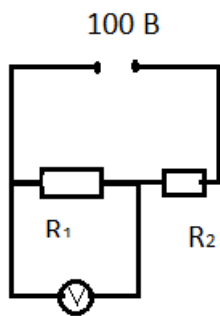
63. К аккумулятору с ЭДС 12 В, подключена лампочка и два параллельно соединенных резистора сопротивлением каждый по 10 Ом. Известно, что ток в цепи 0,5 А, а сопротивление лампочки $R/2$. Найти внутреннее сопротивление аккумулятора.



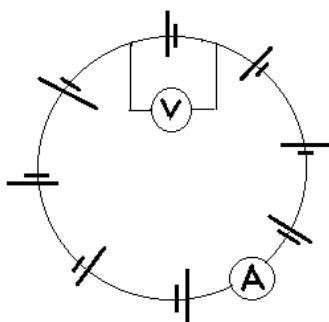
64. К участку цепи с напряжением 12 В через резистор сопротивлением 2 Ом подключены десять одинаковых лампочек сопротивлением 10 Ом. Найти напряжение на каждой лампочке.



65. В электрической цепи, приведенной на рисунке, вольтметр показывает напряжение 34.8 В. Напряжение источника 100 В. Найдите отношение силы тока, идущего через вольтметр, к току, идущему через резистор R_2 .



66. Несколько одинаковых источников тока по 10В с внутренним сопротивлением 2 Ом каждый соединены так, как показано на рисунке. Чему равно показание идеальных вольтметра и амперметра, включенных в цепь?



67. ЭДС батареи $E=24\text{В}$. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея, $I=10\text{А}$. Определить максимальную мощность, которая может выделяться во внешней цепи.

68. В цепь включены последовательно медная и стальная проволоки одинаковой длины и диаметра. Найти отношение количеств теплоты, выделившихся в проволоках за одно и тоже время, а также отношение напряженностей электрического поля внутри проволок, если удельные сопротивления меди и стали соответственно равны $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и $11 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Изменится ли ответ, если проволоки включить параллельно?

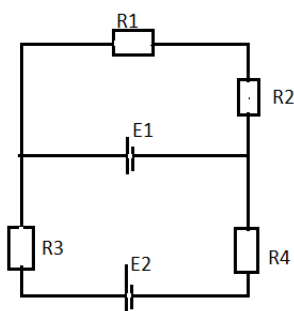
69. Два проводника сопротивлением 10 Ом и 14 Ом соединены параллельно и подключены к источнику тока. За некоторое время в первом проводнике выделилось 840 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделилось за то же время во втором проводнике?

70. Два сопротивления при последовательном включении в сеть с напряжением 100 В потребляют из сети мощность 40 Вт . При параллельном включении в ту же сеть они потребляют суммарную мощность 250 Вт . Найти величины этих сопротивлений.

Задачи 71 – 80

Тема: разветвленные цепи.

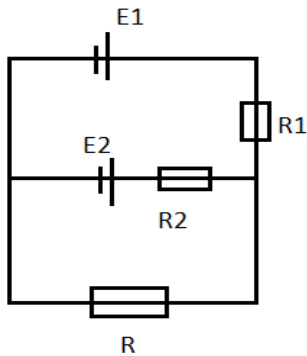
71. Найдите токи в цепи, изображенной на рисунке:



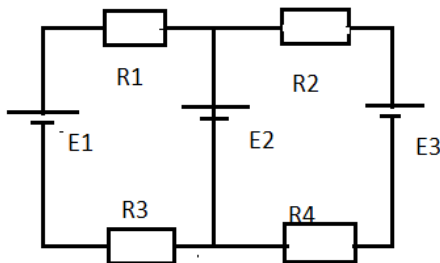
Источники ЭДС 10 В и 12 В , все сопротивления по 10 Ом . Внутренние сопротивления источников не учитывать.

72. Три источника тока по 12 В с внутренними сопротивлениями 3 Ом соединены параллельно одноименными полюсами. Найдите токи в цепи.

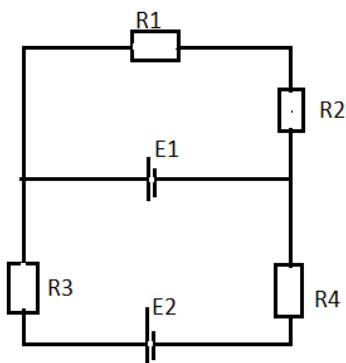
73. Определить силу тока в каждом элементе и напряжение на внешнем сопротивлении если $E_1=8\text{В}$, $E_2=14\text{В}$, $R_1=1\text{Ом}$, $R_2=5\text{Ом}$ и $R=50\text{Ом}$.



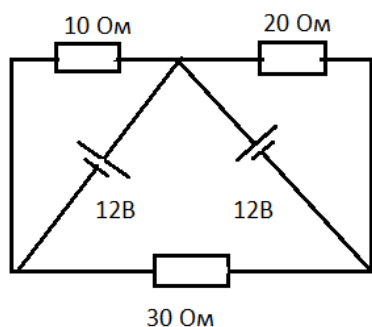
74. Найдите токи в цепи, изображенной на рисунке, считая, что все сопротивления равны 10Ом и ЭДС одинаковы и равны 6В .



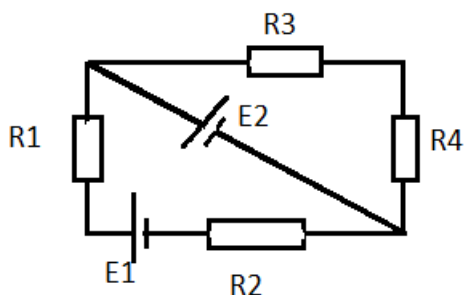
75. Определить силу тока в сопротивлении R_2 и напряжение на концах этого сопротивления, если $E_1=4\text{В}$, $E_2=3\text{В}$, $R_1=2\text{Ом}$, $R_2=6\text{Ом}$, $R_3=1\text{Ом}$, $R_4=4\text{Ом}$. Внутренним сопротивлением источников тока пренебречь.



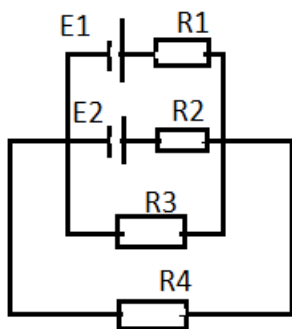
76. Найдите токи, текущие в цепи. Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.



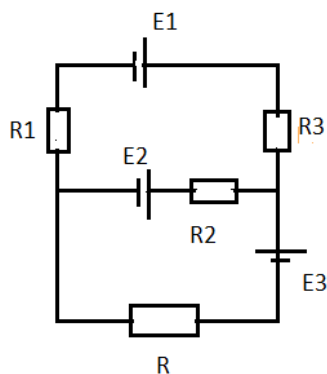
77. Определите напряжение на сопротивлении R_4 , считая что $R_1=R_2=10\text{ Ом}$, $R_3=R_4=6\text{ Ом}$, $E_1=E_2=12\text{ В}$. Внутреннее сопротивление источников не учитывать.



78. Источники тока E_1 и E_2 включены в цепь, как показано на схеме. Определить силы токов текущих в сопротивлениях R_2 и R_3 , если $E_1=10\text{ В}$, $E_2=4\text{ В}$, а $R_1=R_4=2\text{ Ом}$ и $R_2=R_3=4\text{ Ом}$. Сопротивлениями источников пренебречь.



79. Найдите ток, текущий через нагрузку R и напряжение на этом сопротивлении, если $E_1=12\text{ В}$, $E_2=7\text{ В}$, а $R_1=5\text{ Ом}$, $R_2=R_3=4\text{ Ом}$ и $R_4=2\text{ Ом}$. Сопротивлениями источников пренебречь.



80. Сопротивление $R=4\text{Ом}$ подключено к двум параллельно соединенным разноименными полюсами источникам тока с ЭДС $E_1 = 2,8\text{В}$ и $E_2 = 1,4\text{В}$ и внутренними сопротивлениями $R_1=0,6\text{Ом}$ и $R_2=0,4\text{Ом}$. Определить ток в сопротивлении R и разность потенциалов на зажимах второго источника.

4. Методические указания по выполнению контрольной работы

В каждой контрольной работе студент решает все те задачи, номера которых оканчиваются на ту же цифру, на которую оканчивается номер учебного шифра. Например, если номер шифра оканчивается на 5, то студент должен решить задачи 5, 15, 25 и т.д.

При выполнении контрольной работы студент должен изложить подробное решение всех задач своего варианта, желательно, в той же последовательности, как они приводятся в задании. Содержание решения задачи должно включать условие задачи, пошаговый ход решения, при необходимости, демонстрационный чертеж.

Работы должны быть представлены не менее, чем за 2 недели до начала сессии.

5. Методические указания по оформлению контрольной работы

Каждая работа выполняется в отдельном файле «от руки» с последующим сканированием и сохранением в PDF. Чертежи к работе также выполняются от руки.

6. Вопросы для самоконтроля

Молекулярная физика и термодинамика

1. Молекулярная физика. Статистический метод. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов. Идеальный газ.
2. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро.
3. Уравнение Менделеева-Клапейрона.
4. Основное уравнение МКТ. Средняя квадратичная скорость. Средняя кинетическая энергия поступательного движения.
5. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям. Средняя скорость и наиболее вероятная скорость молекулы. Распределение молекул по энергиям теплового движения.

6. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Средняя длина свободного пробега молекулы.
7. Диффузия газов. Вязкость газов. Коэффициент вязкости. Теплопроводность газов. Коэффициент теплопроводности.
8. Термодинамика. Термодинамический метод. Число степеней свободы. Закон Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул. Внутренняя энергия газа.
9. Первое начало термодинамики. Работа газа. Равновесные процессы.
10. Удельная и молярная теплоемкости. Применение первого начала термодинамики к изотермическому, адиабатическому, изохорному и изобарному процессам.
11. Уравнение Майера.
12. Круговой процесс. Обратимый процесс. Энтропия.
13. Неравенство Клаузиуса. Тепловая смерть Вселенной.
14. Второе начало термодинамики по Кельвину и Клаузиусу. Вечный двигатель. Статистическое толкование энтропии и ее физический смысл.
15. Тепловая машина. КПД тепловой машины. Теорема Карно. КПД машины Карно.

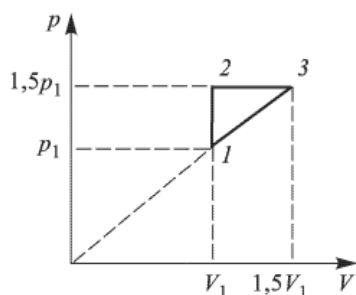
Электричество

16. Электрическое поле в вакууме. Электрический заряд. Инвариантность заряда. Закон Кулона. Электрическая постоянная. Точечный заряд.
17. Электрическое поле. Силовые линии. Пробный заряд. Напряжённость поля. Принцип суперпозиции.
18. Поток и циркуляция векторного поля. Теорема Гаусса. Расчет полей с помощью теоремы Гаусса. Заряженные плоскости, сферы, цилиндры.
19. Работа, совершаемая над зарядом. Потенциал электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом.
20. Поле электрического диполя. Диполь во внешнем электростатическом поле.
21. Электрическое поле в диэлектриках. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация, поляризуемость и поляризованность. Диэлектрическая восприимчивость.
22. Поверхностные и объёмные связанные заряды. Вектор электрического смещения, теорема Гаусса для него. Диэлектрическая проницаемость.
23. Условия на границе двух диэлектриков. Вычисление полей в диэлектриках.

24. Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводнике. Индуцированные заряды. Метод электрических изображений.
25. Конденсаторы. Электроёмкость. Электроёмкость плоского, цилиндрического и сферического конденсаторов. Батареи конденсаторов.
26. Энергия электрического поля. Энергия системы точечных зарядов. Энергия заряженных проводников. Энергия электрического поля.
27. Постоянный электрический ток. Электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома. Закон Джоуля—Ленца.
28. Правила Кирхгофа.

7. Демонстрационный вариант контрольной работы

Задача 1. Найти отношение максимальной плотности идеального газа к его минимальной плотности, которые достигаются при циклическом процессе, показанном на рисунке.



Решение: Применим уравнение Менделеева-Клапейрона в точках 1, 2 и 3. Учтем, что $\rho = \frac{m}{V}$

Значения плотности газа в точках 1, 2 и 3 (см. рисунок) равны:

$$\rho_1 = \frac{p_1 \mu}{R T_1}, \quad \rho_2 = \frac{p_2 \mu}{R T_2}, \quad \rho_3 = \frac{p_3 \mu}{R T_3}$$

где μ — молярная масса газа, T_1 , T_2 и T_3 — температуры газа в этих точках.

Поскольку объем газа в точках 1 и 2 один и тот же, то $\frac{\rho_1}{T_1} = \frac{\rho_2}{T_2}$

т.е. на участке 1 — 2 плотность газа не меняется.

На участке 2 — 3, проходящем при постоянном давлении, $\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$.

Откуда следует, что $T_3 = 1.5T_2$. Поэтому $\rho_3 = \frac{1}{1.5} \rho_1$.

Таким образом, максимальная плотность газа достигается в точках 1 и 2, а минимальная — в точке 3.

Ответ: $k = \frac{\rho_1}{\rho_3} = 1.5.$

Задача 2. Во время расширения газа, вызванного его нагреванием, в цилиндре с площадью поперечного сечения $S = 200 \text{ см}^2$ газу было передано количество теплоты $Q = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$, причём давление газа оставалось постоянным и равным $p = 2 \cdot 10^7 \text{ Па}$. Насколько изменилась внутренняя энергия газа, если поршень передвинулся на расстояние $\Delta h = 30 \text{ см}$?

Решение: Согласно первому закону термодинамики в форме

$$Q = \Delta U + A',$$

где $A' = pS\Delta h$ — работа, совершённая газом.

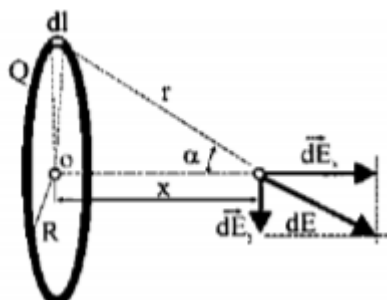
Отсюда $\Delta U = Q - pS\Delta h = 30 \text{ кДж}.$

Ответ: 30 кДж

Задача 3. Заряд $Q = 1 \text{ мкКл}$ распределен равномерно по тонкому проводящему кольцу радиуса $R = 0,1 \text{ м}$. Определить напряженность поля, создаваемого заряженным кольцом в воздухе на его оси в точке, удаленной от центра кольца на расстояние $x = 1 \text{ м}$.

Решение: Выделим на кольце бесконечно малый элемент длиной dl , несущий на себе заряд dQ , и определим напряженность создаваемого им электрического поля в точке, удаленной на расстояние x . Определим величину элементарного заряда, считая, что весь заряд равномерно распределен по длине кольца:

$$dQ = (Q / 2\pi R) \times dl.$$



Подставим значение элементарного заряда в уравнение напряженности точечного заряда, получаем:

$$dE = k \frac{Q dl}{2\pi R r^2}.$$

Направление вектора dE совпадает с отрезком, соединяющим dl и заданную точку. Этот вектор в данном случае целесообразно разложить на очевидные составляющие по стандартным осям координат, т. е. на dEx и dEy . Следует

отметить, что представление dE в виде двух составляющих позволит существенно упростить рассмотрение, т. к. при любом способе разбиения кольца на элементарные длины всегда будут встречаться два диаметрально противоположных элемента, у которых векторы напряженностей равны по модулю и противоположны по направлению. Таким образом, для всего кольца их геометрическая сумма в рассматриваемой точке будет равна нулю. Напряженность поля кольца на его оси, таким образом, определится следующим уравнением:

$$E = \int dE \times \cos \alpha.$$

Подставив сюда выражение для вектора напряженности элементарного заряда и используя замены

$$\cos \alpha = x/r; \quad r^2 = x^2 + R^2,$$

получим:

$$E = k \frac{Q x}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \cong 9 \text{ кВ/м}$$

Ответ: 9 кВ/м.

Задача 4. Два точечных заряда $q_1=6 \text{ мкКл}$ и $q_2=2 \text{ мкКл}$, находятся на расстоянии $a=60 \text{ см}$ друг от друга. Какую работу необходимо совершить внешним силам, чтобы уменьшить расстояние между зарядами вдвое?

Решение: Находясь на расстоянии a , точечные заряды обладали потенциальной энергией:

$$W_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{a}$$

На вдвое меньшем расстоянии энергия зарядов равна:

$$W_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r} = W_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{2q_1 q_2}{a}$$

Работа, затраченная на сближение зарядов:

$$A = W_2 - W_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{2q_1 q_2}{a} - \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{a} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{a}$$

Подставляем числовые данные и вычисляем:

$$A = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,6} = 0,18$$

Ответ: $A=0,18$ Дж.

Задача 5. Как изменится емкость, напряжение и заряд плоского заряженного конденсатора при введении между его пластинами диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$? Конденсатор после зарядки отключен от источника.

Решение: Для емкости плоского конденсатора C напишем формулу:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

Где ϵ - диэлектрическая проницаемость среды между пластинами, S – площадь пластин, d – расстояние между пластинами. Если в начальный момент между пластинами конденсатора был воздух ($\epsilon = 1$), а затем ввели диэлектрик с $\epsilon = 4$, то емкость увеличилась в ϵ раз.

Заряд q , емкость C и напряжение U конденсатора связаны соотношением:

$$C = \frac{q}{U}$$

Поскольку конденсатор отключен от источника, заряд на нем не изменяется. Значит, если $q=\text{const}$ и C увеличится в ϵ раз, то напряжение уменьшится в ϵ раз.

Ответ: заряд не изменяется, емкость увеличивается в 4 раза, напряжение уменьшается в 4 раза.

Задача 6. Проводящий шар с равномерно распределенным зарядом 399 мкКл помещают в однородный изотропный диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 10$. Определить поляризованный заряд на границе диэлектрика с шаром.

Решение: При помещении шара в диэлектрик на его поверхности появляются отрицательные связанные заряды $-q'$, эти заряды создают поле напряженностью E' .

Напряженность электрического поля шара, помещенного в диэлектрик определим по принципу суперпозиции полей:

$$E = E_0 - E', \quad (1)$$

где E_0 – напряженность поля, создаваемая шаром, имеющим заряд q ,

$$E_0 = k \frac{q}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2};$$

E' – напряженность поля, создаваемая связанным зарядом $-q'$,

$$E' = k \frac{q'}{r^2} = \frac{q'}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

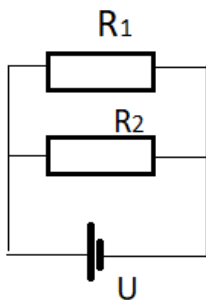
Поле в диэлектрике всегда меньше поля в вакууме в ϵ раз, т.е. $E = E_0/\epsilon$,

тогда, подставляя в (1), получим

$$\begin{aligned} E_0/\epsilon &= E_0 - E', \\ \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} - \frac{q'}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \\ \frac{q}{\epsilon} &= q - q', \\ q' &= q \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) = 359,1 \text{ мкКл}. \end{aligned}$$

Задача 7. Если два сопротивления соединить параллельно и включить в сеть с некоторым напряжением, то на одном из них выделяется мощность 100 Вт, а на другом - 400 Вт. Какая мощность выделяется на каждом из этих сопротивлений, если их последовательное соединение включить в ту же самую сеть.

Решение: рассмотрим параллельное соединение резисторов R_1 и R_2 . Напряжение на резисторах одинаковое.



На первом сопротивлении выделится мощность $P_1 = \frac{U^2}{R_1} = 100 \text{ Вт}$, на втором: $P_2 = \frac{U^2}{R_2} = 400 \text{ Вт}$. Отсюда следует, что $R_1 = 4R_2$.

Обозначим $R_2 = r$, $R_1 = 4r$.

Тогда для последовательного соединения сопротивлений одинаковым будет ток через резисторы. Найдем его:

$$R_{\text{посл}} = R_1 + R_2 = 5r, \quad I = \frac{U}{r + 4r} = \frac{U}{5r}$$

Мощность, выделяющаяся на первом сопротивлении

$$P_{1\text{ посл}} = I^2 R_1 = \frac{U^2}{25r^2} 4r = \frac{4}{25} \frac{U^2}{r}$$

На втором сопротивлении:

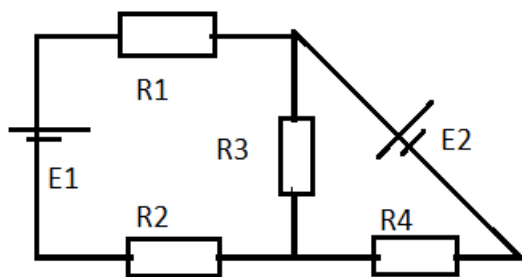
$$P_{2\text{ посл}} = I^2 R_2 = \frac{U^2}{25r^2} r = \frac{1}{25} \frac{U^2}{r}$$

Теперь учтем, что $\frac{U^2}{r} = 400 \text{ Вт}$, и следовательно

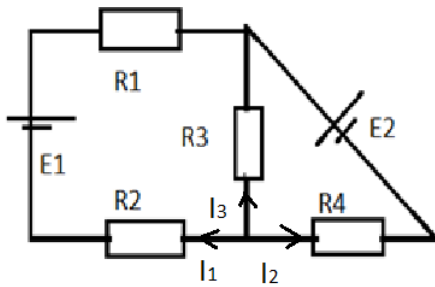
$$P_{1\text{ посл}} = 64 \text{ Вт}, \quad P_{2\text{ посл}} = 16 \text{ Вт}.$$

Ответ: 64 Вт, 16 Вт.

Задача 8. Найдите токи в цепи, изображенной на рисунке. Все сопротивления по 10 Ом, ЭДС 4 В и 12 В. Внутренние сопротивления источников не учитывать.



Решение: воспользуемся правилами Кирхгофа для расчета сложных цепей. Сначала определим количество токов – оно равно количеству неразветвленных ветвей, т.е. у нас их три. Произвольно выберем направления токов. Например, так:



Ясно, что так токи идти не могут, следовательно, в ответе мы должны получить один или два тока с отрицательными значениями.

Составляем уравнения по правилам Кирхгофа: в первом правиле сумма токов в любом узле схемы равна нулю. Все токи из узла выходят, значит уравнение запишется так:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Для второго узла писать смысла нет, так как это будет то же самое уравнение. Применим теперь второе правило Кирхгофа. Оно гласит, что сумма произведений токов на сопротивления равна сумме ЭДС в любом замкнутом контуре. Для этого произвольно выберем направления обхода контуров – например, по часовой стрелке для левого контура и против часовой стрелки для правого контура. Тогда получим:

$$I_1 R_1 + I_1 R_2 - I_3 R_3 = \varepsilon_1$$

$$I_2 R_4 - I_3 R_3 = \varepsilon_2$$

Вместе с первым уравнением у нас получается система трех линейных уравнений с тремя неизвестными. Решать ее можно с помощью определителя или выражая неизвестные друг через друга и подставляя в уравнения. Запишем систему, используя данные задачи:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$10I_1 + 10I_1 - 10I_3 = 4$$

$$10I_2 - 10I_3 = 12$$

Выражаем I_3 из первого уравнения подставляем во второе и третье:

$$I_3 = -I_1 - I_2$$

$$20I_1 - 10(-I_1 - I_2) = 4$$

$$10I_2 - 10(-I_1 - I_2) = 12$$

Приводим подобные слагаемые и получаем:

$$30I_1 + 10I_2 = 4$$

$$20I_2 + 10I_1 = 12$$

Разделим второе уравнение на 2 и вычтем из него первое. Слагаемые с I_2 сократятся и мы получим:

$$I_1 = -0.08 \text{ A}$$

Подставив это в уравнение выше, получим:

$$I_2 = 0.8 \text{ A}$$

И, наконец из самого первого уравнения:

$$I_3 = -0.72 \text{ A}$$

Ответ: $I_1 = -0.08 \text{ A}$, $I_2 = 0.8 \text{ A}$, $I_3 = -0.72 \text{ A}$.

Перечень рекомендуемой литературы

1. Трофимова Т.И. «Курс физики». Любое издание.
2. Савельев И.В. «Курс общей физики». Любое издание.
3. Скорохватов Н.А. «Курс лекций по электромагнетизму».