

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ФИЗИКА НА ЗАОЧНОМ ФАКУЛЬТЕТЕ  
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ  
ДЛЯ УСКОРЕННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие

ДГТУ  
Ростов-на-Дону  
2022

## ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа по физике для студентов первого курса заочной формы обучения – это вид самостоятельной работы, предполагающий самостоятельное решение физических задач по темам лекционного материала.

Для обучающихся заочной формы обучения по дисциплине «Физика» предусмотрена одна контрольная работа, соответствующая разделам: «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электричество и магнетизм», «Волновая и квантовая оптика».

### **Правила оформления контрольной работы**

*Номер варианта контрольной работы определяется по последней цифре номера зачетной книжки.* Контрольная работа должна быть оформлена в тетради, написана от руки разборчивым почерком, иметь нумерацию страниц и список использованных источников. К обложке тетради приклеивается титульный лист установленного образца (см. файл Титульный лист) с заполненными данными студента.

Задачи контрольной работы должны иметь те номера, под которыми они стоят в учебно-методическом пособии. Решения контрольных задач располагаются в порядке номеров, указанных в задании. Перед каждой задачей необходимо записать ее условие. Условия задач переписываются полностью, затем делается краткая запись условия задачи, где числовые данные выписываются столбиком. Каждую задачу желательно начинать с новой страницы.

Решение задачи должно содержать:

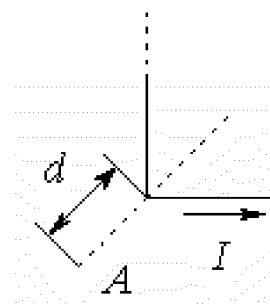
- необходимый рисунок или схему, поясняющий решение задачи;
- названия формул, используемых при решении;
- словесные пояснения физических величин (как заданных, так и введенных во время решения);
- исчерпывающие пояснения хода решения задачи;
- вывод формул для искомых физических величин в «буквенном» виде;
- проверку размерности;
- получение числовых значений искомых физических величин.

Задание следует выполнять аккуратно, без пропуска задач. Если содержание контрольной работы отвечает предъявляемым требованиям, то она допускается к защите. При неудовлетворительном выполнении контрольной работы она возвращается на доработку.

## Контрольная работа

### Вариант 0

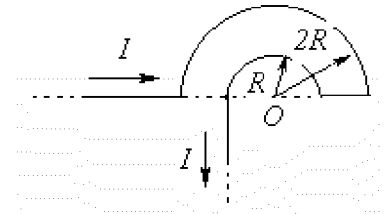
- 0.1 Камень брошен под углом  $30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $15 \text{ м/с}$ . Найти нормальное и тангенциальное ускорения камня через  $1.25 \text{ с}$  после начала движения. Сопротивление воздуха не учитывать.
- 0.2 Однородный стержень длиной  $1 \text{ м}$  и массой  $0.5 \text{ кг}$  вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через его середину. С каким угловым ускорением вращается стержень, если момент силы, вызывающий ускорение стержня, равен  $100 \text{ Нм}$ ?
- 0.3 Определить частоту гармонических колебаний диска радиусом  $20 \text{ см}$  около горизонтальной оси, проходящей через середину радиуса диска перпендикулярно его плоскости.
- 0.4 Объем водорода при изотермическом расширении при температуре  $300 \text{ К}$  увеличился в три раза. Определить работу, совершенную газом, и теплоту, полученную им при этом. Масса водорода равна  $200 \text{ г}$ .
- 0.5 Расстояние  $d$  между двумя точечными зарядами  $Q_1 = 2 \text{ нКл}$  и  $Q_2 = 4 \text{ нКл}$  равно  $60 \text{ см}$ . Определить точку, в которую нужно поместить третий заряд  $Q_3$  так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить заряд  $Q_3$  и его знак. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие?
- 0.6 ЭДС батареи  $\varepsilon = 12 \text{ В}$ . При силе тока  $I = 4 \text{ А}$ . КПД батареи  $\eta = 0.6$ . Определить внутреннее сопротивление  $R_i$  батареи.
- 0.7 Бесконечно длинный провод с током  $I = 50 \text{ А}$  изогнут так, как это показано на рисунке. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $A$ , лежащей на биссектрисе прямого угла на расстоянии  $d = 10 \text{ см}$  от его вершины.



- 0.8 Кольцо из медного провода массой  $m = 10 \text{ г}$  помещено в однородное магнитное поле ( $B = 0.5 \text{ Тл}$ ) так, что плоскость кольца составляет угол  $\beta = 60^\circ$  с линиями магнитной индукции. Определить заряд  $Q$ , который пройдет по кольцу, если снять магнитное поле.
- 0.9 Расстояние между штрихами дифракционной решетки  $d = 4 \text{ мкм}$ . На решетку падает нормально свет с длиной волны  $\lambda = 0.58 \text{ мкм}$ . Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

### Вариант 1

- 0.1 Тело брошено со скоростью  $10 \text{ м/с}$  под углом  $45^\circ$  к горизонту. Найти радиус кривизны траектории через  $1 \text{ с}$  после начала движения. Сопротивление воздуха не учитывать.
- 1.2 На барабан радиусом  $0.5 \text{ м}$  намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $10 \text{ кг}$ . Найти момент инерции барабана, если известно, что груз опускается с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ .
- 1.3 Тонкий однородный стержень длиной  $1.2 \text{ м}$  может вращаться в вертикальной плоскости вокруг оси, проходящей через конец стержня. Стержень отклонили на  $90^\circ$  от положения равновесия и отпустили. Определить линейную скорость нижнего конца стержня в момент прохождения им положения равновесия.
- 1.4 Водород занимает объем  $10 \text{ м}^3$  при давлении  $0.1 \text{ Па}$ . Газ нагрели при постоянном объеме до давления  $0.3 \text{ МПа}$ . Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершаемую газом, и количество тепла, сообщенное газу.
- 1.5 Точечные заряды  $Q_1 = 20 \text{ мкКл}$ ,  $Q_2 = -10 \text{ мкКл}$  находятся на расстоянии  $d = 5 \text{ см}$  друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на  $r_1 = 3 \text{ см}$  от первого и на  $r_2 = 4 \text{ см}$  от второго заряда. Определить также силу  $F$ , действующую в этой точке на точечный заряд  $Q = 1 \text{ мкКл}$ .
- 1.6 Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. К клеммам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением  $r = 4 \text{ кОм}$ . Амперметр показывает силу тока  $I = 0.3 \text{ А}$ , вольтметр – напряжение  $U = 120 \text{ В}$ . Определить сопротивление  $R$  катушки.
- 1.7 Бесконечно длинный провод с током  $I = 100 \text{ А}$  изогнут так, как это показано на рисунке. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $O$ . Радиус дуги  $R = 10 \text{ см}$ .



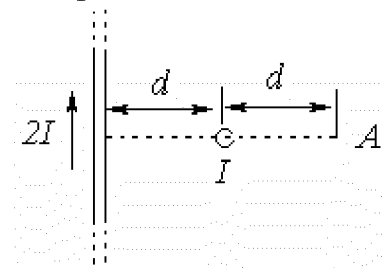
- 1.8 В однородном магнитном поле ( $B = 0.1 \text{ Тл}$ ) равномерно с частотой  $n = 5 \text{ с}^{-1}$  вращается стержень длиной  $l = 50 \text{ см}$  так, что плоскость его вращения перпендикулярна линиям напряженности, а ось вращения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов  $U$ .
- 1.9 Какое наименьшее число  $N_{\min}$  штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть отдельно две желтые линии натрия с длинами волн  $\lambda_1 = 589.0 \text{ нм}$  и  $\lambda_2 = 589.6 \text{ нм}$ ? Какова длина  $l$  такой решетки, если постоянная решетки  $d = 5 \text{ мкм}$ ?

**Вариант 2**

- 2.1 Тело брошено со скоростью под углом к горизонту. Радиус кривизны траектории в верхней точке траектории  $3\text{ м}$ , а дальность полета составила  $4\text{ м}$ . Определить с какой по величине скоростью брошено тело.
- 2.2 К ободу колеса радиусом  $0.5\text{ м}$  и массой  $50\text{ кг}$  приложена касательная сила  $100\text{ Н}$ . Найти угловое ускорение колеса. Через какое время после начала действия этой силы частота вращения колеса достигнет величины  $100\text{ об/с}$ ? Колесо считать однородным диском. Трением пренебречь.
- 2.3 Определить период гармонических колебаний диска радиусом  $40\text{ см}$  около горизонтальной оси, проходящей через образующую диска.
- 2.4 Баллон емкостью  $20\text{ л}$  с кислородом при давлении  $10^7\text{ Па}$  и температуре  $7^\circ\text{С}$  нагревают до температуры  $27^\circ\text{С}$ . Какое количество тепла при этом сообщено кислороду? Найти изменение внутренней энергии кислорода при нагревании.
- 2.5 Три одинаковых точечных заряда  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 2\text{ нКл}$  находятся в вершинах равностороннего треугольника со сторонами  $a = 10\text{ см}$ . Определить модуль и направление силы  $F$ , действующей на один из зарядов со стороны двух других.
- 2.6 ЭДС батареи  $\varepsilon = 80\text{ В}$ , внутреннее сопротивление  $R_i = 5\text{ Ом}$ . Внешняя цепь потребляет мощность  $P = 100\text{ кВт}$ . Определить силу тока  $I$  в цепи, напряжение  $U$ , под которым находится внешняя цепь, и ее сопротивление  $R$ .
- 2.7 Используя закон Био-Савара-Лапласа, определить индукцию магнитного поля в точке  $M$  на оси тонкого проволочного кольца (радиус кольца  $0.2\text{ м}$ ) на расстоянии  $0.1\text{ м}$  от центра кольца, если известно, что в точке  $N$  на оси этого кольца, но на расстоянии  $0.2\text{ м}$  от центра кольца индукция магнитного поля равна  $100\text{ мкТл}$ .
- 2.8 В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0.5\text{ Тл}$  вращается с частотой  $n = 10\text{ с}^{-1}$  стержень длиной  $l = 20\text{ см}$ . Ось вращения параллельна линиям индукции и проходит через один из концов стержня перпендикулярно его оси. Определить разность потенциалов  $U$  на концах стержня.
- 2.9 На поверхность дифракционной решетки нормально к ее поверхности падает монохроматический свет. Постоянная дифракционной решетки в  $n = 4.6$  раза больше длины световой волны. Найти общее число  $M$  дифракционных максимумов, которые теоретически можно наблюдать в данном случае.

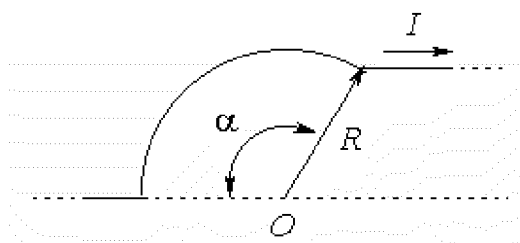
### Вариант 3

- 3.1 Тело брошено с вышки в горизонтальном направлении со скоростью  $8 \text{ м/с}$ . Определить тангенциальную и нормальную составляющие ускорения тела в момент времени, когда скорость тела достигает  $10 \text{ м/с}$ . Сопротивление воздуха не учитывать.
- 3.2 Однородный стержень длиной  $1.2 \text{ м}$  и массой  $0.3 \text{ кг}$  вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через один из концов стержня. Чему равен вращающий момент, если стержень вращается с угловым ускорением  $100 \text{ с}^{-2}$ .
- 3.3 Тело, неподвижно висящее на цилиндрической пружине, растягивает ее на  $5 \text{ см}$ . Затем тело было смещено из положения равновесия по вертикали и отпущено, в результате чего оно стало совершать колебания. Найти период колебаний.
- 3.4 В цилиндре под поршнем находится кислород массой  $2 \text{ кг}$ . Поршень закреплен. Какое количество тепла нужно сообщить кислороду, чтобы его температура повысилась на  $5 \text{ К}$ . Найти увеличение внутренней энергии кислорода и работу газа.
- 3.5 Два положительных точечных заряда  $Q$  и  $9Q$  закреплены на расстоянии  $d = 100 \text{ см}$  друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения зарядов возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.
- 3.6 Аккумулятор замкнут на сопротивление  $100 \text{ Ом}$ . Вольтметр, подключенный сначала последовательно, а затем параллельно этому сопротивлению, дает одно и то же показание. Определить сопротивление вольтметра, если внутреннее сопротивление аккумулятора  $0.4 \text{ Ом}$ .
- 3.7 По двум скрещенным под прямым углом бесконечно длинным проводам текут токи  $I$  и  $2I$  ( $I = 100 \text{ А}$ ). Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $A$  (рисунок). Расстояние  $d = 10 \text{ см}$ .



### Вариант 4

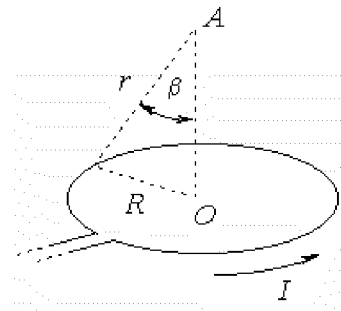
- 4.1 Камень, брошенный горизонтально с начальной скоростью  $V$ , через  $0.5\text{ с}$  после начала движения имел скорость в  $1.5$  раза больше начальной скорости. С какой скоростью был брошен камень?
- 4.2 На какой по величине угол надо отклонить однородный стержень, подвешенный на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня, чтобы нижний конец стержня при прохождении стержнем положения равновесия имел скорость  $5\text{ м/с}$ ? Длина стержня  $1\text{ м}$ .
- 4.3 Обруч и диск одинаковой массы катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Кинетическая энергия обруча равна  $40\text{ Дж}$ . Найти кинетическую энергию диска.
- 4.4 В теплоизолированном цилиндре с поршнем находится азот массой  $0.2\text{ кг}$  при температуре  $240\text{ К}$ . Азот, расширяясь, совершил работу, равную  $4.5\text{ кДж}$ . Найти изменение внутренней энергии азота и его температуру после расширения.
- 4.5 Два одинаково заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол  $\alpha$ . Шарiki погружают в масло. Какова плотность  $\rho$  масла, если угол расхождения нитей при погружении в масло остается неизменным? Плотность материала шариков  $\rho_0 = 1.5 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$ , диэлектрическая проницаемость масла  $\varepsilon = 2.2$ .
- 4.6 При внешнем сопротивлении  $R_1 = 8\text{ Ом}$  сила тока в цепи  $I_1 = 0.8\text{ А}$ , при сопротивлении  $R_2 = 15\text{ Ом}$  сила тока  $I_2 = 0.5\text{ А}$ . Определить силу тока  $I_{\text{кз}}$  короткого замыкания источника ЭДС.
- 4.7 По бесконечно длинному проводу, изогнутому так, как это показано на рисунке, течет ток  $I = 200\text{ А}$ . Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $O$ . Радиус дуги  $R = 10\text{ см}$ . Угол  $\alpha$  равен  $2\pi/3$ .



- 4.8 Тонкий медный провод массой  $m = 5\text{ г}$  согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B = 0.2\text{ Тл}$ ) так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд  $Q$ , который потечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.
- 4.9 На дифракционную решетку, содержащую  $n = 600$  штрихов на миллиметр, падает нормально белый свет. Спектр проецируется помещенной вблизи решетки линзой на экран. Определить длину  $l$  спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана  $L = 1.2\text{ м}$ . Границы видимого спектра:  $\lambda_{\text{кр.}} = 780\text{ нм}$ ,  $\lambda_{\text{ф.}} = 400\text{ нм}$ .

### Вариант 5

- 5.1 Тело брошено под углом к горизонту. Оказалось, что максимальная высота подъема  $h = 1/4 s$  ( $s$  – дальность полета). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить угол броска к горизонту.
- 5.2 Маятник состоит из стержня (длина  $0.2$  м, масса  $0.5$  кг) и закрепленного на его конце шара (радиус  $0.02$  м, масса  $0.25$  кг). Определить период колебания этого маятника около горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$  в центре стержня.
- 5.3 К ободу диска массой  $5$  кг приложена касательная сила  $200$  Н. Какую кинетическую энергию будет иметь диск через время  $5$  с после начала действия этой силы?
- 5.4 На сколько увеличилась внутренняя энергия  $10$  молей одноатомного газа при его изобарном нагревании на  $100$  К? Какую работу совершил при этом газ и какое количество теплоты ему было сообщено?
- 5.5 Четыре одинаковых заряда  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 2$  нКл закреплены в вершинах квадрата со стороной  $a = 10$  см. Найти силу  $F$ , действующую на один из этих зарядов со стороны трех остальных.
- 5.6 ЭДС батареи  $\varepsilon = 24$  В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея,  $I_{\max} = 10$  А. Определить максимальную мощность  $P_{\max}$ , которая может выделяться во внешней цепи.
- 5.7 По тонкому кольцу радиусом  $R = 20$  см течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  на оси кольца в точке  $A$  (рисунок). Угол  $\beta = \pi/3$ .

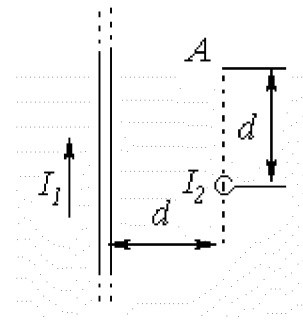


- 5.8 Рамка из провода сопротивлением  $R = 0.04$  Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 0.6$  Тл). Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $S = 200$  см<sup>2</sup>. Определить заряд  $Q$ , который потечет по рамке при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции: 1) от  $0$  до  $45^\circ$ ; 2) от  $45$  до  $90^\circ$ .
- 5.9 На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения. Расстояние  $d$  между атомными плоскостями равно  $280$  нм. Под углом  $\theta = 65^\circ$  к атомной плоскости наблюдается дифракционный максимум первого порядка. Определить длину волны  $\lambda$  рентгеновского излучения.



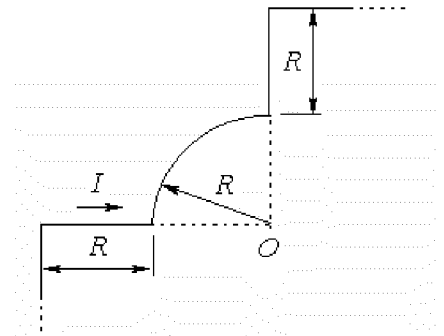
### Вариант 6

- 6.1 С башни высотой 40 м брошено тело со скоростью 20 м/с под углом  $45^\circ$  к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить: 1) время движения тела; 2) на каком расстоянии от основания башни тело упадет на Землю; 3) скорость падения тела на Землю; 4) угол, который составит траектория тела с горизонтом в точке падения.
- 6.2 Тонкий однородный стержень длиной  $l = 1$  м может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. Стержень отклонили на угол  $\alpha_0 = 0.15$  рад и в момент времени  $t_0 = 1$  с отпустили. Считая колебания малыми, определить период колебаний стержня и записать функцию  $\alpha(t)$ .
- 6.3 Обруч, имеющий скорость 2.8 м/с, начинает вкатываться вверх по наклонной плоскости. Определить максимальную высоту подъема обруча. Расходом энергии на преодоление сил трения пренебречь.
- 6.4 Во сколько раз увеличится объем 0.4 моля водорода при изотермическом расширении, если при этом газ получит количество тепла, равное 800 Дж? Температура водорода равна 300 К.
- 6.5 Точечные заряды  $Q_1 = 30$  мкКл и  $Q_2 = -20$  мкКл находятся на расстоянии  $d = 20$  см друг от друга. Определить напряженность электрического поля  $E$  в точке, удаленной от первого заряда на расстояние  $r_1 = 30$  см, а от второго – на  $r_2 = 15$  см.
- 6.6 Аккумулятор с ЭДС  $\varepsilon = 12$  В заряжается от сети постоянного тока с напряжением  $U = 15$  В. Определить напряжение на клеммах аккумулятора, если его внутреннее сопротивление  $R_i = 10$  Ом.
- 6.7 По двум бесконечно длинным проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи  $I_1$  и  $I_2 = 2I_1$  ( $I_1 = 100$  А). Определить магнитную индукцию  $B$  в точке А, равноудаленной от проводов на расстояние  $d = 10$  см (рисунок).
- 6.8 Проволочный виток диаметром  $D = 5$  см и сопротивлением  $R = 0.002$  Ом находится в однородном магнитном поле ( $B = 0.3$  Тл). Плоскость витка составляет угол  $\varphi = 40^\circ$  с линиями индукции. Каков заряд  $Q$  протечет по витку при выключении магнитного поля?
- 6.9 Поток излучения абсолютно черного тела  $\Phi_e = 10$  кВт. Максимум энергии излучения приходится на длину волны  $\lambda_m = 0.8$  мкм. Определить площадь  $S$  излучающей поверхности.



### Вариант 7

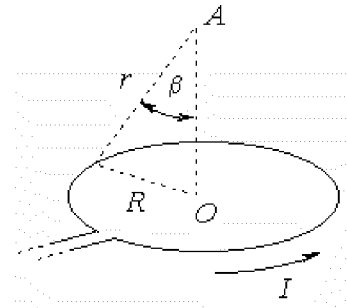
- 7.1 Тело брошено горизонтально со скоростью  $15 \text{ м/с}$ , пренебрегая сопротивлением воздуха, определить радиус кривизны траектории тела через  $2 \text{ с}$  после начала движения.
- 7.2 Через блок, выполненный в виде колеса, перекинута нить, к концам которой привязаны грузы массой  $100 \text{ г}$  и  $300 \text{ г}$ . Массу колеса, величиной  $600 \text{ г}$ , считать равномерно распределенной по ободу, а массой спиц пренебречь. Определить ускорение, с которым будут двигаться грузы и силы натяжения нити по обе стороны блока.
- 7.3 Гирия, положенная на верхний конец спиральной пружины, сжимает ее на  $2 \text{ мм}$ . На сколько сожмет пружину та же гирия, упавшая на конец пружины с высоты  $5 \text{ см}$ ?
- 7.4  $10 \text{ г}$  азота изотермически расширяется при температуре  $-23^\circ \text{C}$ , причем его давление меняется от  $250 \text{ кПа}$  до  $100 \text{ кПа}$ . Найти работу, совершенную газом при расширении.
- 7.5 В вершинах правильного треугольника со стороной  $a = 10 \text{ см}$  находятся заряды  $Q_1 = 10 \text{ мкКл}$ ,  $Q_2 = 20 \text{ мкКл}$  и  $Q_3 = 30 \text{ мкКл}$ . Определить силу  $F$ , действующую на заряд  $Q_1$  со стороны двух других зарядов.
- 7.6 В цепь, состоящую из аккумулятора и сопротивления  $10 \text{ Ом}$ , включают вольтметр сначала последовательно, а затем параллельно этому сопротивлению. Показания вольтметра в обоих случаях одинаковы. Определить внутреннее сопротивление аккумулятора. Сопротивление вольтметра  $1000 \text{ Ом}$ .
- 7.7 По бесконечно длинному проводу, изогнутому так, как это показано на рисунке, течет ток  $I = 200 \text{ А}$ . Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $O$ . Радиус дуги  $R = 10 \text{ см}$ .



- 7.8 Рамка, содержащая  $N = 200$  витков тонкого провода, может свободно вращаться относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Площадь рамки  $S = 50 \text{ см}^2$ . Ось рамки перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0.05 \text{ Тл}$ ). Определить максимальную ЭДС  $\mathcal{E}_{\text{max}}$ , которая индуцируется в рамке при ее вращении с частотой  $n = 40 \text{ с}^{-1}$ .
- 7.9 На дифракционную решетку, содержащую  $n = 100$  штрихов на  $1 \text{ мм}$ , падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум второго порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, её нужно повернуть на угол  $\Delta \varphi = 16^\circ$ . Определить длину волны  $\lambda$  света, падающего на решетку.

### Вариант 8

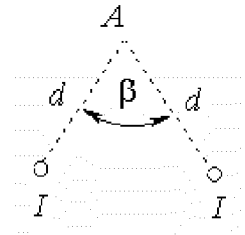
- 8.1 Тело падает с высоты 20 м с начальной скоростью  $V_0 = 0$ . Какой путь пройдет тело за первую и последнюю секунду своего движения?
- 8.2 Цилиндр, расположенный горизонтально, может вращаться около оси, совпадающей с осью цилиндра. Масса цилиндра 12 кг. На цилиндр намотан шнур, к которому привязана гиря массой 1 кг. С каким ускорением будет опускаться гиря? Какова сила натяжения шнура во время движения груза?
- 8.3 Материальная точка совершает колебание, уравнение которого, выраженное в системе СИ, имеет вид:  $x = 2 \cos \frac{\pi}{3}(2t + 3)$ . Определить скорость и ускорение колеблющейся точки через 3 с после начала колебаний.
- 8.4 При изотермическом расширении газа, первоначальный объем которого  $2 \text{ м}^3$ , давление газа уменьшается от 0.5 МПа до 0.4 МПа. Найти работу, совершенную газом.
- 8.5 В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 8 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$ . Какой отрицательный заряд  $Q$  нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?
- 8.6 Определить ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе нагрузки 5 А отдает во внешнюю цепь мощность 9.5 Вт, а при токе нагрузки 8 А она отдает во внешнюю цепь мощность 14.4 Вт.
- 8.7 По тонкому кольцу течет ток  $I = 80 \text{ А}$ . Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $A$ , равноудаленной от точек кольца на расстоянии  $r = 10 \text{ см}$  (рисунок). Угол  $\alpha = \pi/6$ .



- 8.8 Прямой проводящий стержень длиной  $l = 40 \text{ см}$  находится в однородном магнитном поле ( $B = 0.1 \text{ Тл}$ ). Концы стержня замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи  $R = 0.5 \text{ Ом}$ . Какая мощность  $P$  потребуется для равномерного перемещения стержня перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $V = 10 \text{ м/с}$ ?
- 8.9 На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 410 \text{ нм}$ ). Угол  $\Delta \varphi$  между направлениями на максимумы первого и второго порядка равен  $2^\circ 21'$ . Определить число  $n$  штрихов на 1 мм дифракционной решетки.

### Вариант 9

- 9.1 Свободно падающее тело в последнюю секунду движения проходит половину всего пути. С какой высоты падает тело и каково время его падения?
- 9.2 Маховик в виде сплошного диска радиусом  $0.2 \text{ м}$  и массой  $50 \text{ кг}$  раскручен до частоты вращения  $480 \text{ об/мин}$  и предоставлен самому себе. Под действием силы трения маховик останавливается через  $50 \text{ с}$ . Найти момент сил трения.
- 9.3 Частица массой  $0.1 \text{ кг}$  совершает гармонические колебания с периодом  $2 \text{ с}$ . Полная энергия колебаний частицы  $0.1 \text{ мДж}$ . Определить амплитуду колебаний и наибольшее значение силы, действующей на частицу.
- 9.4 Гелий, находящийся при нормальных условиях, изотермически расширяется от объема  $1 \text{ л}$  до объема  $2 \text{ л}$ . Найти работу, совершенную газом при расширении, и количество теплоты, сообщенное газу.
- 9.5 На расстоянии  $d = 20 \text{ см}$  находятся два точечных заряда:  $Q_1 = -50 \text{ нКл}$  и  $Q_2 = 100 \text{ нКл}$ . Определить силу  $F$ , действующую на заряд  $Q_3 = -10 \text{ нКл}$ , удаленный от обоих зарядов на одинаковое расстояние, равное  $d$ .
- 9.6 В сеть с напряжением  $U = 100 \text{ В}$  подключили катушку с сопротивлением  $R_1 = 2 \text{ кОм}$  и вольтметр, соединенные последовательно. Показание вольтметра  $U_1 = 80 \text{ В}$ . Когда катушку заменили другой, вольтметр показал  $U_2 = 60 \text{ В}$ . Определить сопротивление  $R_2$  другой катушки.
- 9.7 По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут одинаковые токи  $I = 60 \text{ А}$ . Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $A$  (рисунок), равноудаленной от проводов на расстояние  $d = 10 \text{ см}$ . Угол  $\beta = \pi/3$ .



## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

### **(лабораторные работы №9 и №48)**

#### **Правила безопасности при выполнении лабораторных работ**

1. Сборка и разборка электрической схемы, а также любые исправления в ней, ни в коем случае не должны производиться под напряжением.
2. Металлические корпуса приборов, питающихся от электрической сети, должны быть заземлены в соответствии с инструкцией по эксплуатации.
3. Ни в коем случае нельзя проверять наличие напряжения пальцами, для этой цели необходимо применять вольтметр или иной прибор для измерения или индикации напряжения.
4. Если при включении приборов или во время их работы наблюдается разогрев, сильное искрение, задымление или другие опасные явления, то следует в первую очередь отключить приборы от сети и обязательно обратиться к преподавателю или лаборанту.
5. Если кто-либо из окружающих будет поражен электрическим током - немедленно выключите нужный рубильник на щитке или при необходимости оборвите провода, идущие к установке, используя при этом подручные, не проводящие ток средства, но при этом избегайте прикасаться к пострадавшему и действуйте осторожно, чтобы самому не оказаться под действием напряжения.
6. В случае воспламенения приборов или какого-либо оборудования сначала выключите электрическое напряжение, и только после этого приступайте к тушению пламени; немедленно сообщите о происшествии преподавателю или лаборанту.

#### **ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**

Электротравмы человек может получить в момент неосторожного контакта с источниками и проводниками электричества. Реакция организма человека зависит от мощности тока, прошедшего через тело. Симптомами поражения электрическим током является расстройство дыхания, падение пульса, судорожные сокращения мышц, потеря сознания, остановка сердца, ожоги на участках непосредственного контакта с электросетью.

Первая доврачебная помощь должна быть начата с немедленного прекращения воздействия электрического тока на пострадавшего, для чего необходимо выключить рубильник, выключатель, оторвать токонесущие провода. Если это сделать невозможно, то нужно незамедлительно обезопасить себя и пострадавшего надёжной изоляцией (применить резиновые перчатки, встать на резиновый коврик и т.п.). Ни в коем случае нельзя брать голыми руками за оголенный провод и за человека, находящегося под током.

Затем пострадавшему нужно создать полный покой, уложив в сухое теплое место, освободить от стесняющей одежды. При отсутствии (или резком нарушении) дыхания и сердечной деятельности начать проводить искусственное дыхание «изо рта в рот», «из рта в нос» и наружный массаж сердца.

# 1. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНОГО ЗАКОНА ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА ОБЕРБЕКА (лабораторная работа № 9)

Цель работы: на опыте изучить действие основного закона динамики вращательного движения.

Приборы и принадлежности: прибор Обербека, секундомер, набор грузов, штангенциркуль, метровая линейка.

## Краткая теория эксперимента

Основной закон динамики вращательного движения твердого тела:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}, \text{ где}$$

$\vec{L}$  - момент количества движения твердого тела,

$\vec{M}$  - момент внешних сил, действующих на тело.

Для однородного тела, вращающегося относительно оси симметрии этого тела,

$$\vec{L} = J\vec{\omega}, \text{ где}$$

$\vec{\omega}$  - угловая скорость. Вектор  $\vec{\omega}$  направлен по оси вращения в соответствии с правилом правого винта.

В этом случае

$$J \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{M}, \text{ или } J\vec{\varepsilon} = \vec{M}$$

Отсюда  $\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{J}$ , где

$\vec{M}$  - момент внешней силы  $\vec{F}$  относительно данной оси вращения, то есть проекция вектора момента внешней силы  $\vec{F}$  на данную ось вращения (направление вектора  $\vec{M}$  коллинеарно оси вращения);

$\vec{\varepsilon}$  - угловое ускорение (направление вектора  $\vec{\varepsilon}$  коллинеарно оси вращения и совпадает с направлением вектора  $\vec{M}$ ).

Таким образом, в рассматриваемом случае основной закон динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси:

Если на тело, имеющее ось вращения (совпадающую с осью симметрии данного тела), действует сила, то это тело приобретает угловое ускорение  $\vec{\varepsilon}$ , величина которого прямо пропорциональна моменту действующей силы относительно данной оси вращения и обратно пропорциональна моменту инерции этого тела относительно той же оси вращения.

Согласно этому закону для какого-либо тела с неизменным моментом инерции относительно выбранной оси вращения (оси симметрии данного тела) величина углового ускорения линейно зависит от величины момента действующей силы относительно данной оси вращения, то есть

$$\varepsilon = kM \quad \left(k = \frac{1}{J}, \quad J = \text{const}\right).$$

Линейная зависимость углового

ускорения  $\varepsilon$  от величины  $M$  может быть проверена экспериментально с помощью «прибора Обербека».

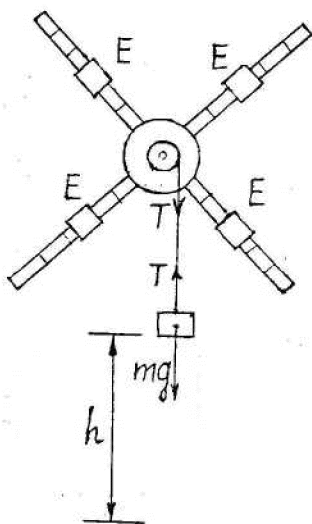


Рис. 1. Принципиальная схема «прибора Обербека»

Прибор Обербека состоит из металлического «креста», способного вращаться вокруг неподвижной оси под действием силы натяжения  $T$  разматывающейся нити, на которой подвешен груз массой  $m$ .

Используя набор грузов с разными массами  $m_1, m_2, m_3, \dots$ , с помощью прибора Обербека можно определить в результате косвенных измерений моменты сил натяжения нити:  $M_1, M_2, M_3, \dots$  и соответствующие им величины углового ускорения  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots$

По точкам  $(M_1, \varepsilon_1), (M_2, \varepsilon_2), (M_3, \varepsilon_3), \dots$  можно построить экспериментальную графическую зависимость  $\varepsilon = f(M)$  и проверить ее соответствие линейной зависимости.

Момент силы натяжения нити  $T$  можно получить из второго закона Ньютона для поступательного движения груза  $m$ :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}, \quad \text{где}$$

$a$  – ускорение, с которым движется груз,

$F$  – сила, вызывающая это ускорение.  $F = mg - T$

Отсюда  $T = m(g - a)$ , а момент этой силы относительно оси вращения  $M = m(g - a)r$ , где  $r$  - плечо силы  $T$  (радиус шкива).

Так как угловое ускорение  $\varepsilon = \frac{a}{r}$ , то экспериментальная часть данной работы состоит в определении радиуса шкива  $r$  и линейного ускорения движения груза  $m$ . Радиус шкива  $r$  определяется с помощью штангенциркуля. Все ускорения  $a$  можно определить опытным путем с использованием формулы  $a = \frac{2h}{t^2}$ , получаемой из  $h = \frac{at^2}{2}$ , где

$h$  – путь, пройденный грузом за время  $t$  после начала движения с ускорением  $a$ .

Таким образом, для определения величины ускорения  $a$  необходимо провести измерения пути  $h$  и времени  $t$  движения груза  $m$ .

### Порядок выполнения работы

1. Подготовим таблицы для результатов измерений

Таблица 1

$r$ , м	$\Delta r$ , м	$\delta r$	$h$ , м	$\Delta h$ , м	$\delta h$

Таблица 2

N	$m$	$m$ , кг	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$t_3$ , с	$t_4$ , с	$t_5$ , с	$t_{cp}$ , с	$\Delta t$ , с	$\delta t$
1	$m_1$	0,1								
2	$m_2$	0,2								
3	$m_3$	0,3								
4	$m_4$	0,4								

Таблица 3

N	$m$	$a$ , м/с <sup>2</sup>	$M$ , Н·м	$\delta M$	$\Delta M$ , Н·м	$\varepsilon$ , рад/с <sup>2</sup>	$\delta \varepsilon$	$\Delta \varepsilon$ , рад/с <sup>2</sup>
1	$m_1$							
2	$m_2$							
3	$m_3$							
4	$m_4$							



2. Установим все четыре груза Е (рис.1) в крайнем, дальнем от оси вращения положении и закрепим их винтами.

3. Измерим диаметр шкива и определим радиус шкива  $r$ . Занесем его значение в табл. 1.

4. Намотаем нить на шкив и к свободному концу нити подвесим груз  $m$ . Измерим расстояние от верхнего положения груза  $m$  по пола. (Для проведения измерений и расчетов удобно, чтобы груз  $m$  в каждом опыте проходил одно и то же расстояние  $h$  от верхнего, выбираемого нами уровня, до нижнего уровня - пола.)

5. Рассчитаем абсолютную и относительную погрешности определения радиуса шкива  $r$  и высоты  $h$ . Абсолютные погрешности  $\Delta r$  и  $\Delta h$  принимаем равными половине цены наименьшего деления измерительного инструмента (штангенциркуля и линейки соответственно), относительную погрешности определяем по формулам:  $\delta r = \frac{\Delta r}{r}$ ,  $\delta h = \frac{\Delta h}{h}$ .

6. Используя последовательно грузы  $m = m_1, m_2, m_3, m_4$ , определим время их прохождения пути  $h$ . Время движения груза  $m$  измерим с помощью секундомера, причем для уменьшения погрешности измерения времени для каждого груза  $m = m_1, m_2, m_3, m_4$  проведем по пять опытов и измерений  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$ . Для каждого груза найдем среднее значение времени движения, как среднее арифметическое значение пяти последовательных измерений:  $t_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$  ( $n = 5$ ).

Абсолютная погрешность измерения времени  $\Delta t$  в каждом опыте ( $m = m_1, m_2, m_3, m_4$ ):

$$\Delta t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |t_i - t_{cp}| \quad (n=5).$$

Относительная погрешность измерения времени:

$$\delta t = \frac{\Delta t}{t_{cp}} \quad \text{для каждого из четырех опытов } (m = m_1, m_2, m_3, m_4).$$

7. По найденным значениям  $t_{cp1}, t_{cp2}, t_{cp3}, t_{cp4}$  для каждого груза  $m_1, m_2, m_3, m_4$  вычислим соответствующие значения  $a_1, a_2, a_3, a_4$ , используя формулу  $a = \frac{2h}{(t_{cp})^2}$ .

8. По полученным значениям  $a_1, a_2, a_3, a_4$  рассчитаем соответствующие значения момента силы ( $M = m(g - a)r$ ):  $M_1, M_2, M_3, M_4$  и углового ускорения ( $\varepsilon = \frac{a}{r}$ ):  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ .

Таким образом, экспериментально получены координаты точек  $(M_1, \varepsilon_1)$ ,  $(M_2, \varepsilon_2)$ ,  $(M_3, \varepsilon_3)$ ,  $(M_4, \varepsilon_4)$ .

9. Оценим погрешности экспериментального определения моментов сил  $M_1, M_2, M_3, M_4$  и углового ускорения  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ . Поскольку определение величин моментов сил  $M$  и величины углового ускорения следует из косвенных измерений, то используем зависимости относительной погрешности  $\delta M$  и  $\delta \varepsilon$  от относительных погрешностей  $\delta r, \delta h, \delta t$ :

$$\delta M = \frac{a}{g-a} \delta a + \delta r, \quad \delta \varepsilon = \delta a + \delta r, \quad \text{где} \quad \delta a = \delta h + 2 \delta t.$$

Вычислив относительные погрешности  $\delta M_1, \delta M_2, \delta M_3, \delta M_4$  и  $\delta \varepsilon_1, \delta \varepsilon_2, \delta \varepsilon_3, \delta \varepsilon_4$ , получим абсолютные погрешности измерения моментов сил  $M$  и углового ускорения  $\varepsilon$  соответственно  $\Delta M_1, \Delta M_2, \Delta M_3, \Delta M_4$  и  $\Delta \varepsilon_1, \Delta \varepsilon_2, \Delta \varepsilon_3, \Delta \varepsilon_4$ , используя формулы:  $\Delta M = \delta M \cdot M$  и  $\Delta \varepsilon = \delta \varepsilon \cdot \varepsilon$ .

10. По точкам  $(M_1, \varepsilon_1), (M_2, \varepsilon_2), (M_3, \varepsilon_3), (M_4, \varepsilon_4)$  с учетом погрешностей экспериментального определения ускорения построим и проанализируем график зависимости  $\varepsilon = f(M)$ .

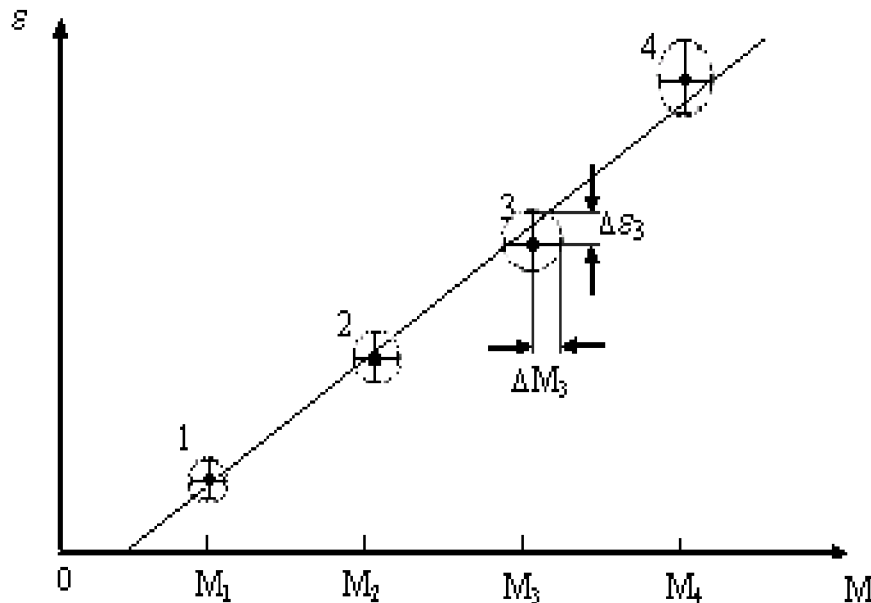


Рис. 2. График экспериментальной зависимости  $\varepsilon = f(M)$

### Контрольные вопросы

1. Угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение.
2. Момент инерции материальной точки и твердого тела.
3. Теорема Штейнера.
4. Момент силы. Плечо силы.
5. Момент количества движения.
6. Основной закон динамики вращательного движения.
7. График зависимости  $\varepsilon = f(M)$  в данной работе не проходит через начало координат! Почему?

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ (лабораторная работа №48)

**Цель работы:** изучение магнитного поля проводников с током и магнитного поля Земли.

**Приборы и принадлежности:** компас, катушка провода с круговыми витками, источник постоянного тока, реостат, двойной ключ (переключатель), амперметр, соединительные провода.

### Краткая теория

Основной характеристикой магнитного поля является индукция  $\vec{B}$ . Величина и направление вектора индукции магнитного поля, созданного элементом проводника  $d\vec{l}$  с током  $I$ , определяются с помощью закона Био-Савара-Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I [d\vec{l} \vec{r}]}{r^3}, \quad \text{где}$$

$d\vec{B}$  – индукция магнитного поля в точке, заданной радиус-вектором  $\vec{r}$ , проведенным от элемента проводника  $d\vec{l}$  до этой точки;

$[d\vec{l} \vec{r}]$  – векторное произведение векторов  $d\vec{l}$  и  $\vec{r}$ ;

$\mu_0$  – магнитная постоянная,  $\mu$  – магнитная проницаемость среды.

В скалярном виде закон Био-Савара-Лапласа:

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I dl \sin \alpha}{r^2}, \quad \text{где}$$

$\alpha$  – угол между векторами  $d\vec{l}$  и  $\vec{r}$ .

Магнитное поле может быть изображено графически с помощью силовых линий (линий индукции магнитного поля).

Силовая линия – это такая линия, касательная к которой в каждой точке совпадает по направлению с вектором индукции магнитного поля. Силовые линии магнитного поля, в отличие от силовых линий электростатического поля, являются замкнутыми.

Если имеется несколько источников магнитного поля, то, согласно принципу суперпозиции магнитных полей, индукция результирующего магнитного поля равна векторной сумме индукций всех отдельных магнитных полей, т.е.

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^N \vec{B}_i.$$

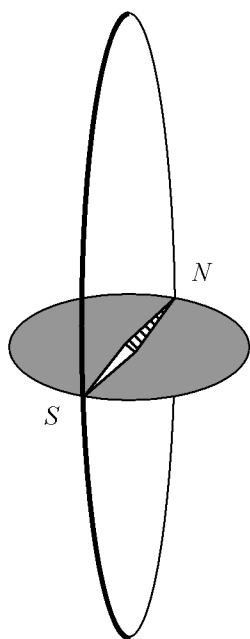


Рис. 1

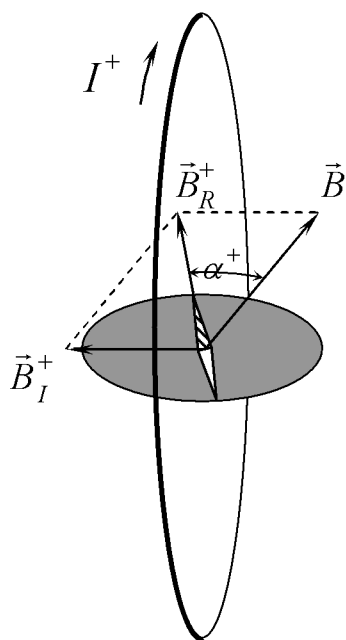


Рис. 1а

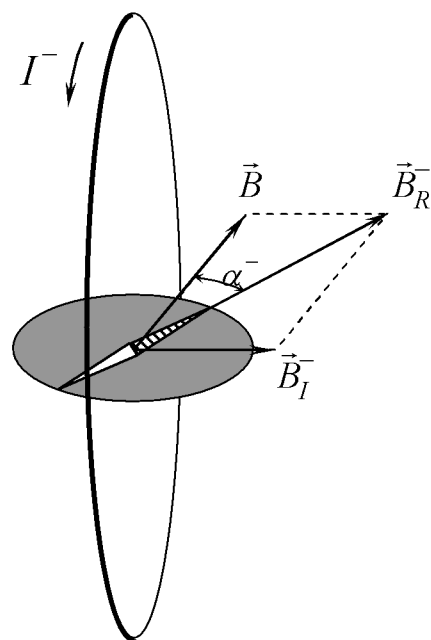


Рис. 1б

### Краткая теория эксперимента

Магнитное поле действует на магнитную стрелку, стремясь ориентировать ее вдоль силовых линий. На этом основана работа компаса, ориентация магнитной стрелки которого позволяет определить направление на северный и южный магнитные полюсы и связанные с ними географические полюсы Земли. Если магнитная стрелка может вращаться только в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси (например, как в обычном компасе), то ориентация магнитной стрелки соответствует направлению горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли. Для определения величины горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли магнитную стрелку компаса помещают в поле еще одного источника магнитного поля – в поле проводника с током. В этом случае магнитная стрелка оказывается в суммарном магнитном поле Земли и проводника с током, и по ее ориентации можно определить соотношение индукций магнитных полей Земли и проводника с током. В качестве проводника в данной лабораторной работе использована катушка с круговыми витками, а магнитная стрелка помещена в центр кругового тока, как показано на рис. 1.

Первоначально, при отсутствии тока в витках катушки плоскость катушки располагают так, чтобы в этой плоскости оказалась магнитная стрелка и, соответственно, плоскость магнитного меридиана Земли. После включения тока  $I^+$  в катушке (рис. 1а) магнитная стрелка компаса поворачивается на угол  $\alpha^+$ , ориентируясь по направлению суммарного (резльтирующего) магнитного поля  $\vec{B}_R^+$  ( $\vec{B}_R^+ = \vec{B} + \vec{B}_I^+$ ), состоящего из горизонтальной

составляющей индукции магнитного поля Земли  $\vec{B}$  и индукции магнитного поля кругового тока в центре витков катушки  $\vec{B}_I^+$ .

Величина индукции магнитного поля в центре катушки с током  $I^+$  :

$$B_I^+ = N \cdot \frac{\mu_0 I^+}{2r}, \quad \text{где } N - \text{число витков катушки,}$$

$\frac{\mu_0 I^+}{2r}$  – индукция магнитного поля, создаваемого одним витком катушки с

током  $I^+$  ( $r$  – радиус витков катушки).

Направление вектора индукции магнитного поля в центре кругового тока совпадает с осью витка и соответствует правилу правого винта (рис. 1а, 1б). Из рис. 1а видно, что величину горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли  $B$  можно найти, зная (рассчитав предварительно)  $B_I^+$  (индукцию магнитного поля в центре катушки с током  $I^+$ ) и измерив угол  $\alpha^+$  поворота магнитной стрелки при включении тока  $I^+$  :

$$B = \frac{B_I^+}{\operatorname{tg} \alpha^+}.$$

Для повышения точности измерений эксперимент повторяют, пропуская через катушку такой же как  $I^+$  по величине, но противоположный по направлению ток  $I^-$  ( $I^+ = I^- = I$ ). Вновь измеряют угол отклонения магнитной стрелки при включении тока  $I^-$ , т.е. угол  $\alpha^-$  (рис. 1б) и вычисляют угол  $\alpha$ , как среднее значение двух измерений:

$$\alpha = \frac{\alpha^+ + \alpha^-}{2}.$$

По найденному значению угла  $\alpha$  для величины тока  $I$  определяют горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли  $B$  :

$$B = \frac{N \mu_0 I}{2r \operatorname{tg} \alpha}.$$

Проделав пять таких двойных измерений угла отклонения магнитной стрелки ( $\alpha^+$ ,  $\alpha^-$ ) для пяти различных значений силы тока ( $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$ ) в витках катушки, необходимо рассчитать пять значений величины  $B$  ( $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$ ) и в итоге определить среднее значение горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли  $\langle B \rangle$  :

$$\langle B \rangle = \frac{B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5}{5}.$$

Абсолютная погрешность при определении величины  $B$  может быть найдена

следующим образом: 
$$\Delta B = \frac{1}{5} \sum_{n=1}^5 |B_n - \langle B \rangle|.$$

Окончательный результат:  $B = \langle B \rangle \pm \Delta B$ . Относительная погрешность:  $\delta = \frac{\Delta B}{\langle B \rangle}$

### Порядок выполнения работы

1. Подготовьте таблицу для результатов измерений и вычислений

Таблица

$n$	$I_n$ $A$	$\alpha^+$ $град$	$\alpha^-$ $град$	$\alpha$ $град$	$B_n$ $Tл$
1					
2					
3					
4					
5					

2. Ознакомьтесь с работой установки, изображенной на рис. 2 : включение и выключение с помощью ключа  $K$  ; изменение силы тока в цепи с помощью реостата  $R$  ; изменение направления тока в витках катушки с помощью переключателя  $\Pi$  (положению 1 переключателя соответствует ток  $I^+$ , а положению 2 соответствует ток  $I^-$ ); проведение измерений силы тока  $I$  с помощью амперметра  $A$  ; измерение угла  $\alpha$  отклонения магнитной стрелки компаса при включении тока в витках катушки.

3. Включите установку и проведите все необходимые измерения последовательно для силы тока  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$ . Результаты измерений занесите в таблицу.

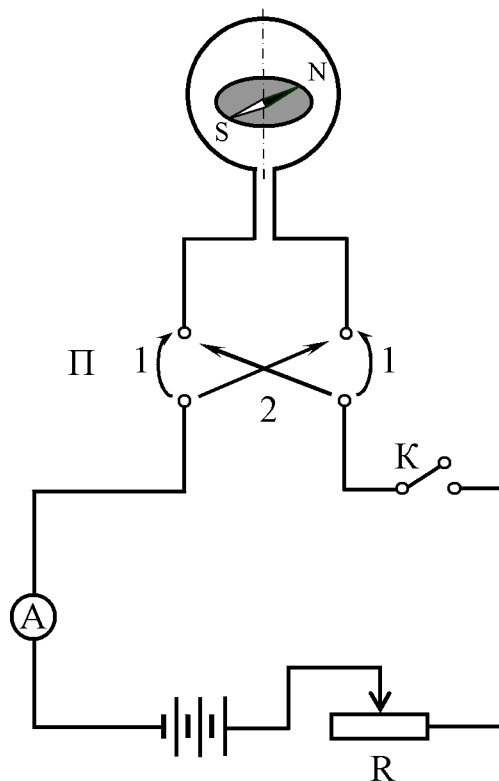


Рис. 2

4. Для каждого значения силы тока  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$  проведите расчет горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  и получите среднее значение  $\langle B \rangle$ .

(Радиус  $r$  и число витков  $N$  катушки приведены на установке.)

5. Рассчитайте абсолютную погрешность определения индукции магнитного поля Земли и запишите окончательный результат:

$$B = \langle B \rangle \pm \Delta B$$

6. Оцените относительную погрешность определения индукции магнитного поля Земли:

$$\delta = \frac{\Delta B}{\langle B \rangle} \cdot 100\%$$

### Контрольные вопросы

1. Назовите какие источники магнитного поля Вы знаете?
2. Запишите закон Био-Савара-Лапласа в векторной форме. Для случая линейного тока изобразите на рисунке все вектора, входящие в эту формулу.
3. Как определить направление вектора индукции магнитного поля, созданного линейным током, в любой точке пространства?
4. Запишите закон Био-Савара-Лапласа в скалярной форме. Поясните физический смысл всех величин, входящих в эту формулу.
5. Получите формулу для определения индукции магнитного поля в центре кругового тока.
6. Дайте определение силовой линии магнитного поля. В чем отличие силовых линий магнитного поля от силовых линий электростатического поля?