

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

# **Физика**

**Механика. Молекулярная физика и термодинамика.**

**Электростатика. Магнетизм.**

Методические указания и задания к контрольной работе № 1  
для студентов технических специальностей заочной формы обучения

Екатеринбург

УрФУ

2017

Составители Е.А.Гора, О.Г.Гребенкина, Н.А.Зайцева

**ФИЗИКА. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электростатика. Магнетизм:** метод. указания и задания к контрольной работе № 1 / сост. Е.А.Гора, О.Г.Гребенкина, Н.А. Зайцева. Екатеринбург : УрФУ, 2017.

Приведены методические указания к решению задач, примеры решения типичных задач, задания и таблица вариантов контрольной работы № 1.

Задания составлены в соответствии с действующей рабочей программой по физике для студентов заочной формы обучения. Они могут быть использованы также студентами очной формы обучения в качестве домашних заданий.

Библиогр.: 10 назв.

Подготовлено кафедрой физики.

© УрФУ, 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам-заочникам инженерно-технических специальностей высших учебных заведений в изучении курса физики.

Учебный материал программы курса разделен на четыре раздела. Каждому разделу соответствует определенная контрольная работа.

По каждой теме заданий контрольной работы приведены основные формулы и законы, необходимые для решения задач, а также подробные решения типичных задач и примеры их оформления.

Даны таблицы вариантов и тексты задач контрольных работ.

Кроме того, здесь же приведены общие методические указания, которые необходимо учитывать при выполнении и оформлении контрольных заданий.

***Обязательно внимательно прочитайте указания, приведенные ниже, и учтите все рекомендации по оформлению и срокам выполнения работ!***

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Основной формой обучения студента-заочника является самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы в периоды экзаменационных сессий читаются лекции и проводятся лабораторные работы. Процесс изучения физики состоит из следующих этапов:

I. Самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями [1 – 10]. О правилах самостоятельной работы студентов над учебными пособиями подробно говорится на установочных лекциях, которые обычно читаются в УрФУ перед началом изучения каждой части курса физики; сроки этих лекций сообщаются студентам-заочникам деканатом заочного факультета.

II. Выполнение контрольных работ.

III. Прохождение лабораторного практикума.

IV. Сдача зачетов и экзаменов.

### **Самостоятельная работа**

При самостоятельной работе над учебным материалом необходимо:

1. Изучать курс физики систематически в течение всего семестра. Изучение материала курса только лишь перед экзаменом не позволит получить глубокие и прочные знания.

2. В качестве основного учебного пособия использовать один из рекомендованных учебников, чтобы не утрачивалась логическая связь между отдельными вопросами. В конце методического пособия приведен список литературы для самостоятельной работы над материалом курса.

3. Составлять конспект при работе над учебным материалом, в котором записывать законы и формулы, выражающие эти законы, определения основных физических величин и сущность физических явлений и методов исследования.

4. Решить контрольные работы. Контрольные работы призваны закрепить теоретический материал и позволить более глубоко разобраться в материале при решении конкретных задач.

5. Прослушать курс обзорных лекций по физике для студентов-заочников, организуемый в начале каждой сессии. Пользоваться очными консультациями преподавателей.

### **Выполнение контрольных работ**

При выполнении контрольных работ студенту необходимо руководствоваться следующим:

1. Номер варианта контрольной работы определяется последней цифрой его шифра. Шифр – номер зачетной книжки. Номера задач каждого варианта определяются таблицей вариантов, приведенной в указаниях.

2. Контрольные работы выполняются в обычной школьной тетради, на лицевой стороне которой (на обложке) приводятся сведения по следующему образцу:

Студент заочного факультета УрФУ

специальность

Андреев И. В.

Шифр 253720

Адрес: 620460, г. Верхняя Салда,

ул. Восточная, д. 16, кв. 54

Контрольная работа № 1 по физике

3. Условия задач в контрольной работе переписываются полностью без сокращений. На страницах тетради оставляются поля для замечаний преподавателя и после каждой решенной задачи необходимо оставлять место для замечаний преподавателя и для ответа на эти замечания. Каждая следующая задача должна начинаться с новой страницы.

4. В конце контрольной работы указывается, каким основным учебником или учебным пособием пользовался студент при изучении курса физики (название, автор, год издания).

5. На рецензию следует высылать одновременно не более одной работы во избежание одних и тех же ошибок. Очередную работу нужно высылать только после получения рецензии на предыдущую работу.

6. Если контрольная работа при первой проверке не зачтена, то студент обязан представить ее на повторную проверку **не позднее чем за две недели до начала сессии**, включив в нее те задачи, решение которых оказалось неверным. Зачтенные задачи заново переписывать не надо. Если работа для повторной проверки переписана заново, то ее надо представлять вместе с уже проверенной работой.

7. Защита выполненных, но незачтенных работ производится во время экзаменационной сессии в форме собеседования с преподавателем (дни и часы защиты работ указываются в расписании).

8. В том случае, когда работа зачтена, студенту отсылается только обложка работы с отметкой преподавателя и его росписью.

Обложка зачтенной контрольной работы предъявляется экзаменатору перед началом экзамена.

### **Указания к решению и оформлению задач**

1. Записать условие задачи полностью.

2. Выписать численные данные и перевести их в Международную систему измерения физических величин (СИ).

3. Выполнить чертеж или рисунок, поясняющий содержание задачи, показав на нем соответствующие обозначения физических величин, используемых при решении именно этой задачи.

4. Проанализировать условия задачи и указать основные законы, которые нужно применить для решения, указать, почему их можно применить и записать их аналитическую форму. Пояснить буквенные обозначения физических величин, входящих в эти формулы. Если величины векторные, то на рисунке показать их направления и пояснить, как определяются эти направления.

Если при решении задач применяется частная формула, не выражающая какой-нибудь закон или не являющаяся определением какой-либо физической величины, то ее следует вывести.

5. Необходимо сопровождать весь ход решения задачи краткими, но исчерпывающими пояснениями. Результатом анализа и решения задачи является составление системы уравнений, которая включает в себя все искомые величины.

6. Получить решение задачи в аналитическом виде, т. е. выразить искомые величины через заданные величины в буквенном виде и стандартные физические постоянные.

7. Подставить в полученную формулу численные значения всех величин, выраженных в системе СИ. Произвести вычисления и получить искомый результат. Записать ответ, указав единицы измерения искомой величины.

Проанализировать полученный результат.

Чтобы разобраться в предложенных задачах и выполнить контрольную работу правильно, следует после изучения теории очередного раздела учебника внимательно разобрать помещенные в настоящих указаниях примеры решения типовых задач, близких по уровню сложности к задачам контрольной работы.

### **Выполнение лабораторных работ**

Лабораторные работы выполняются студентами-заочниками в лабораториях кафедры физики УрФУ в периоды экзаменационных сессий, часы и даты этих занятий указываются в сессионном расписании.

### **Сдача экзаменов**

После выполнения всех видов работ, предусмотренных учебным планом, студенты сдают экзамен или зачет. Расписание контрольных мероприятий составляется деканатом заочного факультета.

На экзамен или зачет студент должен явиться, имея при себе зачетную книжку, в которой должна быть запись преподавателя о том, что лабораторные работы студент выполнил. Кроме этого, на руках у него должна быть корочка зачетной контрольной работы (одной или двух, согласно учебному плану).

Расписание пересдач в межсессионный период вывешивается около деканата заочного факультета и на доске объявлений на кафедре физики.

# ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 1

по курсу физики

Вариант	Номера задач									
1	101	111	121	131	141	151	161	171	181	191
2	102	112	122	132	142	152	162	172	182	192
3	103	113	123	133	143	153	163	173	183	193
4	104	114	124	134	144	154	164	174	184	194
5	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195
6	106	116	126	136	146	156	166	176	186	196
7	107	117	127	137	147	157	167	177	187	197
8	108	118	128	138	148	158	168	178	188	198
9	109	119	129	139	149	159	169	179	189	199
10	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200

Если возникают затруднения при решении задач, рекомендуется воспользоваться методическими пособиями, представленными на сайте кафедры физики УрФУ:

Задачи 1-3: [МЕХАНИКА](#)

Задачи 4-5: [МКТ и ТЕРМОДИНАМИКА](#)

Задачи 6-8: [ЭЛЕКТРОСТАТИКА](#)

Задачи 9-10: [ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ](#).

В указанных пособиях представлены основные формулы для решения и сделан подробный разбор типовых задач.

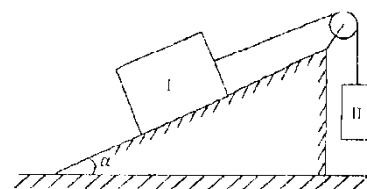
## Задача 1



101. Небольшое тело пускают снизу вверх по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. Коэффициент трения тела о плоскость  $\mu = 0,1$ . Определить отношение времени подъема тела  $t_1$  ко времени его соскальзывания  $t_2$  до первоначальной точки.

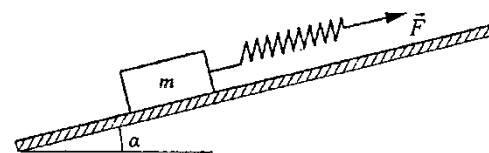
102. Ледяная горка составляет с горизонтом угол  $\alpha = 10^\circ$ . По ней пускают вверх камень, который, поднявшись на некоторую высоту, соскальзывает по тому же пути вниз. Найти коэффициент трения  $\mu$ , если время спуска в  $n = 2$  раза больше времени подъема.

103. Два бруска массами  $m_1 = 5$  кг и  $m_2 = 3$  кг связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок. Брусок I может скользить по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Коэффициент трения бруска I о наклонную плоскость  $\mu = 0,1$ . Найти ускорение, с которым движутся бруски и силу натяжения нити.



104. Грузы массами  $m_1 = 4$  кг и  $m_2 = 5$  кг связаны между собой нитью, перекинутой через неподвижный блок. Первый груз расположен на горизонтальном столе, второй висит на вертикальной части нити. Определите ускорение грузов  $a$  и силу натяжения нити  $T$  при условии, что коэффициент трения груза о стол  $\mu = 0,1$ . Нить считать невесомой и нерастяжимой, массой блока пренебречь.

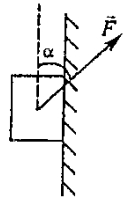
105. Тело массой  $m = 0,8$  кг движется вверх по плоскости, наклоненной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. К телу прикреплен пружина жесткости  $k = 120$  Н/м, к которой приложена сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Коэффициент трения между телом и плоскостью  $\mu = 0,4$ . Ускорение тела равно  $a = 1,2$  м/с<sup>2</sup>. Определить деформацию пружины  $\Delta l$ .



106. Тело начинает скользить вниз по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . У основания плоскости тело

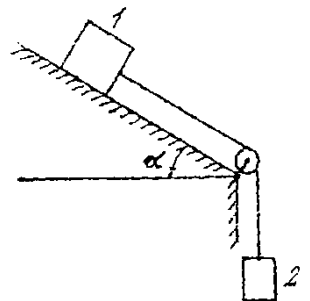
ударяется о стенку, поставленную перпендикулярно к направлению его движения, и отскакивает без потери скорости. Определить коэффициент трения  $\mu$  при движении тела, если после удара оно поднялось до половины первоначальной высоты.

107. Брусок массой 4 кг может двигаться только вдоль вертикальных направляющих, расположенных на вертикальной стене. Коэффициент трения бруска о направляющие  $\mu = 0,1$ . Если а брусок действует сила  $\vec{F}$ , по модулю равная 20 Н и направленная под углом  $\alpha = 60^\circ$  к вертикали (см. рисунок). Определить ускорение бруска.

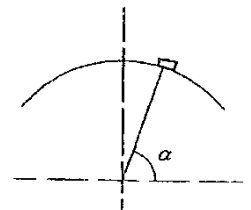


108. Санки массой  $m = 10$  кг, стоящие на льду, в течение  $t = 1,0$  стянут с постоянной силой  $F = 100$  Н при помощи веревки, образующей угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтом, после чего веревку отпускают и забрасывают на санки. Коэффициент трения санок о лед  $\mu = 0,10$ . Пренебрегая массой веревки, определить путь  $l_\Sigma$ , пройденный санками за все время их движения.

109. Грузы 1 и 2 с массами  $m_1 = 1,5$  кг и  $m_2 = 0,5$  кг связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый неподвижный блок. Угол наклона поверхности  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения между поверхностью и телом  $\mu = 0,2$ . Найти модуль ускорения тел и величину силы натяжения.



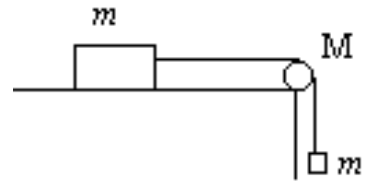
110. Автомобиль массой  $m = 600$  кг въезжает на выпуклый мост, представляющий собой дугу окружности радиусом  $R = 120$  м. Скорость автомобиля равна  $v = 108$  км/ч. В некоторый момент времени радиус-вектор, проведенный из центра кривизны моста в точку, где находится автомобиль,



составляет с горизонталью угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определить силу нормального давления автомобиля на мост в этой точке.

## Задача 2

111. Блок массой  $M = 1,0$  кг укреплен на конце стола. Гири 1 и 2 одинаковой массы  $m_1 = m_2 = m = 1,0$  кг соединены нитью, перекинутой через блок. Коэффициент трения гири 2 о стол  $\mu = 0,1$ . Найдите ускорение с которым движутся гири, и силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  нитей. Блок считать однородным диском. Трением в блоке пренебречь.



112. Блок, массу  $m = 2,0$  кг которого можно считать равномерно распределенной по ободу, вращается с начальной частотой  $n_0 = 12$  об/с. Диаметр блока равен  $D = 30$  см. Определите, какой момент сил надо приложить к блоку, чтобы он, двигаясь равнозамедленно, остановился в течение  $\Delta t = 8,0$  с. Сколько оборотов он сделает до остановки?

113. Велосипедное колесо вращается с частотой  $n = 5$  с<sup>-1</sup>. Под действием сил трения оно остановилось через интервал времени  $\Delta t = 1$  мин. Определите угловое ускорение и число оборотов  $N$ , которое сделает колесо за это время.

114. Однородный стержень длиной  $l = 1,2$  м и массой  $m = 0,3$  кг вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов с угловым ускорением  $\varepsilon = 9,81$  с<sup>-1</sup>. Сколько оборотов сделает стержень за время  $t = 5,0$  с, если он начал вращаться из состояния покоя? Как изменится вращающий момент, если ось вращения переместить в центр масс стержня, а действующая сила не изменяется?

115. Диск, момент инерции которого  $J = 40$  кг·м<sup>2</sup>, начинает вращаться равноускоренно под действием момента силы  $M = 20$  Н·м. 1) Какой момент импульса будет иметь тело через  $t = 10$  свращения? На рисунке покажите

направление этого момента импульса; 2) Сколько полных оборотов сделает диск за этот промежуток времени?

116. Цилиндр, расположенный горизонтально, может вращаться около оси, совпадающей с осью цилиндра. Масса цилиндра  $m_1 = 12$  кг. На цилиндр намотали шнур, к которому привязали гирию массой  $m_2 = 1$  кг. С каким ускорением будет опускаться гирия? Какова сила натяжения шнура во время движения гири?

117. Две гири разной массы соединены нитью, перекинутой через блок, момент инерции которого  $J = 50$  кг·м<sup>2</sup> и радиус  $R = 20$  см. Блок вращается с трением и момент сил трения равен  $M = 98,1$  Нм. Найдите разность сил натяжений нити ( $T_1 - T_2$ ) по обе стороны блока, если известно, что блок вращается с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 2,36$  рад/с<sup>2</sup>.

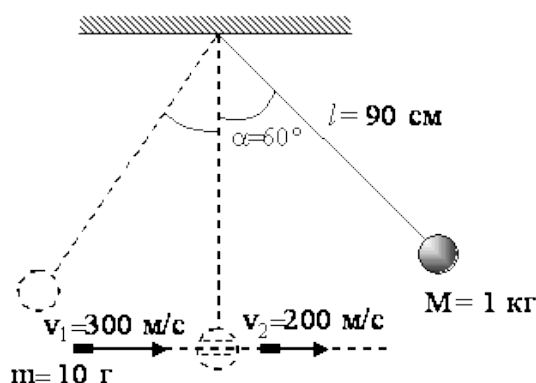
118. По ободу шкива, насаженного на общую ось с маховым колесом, намотана нить, к концу которой подвешен груз массой  $m = 4,0$  кг. На какое расстояние должен опуститься груз, чтобы колесо со шкивом получило скорость, соответствующую частоте  $n = 60$  об/мин? Момент инерции колеса со шкивом  $I = 0,42$  кг·м<sup>2</sup>, радиус шкива  $r = 10$  см.

119. Маховое колесо, имеющее момент инерции  $I = 245$  кг·м<sup>2</sup>, вращается, делая  $n = 20$  об/с. После того как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось, сделав  $N = 1000$  оборотов. Найдите момент сил трения  $M_{тр}$  и время  $\tau$ , прошедшее от момента прекращения действия вращающего момента до полной остановки колеса.

120. Цилиндрическое тело жестко закреплено на горизонтальной оси радиуса  $r = 8$  мм. На ось намотан шнур, к концу которого прикреплен груз массой  $m = 2,0$  кг. Система из состояния покоя приводится во вращение под действием опускающегося груза. Определите момент инерции тела, если груз в течение  $t = 12$  с опускается на расстояние  $h = 1$  м. Силой трения можно пренебречь.

### Задача 3

121. Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол  $60^\circ$  и отпускают. В момент прохождения шаром положения равновесия в него попадает пуля массой 10 г, летящая навстречу шару со скоростью 300 м/с. Пуля пробивает шар и вылетает горизонтально со скоростью 200 м/с, после чего шар продолжает движение в прежнем направлении. На какой максимальный угол отклонится шар после попадания в него пули? (Массу шара считать неизменной, диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити.)



122. Стержень длиной 1,0 м и массой 7 кг может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его верхний конец. В нижний конец стержня ударяет пуля массой  $m = 10,0 \text{ г}$ , летящая в горизонтальном направлении со скоростью  $V_0 = 500 \text{ м/с}$ , и пробивает его. С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет двигаться стержень сразу после удара, если пуля вылетает из стержня со скоростью  $V_1 = 200 \text{ м/с}$ ?

123. Два одинаковых маленьких **пластилиновых** шарика подвешены на нитях одинаковой длины так, что касаются друг друга. Левый шарик отклоняют влево на угол  $\alpha = 30^\circ$ , а правый вправо на угол  $\beta = 60^\circ$  от вертикали и отпускают без начальной скорости. При дальнейшем движении шариков происходит неупругий удар нижней точке траектории. На какой

угол  $\gamma$  отклонятся шарики от вертикали после удара? Найти долю потерянной энергии при этом взаимодействии.

124. Однородный стержень длиной  $l = 1,5$  м и массой  $M = 10$  кг может вращаться вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня перпендикулярно его длине. В середину стержня ударяет пуля массой  $m = 10$  г, летящая в горизонтальном направлении со скоростью  $V = 500$  м/с, и застревает в стержне. Какую линейную скорость будет иметь конец стержня сразу после удара?

125. Шар массой  $m = 3$  кг скатывается без проскальзывания с вершины наклонной плоскости высотой  $h = 4$  м без начальной скорости. Длина ската наклонной плоскости  $l = 8$  м, а значение коэффициента трения тела одинаково на протяжении всего пути и равно  $\mu = 0,1$ . Найдите расстояние, которое пройдет шар от подножья наклонной плоскости до своей полной остановки.

126. Пуля летит горизонтально со скоростью  $v_0 = 160$  м/с, пробивает стоящую на горизонтальной шероховатой поверхности коробку и продолжает движение в прежнем направлении со скоростью  $\frac{1}{4} v_0$ . Масса коробки в 12 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между коробкой и поверхностью  $\mu = 0,3$ . На какое расстояние  $S$  переместится коробка к моменту, когда ее скорость уменьшится на 20% ?

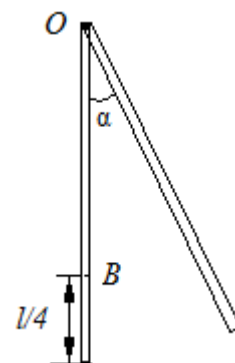
127. Два маленьких шарика массами  $m_1 = 10$  г и  $m_2 = 20$  г висят на длинных одинаковых вертикальных нитях. Между ними находится сжатая пружина, которая удерживается в сжатом состоянии связывающей ее нитью. Потенциальная энергия деформации пружины  $W_p = 0,05$  Дж. Нить, связывающую тела, пережигают. Найти максимальные высоты  $h_1$  и  $h_2$ , на которые поднимутся шарики.

128. Деревянный стержень длиной  $l = 1,0$  м и массой  $M = 5,0$  кг может вращаться вокруг перпендикулярной к нему оси,



проходящей через точку  $O$ , расположенную на верхнем конце стержня. В нижний конец стержня попадает пуля массы  $m = 10,0$  г, летящая перпендикулярно к оси и к стержню со скоростью  $V_0 = 200$  м/с и пробивает его. После удара пуля продолжает двигаться в прежнем направлении со скоростью  $V = 100$  м/с. Определите, какая доля первоначальной энергии пули перешла в тепло?

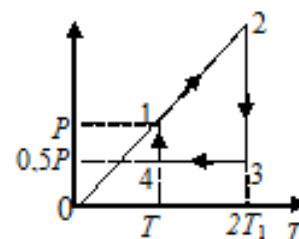
129. Тонкий однородный стержень длиной  $l = 1$  м может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$  на стержне. Стержень отклонили от вертикали на угол  $\alpha = \pi/3$  и отпустили. Определите угловую скорость стержня и линейную скорость точки  $B$  на стержне в момент прохождения им положения равновесия.



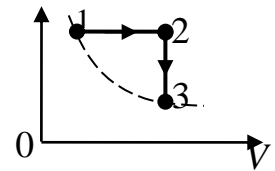
130. На идеально гладком столе лежат два груза, массы которых относятся как 1:3. Грузы соединены между собой сжатой пружиной жесткостью  $k = 1000$  Н/м. Пружина удерживается в сжатом состоянии с помощью тонкой нерастяжимой нити. После пережигания нити пружина разжимается, и более легкий груз приобретает кинетическую энергию  $W_k = 60$  Дж. Определить величину деформации  $\Delta l$  сжатой пружины.

#### Задачи 4

131. На графике изображен цикл с идеальным одноатомным газом неизменной массы количеством  $\nu = 2$  моль. Представьте график цикла в координатах  $P - V$  и определите количество теплоты, полученное газом за цикл, если параметры газа в состоянии 1 равны  $T_1 = 300$  К, а давление  $P_1 = 10^5$  Па.



132. Два моля идеального одноатомного газа сначала изобарно нагрели, а затем, изохорно охладили до первоначальной температуры при этом давление газа уменьшилось в три раза (см. рис.). После этого система



изотермически вернулась в начальное состояние. Начальная температура газа равна  $T = 400$  К. Какое количество теплоты получил газ за весь процесс?

133. Три моля идеального газа, находящегося при температуре  $T_1 = 273$  К, изотермически расширился в пять раз, а затем изохорически нагрели так, что в конечном состоянии давление стало равно первоначальному. За весь процесс газу сообщили количество теплоты равное  $Q = 80$  кДж. Постройте график процесса в координатах  $P - V$ . Найдите: а) коэффициент Пуассона  $\gamma$  для этого газа, б) приращение внутренней энергии  $\Delta U$ , работу  $A_{1-2-3}$ .

134. Один килограмм воздуха, находящийся при давлении  $P = 10^6$  Па и температуре  $T = 500$  К, изотермически расширяется так, что давление уменьшается в четыре раза. После этого газ адиабатически сжимается до первоначального давления, а затем изобарически возвращается в первоначальное состояние. Нарисовать график процесса в координатах  $P - V$ . Определите работу, совершенную газом за цикл.

135. Один моль идеального одноатомного газа переводят из состояния 1 с температурой  $T_1 = 300$  К в состояние 2 таким образом, что в течение всего процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объему. В ходе этого процесса газ получает количество теплоты  $Q = 14958$  Дж. Во сколько раз  $n$  уменьшается в результате этого процесса плотность газа?

136. 14 г азота адиабатически расширяется, причем давление падает от  $P_1 = 2 \cdot 10^5$  Па до  $P_2 = 1 \cdot 10^5$  Па. Затем газ нагревается при постоянном объеме до первоначальной температуры  $T_1 = 420$  К. Постройте график процесса в координатах  $P - V$ . Определите приращение внутренней энергии  $\Delta U_{1-2-3}$  и работу газа  $A_{1-2-3}$  за весь процесс.



137. Азот массой  $m = 5,6$  г при давлении  $P_1 = 10^5$  Па имел объем  $V_1 = 5$  л, а в конечном состоянии при давлении  $P_3 = 3 \cdot 10^5$  Па объем  $V_3 = 2$  л. Переход от первого состояния ко второму произведен в два этапа: сначала по изохоре, а затем по адиабате. Постройте график процесса в координатах  $P - V$  и определите приращение внутренней энергии  $\Delta U_{1-2-3}$ , работу газа и количество теплоты, полученное, за весь процесс.

138. При изотермическом расширении 2 кг водорода, взятых при давлении  $P_1 = 10^5$  Па и объеме  $V_1 = 8,31$  м<sup>3</sup>, была совершена работа  $A = 5,47 \cdot 10^6$  Дж. После изотермического расширения газ был адиабатически сжат, причем была совершена такая же по величине работа, что и при расширении. Постройте график этого процесса в координатах  $P - V$ , предварительно вычислив параметры второго состояния  $P_2, V_2$  (в конце изотермического расширения) и параметры конечного состояния  $P_3, V_3$ . Вычислите количество теплоты, полученное газом за весь процесс.

139. Двухатомный газ в количестве  $\nu = 10^2$  моль занимает объем  $V_1 = 0,5$  л, при давлении  $P_1 = 50$  кПа. Газ сжимается адиабатически до некоторого объема  $V_2$  и давления  $P_2$ . Затем он охлаждается при постоянном объеме до первоначальной температуры, причем его давление становится равным  $P_3 = 100$  кПа. Постройте график этого процесса в координатах  $P - V$ , предварительно вычислив параметры второго состояния  $P_2, V_2$  (в конце адиабатического сжатия) и параметр  $V_3$  конечного состояния. Вычислите работу, совершенную газом за весь процесс.

140. Два моля идеального одноатомного газа сначала охладили, а затем нагрели до первоначальной температуры  $T_1 = 300$  К, увеличив объем газа в 3 раза. После этого система вернулась в начальное состояние (см. рисунок). Приведите

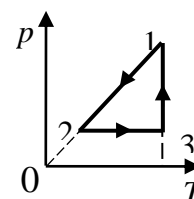


график этого цикла в координатах  $P - V$ . Какое количество теплоты отдал газ за цикл?

### Задача 5

141. Масса  $m = 10$  г кислорода изобарически нагревается от температуры  $t_1 = 50^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 150^\circ\text{C}$ . Найти приращение  $\Delta S$  энтропии в этом процессе.

142. Воду массой  $m = 0,1$  кг нагревают от  $20^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  и превращают в пар. Удельная теплоемкость воды  $c_{уд} = 4,19 \cdot 10^3$  Дж/кл·К, удельная теплота парообразования воды  $\lambda = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/К. Найти изменение энтропии при нагревании воды и превращении её в пар.

143. При изобарическом расширении массы  $m = 8$  г гелия от объема  $V_1 = 10$  л до объема  $V_2 = 25$  л приращение  $\Delta S$  энтропии равно ... Дж/К.

144. При изотермическом расширении массы  $m = 6$  г водорода от давления  $p_1 = 100$  кПа до давления  $p_2 = 50$  кПа приращение  $\Delta S$  энтропии равно ... Дж/К.

145. В результате нагревания одного моля азота его абсолютная температура увеличилась вдвое, а энтропия увеличилась на  $\Delta S = 14,4$  Дж/К. Изобарически или изохорически производилось нагревание газа?

146. При переходе массы  $m = 6$  г водорода от объема  $V_1 = 20$  л под давлением  $P_1 = 150$  кПа к объему  $V_2 = 60$  л под давлением  $P_2 = 100$  кПа найти приращение  $\Delta S$  энтропии.

147. Смешали воду массой  $m_1 = 5$  кг при температуре  $T_1 = 280$  К с водой массой  $m_2 = 8$  кг при температуре  $T_2 = 350$  К. Найдите температуру смеси  $T$  и изменение энтропии  $\Delta S$ , происходящее при смешивании.

148. Кусок льда массой  $m = 0,2$  кг, взятый при  $t_1 = -10^\circ\text{C}$ , был нагрет до температуры  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  и расплавлен. Определить изменение энтропии  $\Delta S$  в ходе указанных процессов.

149. Изменение энтропии при изохорическом охлаждении кислорода от  $550$  до  $275$  К составило  $\Delta S = - 28,80 \cdot 10^3$  Дж/К? Сколько молей кислорода было использовано?

150. В результате нагревания  $m = 22$  г азота его абсолютная температура увеличилась в  $n = 1,2$  раза, а энтропия увеличилась на  $\Delta S = 4,19$  Дж/К. При каких условиях производилось нагревание (при постоянном объеме или при постоянном давлении)?

### Задача 6

151. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого бесконечно протяженной заряженной нитью, как функцию расстояния  $r$  от нити. Линейная плотность заряда нити равна  $\tau = 5,0$  нКл/м. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ .

152. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого тонкостенным, бесконечно протяженным, металлическим цилиндром радиуса  $R = 5,0$  см, как функцию расстояния  $r$  от оси цилиндра. Поверхностная плотность заряда цилиндра равна  $\sigma = 10$  нКл/м<sup>2</sup>. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ . 58

153. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого сплошным стеклянным, бесконечно протяженным цилиндром радиуса  $R = 1,0$  см, как функцию расстояния  $r$  от оси цилиндра. Объемная плотность заряда цилиндра равна  $\rho = 20$  нКл/м<sup>3</sup>. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ . Диэлектрическая проницаемость стекла  $\epsilon = 6$ .

154. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого сплошным металлическим, бесконечно протяженным цилиндром радиуса  $R = 10$  см, как функцию расстояния  $r$  от оси цилиндра. Заряд, приходящийся на один метр длины цилиндра, равен  $q/l = 10$  нКл/м. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ .

155. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого металлической сферической поверхностью радиуса  $R = 10$  см, как функцию расстояния  $r$  от центра сферы. Заряд сферы равен  $q = 30$  нКл. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ .

156. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого сплошным металлическим шаром радиуса  $R = 10$  см, как функцию расстояния  $r$  от центра шара. Заряд шара равен  $q = 33$  нКл. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ .

157. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого сплошным эбонитовым шаром радиуса  $R = 10$  см, как функцию расстояния  $r$  от центра шара. Объемная плотность заряда шара равна  $\rho = 10$  нКл/м<sup>3</sup>. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ . Диэлектрическая проницаемость эбонита  $\varepsilon = 2,6$ .

158. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого заряженной, бесконечно протяженной металлической плоскостью, как функцию расстояния  $r$  от плоскости. Поверхностная плотность заряда плоскости равна  $\sigma = 10$  нКл/м<sup>2</sup>. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ .

159. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, создаваемого стеклянной бесконечно протяженной пластиной толщиной  $h = 10$  см, как функцию расстояния  $r$  от центра пластины. Объемная плотность заряда пластины равна  $\rho = 20$  нКл/м<sup>3</sup>. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ . Диэлектрическая проницаемость стекла  $\varepsilon = 6$ . 59

160. Электрическое поле создается тонкостенным, бесконечно протяженным металлическим цилиндром радиуса  $R = 5,0$  см и бесконечно протяженной заряженной нитью, расположенной вдоль оси цилиндра. Используя теорему Гаусса, найдите напряженность поля, как функцию расстояния  $r$  от оси цилиндра. Поверхностная плотность заряда цилиндра равна  $\sigma = 10$  нКл/м<sup>2</sup>, а линейная плотность заряда нити равна  $\tau = 5,0$  нКл/м. Постройте график зависимости  $E = f(r)$ .

### Задача 7

161. Какая работа  $A$  совершается при перенесении точечного заряда  $q = 20$  нКл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии  $r = 1$  см от

поверхности шара радиусом  $R = 1$  см с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 10$  мкКл/м<sup>2</sup>.

162. На расстоянии  $r_1 = 20$  см от бесконечно длинной заряженной нити находится точечный заряд  $q = 7 \cdot 10^{-10}$  Кл. Под действием поля заряд перемещается до расстояния  $r_2 = 40$  см. При этом силами поля совершается работа  $A = 5,0 \cdot 10^{-6}$  Дж. Найти линейную плотность заряда нити  $\tau$ .

163. Электрон с энергией  $W_k = 6,4 \cdot 10^{-17}$  Дж (в бесконечности) движется вдоль линии напряженности по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом  $R = 10$  см. Определить минимальное расстояние  $r_{\min}$ , на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если ее заряд  $Q = -10$  нКл.

164. Около заряженной бесконечно протяженной плоскости находится точечный заряд  $q = 70$  нКл. Под действием поля заряд перемещается по силовой линии на расстояние  $\Delta r = 2$  см, при этом силы поля совершают работу  $A = 5$  мкДж. Найти поверхностную плотность заряда на плоскости.

165. Электрон влетает в плоский горизонтально расположенный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью  $v_0 = 10^7$  м/с. Напряженность поля в конденсаторе  $E = 10$  кВ/м, длина конденсатора  $l = 4$  см. Найти модуль и угол, который составит вектор скорости электрона по отношению к горизонтальной оси при вылете его из конденсатора.

166. Электрон влетает в плоский воздушный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью  $V = 6 \cdot 10^5$  м/с. Расстояние между пластинами  $d = 1$  см, разность потенциалов  $U = 339$  В. Длина его пластин  $L = 5$  см. Определите поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора (в пкКл/м<sup>2</sup>) и линейное отклонение электрона, вызванное полем конденсатора (в мм).

167. Электрическое поле образовано положительно заряженной бесконечно длинной нитью. Двигаясь под действием этого поля от точки, находящейся на расстоянии  $r_1 = 1$  см от нити, до точки  $r_2 = 4$  см,  $\alpha$  - частица

изменила свою скорость от  $V_1 = 0,2 \cdot 10^6$  м/с до  $V_2 = 3 \cdot 10^6$  м/с. Определите линейную плотность заряда  $\tau$  на нити. ( $q_\alpha = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m_\alpha = 6,69 \cdot 10^{-27}$  кг).

168. Шарик массой  $m = 40$  мг, имеющий положительный заряд  $q = 1$  нКл, движется со скоростью  $V = 10$  см/с из бесконечности. Чему равно минимальное расстояние  $r$ , на которое может приблизиться шарик к положительному точечному заряду  $q_0 = 1,33$  нКл?

169. Два шарика с зарядами  $q_1 = 5$  нКл и  $q_2 = 10$  нКл находятся на расстоянии  $r_1 = 40$  см друг от друга. Найти работу  $A$ , которую надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния  $r_2 = 25$  см.

170. Электрическое поле образовано положительно заряженной бесконечно длинной нитью с линейной плотностью заряда  $\tau = 0,2$  мкКл/м. Какую скорость получит покоящийся электрон под действием сил поля, приблизившись к нити с расстояния  $r_1 = 1$  см до расстояния  $r_2 = 0,5$  см?

### Задача 8

171. Первоначально покоящийся электрон ускоряется в течение  $1$  нс электрическим полем конденсатора емкостью  $C = 10$  мкФ. Энергия конденсатора  $W = 20$  Дж, а расстояние между его пластинами  $d = 10$  см. Определите, чему равна разность потенциалов  $U$  между обкладками конденсатора (в кВ), и какую работу совершают силы поля при движении электрона (в эВ).

172. Заряженный металлический шар, имеющий потенциал  $\phi_1 = 100$  В и заряд  $q_1 = 20$  мкКл, соединяют металлическим проводником с другим шаром такого же радиуса, имеющего заряд  $q_2 = 10$  мкКл. Чему будет равен потенциал шаров  $\phi$  после установления равновесия зарядов и чему равны заряды  $q'_1$  и  $q'_2$ ?

173. Плоский конденсатор, на пластины которого подана некоторая разность потенциалов, заполнен диэлектриком. Его энергия при этом  $W = 20$  мкДж. После того как конденсатор отключили от источника напряжения, диэлектрик вынули. Работа, которую совершили против сил электрического поля, чтобы вынуть диэлектрик, равна  $A = 70$  мкДж. Найти диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  диэлектрика.

174. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора  $S = 0,01$  м<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d_1 = 1$  мм. К пластинам приложена разность потенциалов  $U = 100$  В. Пластины раздвигают до расстояния  $d_2 = 25$  мм. Найти энергии  $W_1$  и  $W_2$  до и после раздвижения пластин, если источник напряжения перед раздвижением не отключается.

175. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом  $r = 10$  см каждая. Расстояние между пластинами  $d_1 = 1$  см. Конденсатор зарядили до разности потенциалов  $U = 1$  кВ и отключили от источника питания. Какую работу нужно совершить, чтобы, удаляя пластины друг от друга, увеличить расстояние между ними до  $d_2 = 3,5$  см?

176. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора  $S = 0,01$  м<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d = 5$  мм. К пластинам приложена разность потенциалов  $U_1 = 300$  В. После отключения конденсаторов от источника напряжения пространство между пластинами заполняется эбонитом  $\epsilon = 2,6$ . Чему равна разность потенциалов  $U_2$  между пластинами после заполнения конденсатора? Чему равна емкость конденсатора  $C_1$  до заполнения?

177. Заряженный первый шар радиуса  $R_1 = 2$  см приводится в соприкосновение со вторым незаряженным шаром, радиус которого  $R_2 = 3$  см. После того как шары разъединили, энергия второго шара оказалась равной  $W_2 = 0,4$  Дж. Определить заряд  $q_1$ , который был на первом шаре до соприкосновения со вторым шаром, а также потенциал второго шара  $\varphi_2'$  после соединения.

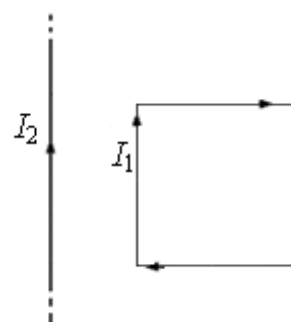
178. Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин  $S = 100 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $d_1 = 1 \text{ мм}$  заряжен до  $\Delta\varphi = 100 \text{ В}$ . Затем пластины раздвигаются до расстояния  $d_2 = 25 \text{ мм}$ . Найти энергию конденсатора  $W$  до и после раздвижения пластин, если источник напряжения перед раздвижением: 1) не отключается; 2) отключается.

179. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора  $100 \text{ см}^2$  и расстояние между ними  $5 \text{ мм}$ . К пластинам приложена разность потенциалов  $300 \text{ В}$ . Не отключая конденсатор от источника напряжения, пространство между пластинами заполняют эбонитом с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2,6$ . Какова емкость конденсатора до и после заполнения? Какова поверхностная плотность заряда на пластинах до и после заполнения?

180. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора  $S = 100 \text{ см}^2$  и расстояние между ними  $d = 5,0 \text{ мм}$ . К пластинам приложена разность потенциалов  $\Delta\varphi = 300 \text{ В}$ . После отключения конденсатора от источника напряжения пространство между пластинами заполняется эбонитом с  $\varepsilon = 2,6$ . 1) Какова будет разность потенциалов  $\Delta\varphi$  между пластинами после заполнения? 2) Какова емкость конденсатора  $C$  и поверхностная плотность заряда  $\sigma$  до и после заполнения?

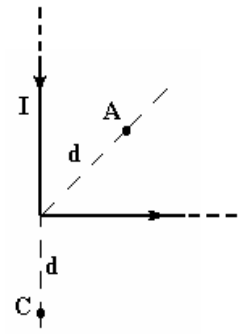
### Задача 9

181. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке течет ток  $I_1 = 2,0 \text{ А}$ , по проводу – ток  $I_2 = 10 \text{ А}$ . Найти силы, действующие на каждую сторону рамки и на рамку в целом, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном  $l = 2,0 \text{ см}$ , сторона рамки  $a = 2,0 \text{ см}$ .

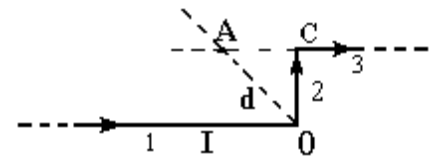




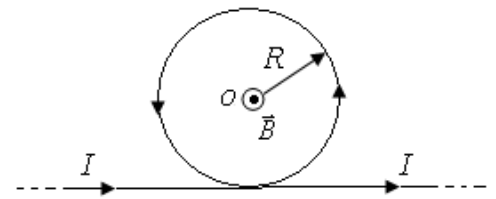
182. Бесконечно длинный прямой проводник, по которому течет ток  $I = 5,0$  А, согнут под прямым углом. Найти индукцию магнитного поля на расстоянии  $d = 10$  см от вершины угла в точках, лежащих на биссектрисе прямого угла (точка А) и на продолжении одной из сторон (точка С).



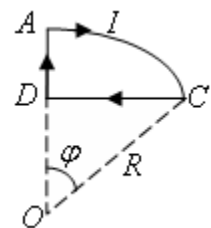
183. Бесконечно длинный прямой проводник, по которому течет ток  $I = 5,0$  А, согнут под прямым углом так, как показано на рисунке. Найти индукцию магнитного поля в точке А, лежащей на биссектрисе прямого угла на расстоянии  $d = 10$  см от вершины угла.



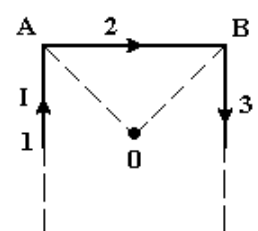
184. Найти индукцию магнитного поля в центре петли радиусом  $R = 10$  см, образованной бесконечно длинным тонким проводником с током  $I = 50$  А изогнутым так, как показано на рисунке.



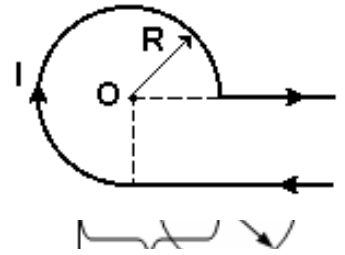
185. По контуру, приведенному на рисунке, течет ток  $I = 10$  А. Найдите направление и модуль вектора  $\vec{B}_0$  магнитного поля контура в точке О, расположенной в центре дуги АС радиуса  $R = 10$  см с углом  $\varphi = 60^\circ$ .



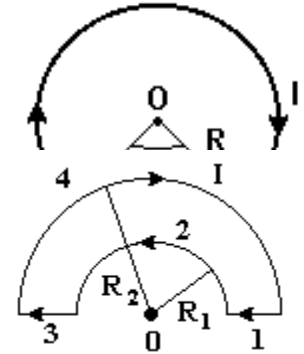
186. Тонкий бесконечно длинный проводник с током  $I = 10$  А согнут так, как показано на рисунке. Участок проводника  $AB = a = 10$  см. Определите индукцию  $B$  магнитного поля в точке О, находящейся на пересечении биссектрис прямых углов.



187. Вычислить модуль индукции результирующего магнитного поля, созданного токами  $I_1$  и  $I_2$ , текущими по прямому бесконечно длинному проводнику и круговому контуру радиуса  $R = 20\text{ см}$  в точке  $O$  (см. рисунок). Круговой контур и точка  $O$  лежат в плоскости чертежа; направление токов указано на рисунке, причем  $I_1 = I_2 = 10\text{ А}$ .



188. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток силой  $I = 10,0\text{ А}$ . Радиусы полуокружностей равны  $R_1 = 0,10\text{ м}$  и  $R_2 = 0,20\text{ м}$  (см. рисунок). Определите в точке  $O$  индукции магнитного поля  $B_1, B_2, B_3, B_4$  и  $B$ , создаваемые участками 1, 2, 3, 4 и всем контуром.



189. Определить индукцию магнитного поля в точке  $O$  контура с током  $I = 8\text{ А}$ . Радиус изогнутой части проводника  $R = 10\text{ см}$  (см. рисунок).

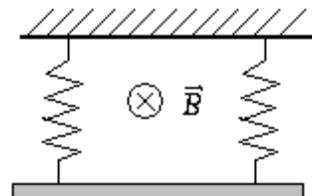
190. Ток  $I = 5,0\text{ А}$  течет по тонкому замкнутому проводнику (см. рисунок). Радиус изогнутой части проводника  $R = 120\text{ мм}$ , угол  $2\varphi = 90^\circ$ . Найти магнитную индукцию в точке  $O$ .

### Задача 10

191. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1\text{ Тл}$  находится прямой медный проводник сечением  $S = 8\text{ мм}^2$ , концы которого подключены гибким проводом, находящимся вне поля, к источнику постоянного тока. Определить величину тока  $I$  в проводнике, если известно, что при помещении его в магнитное поле перпендикулярно к линиям индукции магнитного поля проводник сохраняет равновесие. Плотность меди равна  $\rho = 8900\text{ кг/м}^3$ .

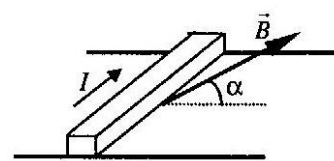
192. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 2$  Тл движется  $\alpha$ -частица. Траектория ее движения представляет собой винтовую линию с радиусом  $R = 2$  см и шагом винта  $h = 6$  см. Под каким углом  $\alpha$  частица влетела в магнитное поле? Определить кинетическую энергию  $\alpha$ -частицы.

193. Металлический стержень длины  $l = 20$  см, прикрепленный к двум одинаковым вертикальным пружинам жесткости  $k = 10$  Н/м каждая, находится в горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл. По стержню пропускают ток  $I = 5$  А такого направления, что деформация пружины исчезает. Найти удлинение  $\Delta l$  пружин после смены направления тока на противоположное.



194. Заряженная частица движется равномерно прямолинейно в скрещенных по прямому углу однородных электрическом и магнитном полях. Найдите отношение времен  $n = t_1/t_2$ , за которые при выключении магнитного  $t_1$  или электрического  $t_2$  полей вектор скорости частицы составляет с первоначальным направлением угол  $\alpha = 45^\circ$ . Силой тяжести пренебречь.

195. На двух горизонтальных рельсах, расположенных на расстоянии  $l = 50$  см, лежит стержень перпендикулярный к рельсам. Масса стержня  $m = 200$  г, коэффициент трения между рельсами и стержнем  $\mu = 0,2$ . Рельсы и стержень находятся в однородном магнитном поле, линии которого образуют со стержнем угол  $90^\circ$ , а с горизонтом – угол  $\alpha = 30^\circ$  (см. рисунок). Индукция магнитного поля  $B = 200$  мТл. Определить силу тока в стержне, при котором стержень движется по рельсам равномерно.

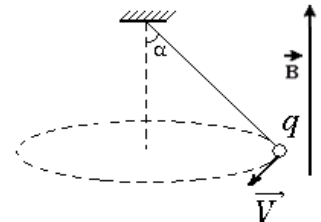


196. Заряженная частица движется равномерной прямолинейно в направлении, перпендикулярном к скрещенным электрическому и магнитному полям. Для определения скорости ее движения, выключили электрическое поле и определили радиус окружности  $R = 10$  см. Затем

оставили только электрическое поле, отключив магнитное, и определили, что линейное отклонение частицы от ее первоначального направления движения составило  $l = 20$  см за время  $t = 1 \cdot 10^{-5}$  с. Найти скорость частицы.

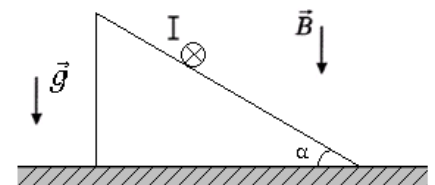
197. В однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл), линии которого направлены вправо, подвешен на двух невесомых проволочках горизонтальный проводник (рис.1) длиной  $l = 20$  см. По нему пропускают ток  $I_1$  (ток направлен на нас), проводник оказывается невесомым. 1) При массе проводника равна  $0,04$  кг, сила тока  $I_1$ , текущего по нему, равна ... 2) Если линии  $\vec{B}$  будут направлены вертикально вниз (рис 2), то при угле отклонения от вертикали в  $\alpha = 30^\circ$ , сила тока  $I_2$  будет равной ...

198. Шарик массой  $m = 10$  г и зарядом  $q = 5 \cdot 10^{-2}$  К, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости (см. рисунок). Найти радиус окружности, если скорость шарика  $v = 1$  м/с. Учтеть, что имеется однородное магнитное поле с индукцией  $B = 1$  Тл, линии которого направлены вертикально вверх. Угол  $\alpha = 45^\circ$ .



199. По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток  $I_1 = 15$  А. Под ним, на расстоянии  $r = 0,5$  см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток  $I_2 = 10$  А. Определить, какова должна быть площадь поперечного сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным. Плотность алюминия  $\rho = 2700$  кг/м<sup>3</sup>.

200. На шероховатой плоскости, наклоненной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту находится однородный цилиндрический проводник массой  $m = 100$  г и длиной  $l = 57,7$  см



(см. рисунок). По проводнику пропускают ток в направлении «от нас», за плоскость рисунка, и вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл, направленной вертикально вниз. При какой силе тока  $I$

цилиндр будет оставаться на месте, не скатываясь с плоскости и не накатываясь на неё?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валишев М. Г. Курс общей физики : учеб.пособие / М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. СПб. : Лань, 2009. 576 с.
2. Валишев М. Г. Курс общей физики. Часть 1. Механика : учеб.пособие / М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2007. 74 с.
3. Валишев М. Г. Курс общей физики. Часть 8. Молекулярная физика и термодинамика : учеб.пособие / М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2007. 73 с.
4. Валишев М. Г. Курс общей физики. Часть 2. Электростатика. Постоянный ток : учеб.пособие / М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2007. 58 с.
5. Валишев М. Г. Курс общей физики. Часть 3. Электромагнетизм : учеб.пособие / М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. 57 с.
6. Детлаф А. А. Курс физики : учеб.пособие для студентов вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. Изд. 6-е, стер. М. : Академия, 2007. 720 с.
7. Трофимова Т. И. Курс физики : учеб.пособие для инж.-техн. специальностей вузов / Т. И. Трофимова. Изд. 14-е, стер. М. : Академия, 2007. 560 с.
8. Чертов А. Г. Задачник по физике : учеб.пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. Изд. 7-е, перераб. и доп. М. :Физматлит, 2003. 640 с.
9. Трофимова Т. И. Сборник задач по курсу физики с решениями / Т. И. Трофимова, З. Г. Павлова. М. : Высшая школа, 2001. 591 с.
10. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики : для студентов техн. вузов / В. С. Волькенштейн. Изд. 3-е, испр. и доп. СПб : Книжный мир, 2008. 328 с.