

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

**В.М. Смурьгин, канд. физ.-мат. наук, доцент**

## **ФИЗИКА**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 26.05.07  
«Эксплуатация судового электрооборудования  
и средств автоматики»  
заочной формы обучения

Калининград  
Издательство БГАРФ  
2018

УДК 53 (08)  
ББК 22.31

*Смурыгин, В.М. Физика: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» заочной формы обучения / В.М. Смурыгин. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. – 54 с.*

Учебно-методическое пособие включает в себя указания и методические рекомендации по выполнению контрольных работ, основные формулы, примеры решения задач и контрольные задания. Контрольные задания представляют собой четыре контрольные работы, которые студенты обязаны выполнить согласно рабочей программе по физике.

Первая контрольная работа включает в себя задачи по разделу «Механика», вторая – по разделам «Молекулярная физика. Термодинамика», третья – по разделам «Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм», четвертая – по разделам «Оптика. Атомная физика. Физика атомного ядра».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» заочной формы обучения, изучающих дисциплину «Физика».

Библиогр. – 3 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота.

**Рецензенты:** *Малыгина Е.С.*, канд. физ.-мат. наук,  
доцент БФУ им. И. Канта;  
*Синявский Н.Я.*, доктор физ.-мат. наук,  
профессор БГАРФ

БГАРФ

© БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. Основные положения</b> .....	4
1.1. Общие правила решения задач по физике .....	4
1.2. Пример решения задачи.....	5
1.3. Указания и методические рекомендации по выполнению контрольных работ .....	6
<b>2. Механика</b> .....	8
2.1. Основные формулы .....	8
2.2. Контрольная работа № 1 по разделу «Механика» .....	11
<b>3. Молекулярная физика. Термодинамика</b> .....	20
3.1. Основные формулы .....	20
3.2. Контрольная работа № 2 по разделам «Молекулярная физика. Термодинамика» .....	22
<b>4. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм</b> .....	30
4.1. Основные формулы .....	30
4.2. Контрольная работа № 3 по разделам «Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм» .....	34
<b>5. Оптика. Атомная физика. Физика атомного ядра</b> .....	43
5.1. Основные формулы .....	43
5.2. Контрольная работа № 4 по разделам «Оптика. Атомная физика. Физика атомного ядра».....	46
Список использованной литературы .....	54

БГАРФ

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1.1. Общие правила решения задач по физике

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов специальности 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» заочной формы обучения, изучающих дисциплину «Физика».

Пособие ставит своей целью помочь студентам в организации самостоятельной работы и успешном освоении курса физики. Самостоятельная работа – это средство вовлечения студента в самостоятельную познавательную деятельность, формирующую у него потребность в систематическом самообразовании. В ходе самостоятельной работы осуществляется главная функция обучения – закрепление знаний и превращение их в устойчивые умения и навыки.

Решение задач составляет неотъемлемую часть полноценного изучения физики. Судить о степени понимания физических законов можно по умению сознательно применять их для анализа конкретных физических явлений, для решения задач.

Умение выбрать путь решения задачи, определить, какие именно физические законы описывают рассматриваемое явление, как раз и свидетельствует о глубоком и всестороннем понимании физики.

Необходимо помнить, что умение решать задачи приобретает систематическими упражнениями и в ходе самостоятельного решения контрольных работ. При решении задач студентам следует соблюдать следующие правила:

1. Переписать условия задач полностью, без сокращений.
2. Установить, какие законы отвечают содержанию данной задачи.
3. Слева листа записать все данные и искомые в задаче величины.
4. Выразить все данные задачи в Международной системе единиц измерения (СИ).
5. Сделать чертеж, схему или рисунок с обозначением данных (где это необходимо).
6. Решить задачу в общем виде, т. е. выразить искомую величину через заданные параметры в задаче. Решение задачи следует сопровождать краткими пояснениями.
7. Проверить размерность искомой величины.
8. Убедившись в правильности общего решения, следует подставить в него вместо буквенных обозначений числовые значения. Произвести вычисление величин, подставленных в формулу.
9. Получив числовой ответ, где это целесообразно, нужно оценить правдоподобность численного результата.

## 1.2. Пример решения задачи

Найти изменение  $\Delta S$  энтропии, при нагревании воды массой  $m = 100$  г от температуры  $t_1 = 0^\circ \text{C}$  до температуры  $t_2 = 100^\circ \text{C}$  и последующим превращении воды в пар, при той же температуре. ( $\lambda = 2,25$  МДж / кг,  $c = 4,18$  кДж/кг·К).

*Дано:*

$$\begin{aligned} m &= 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг} \\ t_1 &= 0^\circ \text{C} = 273 \text{ К} \\ t_2 &= 100^\circ \text{C} = 373 \text{ К} \\ \lambda &= 2,25 \text{ МДж / кг} \\ c &= 4,18 \text{ кДж/кг·К} \end{aligned}$$

*Решение:*

Найдем отдельно изменение энтропии  $\Delta S_1$  при нагревании воды и изменение энтропии  $\Delta S_2$  при превращении её в пар. Полное изменение энтропии выразится суммой  $\Delta S_1$  и  $\Delta S_2$ . Как известно, изменение энтропии определяется формулой:

$$\Delta S = ?$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}. \quad (1)$$

При бесконечно малом увеличении температуры  $dT$  нагреваемого тела, затрачивается количество теплоты:

$$dQ = m c dT, \quad (2)$$

где  $m$  – масса тела;  $c$  – его удельная теплоемкость. Подставив выражение для  $dQ$  в равенство (1), найдем формулу для вычисления изменения энтропии при нагревании воды:

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m c dT}{T}. \quad (3)$$

Вынесем за знак интеграла постоянные величины и, произведя интегрирование, получим:

$$\Delta S_1 = m c \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right). \quad (4)$$

После подстановки данных задачи, найдем:  $\Delta S_1 = 132$  Дж/К.

Для нахождения изменения энтропии, во время превращения воды в пар при неизменной температуре  $T_2$ , также воспользуемся формулой (1). Вычислив интеграл, найдем:

$$\Delta S_2 = \int_1^2 \frac{dQ}{T_2} = \frac{1}{T_2} \int_1^2 dQ = \frac{Q}{T_2}, \quad (5)$$

где  $Q$  – количество теплоты, которое пошло на превращение нагретой воды в пар при температуре  $T_2$ . Поскольку:

$$Q = \lambda m, \quad (6)$$

где  $\lambda$  – удельная теплота парообразования, то подставив (6) в (5) получим:

$$\Delta S_2 = \frac{\lambda m}{T_2}. \quad (7)$$

Проверим размерность:  $\Delta S_2 = \frac{\lambda m}{T_2} = \left[ \frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right] = \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \right]$ .

Произведя вычисления по формуле (7), найдем:  $\Delta S_2 = 605$  Дж/К.

Полное изменение энтропии при нагревании воды и последующем превращении её в пар равно:  $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 737$  Дж/К.

Ответ:  $\Delta S = 737$  Дж/К.

### **1.3. Указания и методические рекомендации по выполнению контрольных работ**

Задания студентам выдает преподаватель, ведущий занятия, используя данное учебно-методическое пособие. За период обучения физике студент должен выполнить четыре контрольные работы. Каждая контрольная работа включает в себя восемь задач.

Прежде чем приступать к выполнению контрольной работы, необходимо повторить теоретические основы соответствующего раздела физики, разобрать примеры решения типовых задач по данному разделу из задачник, прочитать приведенные ниже положения.

1. Контрольные работы выполняются только по условиям задач данного учебно-методического пособия.

2. Контрольные работы выполняются в школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения по следующему образцу:

<b>СУДОМЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ</b>	
Заочное отделение	
Дисциплина: <b>ФИЗИКА</b>	
Ф. И. О. студента _____	
Шифр _____	
№ варианта _____	№ контрольной работы _____
Дата сдачи работы на проверку _____	
Дата проверки работы _____	
Результат проверки (зачтено, не зачтено) _____	
Подпись преподавателя _____	

3. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляются поля. Каждая следующая задача должна начинаться с новой страницы. Условия задач переписываются полностью без сокращений.

4. В конце контрольной работы следует указать, каким учебником или учебным пособием пользовались при выполнении работы.

5. Выполненные контрольные работы поступают на проверку преподавателю.

6. Если контрольная работа при проверке не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с работой, которая ранее не была зачтена.

7. Студент должен быть готов во время экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

8. Студент выполняет тот вариант контрольной работы, который соответствует его шифру.

БГАРФ

## 2. МЕХАНИКА

### 2.1. Основные формулы

Средняя путевая скорость:  $\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ .

Мгновенная скорость:  $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ .

Модуль скорости:  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ .

Ускорение:  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ .

Модуль ускорения:  $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ .

Полное ускорение при криволинейном движении:  $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$ .

Нормальное ускорение:  $a_n = \frac{v^2}{R}$ . Тангенциальное:  $a_t = \frac{dv}{dt}$ .

Уравнение прямолинейного равноускоренного движения:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

Мгновенная угловая скорость:  $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$ .

Угловое ускорение:  $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ .

Частота обращения:  $n = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$ .

Уравнение движения материальной точки:  $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_i$ .

Сила упругости (закон Гука):  $\vec{F} = -k\vec{x}$ .



Сила гравитационного взаимодействия:  $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ .

Закон сохранения импульса:  $\sum \vec{P}_i = \text{const}$ .

Работа, совершаемая переменной силой:  $A = \int F(r) \cos \alpha dr$ .

Потенциальная энергия сжатой пружины:  $W = \frac{kx^2}{2}$ .

Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия:

$$W = G \frac{m_1 m_2}{R}$$

Момент инерции материальной точки:  $J = mr^2$ .

Момент инерции твердого тела:  $J = \int r^2 dm$ .

Момент силы, действующий на тело:  $\vec{M} = [\vec{r} \vec{F}]$ .

Момент импульса материальной точки:  $\vec{L} = [\vec{r} \vec{P}]$ .

Основной закон динамики вращательного движения:  $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$ .

Кинетическая энергия вращающегося тела:  $W = \frac{J\omega^2}{2}$ .

Уравнение гармонических колебаний:  $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ .

Скорость при гармоническом колебании:  $v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$ .

Ускорение при гармоническом колебании:  $a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$ .

Период колебаний математического маятника:  $T = 2\pi \sqrt{L/g}$ .

Период колебаний пружинного маятника:  $T = 2\pi \sqrt{m/k}$ .

Период колебаний физического маятника:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mga}}$ .

Дифференциальное уравнение свободных затухающих гармонических колебаний:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0,$$

где  $\beta = \frac{r}{2m}$  – коэффициент затухания;  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$  – циклическая частота свободных незатухающих колебаний системы.

Уравнение свободных затухающих колебаний:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \psi_0).$$

Амплитуда затухающих колебаний:  $A = A_0 e^{-\beta t}$ .

Логарифмический декремент затухания:  $\theta = \beta T$ .

Циклическая частота затухающих колебаний:  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ .

Добротность колебательной системы:

$$Q = 2\pi \frac{E(t)}{E(t) - E(t+T)}.$$

Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{r}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = \frac{1}{m} F_0 \cos \Omega t,$$

где  $F_0 \cos \Omega t$  – вынуждающая сила;  $\Omega$  – частота вынуждающей силы.

Уравнение установившихся вынужденных колебаний маятника:

$$x(t) = A \cos(\Omega t + \varphi_0).$$

Здесь  $\operatorname{tg} \varphi_0 = -\frac{2\beta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$ ;  $A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2}}$ .

Резонансная амплитуда:

$$\Omega_p = \sqrt{\omega^2 - \beta^2}.$$

Уравнение бегущей плоской волны:

$$\xi(x, t) = A \sin \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) = A \sin 2\pi \nu \left( t - \frac{x}{v} \right) \text{ или}$$

$$\xi(x, t) = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = A \sin(\omega t - kx),$$

где величина  $k = 2\pi / \lambda$  – называется волновым числом.

Здесь  $\lambda$  – длина волны:  $\lambda = \frac{v}{\nu} = \nu T$ .

Фазовая скорость:  $v = \frac{dx}{dt}$ .

## 2.2. Контрольная работа № 1 по разделу «Механика»

<i>Вариант</i>	<i>Номера задач</i>							
<b>1</b>	101	111	121	131	141	151	161	171
<b>2</b>	102	112	122	132	142	152	162	172
<b>3</b>	103	113	123	133	143	153	163	173
<b>4</b>	104	114	124	134	144	154	164	174
<b>5</b>	105	115	125	135	145	155	165	175
<b>6</b>	106	116	126	136	146	156	166	176
<b>7</b>	107	117	127	137	147	157	167	177
<b>8</b>	108	118	128	138	148	158	168	178
<b>9</b>	109	119	129	139	149	159	169	179
<b>0</b>	110	120	130	140	150	160	170	180

**101.** Первую половину времени своего движения автомобиль двигался со скоростью 80 км/ч, а вторую половину времени – со скоростью 40 км/ч. Какова средняя скорость движения автомобиля?

- 102.** Первую половину своего пути автомобиль двигался со скоростью 80 км/ч, а вторую половину пути – со скоростью 40 км/ч. Какова средняя скорость движения автомобиля?
- 103.** Зависимость пройденного телом пути от времени даётся уравнением:  $S = A + B t + C t^2$ , где  $A = 3$  м,  $B = 2$  м/с,  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>. Найти среднюю скорость и среднее ускорение за первую секунду его движения.
- 104.** Зависимость пройденного телом пути от времени даётся уравнением:  $S = A + B t + C t^2$ , где  $A = 3$  м,  $B = 2$  м/с,  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>. Найти среднюю скорость и среднее ускорение за третью секунду его движения.
- 105.** Лодка движется перпендикулярно берегу со скоростью 7,2 км/ч. Течение относит её на 150 м вниз по реке. Найти скорость течения реки и время, затраченное на переезд через реку. Ширина реки равна 500 м.
- 106.** Точка движется по окружности длиной 157 см с линейной скоростью 10 см/с. Полное ускорение точки  $a = 0,05$  м/с<sup>2</sup>. Чему равно ее тангенциальное ускорение? Найти угол между векторами полного и тангенциального ускорений.
- 107.** Найти радиус вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше линейной скорости точки, лежащей на 5 см ближе к оси колеса.
- 108.** Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости  $\omega = 20$  рад/с через 10 оборотов после начала движения. Найти угловое ускорение колеса.
- 109.** Вентилятор вращается со скоростью, соответствующей частоте 900 об/мин. После выключения вентилятор, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки 75 оборотов. Сколько времени прошло с момента включения вентилятора до полной его остановки?
- 110.** Тело свободно падает с высоты  $H = 100$  м. За какое время тело проходит первый и последний метр своего пути? Какой путь проходит тело за первую секунду своего движения?
- 111.** Тело, свободно падающее с некоторой высоты, последние  $\Delta h = 196$  м пути прошло за время  $\Delta t = 4$  с. Какое время и с какой высоты падало тело?
- 112.** Тело, свободно падающее с некоторой высоты, первый участок пути проходит за время  $t$ , а такой же последний – за время  $t/2$ . Найти высоту, с которой падало тело.

**113.** Закон движения материальной точки имеет вид:

$x = a_1 + b_1t + c_1t^2$ ;  $y = a_2 + b_2t + c_2t^2$ , где  $b_1 = b_2 = 1$  м/с,  $c_1 = -1$  м/с<sup>2</sup>,  $c_2 = 2$  м/с<sup>2</sup>. Каково ее ускорение?

**114.** Первая точка движется по траектории  $y = 5x^2$ . Закон движения второй точки:  $x = 2t$ ,  $y = 8t$ . Найти время встречи этих точек. Каковы координаты их места встречи?

**115.** Точка движется по окружности с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 1$  рад/с<sup>2</sup>. Найти угол между скоростью и ускорением через  $t = 1$  с после начала движения. Начальная скорость точки (при  $t_0 = 0$ )  $v_0 = 0$ .

**116.** Частица начинает двигаться по окружности с постоянным тангенциальным ускорением. Найти угол между скоростью и ускорением после первого оборота. Начальная скорость точки равна нулю.

**117.** Под каким углом к горизонту необходимо бросить тело, чтобы максимальная высота подъема тела была вдвое меньше дальности бросания?

**118.** Материальная точка движется по окружности радиусом 10 см. Пройденный путь зависит от времени по закону:  $s = At$ , где  $A = 1$  м/с. Найти линейную и угловую скорости, ускорение точки и число оборотов, сделанных ею за первые 5 с после начала движения.

**119.** Закон движения материальной точки имеет вид:

$\vec{r} = 2t\vec{i} - (t^2 - 1)\vec{j}$ . Найти уравнение траектории, законы изменения скорости и ускорения от времени.

**120.** Закон движения материальной точки имеет вид:

$\vec{r} = 2t\vec{i} + (2 + 3t^2)\vec{j}$ . Найти: а) радиус-вектор и его модуль в моменты времени  $t_0 = 0$ ,  $t_1 = 1$  с,  $t_2 = 2$  с; б) перемещение и модуль перемещения за 2 с движения, в) уравнение траектории движения  $y(x)$ .

**121.** К концам тонкой нерастяжимой нити, перекинутой через блок, подвешены грузы массами 500 г и 200 г. Определить ускорение, с которым движутся грузы. Трением пренебречь.

**122.** Найти силу тяги мотора автомобиля, движущегося в гору с ускорением 4 м/с<sup>2</sup>. Масса автомобиля 2 т, коэффициент трения равен 0,1. Угол наклона горы 30°.

**123.** Автомобиль массой 3 т, трогаясь с места, проходит первые 25 м за 5 с. Найти силу тяги двигателя, если коэффициент трения  $\mu = 0,1$ .

- 124.** Сила  $F$  растягивает пружину на величину  $\Delta X$ . Какую надо приложить силу, чтобы растянуть на  $\Delta X$  три такие пружины, соединенные параллельно?
- 125.** Автомобиль массы  $m$  движется с постоянной скоростью в горку, угол при основании которой равен  $\alpha$ . Коэффициент трения равен  $\mu$ . Чему равна сила тяги?
- 126.** Диск радиусом 40 см вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая коэффициент трения  $\mu = 0,4$ , найти частоту вращения, при которой кубик соскользнет с диска.
- 127.** Акробат на мотоцикле описывает «мертвую петлю» радиусом 4 м. С какой наименьшей скоростью должен проезжать акробат верхнюю точку петли, чтобы не сорваться?
- 128.** К шнуру подвешена гиря массой 2 кг. Гирю отвели в сторону так, что шнур принял горизонтальное положение, и отпустили. Как велика сила натяжения шнура в момент, когда гиря проходит положение равновесия?
- 129.** Под действием постоянной силы вагонетка прошла путь 5 м и приобрела скорость 2 м/с. Определить работу силы, если масса вагонетки 400 кг и коэффициент трения равен 0,01.
- 130.** Тело массой  $m = 1$  кг движется равномерно по окружности со скоростью  $v = 2$  м/с. Определить изменение импульса тела после того, как оно пройдет четверть окружности; половину окружности.
- 131.** Тело массой 0,2 кг падает с высоты 1 м с ускорением 8 м/с<sup>2</sup>. Найти изменение импульса тела. Начальная скорость равна нулю.
- 132.** Чтобы сцепить три одинаковых железнодорожных вагона, стоящих на рельсах на небольшом расстоянии друг от друга, первому сообщают скорость  $v_0 = 3$  м/с. Какой скоростью будут обладать вагоны после сцепления?
- 133.** Платформа с установленным на ней орудием движется со скоростью  $v_1 = 9$  км/ч. Общая масса платформы с орудием  $M = 200$  т. Из орудия выпущен снаряд массой  $m$  со скоростью  $v_2 = 800$  м/с относительно платформы. Определить скорость платформы после выстрела, если выстрел произведен под углом  $\alpha = 60^\circ$  к направлению движения.

**134.** Частица массой  $m_1 = 1$  г, движущаяся со скоростью  $\vec{v}_1 = 3\vec{i}$  испытала абсолютно неупругое столкновение с другой частицей, масса которой  $m_2 = 2$  г, а скорость  $\vec{v}_2 = 2\vec{i} + 3\vec{j}$ . Чему равен импульс образовавшейся частицы? Чему равен модуль импульса?

**135.** Движущееся тело распадается на два осколка с импульсами  $\mathbf{P}_1$  и  $\mathbf{P}_2$ , направленными под углом  $\alpha$  друг к другу. Найти величину импульса тела.

**136.** Тело массой  $M$ , летящее со скоростью  $\mathbf{V}$ , распадается на два осколка, масса одного из которых равна  $m$ . Скорость этого осколка перпендикулярна скорости  $\mathbf{V}$  и равна  $\mathbf{V}_1$ . Чему равна скорость второго осколка?

**137.** Граната, летевшая горизонтально со скоростью  $v_0 = 10$  м/с, разорвалась на две части массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 1,5$  кг. Скорость большего куска осталась горизонтальной и возросла до  $v_2 = 25$  м/с. Определить скорость и направление полета меньшего осколка.

**138.** Найти работу, совершаемую на пути 12 м равномерно возрастающей силой, если в начале пути она была равна 10 Н, а в конце пути стала 46 Н.

**139.** Определить работу, совершаемую при подъеме груза массой 50 кг по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  к горизонту на расстояние 4 м, если время подъема – 2 с, а коэффициент трения равен 0,06.

**140.** Материальная точка массой  $m = 2$  кг двигалась под воздействием некоторой силы согласно уравнению  $x = A + B t + C t^2 + D t^3$ , где:  $A = 10$  м,  $B = -2$  м/с,  $C = 1$  м/с<sup>2</sup>,  $D = -0,2$  м/с<sup>3</sup>. Найти мощность  $N$ , затрачиваемую на движение точки в момент времени  $t_1 = 2$  с.

**141.** Гирька массой 100 г, привязанная к резиновому шнуру, вращается с угловой скоростью  $\omega = 10$  рад/с по окружности в горизонтальной плоскости так, что шнур составляет угол  $60^\circ$  с вертикалью. Найти длину нерастянутого шнура, если его жесткость  $k = 40$  Н/м.

**142.** Какая сила прижимает летчика к сидению самолета в верхней точке петли Нестерова, если масса летчика 80 кг, радиус петли 200 м, а скорость самолета 100 м/с?

**143.** Грузик, привязанный к нити длиной  $\ell = 1$  м, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Определить период  $T$  обращения грузика, если нить при его движении отклонена на угол  $\varphi = 60^\circ$  от вертикали.

**144.** Снаряд массой 5 кг, вылетевший из орудия, в верхней точке траектории имеет скорость 300 м/с. В этой точке он разорвался на два осколка, причем больший осколок массой 3 кг полетел в обратном направлении со скоростью 100 м/с. Определить скорость меньшего осколка.

**145.** Граната, летящая со скоростью 10 м/с, при взрыве разлетелась на два крупных осколка. Большой осколок, масса которого составляла 60 % от массы всей гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении, со скоростью равной 25 м/с. Найти скорость меньшего осколка.

**146.** Какую наибольшую скорость может развить велосипедист, проезжая закругление дороги радиусом 50 м, если коэффициент трения скольжения между шинами и асфальтом равен 0,3? Каков угол отклонения велосипеда от вертикали, когда велосипедист движется по закруглению?

**147.** При выстреле из орудия снаряд массой  $m_1 = 10$  кг получает кинетическую энергию  $T_1 = 1,8$  МДж. Определить кинетическую энергию  $T_2$  ствола орудия вследствие отдачи, если масса  $m_2$  ствола орудия равна 600 кг.

**148.** Ядро атома распадается на два осколка массами  $m_1 = 1,6 \cdot 10^{-25}$  кг и  $m_2 = 2,4 \cdot 10^{-25}$  кг. Определить кинетическую энергию  $T_2$  второго осколка, если кинетическая энергия  $T_1$  первого осколка после распада равна 18 нДж.

**149.** Конькобежец, стоя на льду, бросил вперед гирию массой  $m_1 = 5$  кг и вследствие отдачи покатился назад со скоростью  $V_2 = 1$  м/с. Масса конькобежца  $m_2 = 60$  кг. Определить работу  $A$ , совершенную конькобежцем при бросании гири.

**150.** Молекула распадается на два атома. Масса одного из атомов в 3 раза больше, чем другого. Пренебрегая начальной кинетической энергией и импульсом молекулы, определить кинетические энергии  $T_1$  и  $T_2$  атомов, если их суммарная кинетическая энергия равна  $T = 0,032$  нДж.



**151.** Вал массой  $m = 100$  кг и радиусом  $R = 5$  см вращался с частотой  $n = 8$  с<sup>-1</sup>. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой  $F = 40$  Н, под действием тормозящего момента, вал остановился через время  $t = 10$  с. Определить коэффициент трения тормозной колодки о вал.

**152.** К диску массой 20 кг и радиусом 0,3 м, вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложен вращающий момент 4 Н·м. Определить угловое ускорение диска.

**153.** На барабан радиусом 0,5 м намотана нить, к концу которой привязан груз массой 10 кг. Найти момент инерции барабана, если груз опускается с ускорением 2,04 м/с<sup>2</sup>.

**154.** К ободу однородного диска радиусом 0,2 м приложена постоянная касательная сила 10 Н. При вращении на диск действует момент сил трения, равный 11 Н·м. Определить массу диска, если известно, что диск тормозится с постоянным угловым ускорением 100 рад/с<sup>2</sup>.

**155.** Две гири разной массы соединены нитью и перекинуты через блок, момент инерции которого 0,05 кг·м<sup>2</sup>, радиус 20 см. Гири движутся с ускорением 0,02 м/с<sup>2</sup>. Трением блока пренебречь. Скольжения нити о блок нет. Чему равна при этом разность натяжений нити по обе стороны блока?

**156.** Две гири разной массы соединены нитью и перекинуты через блок, момент инерции которого 50 кг·м<sup>2</sup> и радиус 20 см. Разность натяжений нити по обе стороны блока равна 25 Н. Найти ускорение движения гирь.

**157.** Горизонтально расположенный диск вращается вокруг вертикальной оси, делая 25 об/мин. На каком расстоянии от оси вращения диска может удержаться тело, находящееся на нем, при коэффициенте трения  $\mu = 0,2$ ?

**158.** Кольцо массой 50 г и радиусом 10 см вращается относительно оси, касательной к кольцу, с угловой скоростью 12 рад/с. Под действием постоянного тормозящего момента кольцо остановилось через 4 с. Определить тормозящий момент.

**159.** К колесу радиусом  $R = 0,5$  м с моментом инерции  $J = 20$  кг·м<sup>2</sup> приложен постоянный момент сил  $M = 50$  Н·м. Найти угловое ускорение колеса  $\varepsilon$  и линейную скорость точек  $V$  на поверхности колеса к концу десятой секунды (начальная скорость равна нулю).

- 160.** Два шара с одинаковыми радиусами  $r_1 = r_2 = 5$  см закреплены на концах тонкого стержня, масса которого значительно меньше массы шаров. Расстояние между центрами шаров  $R = 0,5$  м. Масса каждого шара  $m = 1$  кг. Найти момент инерции этой системы относительно оси, проходящей через середину стержня перпендикулярно его длине.
- 161.** На барабан радиусом  $R = 0,5$  м намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m = 10$  кг. Найти момент инерции  $J$  барабана, если известно, что груз опускается с ускорением  $a = 2,04$  м/сек<sup>2</sup>.
- 162.** 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, момент сил трения равен  $M_{тр} = 98,1$  Н·м. Найти разность 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>.
- 163.** Обруч и диск одинаковой массы катятся без скольжения с одинаковой линейной скоростью  $v$ . Кинетическая энергия обруча равна 10 Дж. Найти кинетическую энергию диска.
- 164.** Шар массой 1 кг, катящийся без скольжения, ударяется о стенку и откатывается от нее. Скорость шара до удара о стенку  $v_1 = 10$  см/с, после удара  $v_2 = 8$  см/с. Найти количество теплоты, выделившееся при ударе.
- 165.** Диск массой 1 кг и диаметром 60 см вращается вокруг оси, проходящей через центр перпендикулярно его плоскости, делая 20 об/с. Какую работу совершить, чтобы остановить диск?
- 166.** Кинетическая энергия вала, вращающегося с постоянной скоростью, соответствующей частоте 5 об/с, равна 60 Дж. Найти момент количества движения этого вала.
- 167.** Найти кинетическую энергию  $T$  велосипедиста, едущего со скоростью  $V = 9$  км/ч. Масса велосипедиста и велосипеда  $m = 78$  кг, причем на массу колес приходится 3 кг. Колеса считать обручами.
- 168.** Однородный диск радиусом  $R = 0,2$  м и массой 5 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Зависимость угловой скорости вращения диска от времени дается уравнением:  $\omega = A + Bt$ , где  $B = 8$  рад/с<sup>2</sup>. Найти величину касательной силы, приложенной к ободу диска. Трением пренебречь.

- 169.** Шар катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Полная кинетическая энергия шара равна 14 Дж. Определить кинетическую энергию поступательного и вращательного движения шара.
- 170.** Человек массой  $m = 60$  кг, стоящий на краю горизонтальной платформы массой  $M = 120$  кг, вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой  $n_1 = 10$  мин<sup>-1</sup>, переходит к ее центру. Считая платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой, определить, с какой частотой  $n_2$  будет после этого вращаться платформа.
- 171.** Диск катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Полная кинетическая энергия  $E$  диска равна 20 Дж. Определить кинетическую энергию поступательного и вращательного движения.
- 172.** Однородный стержень длиной 1 м и массой 0,5 кг вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если его вращающий момент равен  $9,81 \cdot 10^{-2}$  Н·м?
- 173.** Маховик, момент инерции которого  $J = 63,6$  кг·м<sup>2</sup>, вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega = 31,4$  рад/с. Найти тормозящий момент  $M$ , под действием которого маховик останавливается через  $t = 20$  с.
- 174.** К ободу колеса, имеющего форму диска, радиусом 0,5 м и массой 0,5 кг приложена касательная сила 98,1 Н. Найти через сколько времени после начала действия силы колесо будет иметь скорость, соответствующую частоте 100 об/с?
- 175.** Маховик радиусом  $R = 0,2$  м и массой  $m = 10$  кг соединен с мотором при помощи приводного ремня. Натяжение ремня, идущего без скольжения, постоянно и равно  $T = 14,7$  Н. Какое число оборотов в секунду будет делать маховик через  $\Delta t = 10$  с после начала движения? Маховик считать однородным диском. Трением пренебречь.
- 176.** Маховое колесо, имеющее момент инерции  $245$  кг·м<sup>2</sup>, вращается, делая 20 об/с. Через минуту после того, как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось. Найти: 1) момент сил трения; 2) число оборотов, которое сделало колесо до полной остановки после прекращения действия сил.

**177.** Две гири массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 1$  кг соединены нитью и перекинуты через блок массой  $m = 1$  кг. Найти: 1) ускорение  $a$ , с которым движутся гири; 2) натяжения  $T_1$  и  $T_2$  нитей, к которым подвешены гири. Блок считать однородным диском.

**178.** Обруч и сплошной цилиндр, имеющие одинаковую массу, равную 2 кг, катятся без скольжения с одинаковой скоростью 5 м/с. Найти кинетические энергии этих тел.

**179.** Карандаш длиной 15 см, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую и линейную скорости будет иметь в конце падения середина карандаша?

**180.** Карандаш длиной 15 см, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую и линейную скорости будет иметь в конце падения верхний конец карандаша?

### 3. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

#### 3.1. Основные формулы

Количество вещества:  $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$ .

Уравнение состояния идеального газа:  $PV = \frac{m}{M} RT$ .

Основное уравнение кинетической теории газов:  $P = \frac{2}{3} n \langle \epsilon_{\text{п}} \rangle$ .

Средняя кинетическая энергия молекулы:  $\langle \epsilon \rangle = \frac{i}{2} kT$ .

Средняя квадратичная скорость молекул:  $\langle V_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ .

Средняя арифметическая скорость молекул:  $\langle V \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$ .

Наиболее вероятная скорость молекул:  $\langle V_{\text{в}} \rangle = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$ .

Барометрическая формула:  $P = P_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ .

Средняя длина свободного пробега молекул:  $\langle \ell \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \sigma n}$ .

Закон Ньютона для вязкости:  $f = -\eta \frac{dv}{dx}$ .  $\eta = \frac{\rho \langle v \rangle \langle \ell \rangle}{3}$ .

Закон Фурье для теплопроводности:  $q = -\lambda \frac{dT}{dx}$ .  $\lambda = \frac{c_v \rho \langle v \rangle \langle \ell \rangle}{3}$ .

Закон Фика для диффузии:  $j = -D \frac{d\rho}{dx}$ .  $D = \frac{\langle v \rangle \langle \ell \rangle}{3}$ .

Молярные теплоёмкости:  $C_v = \frac{iR}{2}$ ;  $C_p = \frac{(i+2)R}{2}$ .

Внутренняя энергия идеального газа:  $dU = \frac{m}{M} C_v dT$ .

Работа, совершаемая газом:  $A = \int_{V_1}^{V_2} P dV$ .

Уравнение адиабатного процесса:  $PV^\gamma = const$ .

Первый закон термодинамики:  $\delta Q = dU + \delta A$ .

Изменение энтропии:  $dS = \frac{\delta Q}{T}$ ;  $S_B - S_A = \int_A^B \frac{\delta Q}{T}$ .

КПД цикла Карно:  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ .

Уравнение Ван-дер-Ваальса:  $\left(P + \frac{a}{V_m^2}\right) (V_m - b) = RT$ .

Внутренняя энергия реального газа:  $U = \frac{m}{M} \left(C_v T - \frac{a}{V_m}\right)$ .

Коэффициент поверхностного натяжения:  $\sigma = \frac{F}{L} = \frac{\Delta E}{\Delta S}$

Формула Лапласа:  $P = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ .

Высота подъёма жидкости в капиллярной трубке:  $h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g R}$ .

### 3.2. Контрольная работа № 2 по разделам «Молекулярная физика. Термодинамика»

<i>Вариант</i>	<i>Номера задач</i>							
<b>1</b>	201	211	221	231	241	251	261	271
<b>2</b>	202	212	222	232	242	252	262	272
<b>3</b>	203	213	223	233	243	253	263	273
<b>4</b>	204	214	224	234	244	254	264	274
<b>5</b>	205	215	225	235	245	255	265	275
<b>6</b>	206	216	226	236	246	256	266	276
<b>7</b>	207	217	227	237	247	257	267	277
<b>8</b>	208	218	228	238	248	258	268	278
<b>9</b>	209	219	229	239	249	259	269	279
<b>0</b>	210	220	230	240	250	260	270	280

**201.** Давление воздуха внутри плотно закупоренной бутылки при температуре 7 °С было равно 100 кПа. При нагревании бутылки пробка вылетела. Найти, до какой температуры нагрели бутылку, если известно, что пробка вылетела при давлении воздуха в бутылке, равном 130 кПа.

**202.** Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа при нормальных условиях равна 480 м/с. Сколько молекул содержит 1 г этого газа?

**203.** Посередине откачанного и запаянного с обоих концов горизонтально расположенного капилляра находится столбик ртути длиной

20 см. Если капилляр поставить вертикально, то столбик ртути переместится на расстояние 10 см. До какого давления был откачан капилляр? Длина капилляра равна 1 м.

**204.** В сосуде вместимостью 2,24 л при нормальных условиях находится кислород. Определить количество вещества и массу кислорода, а также концентрацию его молекул в сосуде.

**205.** Газ охлаждается от температуры 1150 °С до температуры 200 °С. Во сколько увеличивается плотность газа при этом? Давление не меняется.

**206.** При давлении, равном  $P = 2 \cdot 10^6$  Па идеальный газ занимает объем  $V$ , равный 5 л. В результате изотермического расширения его начальный объем увеличился на  $\Delta V = 1$  л, а концентрация молекул стала равной  $n = 3,62 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ . При какой температуре протекал этот процесс?

**207.** В цилиндре под поршнем изобарно охлаждают газ объемом  $V_1 = 10$  л от температуры  $T_1 = 323$  К до температуры  $T_2 = 273$  К. Каков объем газа при температуре  $T_2$ ?

**208.** Начальное состояние газа  $P_0, V_0, T_0$ . Газ подвергли сначала изобарическому расширению до объема  $V_1$ , после чего нагрели при постоянном объеме до давления  $P_1$ . Найти температуру газа в конечном состоянии.

**209.** Газ, находящийся при температуре  $t_1 = 127$  °С и давлении  $P_1 = 4 \cdot 10^5$  Па, занимает первоначально объем  $V_1 = 2$  л. Этот газ изотермически сжимают, а затем изобарно охлаждают до температуры  $t_2 = -73$  °С и далее изотермически доводят его объем до  $V_2 = 1$  л. Определить установившееся давление газа  $P$ .

**210.** Во сколько раз изменится средняя квадратичная скорость молекул идеального газа при увеличении его объема в  $n_1 = 2$  раза? Давление газа при этом увеличилось в  $n_2 = 3$  раза, масса газа неизменна.

**211.** Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа, находящегося под давлением 0,1 Па. Концентрация молекул газа равна  $10^{13} \text{ см}^{-3}$ .

**212.** Какое число частиц находится в 16 г наполовину диссоциированного кислорода?

- 213.** Определить плотность смеси газов водорода массой  $m_1 = 8$  г и кислорода массой  $m_2 = 64$  г при температуре  $T = 290$  К и при давлении  $P = 0,1$  МПа. Газы считать идеальными.
- 214.** В баллоне находилось 10 кг газа при давлении  $10^7$  Па. Найти, какое количество газа взяли из баллона, если окончательное давление стало равно  $2,5 \cdot 10^6$  Па. Температуру газа считать постоянной.
- 215.** В баллоне вместимостью 15 л находится азот под давлением 100 кПа при температуре  $t_1 = -27$  °С. После того, как из баллона выпустили азот массой 14 г, температура газа стала равной  $t_2 = 17$  °С. Определить давление азота, оставшегося в баллоне.
- 216.** Баллон вместимостью 20 л содержит смесь водорода и азота при температуре 290 К и давлении 1 МПа. Определить массу водорода, если масса смеси равна 150 г.
- 217.** Азот массой 7 г находится под давлением  $P = 0,1$  МПа и температуре  $T_1 = 290$  К. Вследствие изобарного нагревания азот занял объем  $V_2 = 10$  л. Определить температуру  $T_2$  газа после расширения.
- 218.** Баллон емкостью  $V = 20$  л содержит углекислый газ массой  $m = 0,5$  кг при давлении  $P = 1,3$  МПа. Определить температуру газа.
- 219.** Баллон емкостью  $V = 12$  л содержит углекислый газ. Давление газа  $P = 1$  МПа, температура  $T = 300$  К. Определить массу газа.
- 220.** Атмосферное давление на высоте 7134 м равно  $3,8 \cdot 10^4$  Па. Определить плотность воздуха на этой высоте при температуре 0 °С. Чему равно число молекул воздуха в единице объема при данных условиях?
- 221.** На какой высоте давление воздуха составляет 75 % от давления на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 0 °С.
- 222.** Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу  $m = 10^{-18}$  г. Во сколько раз уменьшится их концентрация  $n$  при увеличении высоты на 10 м? Температура воздуха  $T = 300$  К.
- 223.** На какой высоте над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на ее поверхности? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.
- 224.** Определить количество теплоты, сообщенное газу, если в процессе изохорного нагревания кислорода объемом  $V = 20$  л его давление изменилось на  $\Delta P = 100$  кПа.



**225.** Некоторый газ массой 1 кг находится при температуре 300 К и под давлением 0,5 МПа. В результате изотермического сжатия давление газа увеличилось в два раза. Работа, затраченная на сжатие, равна:  $A = -432$  кДж. Определить: 1) какой это газ; 2) первоначальный удельный объем газа.

**226.** Давление воздуха внутри плотно закупоренной бутылки при температуре 7 °С равно 150 кПа. До какой температуры надо нагреть бутылку, чтобы из нее вылетела пробка? Для удаления пробки до нагревания бутылки требовалась минимальная сила 45 Н. Площадь поперечного сечения пробки 4 см<sup>2</sup>.

**227.** В горизонтальной пробирке находится 240 см<sup>3</sup> воздуха, отделенных от атмосферы столбиком ртути длиной 150 мм. Если пробирку повернуть открытым концом вверх, то объем воздуха станет 200 см<sup>3</sup>. Найти атмосферное давление. Плотность ртути  $\rho = 13600$  кг/м<sup>3</sup>,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**228.** При уменьшении объема газа в 2 раза давление изменилось на 120 кПа, а абсолютная температура возросла на 10 %. Каково было первоначальное давление газа?

**229.** Воздух в цилиндре под поршнем сначала изотермически сжали, увеличив давление в 2 раза, а затем нагрели при постоянном давлении. В результате объем воздуха увеличился в 3 раза по сравнению с первоначальным. До какой температуры нагрели воздух, если его начальная температура была 300 К?

**230.** В баллоне, объем которого  $V = 10$  л, находится гелий под давлением  $P_1 = 10^5$  Па при температуре  $t_1 = 27$  °С. После того, как из баллона был взят гелий массой  $m = 10$  г, давление в баллоне понизилось до  $P_2 = 0,9 \cdot 10^5$  Па. Определить температуру гелия, оставшегося в баллоне.

**231.** В баллоне емкостью  $V = 12$  л находится азот массой  $m_1 = 1,5$  кг при температуре  $t_1 = 37$  °С. Каким станет давление в баллоне при температуре  $t_2 = 50$  °С, если выпустить 35 % азота? Найти начальное давление азота.

**232.** Когда из сосуда выпустили некоторое количество газа, давление в нем упало на 40 %, а абсолютная температура – на 20 %. Какую часть газа выпустили?

- 233.** Определить, во сколько раз изменится концентрация молекул газа, если при изобарном процессе уменьшить абсолютную температуру в 7 раз, а затем количество газа уменьшить в 14 раз при том же давлении.
- 234.** Найти внутреннюю энергию смеси, состоящей из гелия массой  $m_1 = 20$  г и неона массой  $m_2 = 10$  г. Смесь газов находится при температуре  $T = 300$  К.
- 235.** В сосуде находится криптон массой  $m_1 = 42$  г и аргон массой  $m_2 = 20$  г. Найти изменение внутренней энергии смеси  $\Delta U$  при ее нагревании на  $\Delta t = 50$  °С.
- 236.** Изменение состояния одного моля идеального одноатомного газа происходит по закону  $PV^n = \text{const}$ . Найти изменение внутренней энергии при увеличении объема в два раза для случая:  $n = 0$ . Начальная температура газа  $T_0 = 300$  К.
- 237.** Изменение состояния одного моля идеального одноатомного газа происходит по закону  $PV^n = \text{const}$ . Найти изменение внутренней энергии при увеличении объема в два раза для случая:  $n = 1$ . Начальная температура газа  $T_0 = 300$  К.
- 238.** Изменение состояния одного моля идеального одноатомного газа происходит по закону  $PV^n = \text{const}$ . Найти изменение внутренней энергии при увеличении объема в два раза для случая:  $n = 2$ . Начальная температура газа  $T_0 = 300$  К.
- 239.** Идеальный газ сжимают поршнем и одновременно подогревают. Во сколько раз изменится его внутренняя энергия, если объем газа уменьшить в 5 раз, а давление увеличить в 7 раз?
- 240.** Один киломоль идеального одноатомного газа расширяется по закону  $P/V = \text{const}$ . При этом, объем газа увеличивается втрое, а его внутренняя энергия увеличивается на  $\Delta U = 9,972 \cdot 10^6$  Дж. Какова была первоначальная температура газа?
- 241.** Газ нагревают от температуры  $T_1 = 300$  К до температуры  $T_2 = 400$  К. При этом, объем газа изменяется прямо пропорционально температуре. Начальный объем газа  $V_1 = 3$  дм<sup>3</sup>. Конечное давление  $P_2 = 10^5$  Па. Какую работу совершил газ в этом процессе?
- 242.** В цилиндре под поршнем находится водород при температуре  $t = 30$  °С, занимающий объем  $V = 8$  дм<sup>3</sup> при давлении  $P = 2 \cdot 10^5$  Па. Как изменится температура водорода, если при постоянном давлении совершить над ним работу  $A = 50$  Дж?

- 243.** При изобарическом нагревании от температуры  $t_1 = 20\text{ }^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 50\text{ }^\circ\text{C}$  газ совершает работу  $A = 2,5\text{ кДж}$ . Определить число  $N$  молекул газа, участвующих в этом процессе.
- 244.** Найти работу  $A$  изобарического расширения двух молей идеального одноатомного газа, если известно, что концентрация молекул в конечном состоянии вдвое меньше, чем в начальном при температуре  $T_1 = 300\text{ К}$ .
- 245.** В двух цилиндрах под подвижными поршнями находятся водород и кислород. Во сколько раз отличаются работы, которые совершают эти газы при изобарном нагревании, если их массы, а также начальные и конечные температуры равны?
- 246.** Водород массой  $m = 2\text{ кг}$  при температуре  $T = 300\text{ К}$  охлаждаются изохорно так, что его давление падает в  $n = 3$  раза. Затем водород изобарно расширяется. Найти работу газа, если его конечная температура равна начальной.
- 247.** Газ расширяется от объема  $V_1 = 1\text{ л}$  до объема  $V_2 = 11\text{ л}$ . Давление при этом изменяется по закону  $P = aV$ , где  $a = 4\text{ Па/м}^3$ . Найти работу, совершаемую газом.
- 248.** Один киломоль идеального газа первоначально находился при давлении  $P_0$  и занимал объем  $V_0$ . В процессе расширения до объема  $V_1$  по закону  $P/V = P_0/V_0$  газ совершает работу. Определить работу, совершенную газом, и найти изменение температуры газа в этом процессе.
- 249.** Температура некоторой массы  $m$  идеального газа молярной массы  $M$  меняется по закону  $T = aV^2$ , где  $a = \text{const}$ . Найти работу, совершенную газом при увеличении объема от  $V_1$  до  $V_2$ . Поглощается или выделяется энергия в таком процессе?
- 250.** Идеальный газ, занимающий объем  $V_1 = 10\text{ л}$  при давлении  $P_1 = 2 \cdot 10^5\text{ Па}$ , расширяется изотермически до объема  $V_2 = 28\text{ л}$ . Какую работу он при этом совершает?
- 251.** Какую работу совершает при изотермическом расширении водород, взятый при температуре  $t = 11\text{ }^\circ\text{C}$ , если его объем увеличивается в 3 раза? Масса водорода  $m = 5\text{ г}$ .
- 252.** Газ расширяется, при этом его давление увеличивается от давления  $P_1 = 2 \cdot 10^3\text{ Па}$  до давления  $P_2 = 10^3\text{ Па}$ . Газ расширяется по закону  $P = a - bV$ , где  $a = \text{const}$ ;  $b = 0,5\text{ Па/м}^3$ . Найти работу, совершаемую газом при таком расширении.

- 253.** Воздух массой  $m = 1$  кг находится под поршнем в цилиндре. Давление воздуха  $P = 8 \cdot 10^5$  Па, а температура  $t = 158$  °С. При изотермическом расширении его давление уменьшилось вдвое. Найти работу, совершаемую газом, и его конечный объем.
- 254.** Одноатомный идеальный газ, первоначально занимающий объем  $V_1 = 2$  м<sup>3</sup>, изохорно перевели в состояние, при котором его давление увеличилось на  $\Delta P = 0,2$  МПа. Какое количество теплоты сообщили газу?
- 255.** При изохорном нагревании кислорода объёмом 50 л давление газа изменилось на 0,5 МПа. Найти количество теплоты, сообщенное газу.
- 256.** Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определить работу расширения, если пару передано количество теплоты, равное 4 кДж.
- 257.** При изотермическом расширении водорода массой 1 г, имевшего температуру 280 К, объём газа увеличился в три раза. Определить работу расширения газа и полученное газом количество теплоты.
- 258.** При адиабатном расширении кислорода с начальной температурой 320 К внутренняя энергия уменьшилась на 8,4 кДж, а его объём увеличился в 10 раз. Определить массу кислорода.
- 259.** В процессе изобарного расширения идеального одноатомного газа было затрачено  $Q = 1200$  Дж тепла. Определить работу, совершенную газом. Найти теплоемкость одного киломоля газа в этом процессе.
- 260.** Один киломоль идеального одноатомного газа расширяется по закону  $PV^2 = \text{const}$ . Найти молярную теплоемкость газа.
- 261.** Один киломоль идеального одноатомного газа расширяется по закону  $P = aV$ , где  $a = \text{const}$ . Найти молярную теплоемкость.
- 262.** При адиабатическом расширении азота массой  $m = 1$  кг, газом совершена работа  $A = 300$  Дж. Найти изменение его внутренней энергии и температуры, если известно, что удельная теплоемкость азота при постоянном объеме  $C_{уд} = 475$  Дж/(кг · К).
- 263.** При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 1 мм, если при нормальном давлении она равна  $6 \cdot 10^{-6}$  см?
- 264.** Найти среднюю длину свободного пробега молекулы водорода при давлении  $10^{-3}$  мм. рт. ст. и температуре, равной  $t = 173$  °С.

- 265.** Кислород находится при нормальных условиях. Определить коэффициент теплопроводности кислорода, если эффективный диаметр его молекул равен 0,36 нм.
- 266.** Определить коэффициент теплопроводности азота, если коэффициент вязкости для него при тех же условиях равен 10 мкПа·с.
- 267.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в три раза выше температуры холодильника. Нагреватель передал газу количество теплоты, равное 42 кДж. Какую работу совершил газ?
- 268.** Идеальный газ работает по циклу Карно. Абсолютная температура нагревателя – 400 К, холодильника – 300 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если абсолютную температуру нагревателя повысить на 200 К?
- 269.** Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу 100 Дж. Температура нагревателя  $T_1 = 100$  °С, температура холодильника  $T_2 = 0$  °С. Найти количество тепла  $Q$ , отдаваемое за один цикл холодильнику.
- 270.** КПД цикла Карно  $\eta = 1/4$ . Во сколько раз нужно увеличить температуру нагревателя (оставляя неизменной температуру холодильника), чтобы КПД увеличился вдвое?
- 271.** Температура нагревателя идеальной тепловой машины  $t_1 = 117$  °С, холодильника  $t_2 = 27$  °С. Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1 с, равно  $Q = 60$  кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с, и мощность машины.
- 272.** Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Температура нагревателя  $T_1 = 600$  К, холодильника  $T_2 = 300$  К. Работа, совершаемая газом при изотермическом расширении,  $A_1 = 200$  Дж. Найти КПД цикла и теплоту, которая отдается холодильнику за один цикл.
- 273.** Кислород массой 100 г нагревают изобарно, при этом температура газа увеличивается от 80 до 280 °С. Найти изменение энтропии.
- 274.** Кислород массой  $m = 32$  г увеличил свой объем в 2 раза, один раз – изотермически, другой – адиабатически. Найти изменение энтропии в каждом из указанных процессов.
- 275.** 4 кг кислорода нагревают при постоянном объеме от 27 °С до 227 °С. Найти изменение энтропии  $\Delta S$  в этом процессе.

**276.** Углекислый газ массой  $m = 88$  г занимает при температуре  $T = 290$  К объем  $V = 1000$  см<sup>3</sup>. Определить внутреннюю энергию газа, если газ реальный. Поправку  $a$  принять равной  $0,361$  Н·м<sup>4</sup>/моль<sup>2</sup>.

**277.** В капиллярной трубке радиусом  $R = 0,5$  мм жидкость поднялась на высоту  $h = 11$  мм. Оценить плотность данной жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma = 22$  мН/м.

**278.** Найти давление  $P$  в пузырьке воздуха диаметром  $d = 4$  мкм, который находится в воде на глубине  $h = 5$  м. Атмосферное давление нормальное.

**279.** При определении силы поверхностного натяжения капельным методом, число капель глицерина, вытекающего из капилляра, составляет  $n = 50$ . Общая масса глицерина  $m = 1$  г, а диаметр шейки капли в месте отрыва  $d = 1$  мм. Определить поверхностное натяжение.

**280.** На какую высоту  $h$  поднимется вода между двумя параллельными друг другу стеклянными пластинками, если расстояние между ними равно  $x = 0,2$  мм?

## 4. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

### 4.1. Основные формулы

Закон Кулона:  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon R^2}$ .

Напряженность и потенциал электрического поля:  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ;  $\varphi = \frac{W}{q}$ .

Поток вектора напряженности через поверхность:  $\Phi_E = \int_S E_n dS$ .

Теорема Остроградского-Гаусса для вакуума:  $\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n Q_i$ .

Напряженность и потенциал поля точечного заряда:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon R^2}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon R}$$

Напряженность поля плоского конденсатора:  $E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$ .

Энергия взаимодействия точечных зарядов:  $W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i \varphi_i$ .

Связь между напряженностью и потенциалом:  $\vec{E} = \text{grad } \varphi$ .

Работа поля по перемещению заряда:  $A = Q(\varphi_1 - \varphi_2)$ .

Ёмкость уединённого проводника:  $C = \frac{Q}{\varphi}$ .

Взаимная электроёмкость:  $C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2}$ .

Ёмкость плоского конденсатора:  $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$ .

Ёмкость сферического конденсатора:  $C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$ .

Ёмкость цилиндрического конденсатора:  $C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 \ell}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$ .

Энергия заряженного конденсатора:  $W = \frac{1}{2} CU^2$ .

Объёмная плотность энергии:  $\omega = \frac{1}{2} \epsilon\epsilon_0 E^2$ .

Сила и плотность постоянного тока:  $I = \frac{Q}{t} \cdot j = \frac{I}{S} \cdot j = env$ .

Закон Ома:

1) для однородного участка цепи:  $I = \frac{U}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$ .

2) для неоднородного участка цепи:  $I = \frac{U}{R} = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \mp \epsilon_{12}}{R}$ .

3) для замкнутой цепи:  $I = \frac{\epsilon}{R+r}$ .

Закон Джоуля-Ленца:  $Q = I^2 Rt$ .

Работа на участке цепи:  $A = IUt$ .

Закон Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальном виде:

$$j = \sigma E. w = \sigma E^2.$$

Закон Био-Савара-Лапласа:  $d\mathbf{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I \sin \alpha}{r^2} d\ell$ .

Магнитная индукция в центре кругового тока:  $B = \frac{\mu\mu_0}{2} \frac{I}{R}$ .

Магнитная индукция поля, создаваемого отрезком проводника:

$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I}{b} (\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2).$$

Магнитная индукция поля соленоида:  $B = \mu\mu_0 nI$ .

Магнитная индукция поля, создаваемого движущимся зарядом:

$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{Qv}{r^2} \sin\alpha.$$

Сила Ампера:  $\vec{F} = I[d\vec{\ell} \vec{B}]$ .  $dF = IBd\ell \sin \alpha$ .

Магнитный момент контура с током:  $\vec{P} = \vec{n} IS$ .

Сила Лоренца:  $\vec{F} = q[\vec{v} \vec{B}]$ .  $F = qvB \sin \alpha$ .

Закон полного тока:  $\oint_L \mathbf{B}_\ell d\mathbf{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^n I_i$ .

Магнитный поток через контур:  $\Phi_B = BS \cos \alpha$ .

Закон электромагнитной индукции:  $\epsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$ .

ЭДС самоиндукции:  $\epsilon_s = -L \frac{dI}{dt}$ .

Индуктивность соленоида:  $L = \mu\mu_0 n^2 V$ .



Энергия магнитного поля:  $W = \frac{1}{2} LI^2$ .

Объёмная плотность энергии магнитного поля:  $\omega = \frac{1}{2} \mu\mu_0 H^2$ .

Уравнение свободных незатухающих электромагнитных колебаний:

$$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi).$$

Дифференциальное уравнение свободных незатухающих колебаний:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0.$$

Период колебаний в колебательном контуре:  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ .

Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0,$$

где  $\beta = \frac{R}{2L}$  – коэффициент затухания;  $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$  – циклическая частота свободных незатухающих колебаний системы.

Уравнение свободных затухающих колебаний:

$$q = q_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \psi_0).$$

Амплитуда затухающих колебаний:  $q = q_0 e^{-\beta t}$ .

Логарифмический декремент затухания:  $\theta = \beta T$ .

Циклическая частота затухающих колебаний:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}.$$

## 4.2. Контрольная работа № 3 по разделам «Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм»

<i>Вариант</i>	<i>Номера задач</i>							
<b>1</b>	301	311	321	331	341	351	361	371
<b>2</b>	302	312	322	332	342	352	362	372
<b>3</b>	303	313	323	333	343	353	363	373
<b>4</b>	304	314	324	334	344	354	364	374
<b>5</b>	305	315	325	335	345	355	365	375
<b>6</b>	306	316	326	336	346	356	366	376
<b>7</b>	307	317	327	337	347	357	367	377
<b>8</b>	308	318	328	338	348	358	368	378
<b>9</b>	309	319	329	339	349	359	369	379
<b>0</b>	310	320	330	340	350	360	370	380

**301.** Три одинаковых положительных заряда по  $10^{-9}$  Кл каждый, расположены по вершинам равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравновесила силы взаимного отталкивания зарядов, находящихся в вершинах?

**302.** Два одинаковых металлических заряженных шара малого диаметра находятся на расстоянии  $r = 60$  см. Сила отталкивания шаров  $F = 70$  мкН. После того, как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной  $F = 160$  мкН. Вычислить заряды, которые были на шарах до их соприкосновения.

**303.** Четыре одинаковых положительных точечных заряда по 10 нКл каждый, закреплены в вершинах квадрата, сторона которого 20 см. Найти силу, действующую на один из этих зарядов со стороны остальных.

**304.** Расстояние между двумя точечными зарядами  $q_1 = 1$  мкКл и  $q_2 = -1$  мкКл равно 10 см. Определить силу  $F$ , действующую на точечный заряд  $q = 0,1$  мкКл, удалённый на 6 см от первого и на 8 см от второго заряда.

- 305.** Два одинаковых маленьких металлических шарика находятся на расстоянии  $r = 1$  м друг от друга. Заряд одного шарика в 4 раза больше заряда другого. Шарика привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние. Найти это расстояние, если сила взаимодействия шариков осталась прежней.
- 306.** Два одинаковых маленьких шарика массой  $m = 80$  г каждый подвешены к одной точке на нитях длиной  $L = 30$  см. Какой заряд  $q$  надо сообщить каждому шарика, чтобы нити разошлись под прямым углом друг к другу?
- 307.** В однородном электрическом поле, вектор напряженности которого направлен вертикально вверх, находится в равновесии пылинка массой  $0,03$  мкг с зарядом  $3$  пКл. Определить напряженность поля.
- 308.** Во сколько раз увеличится сила натяжения нити, на которой висит шарик массой  $m = 0,1$  кг, несущий заряд  $q = 10$  мкКл, если систему поместить в однородное электрическое поле с напряженностью  $E = 200$  кВ/м, вектор которой направлен вертикально вниз?
- 309.** Найти величину ускорения  $a$ , которое приобретает частица массой  $m = 0,1$  г с зарядом  $q = 4$  мкКл под действием однородного электрического поля с напряженностью  $E = 1000$  В/м.
- 310.** В центре сферы радиусом  $R = 20$  см находится точечный заряд  $Q = 10$  нКл. Определить поток вектора напряженности через часть сферической поверхности площадью  $20$  см<sup>2</sup>.
- 311.** Бесконечная плоскость равномерно заряжена с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 4$  нКл/м<sup>2</sup>. Определите значение и направление градиента потенциала электростатического поля, созданного этой плоскостью.
- 312.** В центре сферы радиусом  $R = 0,5$  м находится заряженный шарик диаметром  $d = 5$  см. Через участок сферической поверхности площадью  $S = 20$  см<sup>2</sup> проходит поток вектора напряженности, равный  $\Phi = 5$  В·м. Вычислить объемную плотность заряда шарика.
- 313.** Электрическое поле создано положительным точечным зарядом. Потенциал поля в точке, удаленной от заряда на расстояние, равное  $12$  см, равен  $24$  В. Определите значение и направление градиента потенциала в этой точке.
- 314.**  $N$  одинаковых капелек ртути заряжены до одного и того же потенциала  $\phi_0$ . Каков будет потенциал  $\phi$  большой капли, получившейся в результате слияния этих капель?

- 315.** С какой силой  $F$  взаимодействуют пластины плоского воздушного конденсатора площадью  $S = 0,01 \text{ м}^2$ , если напряжение на пластинах  $U = 500 \text{ В}$  и расстояние между ними  $d = 0,003 \text{ м}$ ?
- 316.** Два удаленных друг от друга проводящих шара имеют радиусы  $3 \text{ см}$  и  $7 \text{ см}$  и потенциалы  $20 \text{ В}$  и  $30 \text{ В}$  соответственно. Каким станет потенциал шаров после соединения их тонким проводом?
- 317.** Расстояние между зарядами  $q_1 = 10 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -1 \text{ нКл}$  равно  $R = 1,1 \text{ м}$ . Найти напряженность поля  $E$  в точке на прямой, соединяющей заряды, в которой потенциал равен нулю.
- 318.** Какую часть электронов надо удалить из медного шара радиусом  $R = 10 \text{ см}$ , чтобы его потенциал был  $\phi = 10^8 \text{ В}$ ?
- 319.** При переносе заряда  $q = 10 \text{ нКл}$  из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии  $r = 0,2 \text{ м}$  от поверхности заряженного металлического шара, необходимо совершить работу  $A = 0,5 \text{ мкДж}$ . Найти потенциал поверхности шара, если его радиус  $R = 0,04 \text{ м}$ .
- 320.** Два одноименных точечных заряда  $q_1 = 20 \text{ нКл}$  и  $q_2 = 5 \text{ нКл}$  находятся на расстоянии  $r = 0,5 \text{ м}$  друг от друга. Какую работу должны совершить электрические силы для увеличения расстояния между зарядами в  $5$  раз?
- 321.** Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом  $20 \text{ см}$  каждая. Расстояние между пластинами  $5 \text{ мм}$ . Конденсатор присоединен к источнику напряжения  $2 \text{ кВ}$ . Определить заряд и напряженность поля конденсатора, если диэлектриком будет стекло. Диэлектрическая проницаемость стекла равна  $6$ .
- 322.** На капельке радиусом  $r = 10^{-3} \text{ м}$  находится заряд  $q = 0,7 \cdot 10^{-13} \text{ Кл}$ . Десять таких капель сливаются в одну большую каплю. Определить потенциал  $\phi$  большой капли.
- 323.** Площадь каждой пластины плоского конденсатора  $S = 520 \text{ см}^2$ . На каком расстоянии друг от друга надо расположить в воздухе пластины, чтобы емкость конденсатора была  $C = 46 \text{ пФ}$ ?
- 324.** Плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d_1 = 0,5 \text{ мм}$ , заряжен до напряжения  $U_1 = 10 \text{ В}$  и отключен от источника. Каким будет напряжение  $U_2$ , если пластины раздвинуть до расстояния  $d_2 = 5 \text{ мм}$ ?

- 325.** Определить работу, которую нужно совершить, чтобы увеличить на 200 мкм расстояние между пластинами плоского конденсатора, заряженными разноименными зарядами 300 нКл. Площадь каждой пластины  $150 \text{ см}^2$ . В зазоре между пластинами находится воздух.
- 326.** При разрядке батареи, состоящей из 20 параллельно включенных конденсаторов одинаковыми емкостями 4 мкФ, выделилось количество теплоты 10 Дж. До какой разности потенциалов были заряжены конденсаторы?
- 327.** Шар радиусом  $R_1 = 6 \text{ см}$  заряжен до потенциала  $U_1 = 300 \text{ В}$ , а шар радиусом  $R_2 = 4 \text{ см}$  – до потенциала  $U_2 = 500 \text{ В}$ . Определить потенциал шаров после того, как их соединили металлическим проводником.
- 328.** Конденсаторы емкостями  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 2 \text{ мкФ}$ ,  $C_3 = 3 \text{ мкФ}$  включены в цепь с напряжением  $U = 1,1 \text{ кВ}$ . Определить энергию каждого конденсатора в случае, если они включены последовательно.
- 329.** Определить энергию заряженного плоского конденсатора с твердым диэлектриком по следующим данным: объем диэлектрика  $V = 10^{-3} \text{ м}^3$ , относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon = 5$ , напряженность поля в диэлектрике  $E = 106 \text{ В/м}$ .
- 330.** Плотность энергии заряженного конденсатора  $w = 300 \text{ Дж/м}^3$ . С какой силой взаимодействуют обкладки конденсатора, если их площадь  $S = 10^{-2} \text{ м}^2$ ?
- 331.** Четыре лампы, рассчитанные на напряжение 3 В и силу тока 0,3 А каждая, надо включить параллельно и питать от источника напряжением 5,4 В. Резистор какого сопротивления надо включить последовательно с лампами?
- 332.** По проводнику сопротивлением 3 Ом течет равномерно возрастающий ток. Количество теплоты, выделившееся в проводнике за 8 с, равно 200 Дж. Определить количество электричества, протекающее за это время по проводнику. В момент времени, принятый за начальный, ток в проводнике был равен нулю.
- 333.** Ток в проводнике сопротивлением  $R = 100 \text{ Ом}$  изменяется по закону  $I = a + b t$ , где  $a = 2 \text{ А}$ ,  $b = 1 \text{ А/с}$ ,  $t$  – время в секундах. Определить количество теплоты  $Q$ , выделившееся в проводнике за промежуток времени от  $t_1 = 0$  до  $t_2 = 5 \text{ с}$ .

- 334.** Сколько последовательно соединенных электрических лампочек надо взять для изготовления гирлянды, чтобы ее затем можно было бы включить в сеть напряжением 220 В, если каждая лампочка имеет сопротивление 20 Ом и горит полным накалом при силе тока 0,5 А?
- 335.** Десять ламп, каждая из которых имеет сопротивление 24 Ом и рассчитана на напряжение 12 В, соединены последовательно и подключены к сети постоянного напряжения 220 В последовательно с некоторым сопротивлением. Какова должна быть величина этого сопротивления, чтобы лампы горели полным накалом?
- 336.** Источник постоянного тока с ЭДС 15 В и внутренним сопротивлением 1,4 Ом питает внешнюю цепь, состоящую из двух параллельно соединенных сопротивлений 2 и 8 Ом. Найти разность потенциалов на зажимах источника.
- 337.** При замыкании элемента на сопротивление 1,8 Ом в цепи идет ток силой 0,7 А, а при замыкании на сопротивление 2,3 Ом сила тока в цепи 0,56 А. Найти ток короткого замыкания.
- 338.** Два одинаковых сопротивления по 100 Ом соединены параллельно и к ним последовательно подключено сопротивление 200 Ом. Вся система подсоединена к источнику постоянного тока. К концам параллельно соединенных сопротивлений подключен конденсатор емкостью 10 мкФ. Определить ЭДС источника тока, если заряд на конденсаторе 0,22 мКл. Внутреннее сопротивление источника тока не учитывать.
- 339.** Две одинаковые батареи с ЭДС 20 В и внутренним сопротивлением 2 Ом каждая, соединены параллельно и подключены к сопротивлению 9 Ом. Найти силу тока, протекающего через сопротивление.
- 340.** Каково внутреннее сопротивление источника тока, если на сопротивлении 10 Ом, подключенном к источнику тока, выделяется мощность 100 Вт, а во всей цепи 110 Вт?
- 341.** Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление  $r = 0,2$  Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление  $R = 1,5$  Ом. Найти силу тока  $I$  во внешней цепи.

**342.** При силе тока  $I_1 = 3$  А во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность  $P_1 = 18$  Вт, при силе тока  $I_2 = 1$  А – соответственно  $P_2 = 10$  Вт. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление батареи.

**343.** Обмотка электрического кипятильника имеет две секции. Если включена только первая секция, то вода закипает через  $t_1 = 15$  мин, если только вторая, то через  $t_2 = 30$  мин. Через какое время закипит вода, если обе секции включить: последовательно, параллельно?

**344.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 100$  Ом равномерно нарастает от  $I_0 = 0$  до  $I_{\max} = 10$  А в течение времени  $t = 30$  с. Определить количество теплоты  $Q$ , выделившееся за это время в проводнике.

**345.** Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от  $I_0 = 0$  до некоторого максимального значения в течение времени  $t = 10$  с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q = 1$  кДж. Определите скорость нарастания тока в проводнике, если сопротивление  $R$  его равно 3 Ом.

**346.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 12$  Ом равномерно убывает от  $I_0 = 5$  А до  $I = 0$  в течение времени  $t = 10$  с. Какое количество теплоты  $Q$  выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени?

**347.** Источник тока с внутренним сопротивлением –  $r$  и ЭДС –  $\varepsilon$  замкнут на три резистора с сопротивлением  $R = 3r$  каждый, соединенные последовательно. Во сколько раз изменится сила тока в цепи, напряжение на зажимах источника и полезная мощность, если резисторы соединить параллельно?

**348.** При подключении к источнику тока резистора  $R_1 = 18$  Ом, а затем последовательно с ним резистора  $R_2 = 63$  Ом коэффициент полезного действия возрос в  $n = 2$  раза. Определить сопротивление источника тока.

**349.** Лампочки, сопротивления которых  $R_1 = 3$  Ом и  $R_2 = 12$  Ом, подключенные поочередно к некоторому источнику тока, потребляют одинаковую мощность. Найти внутреннее сопротивление источника тока и КПД цепи в каждом случае.

**350.** Какова напряженность электрического поля  $E$  в алюминиевом проводнике сечением  $S = 1,4$  мм<sup>2</sup> при силе тока  $I = 1$  А? Удельное сопротивление алюминия известно.

- 351.** В центре кругового проволочного витка создается магнитное поле  $\vec{H}$  при разности потенциалов  $U_1$  на концах витка. Как нужно изменить приложенную разность потенциалов, чтобы получить такую же напряженность магнитного поля в центре витка вдвое большего радиуса, сделанного из той же проволоки?
- 352.** Частица массой  $m$  влетает в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Магнитное поле однородное и имеет индукцию  $\vec{B}$ . Заряд частицы  $q$ . Доказать, что период обращения частицы не зависит от ее скорости.
- 353.** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,015$  Тл по окружности радиусом  $R = 10$  см. Определить импульс электрона.
- 354.** Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл по окружности радиусом  $R = 1$  см. Определить кинетическую энергию  $E_k$  электрона.
- 355.** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 9$  мТл по винтовой линии радиусом  $R = 1$  см с шагом  $h = 7,8$  см. Определить период обращения электрона. Под каким углом к линиям магнитной индукции движется электрон?
- 356.** Электрон влетает в однородное магнитное поле с напряженностью  $H = 16$  кА/м со скоростью  $v = 8 \cdot 10^6$  м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к направлению линий индукции. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.
- 357.** В магнитном поле, индукция которого  $B = 2$  мТл, по винтовой линии радиусом  $R = 2$  см и шагом  $h = 5$  см движется электрон. Определить его скорость.
- 358.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 2$  Тл движется протон. Траектория его движения представляет винтовую линию радиусом  $R = 10$  см. Кинетическая энергия протона  $E_k = 3,6$  МэВ. Определить шаг винтовой линии.
- 359.** Какова кинетическая энергия протона, если его траектория в магнитном поле с индукцией  $B = 2$  Тл представляет собой винтовую линию радиусом  $R = 10$  см с шагом  $h = 60$  см?



**360.** Рамка площадью  $S = 200 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле, индукция которого  $B = 0,1 \text{ Тл}$ , так, что нормаль к рамке составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с вектором магнитной индукции. Сила тока в рамке  $I = 10 \text{ А}$ . Найти вращающий момент, действующий на рамку.

**361.** Квадратную рамку из проводника вращают равномерно в перпендикулярном оси рамки переменном магнитном поле, изменяющемся по закону  $B = 0,05 \sin \pi t$ . Сторона рамки  $d = 20 \text{ см}$ . В начальный момент времени угол между плоскостью рамки и направлением индукции магнитного поля  $\alpha = 90^\circ$ , угловая скорость вращения рамки –  $\pi \text{ рад/с}$ . Найти зависимость ЭДС индукции, которая возникает в рамке, от времени.

**362.** Замкнутый проводник, сопротивление которого  $R = 3 \text{ Ом}$ , находится в магнитном поле. В результате изменения индукции этого поля магнитный поток через проводник возрос от значения  $\Phi_1 = 0,0002 \text{ Вб}$  до значения  $\Phi_2 = 0,0005 \text{ Вб}$ . Какой электрический заряд прошел при этом через поперечное сечение проводника?

**363.** Проволочный виток радиусом  $r = 4 \text{ см}$  и сопротивлением  $R = 0,01 \text{ Ом}$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-2} \text{ Тл}$ . Плоскость контура составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с линиями поля. Какой заряд пройдет по витку, если магнитное поле будет равномерно убывать до нуля?

**364.** Плоский виток площадью  $S = 10 \text{ см}^2$  сделан из проволоки сопротивлением  $R = 0,5 \text{ Ом}$ . Силовые линии однородного магнитного поля с индукцией  $B = 4 \text{ Тл}$  перпендикулярны плоскости витка. К витку присоединен гальванометр. Найти электрический заряд, прошедший через гальванометр при повороте витка на угол  $\alpha = 120^\circ$ .

**365.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$  расположен плоский проволочный виток так, что его плоскость перпендикулярна линиям магнитной индукции. Виток замкнут на гальванометр. Полный электрический заряд, прошедший через гальванометр при повороте витка,  $q = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$ . На какой угол повернули виток? Площадь витка  $S = 10^2 \text{ см}^2$ , сопротивление  $R = 2 \text{ Ом}$ .

**366.** На рамку площадью  $S = 5 \text{ см}^2$  намотано  $N = 1000$  витков провода, сопротивление которого  $R = 100 \text{ Ом}$ . Она помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 10 \text{ мТл}$ , причем линии индукции перпендикулярны ее плоскости. Какой электрический заряд пройдет через гальванометр, подключенный к рамке, если направление вектора магнитной индукции изменить на противоположное?

**367.** Из провода длиной  $L = 2$  м сделан квадрат, который расположен горизонтально. Какой электрический заряд пройдет по проводу, если его потянуть за две диагонально противоположные вершины так, чтобы он сложился? Сопротивление провода  $R = 0,1$  Ом. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли  $B = 50$  мкТл.

**368.** Тонкий медный провод массой  $m = 1$  г согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B = 0,1$  Тл) так, что плоскость его перпендикулярна линиям индукции поля. Определить электрический заряд, который пройдет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

**369.** Кольцо радиусом  $r = 10$  см из медной проволоки диаметром  $d = 1$  мм помещено в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 1$  Тл так, что плоскость кольца перпендикулярна линиям индукционного магнитного поля. Кольцо преобразуют в квадрат. Какой электрический заряд пройдет по проводнику при этом?

**370.** При изменении силы тока в соленоиде от  $I_1 = 2,5$  А до  $I_2 = 14,5$  А, его магнитный поток увеличился на  $\Delta\Phi = 2,4$  мВб. Соленоид имеет  $N = 800$  витков. Найти среднюю ЭДС самоиндукции, которая возникает в нем, если изменение силы тока происходит в течение времени  $\Delta t = 0,15$  с. Найти изменение энергии магнитного поля в соленоиде.

**371.** Катушка сопротивлением  $R = 20$  Ом и индуктивностью  $L = 10^{-2}$  Гн находится в переменном магнитном поле. Когда создаваемый этим полем магнитный поток увеличивается на  $\Delta\Phi = 10^{-3}$  Вб, сила тока в катушке возрастает на  $\Delta I = 0,05$  А. Какой заряд проходит за это время по катушке?

**372.** Найти объемную плотность энергии магнитного поля в вакууме, если индукция магнитного поля  $B = 6,28 \cdot 10^{-2}$  Тл. Чему равна энергия магнитного поля, сосредоточенного в объеме  $V = 2$  м<sup>3</sup>?

**373.** По проволоке, имеющей форму правильного шестиугольника, идет ток силой 2 А. В центре рамки образуется магнитное поле  $H = 33$  А/м. Найти длину проволоки, из которой сделана рамка.

**374.** В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega = 50$  с<sup>-1</sup> вокруг вертикальной оси стержень длиной  $l = 0,4$  м. Определить ЭДС индукции, возникающей в стержне, если ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям индукции магнитного поля.

**374.** Катушка индуктивностью  $3 \cdot 10^{-5}$  Гн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин  $100 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $0,1 \text{ мм}$ . Чему равна диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур резонирует на волну длиной  $750 \text{ м}$ ?

**376.** В контуре с индуктивностью  $L$  и емкостью  $C$  совершаются свободные незатухающие колебания. Зная, что максимальное напряжение на конденсаторе  $U_{\text{max}}$ , найдите максимальную силу тока  $I_{\text{max}}$ .

**377.** Амплитуда силы тока в контуре  $I_{\text{max}} = 1,4 \text{ А}$ , а амплитуда напряжения  $U_{\text{max}} = 280 \text{ В}$ . Найти силу тока и напряжение в тот момент времени, когда энергия магнитного поля катушки равна энергии электрического поля конденсатора.

**378.** Катушка индуктивностью  $L = 31 \text{ мГн}$  присоединена к плоскому конденсатору с площадью каждой пластины  $S = 20 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними  $d = 1 \text{ см}$ . Чему равна диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon$ , заполняющей пространство между пластинами, если амплитуда силы тока  $I_0 = 0,2 \text{ мА}$ , а амплитуда напряжения  $U_0 = 10 \text{ В}$ ?

**379.** Найти индуктивность катушки, если амплитуда напряжения на ее концах  $V_0 = 160 \text{ В}$ , амплитуда тока  $I_0 = 10 \text{ А}$  и частота тока  $\nu = 50 \text{ Гц}$ .

**380.** К зажимам генератора присоединен конденсатор с емкостью  $C = 0,1 \text{ мкФ}$ . Найти амплитуду напряжения на зажимах, если амплитуда тока  $I_0 = 2,2 \text{ А}$ , а период тока  $T = 0,2 \text{ мс}$ .

## 5. ОПТИКА. АТОМНАЯ ФИЗИКА. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

### 5.1. Основные формулы

Закон преломления света:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$ .

Предельный угол полного отражения:  $\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1} \cdot n_1 > n_2$ .

Формула тонкой линзы:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ .

Оптическая сила тонкой линзы:  $D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{сп}}} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ .

Скорость света в среде:  $v = \frac{c}{n}$ .

Оптическая разность хода при отражении:  $\Delta = 2dn \cos r + \frac{\lambda}{2}$ .

Условие максимумов при интерференции:  $\Delta = \mp k\lambda$ ; ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ).

Условие минимумов при интерференции:

$$\Delta = \mp \left(k + \frac{1}{2}\right) \lambda; (k = 0, 1, 2 \dots).$$

Радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете или темных в проходящем:  $r_k = \sqrt{(2k - 1)R \frac{\lambda}{2}}$ .

Радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете или светлых в проходящем:  $r_k = \sqrt{R\lambda}$ .

Радиус  $k$ -й зоны Френеля для сферической волны:  $r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k\lambda}$ .

Условие минимумов интенсивности при дифракции на одной щели:

$$a \sin \varphi = \mp k\lambda; k = 1, 2, 3, \dots$$

Условие максимумов интенсивности при дифракции на одной щели:

$$a \sin \varphi = \mp (2k + 1) \frac{\lambda}{2}; k = 1, 2, 3, \dots$$

Условие максимумов при дифракции на дифракционной решетке:

$$d \sin \varphi = \mp k\lambda; k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Условие минимумов при дифракции на дифракционной решетке:

$$a \sin \varphi = \mp k\lambda; k = 1, 2, 3, \dots$$

Формула Вульфа – Бреггов:  $2d \sin \theta = k\lambda$ .

Закон Брюстера:  $tg \alpha_B = n_{21}$ .

Закон Малюса:  $I = I_0 \cos^2 \alpha$ .

Вращение плоскости поляризации:

1) в твердых телах:  $\varphi = \alpha d$ ;

2) в растворах:  $\varphi = [\alpha]Cd$ .

Закон Стефана Больцмана:  $R_{\text{э}}^* = \sigma T^4$ .

Закон смещения Вина:  $\lambda_m = \frac{b}{T}$ .

Формула Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A + \frac{mV_{\text{max}}^2}{2}$ .

Давление света:  $P = \frac{E_e}{c} (1 + \rho)$ .  $E_e = \frac{\Phi}{S}$ .

Эффект Комптона:  $\Delta\lambda = \lambda^I - \lambda = \frac{2\pi\hbar}{m_0c} (1 - \cos \theta)$ .

Энергия электрона в водородоподобном атоме:

$$E_n = - \frac{me^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2} \left( \frac{Z}{n} \right)^2.$$

Радиус электронной орбиты в водородоподобном атоме:

$$r_n = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{me^2} \left( \frac{n^2}{Z} \right).$$

Формула Бальмера для атома водорода:  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ .

Основной закон радиоактивного распада:  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ .

Активность нуклида:  $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = A_0 e^{-\lambda t}$ .

Ослабление интенсивности излучений:  $I = I_0 e^{-\mu x}$ .

Дефект массы атомного ядра:  $\Delta m = Z m({}_1^1H) + (A - Z)m_n - m_a$ .

Энергия связи:  $E_{св} = c^2 \Delta m$ .

Энергия ядерной реакции:  $Q = c^2[(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)]$ .

Формула де Бройля:  $\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p}$ .

Соотношение неопределенностей:  $\Delta P_x \Delta x \geq \hbar$ .

Зависимость проводимости полупроводников от температуры:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$$

Холловская разность потенциалов:  $\Delta\varphi = \frac{1}{en} \frac{IB}{d} = R \frac{IB}{d}$ .

## 5.2. Контрольная работа № 4 по разделам «Оптика. Атомная физика. Физика атомного ядра»

Вариант	Номера задач							
1	401	411	421	431	441	451	461	471
2	402	412	422	432	442	452	462	472
3	403	413	423	433	443	453	463	473
4	404	414	424	434	444	454	464	474
5	405	415	425	435	445	455	465	475
6	406	416	426	436	446	456	466	476
7	407	417	427	437	447	457	467	477
8	408	418	428	438	448	458	468	478
9	409	419	429	439	449	459	469	479
0	410	420	430	440	450	460	470	480

**401.** Луч света выходит из скипидара в воздух. Предельный угол полного внутреннего отражения для этого луча  $\alpha = 42^\circ 23'$ . Чему равна скорость  $V$  распространения света в скипидаре?

**402.** Радиусы кривизны поверхностей двояковыпуклой линзы равны  $R = 50$  см. Показатель преломления линзы равен  $n = 1,5$ . Найти оптическую силу линзы.

- 403.** Из стекла требуется изготовить плосковыпуклую линзу, оптическая сила которой равна  $D = 5$  дптр. Определить радиус  $R$  кривизны выпуклой поверхности линзы.
- 404.** В опыте Юнга расстояние между щелями равно  $d = 0,5$  мм. На каком расстоянии  $L$  от щелей следует расположить экран, чтобы ширина интерференционной полосы оказалась равной 3 мм? Длина волны  $\lambda = 450$  нм.
- 405.** Два когерентных источника света с длиной волны  $\lambda = 600$  нм находятся на расстоянии  $L = 3$  м от экрана и на расстоянии 1 мм друг от друга. Найти расстояние между соседними интерференционными полосами на экране.
- 406.** Как изменится расстояние между соседними максимумами на экране в опыте Юнга, если расстояние от щелей до экрана увеличить в 3 раза, а длину волны уменьшить в 1,5 раза?
- 407.** На экране наблюдается интерференционная картина от двух когерентных источников света, излучающих волны с длиной  $\lambda = 480$  нм. Когда на пути одного из пучков поместили тонкую пластинку из плавленого кварца с показателем преломления  $n = 1,46$ , то интерференционная картина сместилась на 70 полос. Определить толщину пластинки.
- 408.** Предмет помещают на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии  $d = 20$  см от неё и получают действительное изображение предмета на расстоянии  $f = 4F$ , где  $F$  – фокусное расстояние линзы. Определить фокусное расстояние.
- 409.** На плоскопараллельную пленку с показателем преломления  $n = 1,33$  под углом  $i = 45^\circ$  падает параллельный пучок белого света. Определить, при какой наименьшей толщине пленки зеркально отраженный свет наиболее сильно окрасится в желтый свет. Длина волны желтого света  $\lambda = 600$  нм.
- 410.** Плосковыпуклая линза радиусом кривизны  $R = 4$  м выпуклой стороной лежит на плоскопараллельной стеклянной пластинке. Определить длину волны падающего монохроматического света, если радиус пятого светлого кольца в отраженном свете равен 3 мм.
- 411.** Определить расстояние между вторым и пятым темными кольцами Ньютона, если радиус кривизны линзы равен 2 м, а длина волны света  $\lambda = 600$  нм. Наблюдение ведется в проходящем свете.

- 412.** Установка для наблюдения колец Ньютона освещается светом с длиной волны  $\lambda = 600$  нм. Определить толщину воздушной прослойки между линзой и стеклянной пластинкой в месте наблюдения третьего кольца Ньютона в отраженном свете.
- 413.** Установка для наблюдения колец Ньютона освещается светом с длиной волны  $\lambda = 400$  нм. Определить толщину воздушной прослойки между линзой и стеклянной пластинкой в месте наблюдения второго кольца Ньютона в проходящем свете.
- 414.** Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля, если расстояние от источника света до волновой поверхности и расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1 м и  $\lambda = 0,5$  мкм.
- 415.** На непрозрачную пластинку с узкой щелью нормально падает монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующий третьей светлой полосе, равен  $3^\circ$ . Скольким длинам волн падающего света равна ширина щели?
- 416.** На дифракционную решётку нормально падает пучок света. Угол дифракции для линии с длиной волны  $\lambda = 589$  нм в спектре первого порядка составляет  $\varphi = 17^\circ 8'$ . Некоторая линия даёт в спектре второго порядка угол дифракции, равный  $24^\circ 12'$ . Найти длину волны этой линии и число штрихов на 1 мм решетки.
- 417.** На решетку, постоянная которой 0,006 мм, нормально падает монохроматический свет. Угол между дифракционными спектрами первого и второго порядков равен  $4^\circ 36'$ . Определить длину световой волны.
- 418.** Длина волны монохроматического света  $\lambda = 590$  нм. Определить наибольший порядок максимума, который можно получить с помощью решетки, имеющей 500 штрихов на миллиметр, если свет падает на решетку нормально.
- 419.** На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет. Под каким углом наблюдается дифракционный максимум второго порядка, если известно, что угол между дифракционными максимумами первого и второго порядков равен  $6^\circ$ ?
- 420.** Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если после прохождения через них света его интенсивность уменьшилась в 6 раз?



- 421.** Во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света при прохождении его через поляризатор и анализатор, плоскости поляризации которых составляют  $60^\circ$ ?
- 422.** Чему равен показатель преломления стекла, если при отражении от него света, отраженный луч будет полностью поляризован при угле преломления  $30^\circ$ ?
- 423.** Главные плоскости двух призм Николя образуют между собой угол в  $60^\circ$ . На призмы падает свет с интенсивностью  $I$ . Как изменится интенсивность прошедшего света, если главные плоскости поставить под углом  $30^\circ$ ?
- 424.** Концентрация раствора сахара, налитого в стеклянную трубку, равна  $0,3 \text{ г/см}^3$ . Этот раствор вращает плоскость поляризации монохроматического света на  $25^\circ$ . Определите концентрацию раствора сахара в другой такой же стеклянной трубке, если он вращает плоскость поляризации на  $20^\circ$ .
- 425.** Мощность излучения абсолютно черного тела равна  $10 \text{ кВт}$ . Найдите площадь излучающей поверхности этого тела, если известно, что длина излучаемой волны, на которую приходится максимум спектральной плотности его энергетической светимости, равна  $700 \text{ нм}$ .
- 426.** Абсолютно черное тело имеет температуру  $T_1 = 500 \text{ К}$ . Какова будет температура  $T_2$  этого тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в  $n = 5$  раз?
- 427.** Энергетическая светимость абсолютно черного тела равна  $50 \text{ Вт/см}^2$ . Определите длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности энергетической светимости.
- 428.** Вследствие изменения температуры тела максимум его спектральной энергетической светимости переместился с  $2,5 \text{ мкм}$  до  $0,125 \text{ мкм}$ . Тело абсолютно черное. Во сколько раз изменилась температура тела и интегральная энергетическая светимость?
- 429.** Максимум излучения абсолютно черного тела приходится на длину волны  $800 \text{ нм}$ . На какую длину волны придется максимум излучения, если температуру тела повысить на  $400 \text{ К}$ ?
- 430.** Световой поток мощностью  $9 \text{ Вт}$  нормально падает на поверхность площадью  $10 \text{ см}^2$ , коэффициент отражения которой  $0,8$ . Какое давление испытывает при этом данная поверхность?

- 431.** На зеркальную плоскую поверхность падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 663$  нм. Определить давление света на поверхность и число фотонов, ежесекундно падающих на поверхность, если поток энергии излучения  $0,3$  Вт.
- 432.** Найти абсолютный показатель преломления среды, в которой свет с энергией фотона  $E = 4,4 \cdot 10^{-19}$  Дж имеет длину волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-5}$  см.
- 433.** Фотон, импульс которого  $P$ , сталкивается с покоящимся электроном и отлетает под углом  $\Omega = 90^\circ$  к первоначальному направлению своего движения. Найти импульс  $P'$  фотона после столкновения. Считать скорость электрона  $v \ll c$ .
- 434.** Источник монохроматического света мощностью  $P = 40$  Вт испускает  $n = 1,2 \cdot 10^{20}$  фотонов в секунду. Определить длину волны излучения.
- 435.** Рентгеновская трубка излучает ежесекундно  $N = 2 \cdot 10^{13}$  фотонов с длиной волны, соответствующей средней энергии фотона,  $\lambda = 10^{-10}$  м. Определить КПД трубки, если при напряжении  $U = 50$  кВ сила тока  $I = 10^{-3}$  А.
- 436.** Фотон с энергией  $E = 6$  эВ падает на зеркало и отражается. Какой импульс получает зеркало?
- 437.** Перпендикулярно поверхности площадью  $S = 100$  см<sup>2</sup> ежеминутно падает  $W = 63$  Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью: а) отражает все лучи; б) поглощает все лучи.
- 438.** Фотоэффект у некоторого металла начинается при частоте падающего света  $\nu = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Определить частоту света, при которой освобожденные им с поверхности данного металла электроны полностью задерживаются разностью потенциалов в  $3$  В. Найти работу выхода для данного металла.
- 439.** При освещении некоторого металла излучением с длиной волны  $\lambda_1 = 279$  нм задерживающий потенциал равен  $U_1 = 0,66$  В. При освещении длиной волны  $\lambda_2 = 245$  нм, задерживающий потенциал равен  $U_2 = 1,26$  В. Определить постоянную Планка  $h$  и работу выхода  $A$  электрона из данного металла, если масса электрона равна  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

440. Если освещать никелевый шар радиусом  $R = 1$  см светом с длиной волны, вдвое меньшей красной границы фотоэффекта, то шар заряжается. Какой заряд приобрел шар?
441. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна  $0,1$  нм?
442. Определить длину волны де Бройля электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.
443. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  протона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов  $V = 1$  кВ.
444. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, движущегося по орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.
445. Определить длину волны де Бройля  $\lambda$  электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.
446. Вычислить радиусы  $r_2$  и  $r_3$  второй и третьей орбит в атоме водорода.
447. Определить частоту обращения электрона на второй орбите атома водорода.
448. Определить длину волны  $\lambda$ , соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.
449. Найти наибольшую  $\lambda_{\max}$  и наименьшую  $\lambda_{\min}$  длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).
450. Вычислить энергию  $\epsilon$  фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.
451. Определить наименьшую  $\epsilon_{\min}$  и наибольшую  $\epsilon_{\max}$  энергии фотона в ультрафиолетовой серии спектра водорода (серии Лаймана).
452. Атомарный водород, возбужденный светом определенной волны, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий.
453. Определить энергию фотона, соответствующего второй линии в первой инфракрасной серии атома водорода.
454. Найти период обращения электрона на первой боровской орбите атома водорода.

**455.** Атом водорода находится в возбужденном состоянии, характеризуемом главным квантовым числом  $n = 4$ . Определить возможные спектральные линии в спектре водорода, появляющиеся при переходе атома из возбужденного состояния в основное.

**456.** Определить длину волны спектральной линии, излучаемой при переходе электрона с более высокого уровня энергии на более низкий уровень, если при этом энергия атома уменьшилась на 10 эВ.

**457.** Определить частоту света, излучаемого атомом водорода, при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом  $n = 2$ , если радиус орбиты электрона изменился в 9 раз.

**458.** Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны  $\lambda = 121,5$  нм. Определить радиус  $r$  электронной орбиты возбужденного атома водорода.

**459.** Атом водорода переведен из основного состояния в возбужденное, характеризующееся квантовым числом  $n = 3$ . Определить энергию  $\Delta E$  возбуждения атома (в эВ) и длины волн  $\lambda$ , которые могут появиться в спектре излучения атома водорода.

**460.** Определить работу, которую необходимо совершить, чтобы удалить электрон со второй боровской орбиты атома водорода за пределы притяжения его ядром.

**461.** Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном энергии 17,7 эВ. Определить скорость электрона за пределами атома.

**462.** Ядро азота  ${}^{14}_7\text{N}$  захватило  $\alpha$ -частицу и испустило протон. Определить массовое число  $A$  и зарядовое число  $Z$  образовавшегося в результате этого процесса ядра. Указать, какому элементу это ядро соответствует.

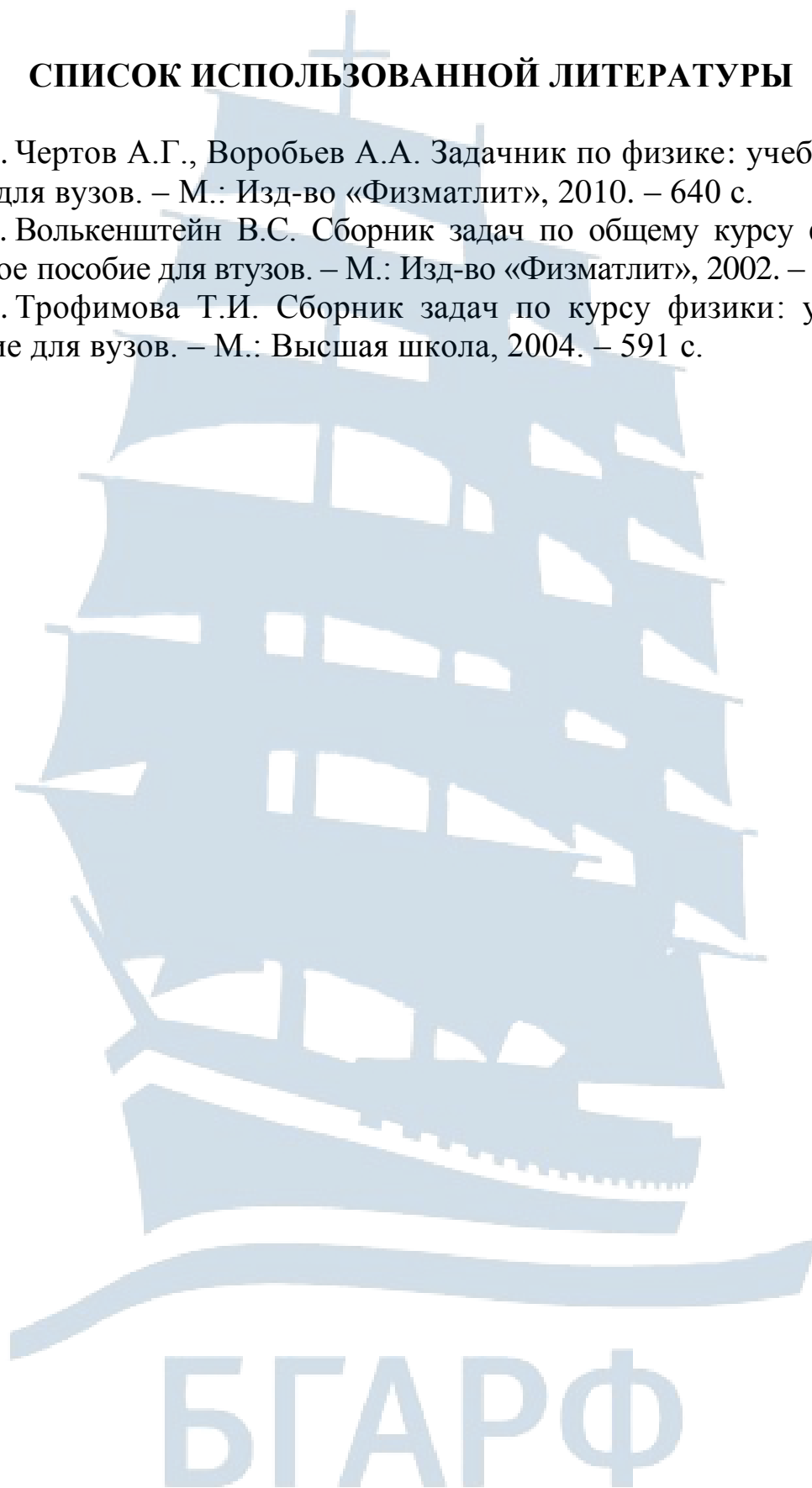
**463.** Два ядра гелия ( ${}^4_2\text{He}$ ) слились в одно ядро, и при этом был выброшен протон. Укажите, ядро какого элемента образовалось в результате такого превращения? Приведите символическую запись ядра.

**464.** Ядро плутония  ${}^{238}_{94}\text{Pu}$  испытало шесть последовательных  $\alpha$ -распадов. Написать цепочку ядерных превращений с указанием химических символов, массовых и зарядовых чисел промежуточных ядер и конечного ядра.

465. Определить, является ли реакция  ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^7_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$  экзотермической или эндотермической. Определить энергию ядерной реакции.
466. За восемь суток распалось 75 % начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада.
467. Какая часть начального количества атомов распадется за один год в радиоактивном изотопе тория  ${}^{229}\text{Th}$ ?
468. За 1 год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 3 раза. Во сколько раз оно уменьшится за 2 года?
469. За какое время  $t$  распадается  $1/4$  начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада 24 ч?
470. За время  $t = 8$  суток распалось  $k = 3/4$  начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада.
471. За время  $t = 1$  сут активность изотопа уменьшилась от  $A_1 = 1,18 \cdot 10^{11}$  Бк до  $A_2 = 7,4 \cdot 10^9$  Бк. Определить период полураспада  $T_{1/2}$  этого нуклида.
472. Определить активность  $A$  фосфора  ${}^{32}\text{P}$  массой  $m = 1$  мг.
473. Определить дефект массы  $\Delta m$  и энергию связи  $E_{\text{св}}$  ядра атома тяжелого водорода.
474. Определить энергию  $E_{\text{св}}$ , которая освободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро.
475. Определить удельную энергию связи  $E_{\text{уд}}$  ядра  ${}^{12}_6\text{C}$ .
476. Определить энергию  $Q$  ядерной реакции:  
 ${}^{44}_{20}\text{Ca} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{41}_{19}\text{K} + {}^4_2\text{He}$ . Освобождается или поглощается энергия в указанной реакции?
477. Найти энергию  $Q$  ядерной реакции:  ${}^3_1\text{H} (p, \gamma) {}^4_2\text{He}$ .
478. Найти энергию  $Q$  ядерной реакции:  ${}^2_1\text{H} (d, \gamma) {}^4_2\text{He}$ .
479. Определить энергию  $Q$  ядерной реакции:  ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ .
480. Найти энергию  $Q$  ядерной реакции:  ${}^{19}_9\text{F} (p, \alpha) {}^{16}_8\text{O}$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во «Физматлит», 2010. – 640 с.
2. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. Учебное пособие для втузов. – М.: Изд-во «Физматлит», 2002. – 327 с.
3. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2004. – 591 с.





978210001598

**Владимир Михайлович Смурьгин**

## **ФИЗИКА**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности 26.05.07  
«Эксплуатация судового электрооборудования  
и средств автоматики»  
заочной формы обучения

*Ведущий редактор Н.В. Желтухина*

*Младший редактор Г.В. Деркач*

*Компьютерное редактирование О.В. Савина*

*Лицензия № 021350 от 28.06.99. Печать офсетная.*

*Подписано в печать 01.02.2018. Формат 60x90/16.*

*Усл. печ. л. 3,4. Уч.-изд. л. 3,3. Тираж 51 экз. Заказ № 1325.*

*Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:*

*<http://bgarf.ru/academy/biblioteka/elektronnyj-katalog/>*

**БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»**

**Издательство БГАРФ,**

**член Издательско-полиграфической ассоциации высших учебных заведений  
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.**