

53(076)

№ 5580-2

С-232



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования

«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технологическая академия

Г. В. АРЗУМАНЯН, Л. Е. ГАТЬКО

КАФЕДРА ФИЗИКИ

**СБОРНИК КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ И ЗАДАЧ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ФИЗИКА**

Часть 2

Учебно-методическое пособие

ИНЭП

Ростов-на-Дону – Таганрог
2017

УДК 53(076.5)
ББК 22.3я73
С232

Рецензент

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий
кафедрой ВМ ИКТИБ ИТА ЮФУ *Г.В. Куповых*

С232 Арзуманян, Г.В. Сборник контрольных вопросов и задач для лабораторных работ по дисциплине «Физика». Часть 2: учебно-методическое пособие/ Г.В. Арзуманян, Л.Е. Гатько; Южный федеральный университет. –Ростов-на-Дону; Таганрог, 2017. –48 с.

Приводятся контрольные вопросы и задачи для лабораторных работ по дисциплине «Физика». Часть 2 пособия содержит вопросы допуска, вопросы к защите и задачи к защите для следующих лабораторных работ: «Исследование электростатического поля», «Изучение движения электронов в электрическом поле», «Определение индукции магнитного поля токов простейших конфигураций», «Снятие кривой намагничивания петли гистерезиса с помощью осциллографа», «Исследование зависимости обратимой магнитной проницаемости феррита от напряженности магнитного поля», «Исследование затухающих колебаний», «Определение скорости звука в воздухе». Пособие предназначено для студентов дневного отделения, обучающихся по всем инженерным специальностям.

УДК 53(076.5)
ББК 22.3я73

© Южный федеральный университет, 2017
© Арзуманян Г.В., Гатько Л.Е. 2017

Введение

Настоящее пособие предназначено в помощь студентам, выполняющим лабораторные работы (ЛР), и преподавателям, ведущим лабораторные занятия. Представленная здесь 2 часть пособия включает материал по основам электростатики и магнитостатики, колебаниям и волнам. К каждой ЛР представлены вопросы допуска к выполнению и защите, а также соответствующие теоретическому материалу ЛР задачи, которые могут быть даны студенту на защите. Вопросы и задачи носят рекомендательный характер и могут заменяться преподавателем по своему усмотрению.

В перечне задач предусмотрена градация по степени сложности: первыми идут простые задания, выполнение которых необходимо для получения минимального балла для зачета по данной ЛР, в конце приведены более сложные задания. К вводному занятию «Оценка погрешностей при физических измерениях» даны лишь задания для защиты.

Чтобы получить допуск к выполнению ЛР, студент должен:

- предоставить оформленный по правилам протокол выполнения ЛР, который будет заполняться в процессе эксперимента;
- иметь представление о физических законах, на которых основана данная работа;
- представлять методику эксперимента;
- знать последовательность прямых измерений, которая отражена в приводимых в протоколе ЛР таблицах;
- представлять, по каким расчетным формулам будут найдены физические величины, являющиеся результатом данной ЛР;
- желательно представлять порядок искомой физической величины, например, если измеряется ускорение свободного падения у поверхности Земли, результат 1 м/с^2 или 100 м/с^2 не может быть принят;
- если исследуется экспериментальная зависимость, желательно представлять характер этой зависимости, например, снимая зависимость $M(\varepsilon)$ при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси, где M – момент сил, действующий на тело, а ε – угловое ускорение тела, нужно понимать, что ожидаемая зависимость линейна.

К защите студенту необходимо проработать теоретический

материал, рекомендованный в описании ЛР, и быть готовым защищать разумность полученных им экспериментальных данных.

По нашему мнению, использование данного методического пособия студентами при подготовке к выполнению и защите ЛР поможет им лучше структурировать материал.

В конце пособия приведено приложение, где помещены табличные данные и физические постоянные, а также некоторые сведения из математики, необходимые для решения задач.

Все замечания о проделанной работе авторы примут с благодарностью.

1. Лабораторная работа № 301 **Исследование электростатического поля**

1.1. Вопросы допуска

1. Что понимают под электростатическим полем? Каковы его основные характеристики?

2. Как можно графически изобразить электростатическое поле?

3. Что такое эквипотенциальная поверхность? Силовая линия?

4. Как направлены силовые линии по отношению к эквипотенциальной поверхности?

5. В чем состоит принцип работы установки? Почему, когда гальванометр показывает нуль, показания вольтметра соответствуют разности потенциалов между точками С и D?

6. Сколько точек рекомендуется снять для построения эквипотенциальной линии?

7. В каких пределах вы будете менять напряжение на вольтметре? Каков интервал между соседними показаниями вольтметра?

8. Какие зависимости для потенциала поля вы должны построить в данной работе?

9. Как рассчитывается напряженность поля между соседними эквипотенциальными линиями?

10. Какие графические зависимости вы должны представить в данной работе?

11. Объясните принцип работы экспериментальной установки. Почему при нулевом токе гальванометра потенциал зонда D относительно электрода С соответствует показанию вольтметра?

1.2. Вопросы к защите

1. Объясните полученные зависимости $\varphi(x)$ и $E(x)$.
2. Рассчитайте абсолютные погрешности $\Delta\varphi$ и ΔE для одной из точек каждой из этих зависимостей.
3. Объясните полученные зависимости $\varphi(y)$ и $E(y)$.
4. Рассчитайте абсолютные погрешности $\Delta\varphi$ и ΔE для одной из точек каждой из этих зависимостей.
5. Каков физический смысл напряженности электростатического поля? Потенциала? Разности потенциалов?
6. Может ли напряженность электростатического поля меняться скачком? Может ли потенциал поля меняться скачком?
7. Чему равна работа по перемещению заряда в $+1$ нКл с электрода С на электрод D? Вдоль диаметра по поверхности электрода С? Вдоль эквипотенциальной поверхности с потенциалом 1 В?
8. Как связаны напряженность и разность потенциалов?
9. Являются ли эквипотенциальные линии замкнутыми? Являются ли силовые линии замкнутыми?
10. Какое поле называется потенциальным? Почему электростатическое поле потенциально?
11. Почему поверхность проводника всегда эквипотенциальна?
12. Докажите, что силовые линии всегда перпендикулярны эквипотенциальной поверхности.
13. Сформулируйте теорему Гаусса для напряженности электростатического поля в вакууме.
14. Объясните, почему по сгущению силовых линий можно судить о величине напряженности электростатического поля.
15. Сформулируйте теорему Гаусса для вектора напряженности электростатического поля в вакууме.
16. Запишите математическую запись теоремы Гаусса для вектора напряженности электростатического поля в интегральной и дифференциальной формах.
17. Примените теорему Гаусса для вывода напряженности поля, созданного точечным зарядом (бесконечной равномерно заряженной плоскостью, однородно заряженной сферой, однородно заряженной бесконечно длинной нитью).
18. Сформулируйте теорему о циркуляции вектора напряженности электростатического поля.

19. Запишите математическую запись теоремы о циркуляции вектора напряженности электростатического поля в интегральной и дифференциальной формах.

1.3. Задачи к защите

1. В трех вершинах квадрата со стороной $a = 2$ см находятся одинаковые заряды $Q = 0,3$ нКл каждый. Каковы напряженность и потенциал электрического поля, созданного этими зарядами, в четвертой вершине квадрата?

2. Точечный заряд $Q = 10$ нКл, находясь в некоторой точке поля, обладает потенциальной энергией $W = 10$ мкДж. Найти потенциал φ этой точки поля.

3. Электрон влетает в плоский конденсатор с начальной скоростью v_0 , параллельной пластинам. На какое расстояние h сместится точка вылета электрона из конденсатора, если напряженность поля внутри конденсатора E , а длина пластин конденсатора L ?

4. На металлической сфере радиусом $R = 10$ см находится равномерно распределенный заряд $Q = 1$ нКл. Определить напряженность E электрического поля в следующих точках: 1) на расстоянии $r_1 = 8$ см от центра сферы; 2) на ее поверхности; 3) на расстоянии $r_2 = 15$ см от центра сферы. Построить график зависимости E от r .

5. Даны два шарика массой $m = 1$ г каждый. Какой заряд Q нужно сообщить каждому шарiku, чтобы сила взаимного отталкивания зарядов уравновесила силу гравитационного притяжения шариков? Рассматривать шарики как материальные точки.

6. Два положительных точечных заряда Q и $4Q$ закреплены на расстоянии $l = 60$ см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд Q_1 так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения заряда возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.

7. Расстояние l между свободными зарядами $Q_1 = 180$ нКл и $Q_2 = 720$ нКл равно 60 см. Определить точку на прямой, проходящей через заряды, в которой нужно поместить третий заряд Q_3

так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить величину и знак заряда. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие?

8. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды $Q = 0,3$ нКл каждый. Какой отрицательный заряд Q_1 нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

9. Два точечных заряда, находясь в воздухе ($\varepsilon = 1$) на расстоянии $r_1 = 20$ см друг от друга, взаимодействуют с некоторой силой. На каком расстоянии r_2 нужно поместить эти заряды в масле ($\varepsilon = 1$), чтобы получить ту же силу взаимодействия?

10. На нити подвешен шарик массой $m = 9,8$ г, которому сообщен заряд $q = 1$ мкКл. Когда к нему снизу поднесли заряженный таким же зарядом шарик, сила натяжения нити уменьшилась в 4 раза. Определите расстояние между центрами шариков.

11. Расстояние d между двумя точечными зарядами $Q_1 = +8$ нКл и $Q_2 = -5,3$ нКл равно 40 см. Вычислить напряженность E поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему равна напряженность, если второй заряд будет положительным?

12. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $Q_1 = 10$ нКл и $Q_2 = -20$ нКл, находящимися на расстоянии $d = 20$ см друг от друга. Определить напряженность E поля в точке, удаленной от первого заряда на 30 см и от второго на 50 см.

13. Точечный заряд $Q = 10$ нКл, находясь в некоторой точке поля, обладает потенциальной энергией $W = 10$ мкДж. Найти потенциал φ этой точки поля.

14. При перемещении заряда $Q = 20$ нКл между двумя точками поля внешними силами была совершена работа $A = 4$ мкДж. Определить работу A_1 сил поля и разность $\Delta\varphi$ потенциалов этих точек поля.

15. Определить потенциал φ электрического поля в точке, удаленной от зарядов $Q_1 = -0,2$ мкКл и $Q_2 = 0,5$ мкКл соответственно на $r_1 = 15$ см и $r_2 = 25$ см.

16. Точечные заряды $Q_1 = 100$ нКл и $Q_2 = 10$ нКл находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной $d = 10$ см. Вычислить напряженность E электрического поля в третьей вершине треугольника.

17. Свинцовый шарик ($\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$) диаметром $d = 0,5 \text{ см}$ помещен в глицерин ($\rho_0 = 1,26 \text{ г/см}^3$). Определите заряд шарика, если в однородном электростатическом поле шарик оказался взвешенным в глицерине. Электростатическое поле направлено вертикально вверх, и его напряженность $E = 4 \text{ кВ/см}$.

18. В вершинах квадрата со стороной a находятся заряды: $q_1 = q$, $q_2 = -q$, $q_3 = 2q$, $q_4 = -2q$. Найти напряженность электрического поля E в точке, совпадающей с центром квадрата.

19. Электрон влетает в однородное поле напряженностью $E = 120 \text{ В/м}$ и движется по направлению силовых линий. Какое расстояние он пролетит до полной остановки, если его начальная скорость равна $v_0 = 10^6 \text{ м/с}$. Сколько времени электрон будет двигаться до остановки?

20. Точка А находится на расстоянии $r_1 = 2 \text{ м}$, а точка В – на $r_2 = 1 \text{ м}$ от точечного заряда $q = 10^{-6} \text{ Кл}$. Чему равна разность потенциалов точек А и В? Как она зависит от угла между прямыми q_A и q_B ?

21. Какая ускоряющая разность потенциалов U требуется для того, чтобы сообщить скорость $v = 30 \text{ Мм/с}$: 1) электрону; 2) протону?

22. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 600 \text{ кВ}$, приобрела скорость $v = 5,4 \text{ Мм/с}$. Определить удельный заряд частицы (отношение заряда в массе).

23. Вдоль силовой линии однородного электрического поля движется протон. В точке поля с потенциалом φ_1 протон имел скорость $v_1 = 0,1 \text{ Мм/с}$. Определить потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость протона возрастает в $n = 2$ раза. Отношение заряда протона к его массе $e/m = 96 \text{ МКл/кг}$.

24. В однородное электрическое поле напряженностью $E = 1 \text{ кВ/м}$ влетает вдоль силовой линии электрон со скоростью $v_0 = 1 \text{ Мм/с}$. Определить расстояние l , пройденное электроном до точки, в которой его скорость v будет равна половине начальной.

25. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 100 \text{ В}$ электрон имел скорость $v_1 = 6 \text{ Мм/с}$. Определить потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость v_2 электрона будет равна $0,5 v_1$.

26. Два шарика с зарядами $q_1 = 6,66 \text{ нКл}$ и $q_2 = 13,33 \text{ нКл}$ нахо-

дятся на расстоянии $r_1 = 40$ см. Какую работу A надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния $r_2 = 25$ см?

27. Найти скорость v электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов U , равную 1000 В.

28. Два одинаковых шарика, расстояние между которыми по центру равно $r = 25$ см, взаимодействуют с силой $F = 10^{-7}$ Н. До какого потенциала заряжены шарики, если их диаметр $d = 1$ см.

29. На сколько изменится кинетическая энергия заряда $q_1 = 1$ нКл при его движении под действием поля точечного заряда $q_2 = 1$ мкКл из точки, удаленной на 3 см от этого заряда, в точку, отстоящую на 10 см от него? Начальная скорость заряда q_1 равна нулю.

30. Электрон вылетает из точки, потенциал которой $\varphi = 600$ В, со скоростью $v = 1,2 \cdot 10^6$ м/с в направлении линий напряженности электрического поля. Определите потенциал точки поля, в которой скорость электрона будет равна нулю.

31. Небольшое тело, заряженное зарядом $+q_1$, закреплено на неподвижной электроизолирующей подставке. На какое минимальное расстояние r к нему сможет приблизиться достаточно удаленный от него шарик массой m и зарядом $+q_2$, если начальная скорость шарика v_0 ?

32. С какой скоростью достигают анода электронной лампы электроны, испускаемые катодом, если напряжение между катодом и анодом равно $U = 200$ В? Начальной скоростью электронов можно пренебречь.

2. Лабораторная работа № 302

Изучение движения электронов в электрическом поле

2.1. Вопросы допуска

1. Сформулируйте постановку задачи.
2. Каким образом на экране осциллографа можно получить неподвижное изображение периодического процесса (зарядки или разрядки конденсатора)?
3. Зачем нужно подавать на горизонтально отклоняющие пластины развертку в виде пилообразного напряжения? Как она должна быть синхронизирована с сигналом?
4. Как соотносится период пилообразного напряжения с

периодом измеряемого сигнала?

5. Какие временные зависимости для процессов заряда и разряда конденсатора вы должны наблюдать на экране осциллографа? Какова форма этих зависимостей?

6. Чему соответствует положение переключателя S2 «1»? Положение «2»?

7. Какой сигнал подается на гнездо «Y1» осциллографа? Какой сигнал подается на гнездо «Y2»?

8. Какие физические величины вы будете определять путем прямых измерений? Какие величины будете определять путем косвенных измерений?

9. Что такое время релаксации τ ?

10. По каким формулам будете рассчитывать абсолютные погрешности измерений $\Delta\tau$, ΔC ?

2.2. Вопросы к защите

1. Объясните полученные результаты. При каком положении переключателя S2 время релаксации τ больше и почему?

2. Объясните, как рассчитывали погрешности прямых измерений I_0 , I , U_0 , t .

3. Выведите соотношения для расчета погрешности косвенных измерений τ и C .

4. Выведите формулы для изменений тока и напряжения при заряде и разряде конденсатора.

5. Что такое время релаксации? Как время релаксации зависит от емкости конденсатора?

6. Каково назначение элементов схемы лабораторного макета? Объясните принцип работы схемы.

7. Какова роль пилообразного напряжения в формировании неподвижного изображения периодического сигнала на экране осциллографа?

8. Как схема синхронизации и запуска развертки обеспечивает создание неподвижного изображения на экране осциллографа?

9. Какой сигнал подается на вертикально отклоняющие пластины в этой работе, на горизонтально отклоняющие пластины?

10. Объясните устройство и принцип работы электронно-лучевой трубки.

11. Как связано ускоряющее напряжение ЭЛТ и скорость v_z

ускоренных электронов?

12. Получите выражение для отклонения y_1 электронного луча за время пролета между вертикально отклоняющими пластинами.

13. Получите выражение для отклонения y_2 электронного луча за время пролета от отклоняющих пластин до экрана ЭЛТ.

14. Получите выражение для полного отклонения y электронного луча на экране осциллографа.

15. Что такое чувствительность ЭЛТ?

16. Выведите формулу для чувствительности ЭЛТ.

17. Объясните зависимость времени релаксации RC-цепи от величины ее сопротивления.

18. Объясните зависимость времени релаксации RC-цепи от величины ее емкости.

2.3. Задачи к защите

1. Во сколько раз сила гравитационного притяжения между двумя электронами меньше силы их электростатического отталкивания?

2. Во сколько раз энергия $W_{эл}$ электростатического взаимодействия двух частиц с зарядом q и массой m каждая больше энергии $W_{гр}$ их гравитационного взаимодействия? Задачу решить для электронов.

3. Электрон, имея начальную скорость $v_0 = 2 \cdot 10^6$ м/с, движется в однородном электрическом поле по направлению силовой линии. Сколько времени τ будет двигаться электрон до остановки и какое пройдет при этом расстояние S , если напряженность поля $E = 380$ В/м?

4. Электрон влетает в плоский конденсатор с начальной скоростью v_0 , параллельной пластинам. На какое расстояние h по вертикали сместится точка вылета электрона из конденсатора, если напряженность поля внутри конденсатора E , а длина пластин конденсатора L ?

5. В пространство, где одновременно действуют горизонтальное и вертикальное однородные электрические поля с напряженностями соответственно $E_z = 4 \cdot 10^2$ В/м и $E_e = 3 \cdot 10^2$ В/м, вдоль направления силовой линии результирующего электрического поля влетает электрон, скорость которого на пути $l = 2,7$ мм изменяется в

2 раза. Определить скорость электрона v_k в конце пути.

6. Электрон, летящий горизонтально со скоростью $1,6 \cdot 10^6$ м/с, влетает в однородное электрическое поле напряженностью $E = 90$ В/см, направленное вертикально вверх. Какова будет по модулю и направлению скорость электрона через 1 нс?

7. Электрон влетает в однородное поле напряженностью $E = 120$ В/м и движется по направлению силовых линий. Какое расстояние он пролетит до полной остановки, если его начальная скорость равна $v = 10^6$ м/с. Сколько времени электрон будет двигаться до остановки?

8. Электрон находится в однородном электрическом поле напряженностью $E = 200$ кВ/м. Какой путь пройдет электрон за время $t = 1$ нс, если его начальная скорость была равна нулю? Какой скоростью будет обладать электрон в конце этого интервала времени?

9. Какая ускоряющая разность потенциалов U требуется для того, чтобы сообщить скорость $v = 30$ Мм/с: 1) электрону; 2) протону?

10. Разность потенциалов U между катодом и анодом электронной лампы равна 90 В, расстояние $r = 1$ мм. С каким ускорением a движется электрон от катода к аноду? Какова скорость v электрона в момент удара об анод? За какое время t электрон пролетает расстояние от катода до анода? Поле считать однородным.

11. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 600$ кВ, приобрела скорость $v = 5,4$ Мм/с. Определить удельный заряд частицы (отношение заряда в массе).

12. Протон, начальная скорость v которого равна 100 км/с, влетел в однородное электрическое поле ($E = 300$ В/см) так, что вектор скорости совпал с направлением линий напряженности. Какой путь l должен пройти протон в направлении линий поля, чтобы его скорость удвоилась?

13. Бесконечная плоскость заряжена отрицательно с поверхностной плотностью $\sigma = 35,4$ нКл/м². По направлению силовой линии поля, созданного плоскостью, летит электрон. Определить минимальное расстояние l_{min} , на которое может подойти к плоскости электрон, если на расстоянии $l_0 = 5$ см он имел кинетическую энергию $T = 80$ эВ.

14. Электрон, летевший под углом к горизонту 45° со скоростью $v = 2 \cdot 10^6$ м/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью $E = 90$ В/см, направленное вертикально вверх. Какова будет по модулю и направлению скорость v электрона через $t = 1$ нс?

15. Вдоль силовой линии однородного электрического поля движется протон. В точке поля с потенциалом φ_1 протон имел скорость $v_1 = 10^5$ м/с. Определить потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость протона возрастает в $n = 2$ раза. Отношение заряда протона к его массе $e/m = 96 \cdot 10^6$ Кл/кг.

16. В однородное электрическое поле напряженностью $E = 1$ кВ/м влетает вдоль силовой линии электрон со скоростью $v_0 = 10^6$ м/с. Определить расстояние l , пройденное электроном до точки, в которой его скорость v_1 будет равна половине начальной.

17. Какой минимальной скоростью v_{min} должен обладать протон, чтобы он мог достигнуть поверхности заряженного до потенциала $\varphi = 400$ В металлического шара?

18. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 100$ В электрон имел скорость $v_1 = 6 \cdot 10^6$ м/с. Определить потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость v_2 электрона будет равна $0,5v_1$.

19. Электрон с начальной скоростью $v_0 = 3 \cdot 10^6$ м/с влетел в однородное электрическое поле напряженностью $E = 150$ В/м. Вектор начальной скорости перпендикулярен линиям напряженности электрического поля. Найти: 1) силу F , действующую на электрон; 2) ускорение a , приобретаемое электроном; 2) скорость v электрона через $t = 0,1$ мкс.

20. Электрон влетел в пространство между пластинами плоского конденсатора со скоростью $v = 6 \cdot 10^6$ м/с, направленной параллельно пластинам. На сколько приблизится электрон к положительно заряженной пластине за время движения внутри конденсатора (поле считать однородным), если расстояние d между пластинами равно 16 мм, разность потенциалов $U = 30$ В и длина l пластин равна 6 см?

21. Электрон влетел в плоский конденсатор, имея скорость $v = 6 \cdot 10^6$ м/с, направленную параллельно пластинам. В момент вылета из конденсатора направление скорости электрона составля-

ло угол $\alpha = 35^\circ$ с первоначальным направлением скорости. Определить разность потенциалов U между пластинами (поле считать однородным), если длина l пластин равна 10 см и расстояние d между ними равно 2 см.

22. Электрон влетел в плоский конденсатор, находясь на одинаковом расстоянии от каждой пластины и имея скорость $v = 10^7$ м/с, направленную параллельно пластинам, расстояние d между которыми равно 2 см. Длина l каждой пластины равна 10 см. Какую наименьшую разность потенциалов U нужно приложить к пластинам, чтобы электрон не вылетел из конденсатора?

23. До какого расстояния r могут сблизиться два электрона, если они движутся навстречу друг другу с относительной скоростью $v_0 = 10^6$ м/с?

24. Шарик с массой $m = 1$ г и зарядом $q = 10$ нКл перемещается из точки 1, потенциал которой $\varphi_1 = 600$ В, в точку 2, потенциал которой $\varphi_2 = 0$. Найти его скорость v_1 в точке 1, если в точке 2 она стала равной $v_2 = 20$ см/с.

25. Найти скорость v электрона, прошедшего разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$, равную 1000 В.

26. Электрон вылетает из точки, потенциал которой $\varphi_1 = 600$ В, со скоростью $v_0 = 1,2 \cdot 10^7$ м/с в направлении линий напряженности электрического поля. Определите потенциал точки поля φ_2 , в которой скорость электрона будет равна нулю.

27. Электрон влетает в однородное поле напряженностью $E = 120$ В/м и движется по направлению силовых линий. Какое расстояние он пролетит до полной остановки, если его начальная скорость равна $v_0 = 10^6$ м/с. Сколько времени электрон будет двигаться до остановки.

28. Электрон, двигавшийся со скоростью $v_0 = 5 \cdot 10^6$ м/с, влетает в параллельное его движению электрическое поле напряженностью $E = 1 \cdot 10^3$ В/м. Какую долю своей первоначальной кинетической энергии потеряет электрон, двигаясь в этом поле, если электрическое поле обрывается на расстоянии $l = 0,8$ см пути электрона?

29. Два электрона, находящиеся на бесконечно большом расстоянии один от другого, начинают двигаться навстречу друг другу, причем скорости их v_0 в этот момент одинаковы по величине и противоположны по направлению. Определить наименьшее расстояние между электронами, если $v_0 = 10^6$ м/с; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;

$$m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ кг.}$$

30. Электрон влетает параллельно пластинам в плоский конденсатор, поле в котором $E = 60 \text{ В/см}$. Найти изменение модуля скорости электрона к моменту вылета его из конденсатора, если начальная скорость $v_0 = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, а длина пластины конденсатора $l = 6 \text{ см}$.

3. Лабораторная работа № 303

Определение индукции магнитного поля токов простейших конфигураций

3.1. Вопросы допуска

1. Как можно обнаружить существование магнитного поля?
2. Какая величина является силовой характеристикой магнитного поля?
3. Пусть магнитное поле создано линейным током. Сформулируйте правило буравчика (правого винта), связывающего направление тока и вектора магнитной индукции в данной точке пространства.
4. Запишите выражения для магнитной индукции поля, созданного:
 - бесконечно длинным прямым током;
 - отрезком прямого проводника с током;
 - круговым током в произвольной точке на оси кругового витка (в центре витка).
5. Может ли в предложенном экспериментальном методе использоваться постоянный ток для создания магнитного поля?
6. Почему при измерении индукции учитывается только поле, созданное стороной АВ контура с током, и не учитывается вклад в индукцию поля, созданного сторонами AD, BC и DC?
7. Предположим, что плоскость датчика установили перпендикулярно проводнику АВ. Каковы будут показания датчика?
8. Какой формы экспериментальную зависимость $B_0(r)$ вы ожидаете получить для поля, созданного отрезком прямолинейного проводника с током?
9. Какой формы экспериментальную зависимость $B_0(z)$ вы ожидаете получить для поля, созданного отрезком прямолинейного проводника с током, в случае $r_0 \ll L$?

10. Какой формы экспериментальную зависимость $B_0(z)$ вы ожидаете получить для поля, созданного отрезком прямолинейного проводника с током, в случае $r_0 \approx L$?

11. Какой формы экспериментальную зависимость $B_0(r)$ вы ожидаете получить для поля, созданного круговым витком с током?

3.2. Вопросы к защите

1. Перечислите источники магнитного поля. Может ли неподвижный в некоторой системе отсчета заряд возбуждать в этой же системе отсчета магнитное поле?

2. Укажите направления вектора \vec{B} в точках 1 и 2 на рис. 1 и 2. Поясните выбор направлений.

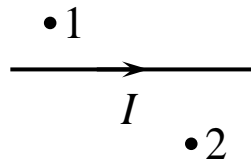


Рис. 1

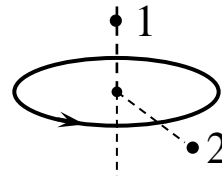


Рис. 2

3. Запишите и сформулируйте закон Био – Савара – Лапласа и поясните смысл величин, входящих в него.

4. Объясните связь между магнитным полем движущегося заряда и индукцией магнитного поля в законе Био – Савара – Лапласа.

5. Сформулируйте принцип суперпозиции магнитных полей.

6. Используя закон Био – Савара – Лапласа получите выражение для магнитной индукции поля, созданного:

- бесконечно длинным прямым током;
- отрезком прямого проводника с током;
- круговым витком с током в произвольной точке на его оси (в центре витка).

7. Какое физическое явление положено в основу работы индукционного датчика?

8. Почему, измеряя напряжение, возникающее в индукционном датчике, можно судить о величине индукции магнитного поля в месте нахождения датчика?

9. Как и почему зависят показания датчика от его ориентации относительно стороны контура АВ?

10. При измерении индукции учитывается только поле, созданное стороной АВ контура с током, и не учитывается вклад в индукцию поля, созданного сторонами AD, BC и DC. Объясните, почему.

11. Пусть датчик находится в положении с координатами $\left(r_0, \frac{L}{2}\right)$. Оцените погрешность ΔB расчетного значения магнитной индукции, появляющуюся из-за пренебрежения полем проводника DC.

12. Объясните характер зависимости $B_0(r)$ для прямолинейного проводника с током.

13. Объясните характер зависимости $B_0(z)$ для прямолинейного проводника с током.

14. Объясните, как будет меняться характер зависимости $B_0(z)$ для прямолинейного проводника с током с ростом координаты r_0 .

15. Объясните характер зависимости $B_0(z)$ для кругового тока.

16. Почему площадь датчика должна быть мала?

17. Почему при измерениях диапазон милливольтметра (D) нужно выбирать таким, при котором отклонение стрелки будет наибольшим?

3.3. Задачи к защите

Задачи разбиты на три уровня в порядке возрастания сложности.

1. Напряженность H магнитного поля в центре кругового витка радиусом $r = 8$ см равна 30 А/м. Определить напряженность H_1 поля витка в точке, расположенной на расстоянии $d = 6$ см от центра витка.

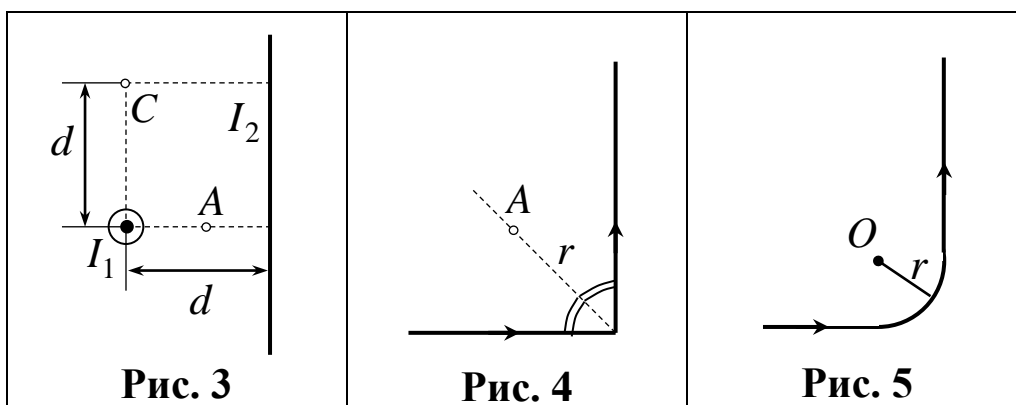
2. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток $I = 50$ А. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на расстояние $r = 5$ см от проводника.

3. По двум бесконечно длинным прямым проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи $I_1 = 30$ А и $I_2 = 40$ А. Расстояние d между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке С (см. рис. 3), одинаково удаленной от обоих проводов на расстояние, равное d .

4. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым

углом. По проводнику течет ток $I = 20$ А. Какова магнитная индукция B в точке A (см. рис. 4), если $r = 5$ см?

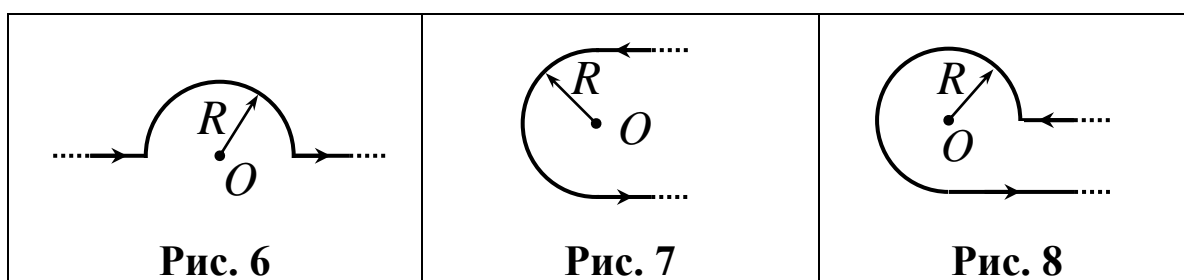
5. По бесконечно длинному прямому проводу, изогнутому так, как это показано на рис. 5, течет ток $I = 100$ А. Определить магнитную индукцию B в точке O , если $r = 10$ см.



6. Бесконечно длинный тонкий проводник с током $I = 50$ А имеет изгиб радиусом $R = 10$ см. Определить в точке O магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током, в случае, изображенном на рис. 6.

7. Бесконечно длинный тонкий проводник с током $I = 50$ А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом $R = 10$ см (рис. 7). Определить в точке O магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током.

8. Бесконечно длинный тонкий проводник с током $I = 50$ А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом $R = 10$ см (рис. 8). Определить в точке O магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током.



9. Бесконечно длинный тонкий проводник с током $I = 50$ А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом $R = 10$ см (рис. 9). Определить в точке O магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током.

10. Два бесконечно длинных проводника расположены

перпендикулярно друг к другу и находятся в одной плоскости (см. рис. 10). Найти напряженности H_1 и H_2 магнитного поля в точках M_1 и M_2 , если токи $I_1 = 2$ А и $I_2 = 3$ А. Расстояния $AM_1 = AM_2 = 1$ см и $BM_1 = CM_2 = 2$ см.

11. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток 100 А. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током в точке O , в случае, изображенном на рис. 11. Радиус R изогнутой части контура равен 20 см.

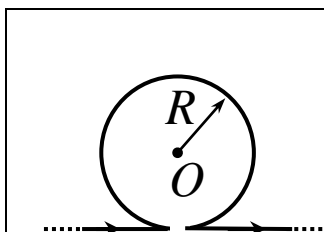


Рис. 9

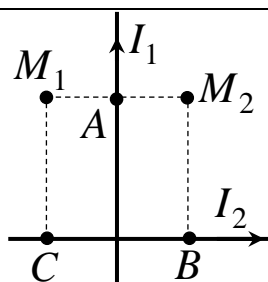


Рис. 10

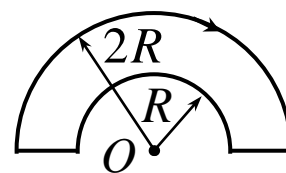


Рис. 11

12. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А в одном направлении. Расстояние d между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию B в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние $r = 10$ см.

13. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1 = 50$ А и $I_2 = 100$ А в противоположных направлениях. Расстояние d между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

14. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии $r = 5$ см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи $I = 10$ А каждый. Найти напряженность H магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 2$ см от одного и $r_2 = 3$ см от другого провода.

15. По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток $I = 40$ А. Длина a стороны треугольника равна 30 см. Определить магнитную индукцию B в точке пересечения высот.

16. По контуру в виде квадрата идет ток $I = 50$ А. Длина a стороны квадрата равна 20 см. Определить магнитную индукцию B в точке пересечения диагоналей.

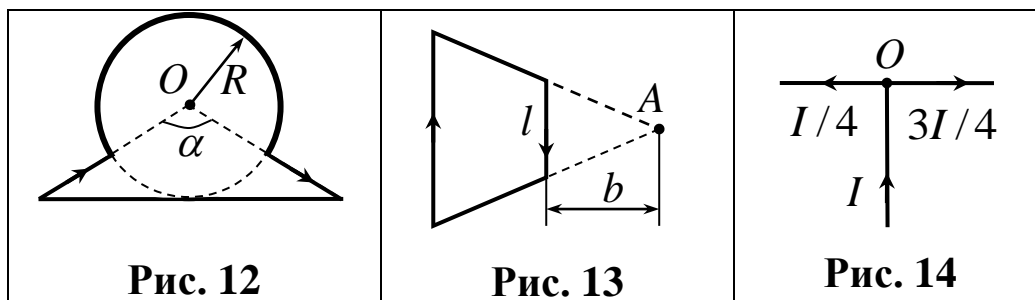
17. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя

силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?

18. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток $I = 100$ А. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого этим током в точке O , в случае, изображенном на рис. 12. Радиус R изогнутой части контура равен 20 см, угол $\alpha = 2\pi/3$.

19. Контур с током силы $I = 1$ А имеет форму равнобокой трапеции (рис. 13). Отношение оснований трапеции $k = 2$. Меньшее основание трапеции $l = 10$ см, расстояние $b = 5$ см. Найти магнитную индукцию в точке A , лежащей в плоскости трапеции.

20. Три прямых провода с токами $I, \frac{I}{4}, \frac{3I}{4}$ лежат в одной плоскости и соединены в точке O (рис. 14). Найдите индукцию магнитного поля на прямой, проходящей через точку O перпендикулярно всем трем проводам и отстоящей от точки O на расстоянии b .



21. Определите магнитную индукцию B поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного провода, в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии $R = 4$ см от его середины. Длина отрезка провода $l = 20$ см, а сила тока в проводе $I = 10$ А.

22. Два круговых витка радиусом $R = 4$ см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. По виткам текут токи $I_1 = I_2 = 2$ А. Найти напряженность H магнитного поля на оси витков в точке, находящейся на равном расстоянии от них. Задачу решить, когда: а) токи в витках текут в одном направлении; б) токи в витках текут в противоположных направлениях.

23. По проволочной рамке, имеющей форму правильного шестиугольника, идет ток $I = 2$ А. При этом в центре рамки

образуется магнитное поле напряженностью $H = 33$ А/м. Найти длину l проволоки, из которой сделана рамка.

24. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток $I = 100$ А. Вычислить магнитную индукцию B в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины угла на $a = 10$ см.

25. Принимая, что электрон в атоме водорода движется по круговой орбите со скоростью $v = 10^6$ м/с, определить индукцию магнитного поля в центре эквивалентного кругового тока, образованного электроном.

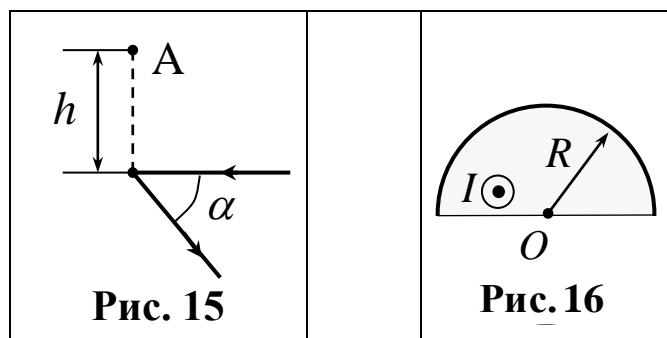
26. К двум произвольным точкам проволочного кольца подведены идущие радиально провода, соединенные с весьма удаленным источником тока. Показать, что индукция магнитного поля в центре равна нулю.

27. Отрезок прямолинейного проводника с током имеет длину $l = 30$ см. При каком предельном расстоянии a от него для точек, лежащих на перпендикуляре к его середине, магнитное поле можно рассматривать как поле бесконечно длинного прямолинейного тока? Ошибка при таком допущении не должна превышать 5%. **Указание.** Допускаемая ошибка $\delta = (B_2 - B_1)/B_2$, где B_2 – величина вектора магнитной индукции отрезка проводника с током и B_1 – величина вектора магнитной индукции бесконечно длинного прямолинейного тока.

28. Очень длинный прямой провод с током $I = 3$ А изогнут в форме прямого угла. Найти магнитную индукцию поля в точке, которая отстоит от плоскости проводника на расстоянии $l = 50$ см и находится на перпендикуляре к этой плоскости, проходящем через точку изгиба.

29. Бесконечно длинный прямой провод согнут под углом $\alpha = 60^\circ$ (рис. 15). По нему течет ток $I = 5$ А. Определить величину и направление магнитной индукции в точке, лежащей на перпендикуляре к плоскости провода, восстановленном в вершине угла, и отстоящей от угла сгиба провода на расстоянии $h = 5$ см.

30. Ток I течет по длинному прямому проводнику, сечение которого имеет форму тонкого полукольца радиусом R (рис. 16). Найти индукцию магнитного поля в центре полукольца O .



4. Лабораторная работа № 304

Снятие кривой намагничивания петли гистерезиса с помощью осциллографа

4.1. Вопросы допуска

1. Объясните постановку задачи.
2. Объясните работу схемы установки для наблюдения петли гистерезиса зависимости индукции магнитного поля от напряженности внешнего магнитного поля.
3. Чтобы получить на экране осциллографа петлю гистерезиса, какой сигнал необходимо подать на вход X? Вход Y?
4. С генератора на лабораторный макет подается синусоидальное напряжение, т.е. периодический сигнал. Каким образом на экране получается неподвижная петля гистерезиса?
5. Объясните, как в данной работе с помощью ряда уменьшающихся петель гистерезиса можно построить основную кривую намагничивания.
6. Какие прямые измерения заносятся в табл. 304.1? Как от них можно перейти к значениям B и H ?
7. Объясните, какие параметры лабораторной установки заносятся в табл. 304.2.
8. Какие косвенные измерения вы должны провести? Какие графические зависимости построить?
9. По какой методике вы будете рассчитывать потери энергии при перемагничивании?
10. По какой формуле будете рассчитывать погрешность потерь энергии при перемагничивании?

4.2. Вопросы к защите

1. Объясните полученные зависимости $J(H)$, $B(H)$, $\mu(H)$. Соответствуют ли они теоретическим зависимостям для изначально ненамагниченного ферромагнетика?
2. Рассчитайте относительные погрешности для одной точки каждой из зависимостей. Какая величина обладает наибольшей погрешностью? Почему?
3. Покажите, что напряжение U_x , подаваемое на вход X осциллографа, пропорционально напряженности магнитного поля H .
4. Покажите, что напряжение U_y , подаваемое на вход Y осциллографа, пропорционально индукции магнитного поля B .
5. Дайте определение вектора намагничивания, запишите связь его с магнитной индукцией.
6. Объясните основные кривые намагничивания $J(H)$ и $B(H)$ для ферромагнетика.
7. Объясните график $\mu(H)$ для ферромагнетика.
8. Опишите механизм намагничивания парамагнетиков.
9. Опишите механизм намагничивания диамагнетиков. Почему диамагнетики ослабляют магнитное поле?
10. Опишите механизм намагничивания ферромагнетиков. Почему значение μ для ферромагнетиков велико?
11. Изобразите на одной координатной плоскости зависимости $\mu(H)$ для пара-, диа-, ферромагнетиков, и объясните их.
12. В чем заключается явление гистерезиса? Какова причина его существования?
13. Что называется коэрцитивной силой? Остаточной намагниченностью?
14. Какой ферромагнетик называют жестким? Мягким?
15. Как объяснить существование максимальной петли гистерезиса? Чем определяется ее величина?
16. Почему верхняя точка петли гистерезиса находится на основной кривой намагничивания?
17. Какими способами можно размагнитить ферромагнетик?
18. Укажите точку на гистерезисе $B(H)$, в которой направления векторов магнитной индукции и намагниченности ферромагнетика противоположны.
19. На что затрачивается энергия при перемагничивании ферромагнетика?

20. Как вы рассчитывали погрешность потерь энергии при перемагничивании ферромагнетика?

4.3. Задачи к защите

Общее указание. При необходимости используйте график $B(H)$ для железа и стали, приведенный в Приложении.

1. Определить намагниченность J тела при насыщении, если магнитный момент каждого атома равен магнетону Бора μ_B и концентрация атомов $n = 6 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

2. Ненамагниченный кусок стали внесли в магнитное поле напряженностью $H = 1,6 \text{ кА/м}$. Определить возникшую намагниченность J стали.

3. Железный сердечник находится в однородном магнитном поле напряженностью $H = 1 \text{ кА/м}$. Определить индукцию B магнитного поля в сердечнике и магнитную проницаемость μ железа.

4. В однородное магнитное поле вносится длинный вольфрамовый стержень (магнитная проницаемость вольфрама $\mu = 1,0176$). Найдите, какая доля суммарного магнитного поля в этом стержне определяется молекулярными токами.

5. Напряженность однородного магнитного поля в платине равна $H = 5 \text{ А/м}$. Определите магнитную индукцию поля, создаваемого молекулярными токами, если магнитная восприимчивость платины равна $\chi = 3,6 \cdot 10^{-4}$.

6. Индукция магнитного поля в железном стержне $B = 1,2 \text{ Тл}$. Определите его намагниченность.

7. Какие ферромагнетики применяются для изготовления сердечников трансформаторов и какие – для изготовления постоянных магнитов.

8. Найти магнитную индукцию B в замкнутом железном сердечнике тороида длиной $l = 20,9 \text{ см}$, если число ампер-витков обмотки тороида $IN = 1500 \text{ А} \cdot \text{в}$. Какова магнитная проницаемость μ материала сердечника при этих условиях?

9. По обмотке соленоида индуктивностью $L = 5 \text{ мГн}$, находящегося в диамагнитной среде, течет ток $I = 0,5 \text{ А}$. Соленоид имеет длину $l = 50 \text{ см}$, площадь поперечного сечения $S = 10 \text{ см}^2$ и число витков $N = 500$. Определите внутри соленоида: 1) магнитную

индукцию; 2) намагниченность.

10. Обмотка тороида с железным сердечником имеет $N = 151$ виток. Средний радиус r тороида составляет 3 см. Сила тока I через обмотку равна 1 А. Определить для этих условий магнитную проницаемость сердечника.

11. Железный сердечник длиной $l = 0,5$ м малого сечения ($d \ll 1$) содержит 400 витков. Определить магнитную проницаемость железа при силе тока $I = 1$ А.

12. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром $d = 70$ мм намотана обмотка с общим числом витков $N = 600$. В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной $b = 1,5$ мм. Магнитная проницаемость железа для данных условий $\mu = 500$. Определить при силе тока через обмотку $I = 4$ напряженность H магнитного поля в железе.

13. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром $d = 70$ мм намотана обмотка с общим числом витков $N = 600$. В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной $b = 1,5$ мм. Магнитная проницаемость железа для данных условий $\mu = 500$. Определить при силе тока через обмотку $I = 4$ А, напряженность H_0 магнитного поля в прорези.

14. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром $d = 70$ мм намотана обмотка с общим числом витков $N = 600$. В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной $b = 1,5$ мм. При силе тока через обмотку $I = 4$ А магнитная индукция в прорези $B_0 = 1,5$ Тл. Пренебрегая рассеянием поля на краях прорези, определите магнитную проницаемость железа для данных условий.

15. Железный сердечник длиной $l_1 = 50,2$ см с воздушным зазором длиной $l_2 = 0,1$ см имеет обмотку из $N = 20$ витков. Какой ток I должен протекать по этой обмотке, чтобы в зазоре получить индукцию $B_2 = 1,2$ Тл?

16. В железном сердечнике соленоида индукция $B = 1,3$ Тл. Железный сердечник заменили стальным. Определить, во сколько раз следует изменить силу тока в обмотке соленоида, чтобы индукция в сердечнике осталась неизменной.

17. Замкнутый железный сердечник длиной $l = 50$ см имеет обмотку из $N = 1000$ витков. По обмотке течет ток $I_1 = 1$ А. Какой ток I_2 надо пустить через обмотку, чтобы при удалении сердечника индукция осталась прежней?

18. Прямоугольный ферромагнитный брусок объемом $V =$

$= 10 \text{ см}^3$ приобрел в магнитном поле напряженностью $H = 800 \text{ А/м}$ магнитный момент $p_m = 0,8 \text{ А}\cdot\text{м}^2$. Определить магнитную проницаемость μ ферромагнетика.

19. Магнитная восприимчивость χ марганца равна $1,21 \cdot 10^{-4}$. Вычислить намагниченность J марганца в магнитном поле напряженностью $H = 100 \text{ кА/м}$.

20. Висмутовый шарик радиусом $R = 1 \text{ см}$ помещен в однородное магнитное поле ($B_0 = 0,5 \text{ Тл}$). Определить магнитный момент p_m , приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость χ висмута – $1,34 \cdot 10^{-9}$.

5. Лабораторная работа № 305

Исследование зависимости обратимой магнитной проницаемости феррита от напряженности магнитного поля

5.1. Вопросы допуска

1. Сформулируйте постановку задачи.
2. Что такое обратимая магнитная проницаемость μ_r ?
3. Объясните принцип работы экспериментальной установки.
4. Какова роль кольцевого феррита большого диаметра и подмагничивающей катушки индуктивности L_1 ?
5. Какова роль кольцевого феррита малого диаметра и измерительной катушки индуктивности L_2 ?
6. Какие величины вы должны непосредственно измерять при выполнении ЛР?
7. Какие косвенные измерения вы должны рассчитать? По каким формулам они рассчитываются?
8. Какую зависимость необходимо построить по результатам измерений? Какая форма этой зависимости ожидается?
9. По какой формуле будете оценивать погрешность измерения μ_r ?
10. По какой формуле будете оценивать погрешность измерения H ?

5.2. Вопросы к защите

1. Объясните ход полученной зависимости $\mu_r(H)$.

2. Объясните, как рассчитывали погрешности $\Delta\mu_r$ и ΔH .
3. Что такое домены? Объясните процесс намагничивания ферромагнетиков.
4. Запишите связь векторов \mathbf{B} и \mathbf{J} , \mathbf{H} и \mathbf{J} .
5. Нарисуйте петлю гистерезиса $B(H)$ и объясните, что такое основная кривая намагничивания, максимальная петля гистерезиса, частный цикл?
6. Что такое остаточная магнитная индукция, коэрцитивная сила? Какой ферромагнетик называется магнито жестким? Магнито-мягким?
7. Можно ли получить петлю гистерезиса $J(H)$ (аналогичную $B(H)$ при наложении периодического магнитного поля)? Что такое остаточная намагниченность?
8. Дайте определение относительной магнитной проницаемости. Каков ее физический смысл? Как с помощью основной кривой $B(H)$ получить зависимость $\mu(H)$?
9. Дайте определение обратимой магнитной проницаемости μ_r .
10. Объясните зависимость $\mu_r(H)$.
11. Объясните сущность резонансного метода определения μ_r .
12. Сформулируйте теорему о циркуляции вектора напряженности магнитного поля.
13. Как размагнитить ферромагнетик? Назовите два способа.
14. Как уменьшить индуктивность катушки с железным сердечником при условии, что ее длина и поперечное сечение останутся неизменными?
15. В каком случае индуктивность соленоида зависит от протекающего по его обмотке постоянного тока? Как выглядит зависимость $L(I)$?
16. Пользуясь теоремой о циркуляции для вектора напряженности магнитного поля, вывести выражение для магнитной индукции поля B внутри длинного соленоида, содержащего n витков на единицу длины и сердечник с магнитной проницаемостью μ .
17. Получите выражение (305.4) (см. описание к ЛР) для обратимой магнитной проницаемости.
18. Получите выражение (305.10) (см. описание к ЛР) для напряженности подмагничивающего поля.
19. Почему магнитное поле, создаваемое подмагничивающей катушкой, сосредоточено только в кольцевых ферритах (см.

выражение (305.7) в описании к ЛР)? Используя закон преломления для силовых линий магнитной индукции, показать, что сгущение этих силовых линий наблюдается в областях с большей μ .

20. Каковы предельные значения μ и μ_r при $H = 0$ и $H = H_s$, где H_s соответствует достижению насыщения вектора намагничивания (началу линейного участка кривой $B(H)$).

5.3. Задачи к защите

Общее указание. При необходимости используйте график $B(H)$ для железа и стали, приведенный в Приложении.

1. Когда ненамагниченный кусок железа внесли в магнитное поле с напряженностью 10^4 А/м, индукция поля B в нем стала равна 1,5 Тл. Определите магнитную проницаемость и магнитную восприимчивость железа в этих условиях.

2. Вычислите циркуляцию вектора магнитной индукции B и напряженности H вдоль контура длиной $l = 1$ см, охватывающего токи силами $I_1 = 50$ А и $I_1 = 10$ А, текущие в одном направлении, и ток силой $I_1 = 20$ А, текущий в противоположном направлении (рис. 17).

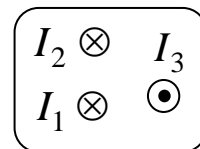


Рис.17

3. Замкнутый тороид с ферромагнитным сердечником (сталь) имеет $N = 300$ витков из тонкого провода, намотанных в один слой. Средний диаметр тороида равен $d = 25$ см. Определить напряженность и индукцию магнитного поля внутри тороида, магнитную проницаемость ферромагнетика, из которого изготовлен сердечник, а также намагниченность J при значениях силы тока в обмотке тороида $I_1 = 0,5$ А и $I_2 = 5$ А.

4. По круговому контуру радиусом $r = 40$ см, погруженному в жидкий кислород, течет ток $I = 1$ А. Определите намагниченность в центре этого контура. Магнитная восприимчивость жидкого кислорода $\chi = 3,4 \cdot 10^{-3}$.

5. Соленоид намотан на железное кольцо сечением $S = 5$ см². При силе тока $I = 1$ А магнитный поток $\Phi = 250$ мкВб. Определить число n витков соленоида, приходящихся на отрезок длиной 1 см по средней линии кольца.

6. Внутри соленоида с числом витков $N = 200$ с никелевым сердечником ($\mu = 200$) напряженность однородного магнитного поля $H = 10$ кА/м. Площадь поперечного сечения сердечника $S =$

$= 10 \text{ см}^2$. Определите: 1) магнитную индукцию поля внутри соленоида; 2) потокосцепление.

7. Обмотка тороида с железным сердечником имеет $N = 151$ виток. Средний радиус r тороида составляет 3 см. Сила тока I через обмотку равна 1 А. Определить для этих условий индукцию магнитного поля внутри тороида.

8. Обмотка тороида с железным сердечником имеет $N = 151$ виток. Средний радиус r тороида составляет 3 см. Сила тока I через обмотку равна 1 А. Определить для этих условий намагниченность сердечника.

9. Обмотка тороида с железным сердечником имеет $N = 151$ виток. Средний радиус r тороида составляет 3 см. Сила тока I через обмотку равна 1 А. Определить для этих условий магнитную проницаемость сердечника.

10. Стальной сердечник тороида, длина l которого по средней линии равна 1 м, имеет вакуумный зазор длиной $l_0 = 4$ мм. Обмотка содержит $n = 8$ витков на 1 см. При какой силе тока I индукция B в зазоре будет равна 1 Тл?

11. Обмотка тороида со стальным сердечником, который имеет узкий вакуумный зазор, содержит 1000 витков. По обмотке течет ток 1 А. При какой длине вакуумного зазора индукция магнитного поля в нем будет равна 0,5 Тл? Длина тороида по средней линии равна 1 м.

12. Длина железного сердечника тороида $l_1 = 1$ м, длина воздушного зазора $l_2 = 3$ мм. Число витков в обмотке тороида $N = 2000$. Найти напряженность магнитного поля H_2 в воздушном зазоре при токе $I = 1$ А в обмотке тороида.

13. Длина железного сердечника $l_1 = 50$ см, длина воздушного зазора $l_2 = 2$ мм. Число ампер-витков в обмотке тороида $IN = 2000 \text{ А} \cdot \text{в}$. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в воздушном зазоре, если при том же числе ампер-витков увеличить длину воздушного зазора вдвое?

14. Железное кольцо диаметром $D = 11,4$ см имеет обмотку из $N = 200$ витков, по которой течет ток $I_1 = 5$ А. Какой ток I_2 должен проходить через обмотку, чтобы индукция в сердечнике осталась прежней, если в кольце сделать зазор шириной $b = 1$ мм? Найти магнитную проницаемость μ материала сердечника при этих условиях.

15. Через центр железного кольца перпендикулярно к его

плоскости проходит длинный прямолинейный провод, по которому течет ток $I = 25$ А. Кольцо имеет четырехугольное сечение. Радиус внутренней поверхности кольца $r_1 = 18$ мм, внешнего – $r_2 = 22$ мм, а высота $h = 5$ мм. Считая приближённо, что в любой точке сечения кольца индукция одинакова и равна индукции на средней линии кольца, найти магнитный поток Φ , пронизывающий площадь сечения кольца.

16. Найти магнитный поток Φ , пронизывающий площадь сечения кольца предыдущей задачи, учитывая, что магнитное поле в различных точках сечения кольца различно. Значение μ считать постоянным и найти его по графику кривой $B = f(H)$ для значения H на средней линии кольца.

17. Внутри соленоида с числом витков $N = 200$ с никелевым сердечником ($\mu = 200$) напряженность однородного магнитного поля $H = 10$ кА/м. Площадь поперечного сечения сердечника $S = 10$ см². Определите: 1) магнитную индукцию поля внутри соленоида; 2) потокосцепление.

18. Длина железного сердечника тороида $l_1 = 1$ м, длина воздушного зазора $l_2 = 1$ см. Площадь поперечного сечения сердечника $S = 25$ см². Сколько ампер-витков потребуется для создания магнитного потока $\Phi = 1,4$ мВб, если магнитная проницаемость материала сердечника $\mu = 800$? (Зависимость B от H для железа неизвестна).

19. Между полюсами электромагнита требуется создать магнитное поле с индукцией $B = 1,4$ Тл. Длина железного сердечника $l_1 = 40$ см, длина межполюсного пространства $l_2 = 1$ см, диаметр сердечника $D = 5$ см. Какую Э.Д.С. ξ а надо взять для питания обмотки электромагнита, чтобы получить требуемое магнитное поле, используя медную проволоку площадью поперечного сечения $S = 1$ мм²?

20. Внутри соленоида длиной $l = 25,1$ см и диаметром $D = 2$ см помещен железный сердечник. Соленоид имеет $N = 200$ витков. Построить для соленоида с сердечником график зависимости магнитного потока Φ от тока I в интервале $0 \leq I \leq 5$ А через каждый 1 А. По оси ординат откладывать Φ (в 10^{-4} Вб).

6. Лабораторная работа № 401 Исследование затухающих колебаний

6.1. Вопросы допуска

1. В какой колебательной системе вы будете наблюдать затухающие колебания?
2. Какие основные характеристики затухающих колебаний вы знаете?
3. Что понимается под периодом собственных колебаний T_0 , как он связан с периодом затухающих колебаний T ?
4. Нарисуйте зависимость $U(t)$ для затухающих колебаний. Как амплитуда колебаний зависит от времени? От коэффициента затухания β ?
5. Объясните принцип работы экспериментальной установки.
6. Затухающие колебания каких величин происходят в RLC -контуре? Колебания какой величины воспроизводятся на экране осциллографа?
7. Какие величины вы будете заносить в табл. 401.1 (см. описание к ЛР)? Что такое τ , как его определить? Что означает величина N_e ?
8. Какие характеристики колебательного процесса заносятся в табл. 401.2?
9. В работе необходимо рассчитать логарифмический декремент затухания δ и добротность Q двумя способами. Какие формулы при этом нужно использовать?
10. Как вы будете определять погрешности прямых измерений? По каким формулам рассчитывать погрешности косвенных измерений?

6.2. Вопросы к защите

1. По результатам расчетов, приведенных в табл. 401.2 (см. описание к ЛР), получите частоту колебаний в RLC -контуре и сравните её с частотой прямоугольных импульсов, подаваемых на контур. Почему колебания в контуре затухающие, а не вынужденные?
2. По каким формулам вы рассчитывали погрешности косвенных измерений?
3. Если изменить сопротивление контура R_2 на меньшее (см.

описание работы), как изменятся: коэффициент затухания β , период колебаний T , логарифмический декремент затухания δ , добротность Q ?

5. Объясните, каким образом возникают колебания в контуре.
6. Объясните причину затухания колебаний в контуре. Запишите выражение для изменения со временем энергии колебаний в контуре.
7. Выведите дифференциальное уравнение, описывающее затухающие колебания в контуре.
8. Запишите, как зависят от времени заряд, напряжение и ток в RLC -контуре.
9. Дайте определение коэффициента затухания и объясните его физический смысл.
10. Дайте определение логарифмического декремента затухания и объясните его физический смысл.
11. Дайте определение добротности. Как меняется добротность при увеличении затухания колебаний в системе?
12. Как меняется период затухающих колебаний при увеличении коэффициента затухания в системе?
13. Что такое апериодический процесс? Когда он реализуется?
14. Каков критерий смены периодического процесса затухающих колебаний на апериодический процесс?
15. Объясните, как из выражения (401.7) получено выражение (401.8) (см. описание к ЛР).
16. Объясните, как из выражения (401.7) получить выражение $Q = \frac{\pi}{\delta}$ (см. описание к ЛР).
17. Где сосредоточена энергия при свободных колебаниях в колебательном контуре через $\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}$ периода после начала разряда конденсатора?
18. Считая $q(t=0) = q_0$, построить качественно графики зависимости от времени напряжения $u(t)$ на конденсаторе и тока $i(t)$ в контуре.
19. Считая $q(t=0) = q_0$, построить качественно графики зависимости от времени: а) энергии, запасенной в конденсаторе; б) энергии, запасенной в катушке.
20. Определите тепловую энергию, которая выделится на

сопротивлении за время τ непосредственно после начала колебаний.

6.3. Задачи к защите

1. Конденсатор емкостью C зарядили до напряжения U_m и замкнули на катушку индуктивностью L . Пренебрегая сопротивлением контура, определить амплитудное значение силы тока в данном колебательном контуре.

2. Ток в колебательном контуре зависит от времени как $i = I_m \sin(\omega_0 t)$, где $I_m = 9,0$ мА, $\omega_0 = 4,5 \cdot 10^6$ с⁻¹. Емкость конденсатора $C = 0,50$ мкФ. Найти индуктивность контура и напряжение на конденсаторе в момент $t = 0$.

3. Колебательный контур состоит из параллельно соединенных конденсатора электроемкостью $C = 1$ мкФ и катушки индуктивностью $L = 1$ мГн. Сопротивление контура ничтожно мало. Найти частоту ν колебаний.

4. Чему равно отношение энергии магнитного поля колебательного контура к энергии его электрического поля для момента времени $T/8$? Омическим сопротивлением контура пренебречь.

5. Дифференциальное уравнение для силы тока в электрическом колебательном контуре задается в виде $L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} = 0$.

Определить: 1) собственную частоту контура ω_0 ; 2) частоту его затухающих колебаний ω ; 3) коэффициент затухания β .

6. Колебательный контур состоит из индуктивности $L = 10^{-2}$ Гн, емкости $C = 0,405$ мкФ и сопротивления $R = 2$ Ом. Найти, во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за время одного периода.

7. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,1$ Гн и конденсатора емкостью $C = 39,5$ мкФ. Заряд конденсатора $Q_m = 3$ мкКл. Пренебрегая сопротивлением контура, записать уравнение изменения напряжения на конденсаторе в зависимости от времени.

8. Колебательный контур содержит катушку с общим числом витков $N=100$ индуктивностью $L = 10$ мкГн и конденсатор емкостью $C = 1$ нФ. Максимальное напряжение U_m на обкладках конденсатора составляет 100 В. Определить максимальный

магнитный поток, пронизывающий катушку.

9. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 2,22$ нФ и катушки, намотанной из медной проволоки диаметром $d = 0,5$ мм. Длина катушки $l = 20$ см. Найти логарифмический декремент затухания колебаний.

10. Уравнение изменения силы тока в колебательном контуре со временем дается в виде $i = -0,02\sin(400\pi t)$ А. Индуктивность L контура 1 Гн. Найти: 1) период колебаний T ; 2) емкость контура C ; 3) максимальную разность потенциалов на обкладках конденсатора U_m ; 4) максимальную энергию магнитного поля W_m^m ; 5) максимальную энергию электрического поля $W_m^э$.

11. Колебательный контур имеет емкость $C = 1,1$ нФ и индуктивность $L = 5 \cdot 10^{-3}$ Гн. Логарифмический декремент затухания равен 0,005. За сколько времени потеряется вследствие затухания 99% энергии контура?

12. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 10$ мГн, конденсатора емкостью $C = 0,1$ мкФ и резистора сопротивлением $R = 20$ Ом. Определить, через сколько полных колебаний амплитуда тока в контуре уменьшится в e раз.

13. Колебательный контур содержит катушку индуктивностью $L = 25$ мГн, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ и резистор сопротивлением $R = 1$ Ом. Конденсатор заряжен количеством электричества $Q_m = 1$ мКл. Определить: 1) период колебаний контура T ; 2) логарифмический декремент затухания колебаний δ ; 3) уравнение зависимости изменения напряжения на обкладках конденсатора от времени $U(t)$.

14. За время, в течение которого система совершает $N = 50$ полных колебаний, амплитуда уменьшается в 2 раза. Определить добротность Q системы.

15. На сколько процентов отличается частота ω свободных колебаний контура с добротностью $Q = 5,0$ от собственной частоты ω_0 колебаний этого контура?

16. В контуре, добротность которого $Q = 50$ и собственная частота колебаний $\nu_0 = 5,5$ кГц, возбуждаются затухающие колебания. Через сколько времени энергия, запасенная в контуре, уменьшится в $\eta = 2,0$ раза?

17. Энергия свободных незатухающих колебаний, происходя-

щих в колебательном контуре, составляет 0,2 мДж. При медленном раздвигании пластин конденсатора частота колебаний увеличилась в $n = 2$ раза. Определить работу, совершенную против сил электрического поля.

18. Определить логарифмический декремент δ , при котором энергия колебательного контура за $N = 5$ полных колебаний уменьшается в $n = 8$ раз.

19. Найти время, за которое амплитуда колебаний тока в контуре с добротностью $Q = 5000$ уменьшится в $\eta = 2,0$ раза, если частота колебаний $\nu = 2,2$ МГц.

20. Колебательный контур содержит катушку индуктивностью $L = 6$ мкГн, конденсатор емкостью $C = 10$ нФ и резистор сопротивлением $R = 10$ Ом. Определить для случая максимума тока отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля.

21. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 405$ нФ, катушки с индуктивностью $L = 10$ мГн и сопротивления $R = 2$ Ом. Во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за один период колебаний?

22. Колебательный контур имеет емкость $C = 405$ нФ и индуктивность $L = 5$ мГн. Логарифмический декремент затухания $\delta = 0,05$. За какое время вследствие затухания потеряется 99% энергии контура?

23. В реальном колебательном контуре емкостью $C = 10$ мкФ заряд на обкладках конденсатора меняется по закону: $q = q_m e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0)$, где $q_m = 6$ мкКл; $\omega = 100$ с⁻¹; $\beta = 8$ с⁻¹. Найти: 1) начальную фазу колебаний, если в начальный момент времени заряд имел максимальное положительное значение; 2) частоту собственных колебаний; 3) сопротивление контура; 4) число полных колебаний в контуре за время уменьшения амплитуды колебаний напряжения в четыре раза.

24. В реальном колебательном контуре напряжение на обкладках конденсатора меняется по закону: $u = U_m e^{-\beta t} \cos(\omega t)$, где $U_m = 30$ В; $\omega = 30$ с⁻¹; $\beta = 2$ с⁻¹. Найти: 1) период собственных колебаний в контуре; 2) сопротивление контура, если его индуктивность равна $L = 1$ Гн; 3) энергию электрического поля спустя время, равное 1/4 периода от начала затухающих колебаний; 4) время, в течение которого амплитуда энергии электрического

поля уменьшится в два раза.

25. В реальном колебательном контуре с индуктивностью $L = 1$ Гн энергия магнитного поля меняется по закону: $W_m = W_0 e^{-2\beta t} \cos^2(\omega t + \varphi_0)$, где $W_0 = 8$ мкДж; $\omega = 40\pi$ с⁻¹; $\beta = 4$ с⁻¹. В начальный момент времени вся энергия сосредоточена в электрическом поле конденсатора. Найти: 1) логарифмический декремент затухания и добротность контура; 2) закон изменения силы тока в контуре; 3) число колебаний в контуре за время, в течение которого амплитуда колебаний тока уменьшилась в четыре раза.

26. В колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью $L = 0,02$ Гн и конденсатора емкостью $C = 10$ нФ, за время, равное одному периоду, происходит убывание амплитуды энергии электрического поля в 1,2 раза. Найти сопротивление, логарифмический декремент затухания и добротность контура.

27. Найти логарифмический декремент затухания и добротность контура с параметрами: $R = 10$ Ом; $L = 0,01$ Гн; $C = 1$ мкФ. Во сколько раз отличается период электрических колебаний в этом контуре от периода колебаний в идеальном контуре с теми же значениями емкости и индуктивности?

7. Лабораторная раб. № 402 Определение скорости звука в воздухе

7.1. Вопросы допуска

1. Какими методами измеряется скорость звука в воздухе в данной работе?

2. Опишите принцип работы экспериментальной установки в методе измерения скорости звука посредством сложения взаимно перпендикулярных колебаний.

3. Как выглядят фигуры Лиссажу при сложении колебаний одинаковой частоты и амплитуды для $\Delta\varphi = 0, \pi/2, \pi, 2\pi$?

4. Опишите принцип работы экспериментальной установки в методе измерения скорости звука посредством стоячей волны.

5. Что такое узлы и пучности стоячей волны? Как будет выглядеть узел на экране осциллографа при отключенной горизонтальной развертке?

6. Какие физические величины в этой лабораторной работе определяются путем прямых измерений?

7. По каким формулам в этой лабораторной работе рассчитываются скорость звука?

8. Какую скорость звука вы ориентировочно ожидаете получить?

9. По каким формулам будете рассчитывать погрешность скорости звука?

10. По каким формулам будете оценивать температуру воздуха и погрешность измерения температуры?

7.2. Вопросы к защите

1. От каких характеристик среды зависит скорость звука в воздухе?

2. Чем волновой процесс отличается от колебательного процесса?

3. Упругие волны в воздухе являются продольными или поперечными?

4. Запишите уравнение плоской волны. Объясните, почему при распространении плоской волны вдоль оси X перед kx стоит знак минус.

5. Каков физический смысл фазовой скорости?

6. Какие из перечисленных величин изменяются при переходе упругой волны в другую среду, частота, длина волны, волновое число, волновой вектор, интенсивность?

7. Выведите соотношения для расчета абсолютной погрешности скорости звука в воздухе?

8. По какой формуле вы рассчитывали абсолютную погрешность измерения температуры?

10. Объясните, в чем состоит метод измерения скорости звука посредством сложения взаимно перпендикулярных колебаний.

11. Выведите уравнение траектории точки, совершающей колебания во взаимно перпендикулярных направлениях.

12. При каких фазовых соотношениях между исходными колебаниями на экране осциллографа наблюдаются отрезок прямой, круг или эллипс?

13. Объясните, почему при перемещении преобразователя – приемника происходит изменение формы кривой результирующего

колебания, наблюдаемого на экране осциллографа.

14. Объясните, в чем состоит метод измерения скорости звука посредством стоячей волны.

15. При каких условиях получается стоячая волна?

16. Получите уравнение стоячей волны. Как определяются координаты узлов и пучностей волны?

17. Объясните, какие изменения наблюдаются на экране осциллографа при перемещении преобразователя – приемника при использовании метода стоячей волны.

18. С какой скоростью переносит энергию бегущая волна?

19. Переносит ли энергию стоячая волна? Опишите превращения энергии, происходящие со временем в стоячей волне.

20. Где человек должен слышать более громкий звук: в пучности или в узле смещений стоячей волны?

7.3. Задачи к защите

1. Точка совершает одновременно два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями $x = A_1 \cos(\omega t)$ и $y = A_2 \cos(\omega(t + \tau))$, где $A_1 = 4$ см, $A_2 = 8$ см, $\omega = \pi$ с⁻¹, $\tau = 1$ с. Найти уравнение траектории точки и построить график ее движения.

2. Точка совершает одновременно два гармонических колебания одинаковой частоты, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями $x = A_1 \cos(\omega t)$ и $y = A_2 \cos(\omega t + \varphi_1)$. Найти уравнение траектории точки, построить ее с соблюдением масштаба и указать направление движения. Принять: $A = 2$ см, $\varphi_1 = \pi/2$.

3. Складываются два взаимно перпендикулярных колебания, выражаемых уравнениями $x = A_1 \sin(\omega t)$ и $y = A_2 \cos(\omega(t + \tau))$, где $A_1 = 2$ см, $A_2 = 1$ см, $\omega = \pi$ с⁻¹, $\tau = 0,5$ с. Найти уравнение траектории и построить ее, показав направление движения точки.

4. Движение точки задано уравнениями $x = A_1 \sin(\omega t)$ и $y = A_2 \sin(\omega(t + \tau))$, где $A_1 = 10$ см, $A_2 = 5$ см, $\omega = 2$ с⁻¹, $\tau = \pi/4$ с. Найти уравнение траектории и скорости точки в момент времени $t = 0,5$ с.

5. Смещение светящейся точки на экране осциллографа является результатом сложения двух взаимно перпендикулярных

колебаний, которые описываются уравнениями $x = A\sin(3\omega t)$ и $y = A\cos(\omega t)$. Применяя графический метод сложения и соблюдая масштаб, построить траекторию светящейся точки на экране. Принять $A = 4$ см.

6. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях $x = A\cos(\pi t)$ и $y = A\cos(\pi t/2)$. Найти траекторию результирующего движения точки.

7. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях $x = A\sin(\pi t)$ и $y = A\sin(\pi t + \pi/2)$. Найти траекторию движения точки и вычертить ее с нанесением масштаба.

8. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях $x = A\sin(\pi t)$ и $y = A\sin(\pi t + \pi)$. Найти траекторию движения точки и вычертить ее с нанесением масштаба.

9. Задано уравнение плоской волны $\xi(x,t) = A\cos(\omega t - kx)$, где $A = 0,5$ см, $\omega = 628$ с⁻¹, $k = 2$ м⁻¹. Определить: 1) частоту колебаний ν и длину волны λ ; 2) фазовую скорость v ; 3) максимальные значения скорости v_{\max} и ускорения a_{\max} колебаний частиц среды.

10. Звуковые колебания, имеющие частоту $\nu = 0,5$ кГц и амплитуду $A = 0,25$ мм, распространяются в упругой среде. Длина волны $\lambda = 70$ см. Найти: 1) скорость v распространения волн; 2) максимальную скорость v_{\max} частиц среды.

11. Плоская звуковая волна имеет период $T = 3$ мс, амплитуду $A = 0,2$ мм и длину волны $\lambda = 1,2$ м. Для точек среды, удаленных от источника колебаний на расстояние $x = 2$ м найти: 1) смещение $\xi(x,t)$ в момент $t = 7$ мс; 2) скорость v и ускорение a для того же момента времени. Начальную фазу колебаний принять равной нулю.

12. Волна с периодом $T = 1,2$ с и амплитудой колебаний $A = 2$ см распространяется со скоростью $v = 15$ м/с. Чему равно смещение $\xi(x,t)$ точки, находящейся на расстоянии $x = 45$ м от источника волн, в тот момент, когда от начала колебаний источника прошло время $t = 4$ с?

13. Две точки находятся на расстоянии $\Delta x = 50$ см друг от друга на прямой, вдоль которой распространяется волна со скоростью $v = 50$ м/с. Период T колебаний равен 0,05 с. Найти разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний в этих точках.

14. Определить скорость v распространения волны в упругой

среде, если разность $\Delta\varphi$ колебаний двух точек среды, отстоящих друг от друга на $\Delta x = 10$ см, равна $\pi/3$. Частота ν колебаний равна 25 Гц.

15. Звуковые колебания с частотой $\nu = 450$ Гц и амплитудой $A = 0,3$ мм распространяются в упругой среде. Длина волны $\lambda = 80$ см. Определить: 1) скорость распространения волн v ; 2) максимальную скорость частиц среды.

16. Определить длину волны λ , если расстояние Δl между первым и четвертым узлами стоячей волны равно 30 см.

17. Микроволновой генератор излучает в положительном направлении оси x плоские электромагнитные волны, которые затем отражаются обратно. Точки M_1 и M_2 соответствуют положениям двух соседних минимумов интенсивности и отстоят друг от друга на расстоянии $l = 5$ см. Определить частоту микроволнового генератора.

18. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид $\xi = 6\cos(180t - 5,3x)$, где ξ в мкм, t – в секундах, x – в метрах. Найти отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны.

19. Поперечная волна распространяется вдоль упругого шнура со скоростью $v = 10$ м/с. Амплитуда колебаний точек шнура $A = 5$ см, а период колебаний $T = 1$ с. Записать уравнение волны и определить: 1) длину волны; 2) фазу колебаний, смещение, скорость и ускорение точки, расположенной на расстоянии $x = 9$ м от источника колебаний в момент времени $t = 2,5$ с.

20. Плоская синусоидальная волна распространяется вдоль прямой, совпадающей с положительным направлением оси x в среде, не поглощающей энергию, со скоростью $v = 10$ м/с. Две точки, находящиеся на этой прямой на расстояниях $x_1 = 7$ м и $x_2 = 10$ м от источника колебаний, колеблются с разностью фаз $\Delta\varphi = 3\pi/5$. Амплитуда волны $A = 5$ см. Записать уравнение волны с числовыми коэффициентами.

Приложения

Таблица П1

Значения коэффициентов Стьюдента

<i>n</i>	<i>α</i>		<i>n</i>	<i>α</i>	
	0,9	0,95		0,9	0,95
2	6,3	12,7	7	1,9	2,4
3	2,9	4,3	8	1,9	2,4
4	2,4	3,2	9	1,9	2,3
5	2,1	2,8	10	1,8	2,3
6	2,0	2,6	11	1,8	2,2

Таблица П2

Некоторые астрономические величины

Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8$ м
Масса Солнца	$1,98 \cdot 10^{30}$ кг
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м
Масса Луны	$7,33 \cdot 10^{22}$ кг
Среднее расстояние от Солнца до Земли	$1,49 \cdot 10^{11}$ м
Среднее расстояние от Луны до Земли	$3,84 \cdot 10^8$ м
Период вращения Луны вокруг Земли	27,3 сут

Таблица П3

Основные физические константы

Ускорение свободного падения	$g = 9,81$ м/с ²
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м ³ /(кг·с ²)
Число Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31$ Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Заряд электрона	$e = -1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	$m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Заряд протона	$q = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Скорость света в вакууме	$c = 3,00 \cdot 10^8$ м/с
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Атомная единица массы	1 а.е.м = $1,660 \cdot 10^{-27}$ кг

Таблица П4

Свойства некоторых твёрдых тел и жидкостей

Твёрдые тела		Жидкости	
Вещество	Плотность, $\times \text{т/м}^3$	Вещество	Плотность, $\times 10^3 \text{ т/м}^3$
Алюминий	2,70	Вода	1,00
Медь	8,93	Керосин	0,80
Сталь	7,70	Бензин	0,79
Чугун	7,88	Ртуть	13,60
Лёд	0,90	Спирт	0,80

Таблица П5

Приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Приставка			Приставка		
Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
кило	к	10^3	пико	п	10^{-12}
санти	с	10^{-2}	фемто	ф	10^{-15}

Некоторые сведения из математики

1. Скаляры и векторы.

а) Сложение векторов $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$



Рис. П1

б) Вычитание векторов.

Вычитание вектора \vec{b} из вектора \vec{a} можно заменить сложением \vec{a} с $(-\vec{b})$: $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$

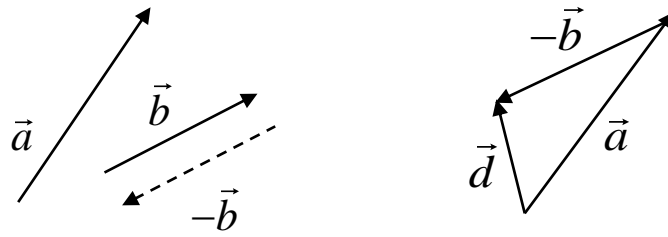


Рис. П2

в) Скалярное произведение двух векторов
 $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cos \alpha$

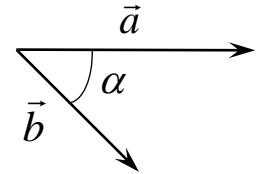


Рис. П3

г) Векторное произведение двух векторов
 $\vec{c} = [\vec{a}, \vec{b}]$, $|\vec{c}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin(\alpha)$.

Направление вектора \vec{c} находится по правилу буравчика (рис. П4).

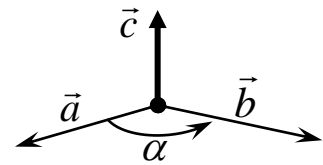


Рис. П4

2. Формулы алгебры и тригонометрии

а) Теорема косинусов (рис. П5): $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos(\alpha)$

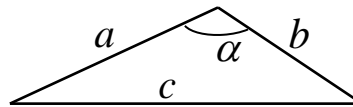


Рис. П5

б) Некоторые тригонометрические соотношения:

$$\sin(2\alpha) = 2\sin(\alpha) \cos(\alpha), \quad \sin(\alpha \pm \beta) = \sin(\alpha) \cos(\beta) \pm \sin(\beta) \cos(\alpha),$$

$$\cos(2\alpha) = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha, \quad \cos(\alpha \pm \beta) = \cos(\alpha) \cos(\beta) \pm \sin(\alpha) \sin(\beta),$$

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2},$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2},$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2},$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}.$$

д) Некоторые свойства логарифмов:

$$\ln a + \ln b = \ln(ab), \quad \ln a - \ln b = \ln\left(\frac{a}{b}\right).$$

3. Формулы дифференциального и интегрального исчисления:

$\frac{d}{dx}(x^n) = nx^{n-1},$	$\frac{d}{dx}(a^x) = a^x \ln a ,$	$\int \frac{dx}{x} = \ln x , \quad ^*)$
$\frac{d}{dx}(e^x) = e^x,$	$(uv)' = u'v + v'u,$	$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1},$
$\frac{d}{dx}(\ln x) = \frac{1}{x},$	$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - v'u}{v^2},$	$\int \sin x dx = -\cos x,$
$\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{x}\right) = -\frac{1}{x^2},$	$\frac{d(\cos x)}{dx} = -\sin x,$	$\int \cos x dx = \sin x$
$\frac{d}{dx}(e^{ax}) = ae^{ax},$	$\frac{d(\sin x)}{dx} = \cos x,$	$\int e^x dx = e^x.$

*) Здесь и далее постоянная интегрирования опускается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 3 т. [Текст]/ И.В. Савельев. – Москва: Наука, 2000. Т.2. – 345 с.
2. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст]/ Т.И. Трофимова. – Москва: Высшая школа, 1998. – 542 с.
3. Детлаф, А.А. Курс физики [Текст]/ А.А. Детлаф. – Москва: Высшая школа, 2000. – 718 с.
4. Чертов, А.Г. Задачник по физике [Текст]/ А.Г. Чертов. – Москва: Высшая школа, 1997. – 544 с.
5. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]/ В.С. Волькенштейн. – Москва: Наука, 1990. – 400 с.
6. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики: учебное пособие для студентов вузов [Текст]/ Т.И. Трофимова. – Москва: Высшая школа, 1991. – 303 с.

Содержание

Введение	3
1. Лабораторная работа № 301 Исследование электростатического поля	4
1.1. Вопросы допуска	4
1.2. Вопросы к защите	5
1.3. Задачи к защите	6
2. Лабораторная работа № 302 Изучение движения электронов в электрическом поле	9
2.1. Вопросы допуска	9
2.2. Вопросы к защите	10
2.3. Задачи к защите	11
3. Лабораторная работа № 303 Определение индукции магнитного поля токов простейших конфигураций	15
3.1. Вопросы допуска	15
3.2. Вопросы к защите	16
3.3. Задачи к защите	17
4. Лабораторная работа № 304 Снятие кривой намагничивания петли гистерезиса с помощью осциллографа	22
4.1. Вопросы допуска	22
4.2. Вопросы к защите	23
4.3. Задачи к защите	24
5. Лабораторная работа № 305 Исследование зависимости обратимой магнитной проницаемости феррита от напряженности магнитного поля	26
5.1. Вопросы допуска	26
5.2. Вопросы к защите	27
5.3. Задачи к защите	28
6. Лабораторная работа № 401 Исследование затухающих колебаний	31
6.1. Вопросы допуска	31
6.3. Вопросы к защите	32
6.2. Задачи к защите	33
7. Лабораторная работа № 402 Определение скорости	

звука в воздухе	37
7.1. Вопросы допуска	37
7.2. Вопросы к защите	37
7.3. Задачи к защите	38
Приложения	41
Список литературы	44

**АРЗУМАНЯН Грайр Вагаршакович
ГАТЬКО Людмила Евстафьевна**

**СБОРНИК КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ И
ЗАДАЧ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ФИЗИКА
Часть 2**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск Арзуманян Г.В.
Редактор З.И. Надточий.
Корректор З.И. Надточий.

Подписано в печать 2017 г.

Заказ № . Тираж 20 экз.

Формат 60x84 1/16. Усл. п. л. – 3. Уч.-изд. л.– 2,9.

Издательство Южного федерального университета

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции ИПК КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ 344091, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. (863)2434166.

