

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Физика»

**П. А. Хило, А. И. Кравченко, Т. Н. Савкова**

## **ФИЗИКА. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ К КОЛЛОКВИУМАМ**

**ПРАКТИКУМ**

**для студентов специальностей 1-27 01 01 «Экономика  
и организация производства (по направлениям)»  
и 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии»  
дневной формы обучения**

**Гомель 2016**

УДК 53(075.8)  
ББК 22я73  
Х45

*Рекомендовано научно-методическим советом  
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 5 от 27.01.2015 г.)*

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, доц. каф. «Высшая математика» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*В. И. Лашкевич*

**Хило, П. А.**  
Х45 Физика. Вопросы и задачи к коллоквиумам : практикум для студентов специальностей 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)» и 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии» днев. формы обучения / П. А. Хило, А. И. Кравченко, Т. Н. Савкова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 43 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит контрольные вопросы и задачи к коллоквиумам по разделам «Механика и молекулярная физика», «Электричество и магнетизм» и «Оптика. Атомная и ядерная физика», а также приложение и список литературы.

Для студентов специальностей 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)» и 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии» дневной формы обучения.

**УДК 53(075.8)  
ББК 22я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2016

## Предисловие

Практикум «Физика. Вопросы и задачи к коллоквиумам» содержит вопросы и задачи к трём коллоквиумам по трём разделам программы курса общей физики – «Механика и молекулярная физика», «Электричество и магнетизм» и «Оптика. Атомная и ядерная физика». Каждый раздел практикума имеет две части и содержит вопросы по теоретическому материалу и набор типовых задач, как для использования при подготовке к экзаменам и практическим занятиям, так и для самостоятельной работы студентов.

Основная цель пособия – активизировать самостоятельную работу студентов и оказание методической помощи при самостоятельной подготовке к коллоквиумам и экзаменам.

Вопросы и задачи к коллоквиумам составлены в соответствии с требованиями общеобразовательных стандартов и типовых учебных программ.

Данный практикум предназначен для студентов 1-40 01 02 и 1-27 01 01 дневной формы обучения, изучающих физику в течении одного семестра и ориентирован на проверку знаний основных законов и положений курса «Физика».

## 1. Вопросы к коллоквиуму №1 по разделу «Механика и молекулярная физика»

1. Предмет механики. Классическая механика. Границы применимости классической механики.

2. Кинематическое описание движения: радиус-вектор, скорость, вычисление пути проходимого частицы по функции скорости. Ускорение, нормальное и тангенциальное ускорение. Полное ускорение. Кинематические уравнения поступательного движения.

3. Кинематика вращательного движения. Вектор угла поворота. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь между величинами, характеризующими поступательное и вращательное движение. Кинематическое уравнение вращательного движения.

4. Основные понятия динамики частиц. Сила. Масса. Импульс. Законы Ньютона. Закон сохранения импульса для системы материальных точек и его связь с однородностью пространства. Закон движения центра масс. Реактивное движение. Уравнение Мещерского и Циолковского.

5. Классификация сил в механике, силы упругости, силы трения, силы тяжести и вес, гравитационные силы.

6. Энергия, работа. Работа силы. Мощность. Консервативные и неконсервативные силы. Кинетическая энергия и работа. Потенциальная энергия в поле консервативных сил, связь между силой и потенциальной энергией. Закон сохранения энергии для системы частиц.

7. Неупругий удар, абсолютно неупругий.

8. Упругий удар; абсолютно упругий центральный и нецентральный удар.

9. Момент силы, плечо силы. Условие равновесия тела, имеющего ось вращения. Основной закон вращательного движения. Момент инерции материальной точки, момент инерции тела, момент инерции полого и сплошного цилиндра, момент инерции шара. Теорема Гюйгенса – Штейнера.

10. Кинетическая энергия тела, совершающего поступательное и вращательное движение. Момент количества движения тела. Закон сохранения момента количества движения и его связь с изотропностью пространства. Работа по вращению тела. Основное уравнение вращательного движения.

11. Движение тела в центральном поле. Законы Кеплера.
12. Гармонические колебания. Математический, пружинный и физический маятник.
13. Свободные колебания. Дифференциальное уравнение свободных колебаний и его решение. Характеристики колебаний: скорость, ускорение, кинетическая, потенциальная и полная энергия системы, период колебаний.
14. Затухающее колебание. Дифференциальное уравнение и его решение. Характеристики колебаний: скорость, ускорение, кинетическая, потенциальная и полная энергия системы, период колебаний. Логарифмический декремент затухания.
15. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение и его решение. Характеристики колебаний: амплитуда; фаза колебания; скорость; ускорение; кинетическая; потенциальная и полная энергия системы; период колебаний. Резонанс.
16. Понятие волны. Уравнение плоской и сферической волны. Волновой фронт, волновая поверхность, фазовая скорость, длина волны, волновое число, волновой вектор. Уравнение волны для поглощающей среды и в комплексной форме записи. Волновое уравнение, вывод.
17. Энергия волны, плотность энергии, поток энергии, вектор Умова. Звуковые волны и их основные характеристики.
18. Сложение волн, движущихся навстречу. Бегущая и стоячая волна. Нахождение узлов и пучностей в стоячих волнах. Коэффициент бегучести.
19. Трубка тока, свойства жидкости вдоль трубки тока. Массовый и объемный расход жидкости вдоль трубки тока. Стационарное течение жидкости. Уравнение Бернулли и его вывод. Применение уравнения Бернулли: для расчета истечения жидкости из сосуда – формула Торичелли; расходомера и трубки Пито.
20. Течение идеальной и вязкой жидкости. Динамическая и кинематическая вязкость. Тело в паточке идеальной и вязкой жидкости. Причины лобового сопротивления. Число Рейнольдса и коэффициент лобового сопротивления. Сила Стокса.
21. Подъемная сила крыла самолета. Объяснение Ньютона подъемной силы. Циркуляция потока. Формула Жуковского – Кутта.
22. Молекулярно – кинетические представления о веществе. Понятие о функции состояния. Уравнение состояния идеального газа. Изопрцессы. Внутренняя энергия идеального газа. Первое начало

термодинамики; интегральная и дифференциальная форма записи. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Теплоёмкость тела, молярная и удельная теплоемкость, Уравнение Майера.

23. Адиабатические процессы. Вывод уравнения адиабаты.

24. Политропические процессы. Вывод уравнения политропы.

Работа идеального газа при различных политропических процессах.

25. Основное уравнение молекулярно – кинетической теории идеального газа. Степени свободы молекулы. Закон равномерного распределения энергии по степенной свободе молекул. Средняя энергия молекул.

26. Распределение молекул идеального газа по скоростям и энергиям поступательного движения. Распределения Максвелла.

27. Закон Больцмана для распределения частиц в потенциальном поле. Закон Максвелла – Больцмана.

28. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критические параметры. Внутренняя энергия реального газа.

29. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Расчет энтропии для изопроцессов. Второе начало термодинамики.

30. Круговые процессы. Цикл Карно. КПД цикла Карно.

## **2. Задачи к коллоквиуму №1 по разделу «Механика и молекулярная физика»**

1. Кинематическое уравнение движения материальной точки по прямой (ось  $x$ ) имеет вид  $x(t) = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 5$  м,  $B = 4$  м/с,  $C = -1$  м/с<sup>2</sup>.

Необходимо:

1. Построить графики зависимости координаты  $x$  и пути  $S$  от времени.

2. Определить среднюю скорость  $\langle v_x \rangle$  за интервал времени от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 6$  с.

3. Найти среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$  за тот же интервал времени.

2. Материальная точка движется по закону:

$\vec{r}(t) = A \sin(5t)\vec{i} + B \cos^2(5t)\vec{j}$ , где  $A = 2$  м,  $B = 3$  м. Определить величину вектора скорости, вектор ускорения и траекторию движения точки.

3. Найти модули скорости и ускорения точки в момент времени  $t = 2$  с, если точка движется по закону  $\vec{r}(t) = (A + Bt)\vec{i} + (Ct + Dt^2)\vec{j}$ , где  $A = -9$  м,  $B = 3$  м/с,  $C = 4$  м/с,  $D = -1$  м/с<sup>2</sup>.

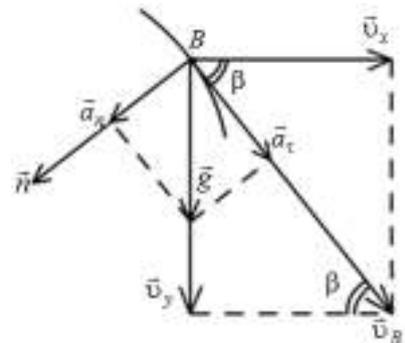
4. Радиус-вектор материальной точки, движущейся в поле тяготения Земли, описывается уравнением  $\vec{r} = v_0 t \vec{i} - \frac{gt^2}{2} \vec{j}$ , где  $v_0 = 76 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\vec{i}, \vec{j}$  – орты координатных осей  $x$  и  $y$ . Определить момент времени  $t_1$  после начала движения, когда вектор скорости  $\vec{v}$  точки направлен под углом  $\alpha = 35^\circ$  к горизонту. Чему равна скорость  $v$  в этот момент времени?

5. Скорость материальной точки изменяется по закону  $\vec{v} = \alpha(2t^3 - \beta)\vec{i} - \gamma \sin\left(\frac{2\pi}{3}t\right)\vec{j}$ , где  $\alpha = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^4}$ ,  $\beta = 1 \text{ с}^3$ ,  $\gamma = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Определить закон движения, если в начальный момент времени  $t=0$  тело находилось в начале координат, т.е.  $\vec{r}_0 = (0,0,0)$ . Определить вектор ускорения.

6. Ускорение материальной точки изменяется по закону  $\vec{a} = 2t^3\vec{i} + 4t\vec{j} + 3\vec{k}$ . Найти, на каком расстоянии от начала координат она будет находиться в момент времени  $t = 2$  с, если  $v_{0x} = 1$  м/с,  $v_{0y} = 4$  м/с,  $v_{0z} = 5$  м/с и  $r_{0x} = 0$ ,  $r_{0y} = 1$  м,  $r_{0z} = 3$  м при  $t = 0$ .

7. Тело брошено вверх с высоты 12 м под углом  $30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью 12 м/с. Определить продолжительность полета тела до точки  $A$  и до точки  $B$ , максимальную высоту, которой достигает тело, дальность полета тела. Соппротивление воздуха не учитывать.

8. Тело брошено вверх с высоты 12 м под углом  $30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью 12 м/с. Найти в момент приземления тела следующие величины: скорость и угол падения тела, тангенциальное и нормальное ускорение тела и радиус кривизны траектории.



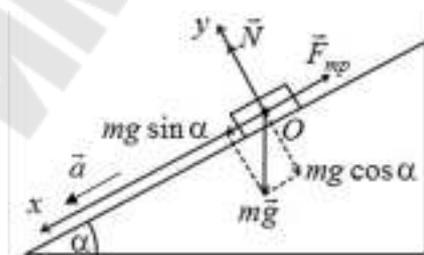
9. Диск радиусом 10 см вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота диска от времени задается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $B = 1$  рад/с,  $C = 1$  рад/с<sup>2</sup>,  $D = 0,5$  рад/с<sup>3</sup>. Определить для точек на ободе диска к концу второй секунды после

начала движения: 1) угловую скорость; 2) угловое ускорение; 3) среднюю угловую скорость за этот промежуток времени; 4) среднее угловое ускорение за этот промежуток времени; 5) тангенциальное ускорение  $a_\tau$ ; 6) нормальное ускорение  $a_n$ ; 7) полное ускорение  $a$ .

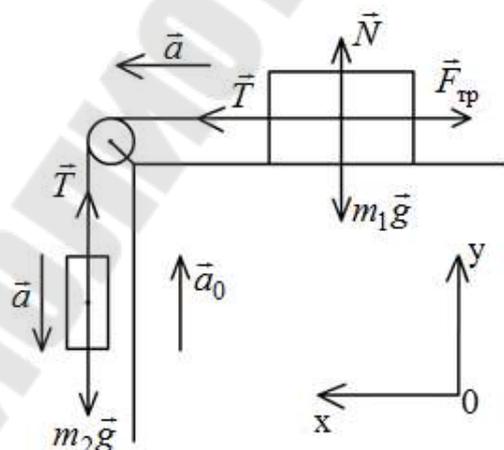
**10.** Маховик, вращавшийся с постоянной частотой  $n_0 = 10$  об/с, при торможении начал вращаться равно замедленно. Когда торможение прекратилось, вращение маховика снова сделалось равномерным, но уже с частотой  $n = 6$  об/с. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  маховика и время торможения  $t$ , если за время торможения маховик сделал  $N = 50$  оборотов.

**11.** Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом. Зависимость пути  $S$  от времени  $t$  задается уравнением  $S = A + Bt + Ct^2$ , где  $A = 5$  м;  $B = -1$  м/с;  $C = 1,5$  м/с<sup>2</sup>. Найти коэффициент трения  $\mu$  тела о плоскость.

**12.** Тело движется вниз равноускоренно по наклонной плоскости, и зависимость пройденного пути от времени задается уравнением  $S = 2t + 1,6t^2$ . Найти коэффициент трения  $\mu$  тела о плоскость, если угол наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ .



**13.** На вершине двух наклонных плоскостей, образующих с горизонтом углы  $\alpha = 30^\circ$  и  $\beta = 45^\circ$ , укреплен блок. Грузы  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг соединены нитью, перекинутой через блок. Определить ускорение  $a$ , с которым начнут двигаться грузы вдоль наклонной плоскости, и силу натяжения нити  $T$ . Коэффициенты трения грузов о плоскости равны между собой:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu = 0,1$ . Блок и нить невесомы.



**14.** Система грузов  $m_1 = 0,5$  кг и  $m_2 = 0,6$  кг находится в лифте, движущемся вверх с ускорением  $a_0 = 4,9 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$  (см. рисунок). Определить силу натяжения нити, если коэффициент трения между грузом  $m_1$  и опорой  $\mu = 0,1$  и ускорение груза

$m_2$  относительно неподвижной системы отсчета.

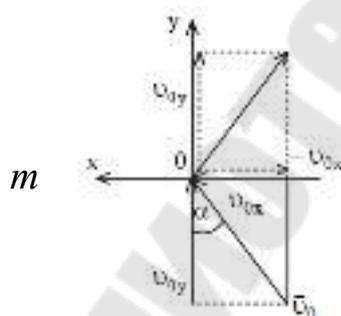
**15.** Определить положение центра масс (радиус-вектор центра масс  $\vec{r}_c$  и его модуль  $|\vec{r}_c|$ ) системы, состоящей из трех материальных точек массами  $m_1 = 1,4$  кг,  $m_2 = 1,2$  кг и  $m_3 = 1,8$  кг, находящихся в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 0,6$  м. Определить также угол  $\alpha$ .

**16.** На железнодорожной платформе, движущейся со скоростью  $v_0 = 3,6$  км/ч, укреплено орудие. Масса платформы с орудием  $M = 1$  т. Ствол орудия направлен в сторону движения платформы и приподнят над горизонтом на угол  $\alpha = 60^\circ$ . Найти скорость снаряда  $v'$  ( $m = 10$  кг) относительно платформы, если после выстрела скорость платформы уменьшилась в  $n = 2$  раза.

**17.** Снаряд, летящий на высоте  $H = 40$  м горизонтально со скоростью  $v = 100$  м/с, разрывается на две равные части. Одна часть снаряда спустя время  $t = 1$  с падает на землю точно под местом взрыва. Определить скорость другой части снаряда сразу после взрыва.

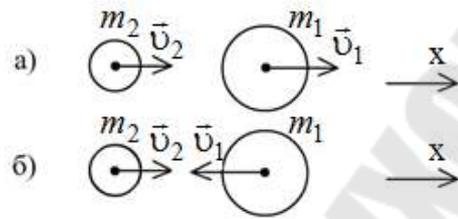
**18.** Граната, летящая со скоростью  $v = 10$  м/с, разорвалась на два осколка. Большой осколок, масса которого составляла  $0,6$  массы всей гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении под углом  $\alpha = 20^\circ$  к горизонту, но с увеличенной скоростью  $u_1 = 25$  м/с. Найти скорость  $u_2$  меньшего осколка.

**19.** Снаряд массой  $m = 100$  кг вылетел из орудия под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0 = 600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Найти: 1) импульс силы, действующей на снаряд во время полета; 2) изменение модуля импульса снаряда  $\Delta P$  за время его полета.



**20.** Найти импульс силы  $\Delta \vec{F}$ , полученный плоской поверхностью в результате абсолютно упругого удара о нее шара массой  $m = 0,5$  кг, если перед ударом шар имел скорость  $v_0 = 5$  м/с, направленную под углом  $\alpha = 30^\circ$  к поверхности.

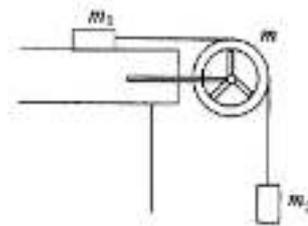
21. Два шара массами  $m_1 = 6$  кг и  $m_2 = 4$  кг движутся со скоростями  $v_1 = 5$  м/с и  $v_2 = 12$  м/с и сталкиваются друг с другом. Найти скорость шаров после удара, считая удар прямым и неупругим, в случаях, когда: 1) второй шар догоняет первый; 2) шары движутся навстречу друг другу.



22. Определить момент инерции  $J$  тонкого однородного стержня длиной  $l = 30$  см и массой  $m = 100$  г относительно оси, перпендикулярной ему и проходящей через: 1) его конец; 2) точку, отстоящую от конца стержня на  $1/3$  его длины.

23. Две гири с массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 2$  кг соединены нитью, перекинутой через блок массой  $m = 2$  кг. Найти ускорение  $a$ , с которым движутся гири, и силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  нитей, к которым подвешены гири. Блок считать однородным диском. Трением пренебречь.

24. На рисунке тело массой  $m_1 = 0,25$  кг, соединенное невесомой нитью посредством блока (в виде полого тонкостенного цилиндра) с телом массой  $m_2 = 0,2$  кг, скользит по поверхности горизонтального стола. Масса блока  $m = 0,15$  кг. Коэффициент трения  $\mu$  тела о поверхность равен  $0,2$ . Пренебрегая трением в подшипниках, определите: 1) ускорение  $a$ , с которым будут двигаться эти тела; 2) силы натяжения  $T_1$  и  $T_2$  нити по обе стороны блока.



25. Шар диаметром  $D = 6$  см и массой  $m = 0,25$  кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости с частотой вращения  $\nu = 4$  об/с. Найти кинетическую энергию  $W_k$  шара.

26. Вентилятор вращается со скоростью, соответствующей частоте  $900$  об/мин. После выключения вентилятор, вращаясь равномерно, сделал до остановки  $75$  оборотов. Работа сил торможения равна  $44,4$  Дж. Найти: 1) момент инерции вентилятора, 2) момент сил торможения.

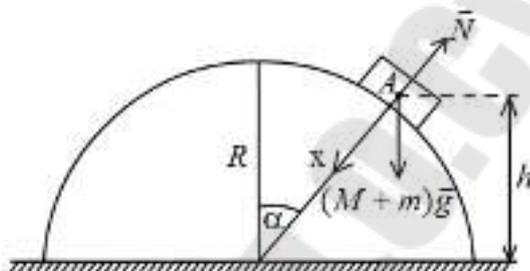
27. Кинетическая энергия вала, вращающегося с частотой  $\nu = 5$  об/с,  $W_k = 60$  Дж. Найти момент импульса  $L$  вала.

28. Горизонтальная платформа массой  $m = 100$  кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой  $\nu_1 = 10$  об/мин. Человек массой  $m_0 = 60$  кг стоит при этом на краю платформы. С какой частотой  $\nu_2$  начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу

однородным диском, а человека — точечной массой.

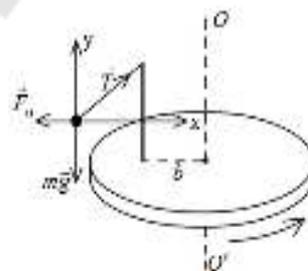
**29.** Какую работу  $A$  совершает человек при переходе от края платформы к ее центру в условиях предыдущей задачи? Радиус платформы  $R = 1,5$  м.

**30.** Небольшое тело массой  $M$  лежит на вершине гладкой полусферы радиусом  $R$ . В тело попадает пуля массой  $m$ , летящая горизонтально со скоростью  $v_0$ , и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела во время удара,



определить высоту  $h$ , на которой тело оторвется от поверхности полусферы. При какой скорости пули тело сразу оторвется от полусферы?

**31.** Вертикальный стержень укреплен на горизонтальном диске, вращающемся с частотой  $n = 0,8$  с<sup>-1</sup>. К вершине стержня привязан шарик на нити длиной  $l = 0,12$  м (см. рисунок). Определить расстояние  $b$  от стержня до оси вращения, если угол  $\alpha$  нити с вертикалью равен  $37^\circ$ .



**32.** Определить числовое значение первой космической скорости  $v_1$  для Луны, если ускорение свободного падения у поверхности Луны  $g = 1,7$  м/с<sup>2</sup>, а радиус Луны  $R = 1,74 \cdot 10^6$  м.

**33.** Материальная точка совершает гармонические колебания согласно уравнению  $x = 0,02 \cos(\pi t + \frac{\pi}{2})$  м. Определите: 1) амплитуду колебаний; 2) период колебаний; 3) начальную фазу колебаний; 4) максимальную скорость точки; 5) максимальное ускорение точки; 6) через какое время после начала отсчета точка будет проходить через положение равновесия?

**34.** Точка совершает гармоническое колебание. Период колебаний  $T = 2$  с, амплитуда  $A = 50$  мм, начальная фаза  $\varphi_0 = 0$ . Найти скорость  $v$  точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия  $x = 25$  мм.

**35.** Тонкий обруч радиусом  $R = 50$  см подвешен на вбитый в стену гвоздь и колеблется в плоскости, параллельной стене. Определите период  $T$  колебаний обруча.

**36.** Найти амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\varphi_0$  гармонического колебания, полученного от сложения одинаково направленных колебаний, данных уравнениями  $x_1 = 0,02 \sin(5\pi t + 0,5\pi)$  м и  $x_2 = 0,03 \sin(5\pi t + 0,25\pi)$  м.

**37.** Точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях  $x = \sin \pi t$  м и  $y = 4 \sin(\pi t + \pi)$  м. Найти траекторию результирующего движения точки и начертить ее с нанесением масштаба.

**38.** Период затухающих колебаний  $T = 1$  с, логарифмический декремент затухания равен  $0,3$  и начальная фаза равна нулю. Смещение точки при  $t = 2T$  составляет  $5$  см. Запишите уравнение движения этого колебания.

**39.** Определите резонансную частоту колебательной системы, если собственная частота колебаний  $\nu_0 = 300$  Гц, а логарифмический декремент затухания  $0,2$ .

**40.** Гиря массой  $m = 0,5$  кг, подвешенная на спиральной пружине жесткостью  $k = 50$  Н/м, совершает колебания в вязкой среде с коэффициентом сопротивления  $r = 0,5$  кг/с. На верхний конец пружины действует вынуждающая сила, изменяющаяся по закону  $F = 0,1 \cos \omega t$  Н. Определите для данной колебательной системы: 1) коэффициент затухания  $\beta$ ; 2) резонансную амплитуду  $A_{рез}$ .

**41.** Найти число молекул газа, находящегося в сосуде объемом  $V = 0,5$  л при нормальных условиях.

**42.** Идеальный газ находится в сосуде при температуре  $t_1 = 20^\circ \text{C}$ . При нагревании газа до температуры  $t_2$  его давление возросло в  $1,5$  раза. Найти температуру газа  $t_2$ .

**43.** Определить: 1) число  $N$  молекул воды, занимающей при температуре  $t = 4^\circ \text{C}$  объем  $V = 1$  мм<sup>3</sup>; 2) массу  $m_1$  молекул воды; 3) диаметр  $d$  молекулы воды, считая, что молекулы имеют форму шариков, соприкасающихся друг с другом.

**44.** В сосуде находится смесь водорода и кислорода, причем их массовые доли равны соответственно:  $\omega_1 = 2/7$  и  $\omega_2 = 5/7$ . Найти плотность  $\rho$  смеси газов, если давление смеси  $P = 50$  кПа, а температура  $T = 273$  К.

**45.** Найти массу водорода  $m_1$  и гелия  $m_2$  в смеси, находящийся в баллоне объемом  $V = 20$  л при температуре  $300$  К и давлении  $P = 800$  кПа, если общая масса смеси  $m = 20$  г.

**46.** Какое количество  $\Delta m$  кислорода выпустили из баллона емкостью  $10$  л, если при этом показания манометра на баллоне изменились

от  $P_1=1,4$  МПа до  $P_2=0,7$  МПа, а температура изменилась от  $t_1=20$  °С до  $t_2=7$  °С?

47. В баллоне вместимостью  $V=50$  л находится азот, концентрация молекул которого  $n=9,5 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$ . Найти массу газа.

48. Найти внутреннюю энергию  $U$  массы  $m=50$  г азота при температуре  $t=20$  °С. Какая часть этой энергии приходится на долю поступательного движения молекул, и какая часть – на долю вращательного движения?

49. Найти среднюю кинетическую энергию  $\langle E_{\text{к1вр}} \rangle$  вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре  $T=286\text{К}$ , а также среднюю кинетическую энергию  $\langle E_{\text{квр}} \rangle$  вращательного движения всех молекул этого газа, если его масса  $m=4$  г.

50. В баллоне вместимостью  $V=6,9$  л находится азот массой  $m=2,3$  г. При нагревании часть молекул диссоциировали на атомы. Степень диссоциации  $\alpha=0,2$ .

51. В колбе вместимостью  $V=0,5$  л находится кислород при нормальных условиях. Определить среднюю энергию  $\langle E_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения всех молекул, содержащихся в колбе.

52. Кислород массой  $m=10$  г находится под давлением  $P=100$  кПа при температуре 280 К. В результате изобарного расширения газ занял объем 9 л. Определить: 1) объем газа  $V_1$  до расширения; 2) температуру газа  $T_2$  после расширения; 3) плотность газа  $\rho_2$  после расширения.

53. В баллоне вместимостью  $V=5$  л находится гелий под давлением  $P_1=3$  МПа при температуре  $t_1=27$  °С. После того, как из баллона был израсходован гелий массой  $m=10$  г, температура в баллоне понизилась до  $t_2=17$  °С. Определить давление  $P_2$  гелия, оставшегося в баллоне.

54. Найти массу  $m$  и давление  $P$  двухатомного газа, находящегося в баллоне объемом  $V=40$  л, если известны энергия поступательного движения  $E_{\text{п}}=10$  кДж и средняя квадратичная скорость его молекул  $v_{\text{кв}}=2500$  м/с.

55. Средняя длина свободного пробега  $\langle \lambda \rangle$  молекул кислорода равна 10 см. Найти плотность  $\rho$  газа.

56. Вычислить удельные теплоёмкости неона и водорода при постоянном объёме ( $c_v$ ) и давлении ( $c_p$ ), принимая эти газы за идеальные.

57. Вычислить удельную теплоёмкость  $c_{\text{всм}}$  смеси двух газов (ге-

лия массой  $m_1 = 6$  г и азота массой  $m_2 = 10$  г) при постоянном объеме.

**58.** Азот массой  $m = 100$  г нагрет при постоянном давлении на  $\Delta T = 50$  К. Найти работу расширения газа и приращение  $\Delta U$  его внутренней энергии.

**59.** В цилиндре под поршнем находится водород, который имеет массу  $0,02$  кг и начальную температуру  $27^\circ\text{C}$ . Водород сначала расширился адиабатически, увеличив свой объем в  $5$  раз, а затем был сжат изотермически, причем объем газа уменьшился в  $5$  раз. Найти температуру в конце адиабатического расширения и работу, совершенную газом. Изобразить процесс графически.

**60.** Азот массой  $m = 10$  г, находящийся при нормальных условиях, сжимается до объема  $V_2 = 1,4$  л. Найти давление  $P_2$ , температуру  $T_2$  и работу сжатия  $A$ , если азот сжимается: 1) изотермически; 2) адиабатически.

**61.** Некоторый двухатомный газ подвергают политропному сжатию, в результате чего давление газа возросло от  $P_1 = 10$  кПа до  $P_2 = 30$  кПа, а объем газа уменьшился от  $V_1 = 2,5$  л до  $V_2 = 1$  л. Определить: 1) показатель политропы  $n$ ; 2) изменение внутренней энергии  $\Delta U$  газа.

**62.** Температура пара, поступающего в паровую машину,  $t_1 = 127^\circ\text{C}$ ; температура в холодильнике  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ . Определить теоретически максимальную работу при затрате количества теплоты  $Q_1 = 4,2$  кДж.

**63.** Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу  $0,15$  МДж. Температура нагревателя  $400$  К, температура холодильника  $260$  К. Найти КПД машины, количество теплоты, получаемое машиной за один цикл от нагревателя, и количество теплоты, отдаваемое за один цикл холодильнику.

**64.** Кислород массой  $1$  кг совершает цикл Карно. При изотермическом расширении газа его объем увеличивается в  $2$  раза, а при последующем адиабатическом расширении совершается работа  $3000$  Дж. Определить работу, совершенную за цикл.

**65.** Холодильная машина работает по обратимому циклу Карно в интервале температур  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  и  $t_2 = -3^\circ\text{C}$ . Рабочее тело – азот, масса которого  $m = 0,2$  кг. Найти количество теплоты, отбираемое от охлажденного тела, и работу внешних сил за цикл, если максимальный объем больше минимального в  $5$  раз. Вычислить холодильный коэффициент.

**66.** Кислород массой  $m = 20$  г нагревается от температуры  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до температуры  $t_2 = 220^\circ\text{C}$ . Найти изменение энтропии  $\Delta S$ , если нагревание происходит: 1) изохорически; 2) изобарически.

67. Определить изменение  $\Delta S$  энтропии при изотермическом расширении кислорода массой  $m = 10$  г от объема  $V_1 = 25$  л до объема  $V_2 = 100$  л.

68. Лёд массой 2 кг, находящийся при температуре  $t_1 = -10$  °С, нагрели и превратили в пар. Определить изменение энтропии.

69. Углекислый газ массой  $m = 10$  г находится в сосуде вместимостью  $V = 1$  л. Определить: 1) собственный объем  $V'$  молекул газа; 2) внутреннее давление  $P'$  газа. Поправки Ван-дер-Ваальса:

70. Углекислый газ массой  $m = 10$  кг адиабатно расширяется в вакуум от  $V_1 = 1$  м<sup>3</sup> до  $V_2 = 1$  м<sup>3</sup>. Принимая поправку Ван-дер-Ваальса  $a = 0,361$  Нм<sup>4</sup>/моль<sup>2</sup>, определить понижение температуры  $\Delta T$  газа при этом расширении.

### 3. Вопросы к коллоквиуму №2 по разделу «Электричество и магнетизм»

1. Электрический заряд. Дискретность заряда. Идея близкодействия.
2. Закон Кулона
3. Электрический заряд и напряжённость электрического поля
4. Принцип суперпозиции. Расчет электрических полей на основе принципа суперпозиции.
5. Линии вектора напряженности
6. Поток вектора напряженности
7. Теорема Гаусса
8. Применение теоремы Гаусса
9. Работа сил электрического поля. Циркуляция электростатического поля.
10. Потенциал электростатического поля
11. Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля
12. Расчёт потенциала и разности потенциалов в электростатическом поле
13. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Полярные и неполярные молекулы.
14. Поляризация диэлектриков
15. Электрическое поле в диэлектриках
16. Индукция электрического поля

17. Поляризация деформационная и ориентационная
18. Сегнетоэлектрики, их свойства. Домены.
19. Пьезоэлектрический эффект. Электрострикция.
20. Распределение зарядов в проводнике
21. Явление электростатической индукции
22. Электроёмкость проводников
23. Взаимная электропроводность. Конденсатор.
24. Соединение конденсаторов
25. Собственная энергия проводника и конденсатора
26. Энергия электрического поля
27. Понятие об электрическом поле
28. Закон Ома для однородного участка цепи
29. Закон Джоуля-Ленца
30. Последовательное и параллельное соединение проводников
31. Электродвижущая сила источника тока, разность потенциалов, напряжение. Закон Ома для неоднородного участка цепи в интегральной и дифференциальной форме.
32. Разветвленные цепи. Правило Кирхгофа.
33. Явление сверхпроводимости
34. Природа носителей зарядов металлов
35. Классическая теория электропроводимости металлов
36. Вывод закона Ома из классических электронных представлений
37. Вывод закона Джоуля-Ленца из классических электронных представлений
38. Закон Видемана-Франца и его объяснение электронной теорией
39. Затруднение классической электронной теории металлов
40. Основное положение квантовой теории металлов
41. Квантование энергии свободных электронов в металлах
42. Работа выхода
43. Термоэлектронная эмиссия
44. Контактная разность потенциалов
45. Термоэлектрические явления (явление Зеебека, явление Пельтье).
46. Электромагнитное взаимодействие движущихся электрических зарядов
47. Закон магнитного взаимодействия элементов тока
48. Индукция магнитного тока

49. Закон Био-Савара-Лапласа. Применение закона Био-Савара-Лапласа к расчету магнитных полей (полей кругового, конечного и бесконечного тока).

50. Циркуляция вектора магнитной индукции. Вихревой характер магнитного поля.

51. Применение теоремы о циркуляции к расчёту магнитных полей соленоида и тороида

52. Магнитное поле в веществе

53. Напряженность магнитного поля. Напряженность магнитного поля в вакууме. Напряженность магнитного поля в безграничной, изотропной и однородной среде. Напряженность магнитного поля в ограниченных магнетиках.

54. Граничные условия для векторов индукции и напряженности магнитного поля

55. Расчёт магнитного поля в веществе

56. Закон Ампера. Применение закона Ампера к расчёту силы взаимодействия двух проводников с током, работы по перемещению проводника в магнитном поле.

57. Поток вектора магнитной индукции

58. Работа сил магнитного поля

59. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.

60. Эффект Холла. Устройство, принцип действия МГД генератора.

61. Движения частиц в электростатическом поле. Отклоняющее и фокусирующее действие электрических полей.

62. Методы определения удельного заряда электрона

63. Явление электромагнитной индукции. Расчёт электродвижущей силы индукции.

64. Взаимная индукция

65. Самоиндукция

66. Установление и исчезновение тока в цепи с индуктивностью

67. Энергия магнитного поля

68. Магнитные моменты атомов и молекул

69. Диамагнетики

70. Парамагнетики

71. Ферромагнетики и их свойства. Природа ферромагнетизма.

72. Колебательный контур. Связь величин, характеризующих механические и электрические колебания.

73. Собственные незатухающие электромагнитные колебания

74. Собственные затухающие колебания

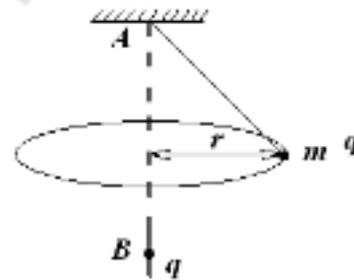
75. Вынужденные колебания. Резонанс.  
 76. Система уравнений Максвелла. Координатная форма записи уравнений.  
 77. Система уравнений Максвелла для диэлектрика и ее решение  
 78. Волновое уравнение и его решение. Свойства электромагнитных волн.

#### 4. Задачи к коллоквиуму №2 по разделу «Электричество и магнетизм»

1. В центре квадрата расположен положительный заряд  $250 \text{ нКл}$ . Какой отрицательный заряд надо поместить в каждой вершине квадрата, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Будет ли это равновесие устойчивым.

2. В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a=10 \text{ см}$  расположены точечные заряды  $q, 2q, 3q, 4q, 5q, 6q$  ( $q = 0,1 \text{ мкКл}$ ). Найти силу  $\vec{F}$ , действующую на точечный заряд  $q$ , лежащий в плоскости шестиугольника и равноудаленный от его вершин.

3. Заряженный шарик массой  $m = 3 \text{ г}$ , подвешенный в воздухе на невесомой, нерастяжимой нити, образующей угол  $\alpha = 45^\circ$  с вертикалью движется с постоянной угловой скоростью  $\omega = 10 \text{ рад/с}$  по



окружности радиусом  $r = 5 \text{ см}$ . В точке  $B$  находится другой неподвижный, заряженный шарик, причем, расстояние  $AO = OB$ . Найти модули зарядов шариков  $q$ , считая их одинаковыми.

4. В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a$ , помещаются точечные заряды одинаковой величины  $q$ . Найти напряженность поля  $\vec{E}$  в центре шестиугольника при условии: а) знак всех зарядов одинаков; б) знаки соседних зарядов противоположны.

5. Тонкий стержень длиной  $l = 15 \text{ см}$  несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью  $\tau = 8 \text{ нКл/м}$ . Заряд  $q = 15 \text{ нКл}$  равноудален от концов стержня на расстояние  $r = 12 \text{ см}$ . Найти силу  $\vec{F}$  взаимодействия заряда и заряженного стержня.

6. Тонкий стержень длиной  $l = 12 \text{ см}$  заряжен с линейной плотностью  $\tau = 200 \text{ нКл/м}$ . Найти напряжённость  $\vec{E}$  электрического поля

в точке, находящейся на расстоянии  $r = 5$  см от стержня против его середины.

7. Треть тонкого кольца радиуса  $R = 15$  см несет распределенный заряд  $q = 30$  нКл. Определить напряжённость  $\vec{E}$  электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке  $O$ , совпадающей с центром кольца.

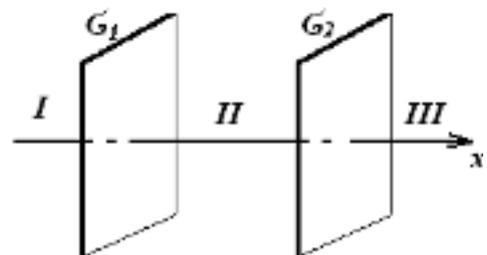
8. Большая металлическая пластина несет равномерно распределенный по поверхности заряд ( $\sigma = 15$  мкКл/м<sup>2</sup>). На малом расстоянии от пластины находится точечный заряд  $q = 100$  нКл. Пользуясь теоремой Гаусса, найти силу  $\vec{F}$  действующую на заряд.

9. Бесконечно длинная тонкостенная металлическая трубка радиусом  $R = 2$  см несёт равномерно распределенный по поверхности заряд ( $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>). Определить напряжённость  $\vec{E}$  поля в точках, отстоящих от оси трубки на расстояниях  $r_1 = 1$  см,  $r_2 = 3$  см. Построить график зависимости  $E(r)$ .

10. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 1$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 3$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряжённость  $\vec{E}$  поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин. Построить график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной пластинам.

11. Тонкий стержень несет равномерно распределенный по длине заряд с линейной плотностью  $\tau = 20$  нКл/м. Вблизи средней части стержня на расстоянии  $r = 5$  см, малом по сравнению с его длиной, находится точечный заряд  $q = 2$  нКл. Пользуясь теоремой Гаусса определить силу  $\vec{F}$ , действующую на заряд.

12. На двух бесконечных, параллельных, металлических пластинах равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  (рис.). Используя теорему Гаусса и принцип суперпозиции электрических полей, найти



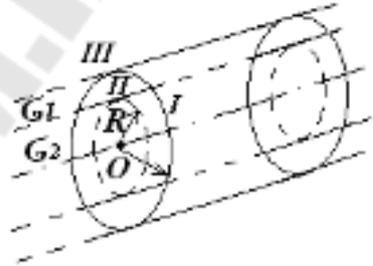
выражение  $E(x)$  напряженности электрического поля в трех областях: I, II, и III, принимая  $\sigma_1 = -\sigma$ ,  $\sigma_2 = -2\sigma$ . Определить напряженность  $\vec{E}$  поля в точке, находящейся в области II, если  $\sigma = 50$  нКл/м<sup>2</sup>.

Построить график  $E(x)$ .

**13.** На металлической сфере радиусом  $R = 10$  см находится заряд  $q = 1$  нКл. Определить напряжённость  $\vec{E}$  электрического поля в следующих точках: 1) на расстоянии  $r_1 = 8$  см от центра сферы; 2) на поверхности ее; 3) на расстоянии  $r_2 = 15$  см от центра сферы. Построить график зависимости  $E(r)$ .

**14.** Две концентрические металлические заряженные сферы радиусами  $R_1 = 6$  см и  $R_2 = 10$  см несут соответственно заряды  $q_1 = 1$  нКл и  $q_2 = -0,5$  нКл. Найти напряжённость  $\vec{E}$  поля в точках, отстоящих от центра сферы на расстояниях  $r_1 = 5$  см;  $r_2 = 9$  см;  $r_3 = 15$  см. Построить график зависимости  $E(r)$ .

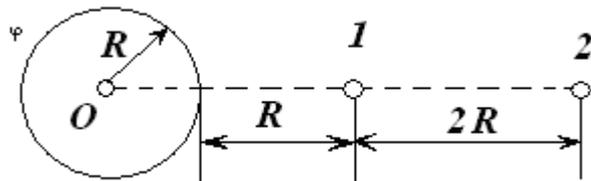
**15.** На двух коаксиальных бесконечных заряженных проводящих цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 25$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = 15$  нКл/м<sup>2</sup> (рис.). Пользуясь теоремой



Гаусса и принципом суперпозиции полей, найти зависимость  $E(r)$ , напряженности электрического поля от расстояния для трех областей: I, II, и III. Построить график  $E(r)$ . Вычислить напряженность поля  $\vec{E}$  в точке, удаленной от оси цилиндров на расстояние  $r = 2,5R$ .

**16.** По тонкому кольцу радиусом  $R = 10$  см равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\tau = 20$  нКл/м. Определить потенциал  $\varphi$  в центре кольца и в точке, лежащей на оси кольца, на расстоянии  $h = 10$  см от центра.

**17.** Определить работу  $A_{1,2}$  сил поля по перемещению заряда  $q = 1$  нКл из точки 1 в точку 2 поля, созданного заряженным проводящим шаром (рис.) Потенциал  $\varphi$  шара равен 1 кВ.



**18.** Протон, летевший горизонтально со скоростью  $v = 0,9$  Мм/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью  $E = 120$  В/см, направленное вертикально вверх. Какова будет по абсолютному значению и направлению скорость  $\vec{v}$  протона через 1 мс?

19. Электрон влетел в плоский конденсатор, находясь на одинаковом расстоянии от каждой пластины и имея скорость  $v = 10 \text{ Мм/с}$ , направленную параллельно пластинам, расстояние  $d$  между которыми равно 2 см. Какую наименьшую разность потенциалов  $U$  нужно приложить к пластинам, чтобы электрон не вылетел из конденсатора?

20. Положительно заряженная частица, заряд которой равен элементарному заряду  $e$ , прошла ускоряющую разность потенциалов  $U = 60 \text{ кВ}$  и летит на ядро атома лития, заряд которого равен трем элементарным зарядам. На какое наименьшее расстояние  $r_{\min}$  частица может приблизиться к ядру? Начальное расстояние частицы от ядра можно считать практически бесконечно большим, а массу частицы — пренебрежимо малой по сравнению с массой ядра.

21. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора ёмкостью  $C_{1,2} = 100 \text{ пФ}$  каждый соединены в батарею последовательно. Определить насколько изменится ёмкость  $C$  батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить стеклом.

22. Конденсатор состоит из двух концентрических сфер. Радиус  $R_1$  внутренней сферы равен 10 см, а внешней  $R_2 = 10,3 \text{ см}$ . Промежуток между сферами заполнен парафином. Внутренней сфере сообщен заряд  $q = 5 \text{ мкКл}$ . Определить разность потенциалов  $U$  между сферами.

23. Конденсатор электроёмкостью  $C_1 = 0,2 \text{ мкФ}$  был заряжен до разности потенциалов  $\Delta\varphi_1 = 300 \text{ В}$ . После того как его соединили параллельно со вторым конденсатором, заряженным до разности потенциалов  $\Delta\varphi_2 = 450 \text{ В}$ , разность потенциалов  $\Delta\varphi$  на нем изменилась до 400 В. Вычислить ёмкость  $C_2$  второго конденсатора.

24. На пластинах плоского конденсатора равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью  $\sigma = 0,2 \text{ мкКл/м}^2$ . Расстояние  $d$  между пластинами равно 1 мм. Насколько изменится разность потенциалов на его обкладках при увеличении расстояния  $d$  между пластинами до 3 мм?

25. Конденсатор электроёмкостью  $C_1 = 660 \text{ пФ}$  заряжен до разности потенциалов  $U = 1,5 \text{ кВ}$  и отключен от источника тока. Затем к конденсатору подсоединили параллельно второй, незаряженный конденсатор электроёмкостью  $C_2 = 400 \text{ пФ}$ . Определить энергию, израсходованную на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.

26. Сила тока  $I$  в проводнике меняется со временем  $t$  по уравнению  $I = 1 + 5t$ , где  $I$  - выражено в амперах и  $t$  - в секундах. Какое количество электричества проходит через поперечное сечение проводника за промежуток времени от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 8$  с? При какой силе постоянного тока через поперечное сечение проводника это же время проходит такое же количество электричества?

27. Определить заряд  $q$ , прошедший по проводу с сопротивлением  $R = 5$  Ом, при равномерном нарастании напряжения на концах провода от  $U_0 = 3$  В до  $U = 7$  В в течение 15 с.

28. Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при  $20^\circ\text{C}$  равно 35,8 Ом. Какова будет температура нити лампочки, если при включении в сеть напряжением 120В по нити идет ток 0,33А? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама равен  $0,0046^\circ\text{C}^{-1}$

29. Реостат из железной проволоки, миллиамперметр и генератор тока включены последовательно. Сопротивление реостата при  $0^\circ\text{C}$  равно 120 Ом, сопротивление миллиамперметра 20 Ом. Миллиамперметр показывает 22 мА. Что будет показывать миллиамперметр, если реостат нагреется на  $50^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент сопротивления железа  $0,006^\circ\text{C}^{-1}$ . Сопротивлением генератора пренебречь.

30. Э.Д.С. батареи аккумулятора  $\varepsilon = 12$  В, силу тока  $I$  короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность  $P_{max}$  можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

31. Обмотка катушки из медной проволоки при температуре  $14^\circ\text{C}$  имеет сопротивление 10 Ом. После пропускания тока сопротивление обмотки стало равно 12,2 Ом. До какой температуры нагрелась обмотка? Температурный коэффициент сопротивления меди равен  $0,00415^\circ\text{C}^{-1}$ .

32. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 40$  Ом равномерно нарастает от  $I_0 = 3$  А до  $I_{max} = 10$  А в течение времени  $t = 10$  с. Определить количество теплоты  $Q$ , выделившееся за это время в проводнике.

33. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 20$  Ом равномерно убывает от  $I_1 = 15$  А до  $I_2 = 3$  А в течение времени  $t = 12$  с. Какое количество теплоты  $Q$  выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени.

34. Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от  $I_0 = 4$  А до некоторого максимального значения в течение времени

$t = 5$  с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q = 0,6$  кДж. Определить скорость нарастания тока в проводнике, если сопротивление  $R$  его равно 3 Ом.

**35.** Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ . Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением  $R = 5$  Ом за время  $t$ , равное половине периода  $T$ , если начальная сила тока  $I_0 = 5$  А, циклическая частота  $\omega = 76\pi$  с<sup>-1</sup>.

**36.** Длинный проводник с током 8 А изогнут под прямым углом. Найти магнитную индукцию в точке, которая отстоит от плоскости проводника на 35 см и находится на перпендикуляре к проводникам, проходящим через точку изгиба.

**37.** Два круговых витка, диаметром 6 см каждый, расположены в параллельных плоскостях на расстоянии 5 см друг от друга. По виткам текут токи силой 4 А в одном направлении. Найти индукцию магнитного поля в центре одного из витков.

**38.** Два круговых витка расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. Диаметр каждого витка 6 см. По виткам текут одинаковые токи силой 10 А. Найти индукцию магнитного поля в центре этих витков.

**39.** Из проволоки длиной 1 м согнута квадратная рамка. По рамке течет ток силой 12 А. Найти индукцию магнитного поля в центре рамки.

**40.** Ток силой 18 А течет по длинному проводнику, согнутому с закруглением 10 см так, что не согнутые участки становятся параллельными. Найти индукцию магнитного поля в центре закругления.

**41.** По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, течет ток силой 60 А. Длина сторон прямоугольника составляет 30 и 80 см. Определить напряженность магнитного поля в точке пересечения диагоналей.

**42.** В однородном магнитном поле с индукцией 0,25 Тл находится прямой проводник длиной 15 см, по которому течет ток силой 5 А. На проводник действует сила 0,13 Н. Определить угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

**43.** Из проволоки длиной 40 см сделан квадратный контур. Найти вращающий момент сил, действующий на контур, помещенный в однородное магнитное поле, индукция которого 0,2 Тл. По контуру течет ток силой 3 А. Плоскость контура составляет 30° с направлением магнитного поля.

44. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией 2 мТл, движется по круговой орбите радиусом 15 см. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.

45. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл по окружности. Определить угловую скорость вращения электрона.

46. Электрон, обладая скоростью 10 Мм/с, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля равна 0,1 мТл. Определить нормальное и тангенциальное ускорение электрона.

47. Электрон, обладая скоростью 1 Мм/с, влетает в однородное магнитное поле под углом  $60^\circ$  к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Индукция магнитного поля равна 2 мТл. Определить радиус витка и шаг спирали.

48. Найти кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом 60 см в магнитном поле, индукция которого равна 0,1 Тл.

49. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью 1 Мм/с. Индукция магнитного поля равна 0,25 Тл. Радиус окружности 4 см. Найти заряд частицы, если известно, что ее энергия равна 12 кэВ.

50. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 110 В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ( $E = 12$  кВ/м) и магнитное ( $B = 0,11$  Тл) поля. Найти отношение заряда частицы к ее массе, если двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.

51. Отрицательный ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 640$  В, попадает в однородные взаимно перпендикулярные электрическое ( $E = 2$  В/см) и магнитное ( $B = 1,5$  мТл) поля. Определить отношение заряда иона к его массе, если ион движется прямолинейно.

52. Протон влетел в скрещенные под углом  $\alpha = 120^\circ$  электрическое ( $E = 20$  кВ/м) и магнитное ( $B = 50$  мТл) поля. Определить ускорение протона, если его скорость ( $|\vec{v}| = 0,4$  Мм/с) перпендикулярна  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ .

53. В однородные взаимно перпендикулярные электрическое ( $E = 0,5$  кВ/см) и магнитное ( $H = 1$  МА/м) поля влетел ион. При какой

скорости иона (по модулю и направлению) он будет двигаться прямолинейно?

**54.** Однородное магнитное ( $B = 3 \text{ мТл}$ ) и электрическое ( $E = 12 \text{ кВ/см}$ ) поля скрещены под прямым углом. Электрон имеющий скорость  $4 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ , влетает в эти поля так, что силы, действующие на него со стороны полей со направлены. Определить ускорение электрона.

**55.** Найти потокосцепление  $\psi$ , создаваемое соленоидом сечением  $S = 10 \text{ см}^2$  и длиной  $L = 0,1 \text{ м}$ , если он имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр его длины при силе тока  $I = 10 \text{ А}$ .

**56.** Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $25 \text{ см}^2$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,04 \text{ Тл}$ . Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол  $\beta = 30^\circ$  с линиями индукции.

**57.** Длинный прямой провод, по которому течет ток  $50 \text{ А}$ , расположен в одной плоскости с прямоугольной рамкой так, что две большие стороны ее длиной  $0,6 \text{ м}$  параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ширине  $0,4 \text{ м}$ . Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий рамку.

**58.** По витку диаметром  $16 \text{ см}$  течет ток  $14 \text{ А}$ . Виток находится в равновесии в однородном магнитном поле  $0,06 \text{ Тл}$ . Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть виток около оси, совпадающей с диаметром витка на  $180^\circ$ .

**59.** Магнитная индукция однородного магнитного поля изменяется по закону  $B = (2 + 5t^2) \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ . Определить зависимость магнитного потока и ЭДС индукции от времени, если контур площадью  $S = 0,01 \text{ м}^2$  расположен перпендикулярно вектору магнитной индукции. Определить мгновенное значение магнитного потока и ЭДС индукции в конце пятой секунды.

**60.** Кольцо из медного провода массой  $m = 10 \text{ г}$ , помещено в однородное магнитное поле ( $B = 0,5 \text{ Тл}$ ) так, что плоскость кольца составляет угол  $60^\circ$  с вектором магнитной индукции. Определить заряд, который пройдет по кольцу, если отключить магнитное поле.

**61.** Тонкий медный провод массой  $m = 5 \text{ г}$  согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B = 0,2 \text{ Тл}$ ) так, что его плоскость перпендикулярна линиям по-

ля. Определить заряд, который потечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

**62.** В однородном магнитном поле с индукцией  $0,75 \text{ Тл}$  вращается квадратная рамка со стороной  $5 \text{ см}$ , изготовленная из медной проволоки сечением  $0,5 \text{ мм}^2$ . Концы рамки замкнуты. Максимальное значение силы тока, индуцируемого в рамке при ее вращении  $1,9 \text{ А}$ . Определить число оборотов рамки в секунду.

**63.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $2,0 \text{ мкФ}$  и катушки индуктивностью  $0,10 \text{ Гн}$  и сопротивлением  $10 \text{ Ом}$ . Определить логарифмический декремент затухания колебаний.

**64.** Собственные колебания в колебательном контуре протекают согласно уравнению  $i = 2 \sin 100\pi t \text{ мА}$ . Найти индуктивность  $L$  катушки, если емкость конденсатора  $C = 10 \text{ мкФ}$ .

**65.** Катушка индуктивностью  $L = 1 \text{ мГн}$  и воздушный конденсатор, состоящий из двух круглых пластин диаметром  $D = 20 \text{ см}$  каждая, соединены параллельно. Расстояние  $d$  между пластинами равно  $1 \text{ см}$ . Определить период  $T$  колебаний.

**66.** Колебательный контур имеет индуктивность  $L = 1,6 \text{ мГн}$ , электроёмкость  $C = 0,04 \text{ мкФ}$  и максимальное напряжение  $U_{\max}$  на зажимах, равное  $200 \text{ В}$ . Определить максимальную силу в контуре. Сопротивление контура ничтожно мало.

**67.** Катушка (без сердечника) длиной  $L = 50 \text{ см}$  площадью  $S_1$  сечения, равной  $3 \text{ см}^2$ , имеет  $N = 1000$  витков и соединена параллельно с конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью  $S_2 = 75 \text{ см}^2$  каждая. Расстояние  $a$  между пластинами равно  $5 \text{ мм}$ . Диэлектрик – воздух. Определить период  $T$  колебаний контура.

**68.** Индуктивность  $L$  колебательного контура равна  $0,5 \text{ мГн}$ . Какова должна быть электроёмкость  $C$  контура, чтобы он резонировал на длине волны  $300 \text{ м}$ ?

**69.** Резонансная частота колебательного контура, состоящего из последовательно соединённых конденсатора и катушки индуктивности,  $\nu_0 = 4 \text{ кГц}$ . Определить индуктивность катушки, если полное сопротивление, оказываемое этим контуром переменному току частотой  $\nu = 1 \text{ кГц}$ , равно  $Z = 1 \text{ кОм}$ , а активное сопротивление катушки  $R = 10 \text{ Ом}$ .

**70.** Колебательный контур имеет индуктивность  $L = 2 \text{ мГн}$ , электроёмкость  $C = 0,5 \text{ мкФ}$  и максимальное напряжение  $U_{\max}$  на зажи-

мах, равное 300В. Определить максимальную силу в контуре. Сопротивление контура ничтожно мало.

## **5. Вопросы к коллоквиуму №3 по разделу «Оптика, атомная и ядерная физика»**

1. Развитие представлений о природе света. Основные законы геометрической оптики. Линзы. Собирающие и рассеивающие линзы. Построение изображений. Формула тонкой линзы. Фотометрия. Энергетические и световые величины. Шкала электромагнитных волн.

2. Интерференция света. Сложение гармонических колебаний. Когерентность световых волн. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников. Общая интерференционная схема (опыт Юнга). Интерференция света в тонких пленках. Расчет разности хода и разности фаз колебаний. Полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона. Интерферометры.

3. Дифракция света. Принцип Гюйгенса Френеля. Метод зон Френеля. Прямолинейность распространения света. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске. Дифракция Фраунгофера на щели и дифракционной решетке. Дифракция света на пространственных решетках. Дифракция рентгеновских лучей.

4. Поляризация света. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух сред. Закон Брюстера. Закон Малюса. Двойное лучепреломление. Одноосные кристаллы. Оптическая индикатриса. Поляризационные приборы. Искусственная оптическая анизотропия.

5. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Дисперсия света и дисперсия вещества. Опыты Ньютона. Аномальная и нормальная дисперсия света. Опыты Леру, Кундта, Рождественского. Электронная теория дисперсий света. Формула Лоренц-Лорентца.

6. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Излучательная и поглощательная способность тела. Модель абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа. Законы теплового излучения (закон Стефана-Больцмана, законы Вина, формула Релея - Джинса). Ультрафиолетовая катастрофа. Квантовая гипотеза и формула Планка. Оптическая пирометрия. Тепловые источники света.

7. Энергия и импульс световых квантов. Внешний и внутренний фотоэффект. Опыты Герца и Столетова. Экспериментальное исследо-

вание явления фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Релятивистский фотоэффект. Многофотонный фотоэффект. Внутренний фотоэффект. Энергия активации. Фотоэлектронные приборы.

8. Давление света. Опыты Лебедева. Объяснение явления в рамках теории фотонов.

9. Эффект Комптона и его теория.

10. Рентгеновское излучение и его свойства. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Закон Бугера-Ламберта. Закон Мозли.

11. Люминесценция и ее классификации. Законы молекулярной люминесценции.

12. Строение атома. Спектр атома водорода. Постулаты Бора. Молекулярные спектры.

13. Атом водорода в квантовой механике. Уравнение Шредингера и его решение для основного состояния атома водорода. Квантовые числа. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Спиновые квантовые числа. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Периодическая система Менделеева.

14. Квантовая теория излучения. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение фотонов. Коэффициенты Эйнштейна. Принцип детального равновесия. Принцип работы лазера. Свойство лазерного излучения.

15. Заряд, размер и масса атомного ядра. Состав ядра. Модели ядра. Природа ядерных сил. Дефект массы и энергия связи ядер. Искусственная и естественная радиоактивность. Альфа, бета и гамма излучения атомных ядер и их свойства. Основной закон радиоактивного распада. Активность нуклида. Правила смещения при радиоактивном распаде. Ядерные реакции. Законы сохранения. Реакции деления. Ядерный реактор. Термоядерные реакции.

16. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Понятие о некоторых законах сохранения в физике элементарных частиц. Античастицы. Вещество и поле. Сильное электромагнитное, слабое и гравитационное взаимодействия. Физическая картина мира как философская категория.

## **6. Задачи к коллоквиуму №3 по разделу «Оптика, атомная и ядерная физика»**

1. Светильник в виде цилиндра из молочного стекла имеет размеры: длину 25 см, диаметр 24 мм. На расстоянии 2 м при нормальном падении лучей возникает освещенность 15 лк. Определить силу света, яркость и светимость его, считая, что указанный излучатель косинусный.

2. Над небольшой сценой (площадкой) на высоте 5 м размещены два светильника, дающие полный световой поток соответственно 9420 лм и 12560 лм. Расстояние между ними 8,66 м. Чему равна освещенность сцены под светильниками на середине расстояния между ними (считая по проекциям)?

3. На расстоянии 70 см от фотоэлемента помещена лампочка силой света 240 кд. Определить полный световой поток лампы и силу тока, которую покажет гальванометр, присоединенный к фотоэлементу, если рабочая поверхность его равна  $10 \text{ см}^2$ , а чувствительность 280 мкА/лм?

4. Расстояние между двумя когерентными источниками света ( $\lambda=0,5 \text{ мкм}$ ) равно 0,1 мм. Расстояние между светлыми полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние от источника до экрана.

5. На мыльную пленку ( $n=1,3$ ), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине  $d$  пленки отраженный свет с длиной волны  $\lambda=0,55 \text{ мкм}$  окажется максимально усиленным в результате интерференции?

6. На толстую стеклянную пластинку, покрытую очень тонкой пленкой, показатель преломления  $n_2$  вещества которой равен 1,4, падает нормально параллельный пучок монохроматического света ( $\lambda=0,6 \text{ мкм}$ ). Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить толщину пленки.

7. На тонкий стеклянный клин падает нормально параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda=500 \text{ нм}$ . Расстояние между соседними темными интерференционными полосами в отраженном свете  $b=0,5 \text{ мм}$ . Определить угол  $\alpha$  между поверхностями клина. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин,  $n=1,6$ .

8. Для получения колец Ньютона используют плосковыпуклую линзу. Освещая ее монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм, установили, что расстояние между пятым и шестым светлыми кольцами равно 0,56 мм. Определить радиус кривизны линзы.

9. Какая толщина воздушного зазора между плосковыпуклой линзой и плоской стеклянной пластиной в том месте, где наблюдается

шестое светлое кольцо Ньютона в проходящем свете? На систему падает луч с длиной волны  $5820 \text{ \AA}$ . В каком свете - отраженном или проходящем - более отчетливо видны кольца?

**10.** Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. При заполнении пространства между линзой и стеклянной пластинкой прозрачной жидкостью радиусы темных колец в отраженном свете уменьшились в 1,21 раза. Определить показатель преломления жидкости.

**11.** Найти расстояние между третьим и шестнадцатым темными кольцами Ньютона, если расстояние между вторым и двадцатым темными кольцами равно 4,8 мм. Наблюдение проводится в отраженном свете.

**12.** Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля, если расстояние от источника света до волновой поверхности равно 1 м, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения также равно 1 м и  $\lambda = 500 \text{ нм}$ .

**13.** На экран с круглым отверстием радиусом 1,5 мм нормально падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 500 нм. Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии 1,5 м от него. Определить темное или светлое пятно наблюдается в центре дифракционной картины.

**14.** На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения пучка света, соответствующий второй светлой дифракционной полосе равен  $1^\circ$ . Скольким длинам волн падающего света равна ширина щели?

**15.** На щель шириной 2 мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 589 нм. Найти углы, в направлении которых будут наблюдаться минимумы интенсивности света.

**16.** На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

**17.** Постоянная дифракционной решетки в четыре раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на её поверхность. Определить угол между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.

**18.** На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Чему должен быть равен период решетки, чтобы

в направлении угла  $41^\circ$  от нормали совпадали максимумы двух линий с длинами волн 656,3 нм и 410,2 нм?

**19.** Постоянная дифракционной решетки равна 2,8 мкм. Определить наибольший порядок спектра для красной линии с длиной волны  $7 \cdot 10^{-7}$  м, общее число главных максимумов и угол отклонения последнего максимума для полученной дифракционной картины.

**20.** Дифракционная решетка содержит 600 штрихов на 1 мм. Чему равна угловая дисперсия решетки для волны 668 мкм в спектре первого порядка?

**21.** Каково будет расстояние между компонентами дублета желтой линии натрия ( $\lambda_1 = 5890 \text{ \AA}$ ,  $\lambda_2 = 5896 \text{ \AA}$ ) в спектре 2 - го порядка на экране, расположенном на расстоянии 0,5 м от дифракционной решетки, которая содержит 400 штрихов на 1 мм?

**22.** Во сколько раз ослабляется свет. Проходя через два николя, угол между плоскостями, поляризации которых составляет  $30^\circ$ , если в каждом из николей в отдельности теряется 10% падающего светового потока.

**23.** Частично - поляризованный свет проходит через николь. Интенсивность света увеличивается в 4 раза, если повернуть николь на  $60^\circ$  от положения, соответствующего минимальной интенсивности. Какова степень поляризации света?

**24.** Определить, во сколько раз интенсивность света после прохождения двух николей будет ослаблена, если угол между плоскостями поляризации составляет  $74^\circ 20'$ . Поглощение света в поляризаторе составляет 5%, а в анализаторе 10%?

**25.** На пластинку исландского шпата, вырезанную параллельно оптической оси, падает нормально луч с длиной волны 588 нм. Между обыкновенным и необыкновенным лучами возникает разность хода в 0,007 мм. Найти толщину пластины, если показатель преломления обыкновенного луча для данного света 1,658, а необыкновенного 1,486. Сделать чертеж.

**26.** Пластина кварца толщиной в 1,5 мм, вырезанная перпендикулярно к оптической оси, помещена между параллельными николями. Для некоторой длины волны вращение плоскости поляризации равно  $36^\circ$ . Во сколько раз изменилась интенсивность света после прохождения николей? При какой толщине кварца свет данной длины волны будет полностью поглощен? Показать схему опыта.

27. При прохождении света через слой 5% - ного сахарного раствора толщиной 15 см плоскость поляризации света повернулась на угол  $6,5^\circ$ . Насколько повернет плоскость поляризации 13% - ный раствор с толщиной слоя в 12 см?

28. Определить: 1) коэффициент отражения и степень поляризации отраженных лучей при падении естественного света на стекло под углом  $55^\circ$ , 2) степень поляризации преломленных лучей.

29. Определить коэффициент отражения стекла, показатель преломления которого 1,5 при условии, что естественный луч на его поверхность под углом Брюстера.

30. Температура абсолютно черного тела изменяется от  $727^\circ\text{C}$  до  $1727^\circ\text{C}$ . Во сколько раз изменится при этом полное количество получаемой телом энергии?

31. Максимум энергии излучения абсолютно черного тела приходится на длину волны 450 нм. Определить температуру и энергетическую светимость тела.

32. Поток излучения абсолютно черного тел 2,5 кВт. Максимум энергии излучения приходится на длину волны 1,65 мкм. Определить площадь излучающей поверхности.

33. Определить энергию  $W$  излучаемую за время  $t = 1$  мин из смотрового окошка площадью  $S = 8 \text{ см}^2$  плавильной печи, если ее температура  $T = 1,2 \text{ кК}$ .

34. Вычислить истинную температуру  $T$  вольфрамовой раскаленной ленты, если радиационный пирометр показывает температуру  $T_{\text{рад}} = 2,5 \text{ кК}$ . Принять, что поглощательная способность для вольфрама не зависит от частоты излучения и равна  $\alpha_T = 0,35$ .

35. Средняя энергетическая светимость  $R$  поверхности Земли равна  $0,54 \text{ Дж}/(\text{см}^2 \text{ мин})$ . Какова должна быть температура  $T$  поверхности Земли, если условно считать, что она излучает как серое тело с коэффициентом черноты  $\alpha_T = 0,25$ ?

36. Количество лучистой энергии Солнца, падающей на площадку, перпендикулярную к солнечным лучам, находящуюся за пределами атмосферы, вблизи Земли, равна  $1,35 \text{ кВт}/\text{м}^2$ . Какова будет температура абсолютно черной пластинки, установленной за пределами атмосферы вблизи Земли перпендикулярно лучам Солнца? Температуру поверхности Солнца принять  $5800 \text{ К}$ .

37. Фотон с длиной волны  $0,12 \text{ мкм}$  вырывает с поверхности натрия фотозлектрон, кинетическая энергия которого  $7,2 \text{ эВ}$ . Определить работу выхода и красную границу фотоэффекта.

**38.** Красная граница фотоэффекта для цинка  $\lambda_0 = 310$  нм. Определить максимальную кинетическую энергию  $T_{\max}$  фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны  $\lambda = 200$  нм.

**39.** На фотоэлемент с катодом из лития падает свет; длиной волны  $\lambda = 200$  нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов  $U_{\min}$ , которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.

**40.** На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,1$  мкм. Красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 0,3$  мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

**41.** На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения ( $\lambda = 0,25$  мкм). Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов  $U_{\min} = 0,96$  В. Определить работу выхода  $A$  электронов из металла.

**42.** Какова должна быть длина волны  $\gamma$ -излучения, падающего на платиновую пластину, чтобы величина максимальной скорости фотоэлектронов была  $v_{\max} = 30$  Мм/с?

**43.** Определить величину максимальной скорости  $v_{\max}$  фотоэлектронов, вылетающих из металла под действием  $\gamma$ -излучения с длиной волны  $\lambda = 0,03$  нм.

**44.** Свет с длиной волны  $\lambda = 600$  нм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на неё давление  $p = 4$  мкПа. Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 10$  с на площадь  $S = 1$  мм<sup>2</sup> этой поверхности.

**45.** Определить коэффициент отражения  $\rho$  поверхности, если при энергетической освещенности  $E_e = 120$  Вт/м<sup>2</sup> давление  $p$  света на неё оказалось равным  $0,5$  мкПа.

**46.** Давление  $p$  света с длиной волны  $\lambda = 40$  нм, падающего нормально на черную поверхность, равно  $2$  нПа. Определить число  $N$  фотонов, падающих за время  $t = 10$  с на площадь  $S = 1$  мм<sup>2</sup> этой поверхности.

**47.** Определить давление солнечных лучей, падающих перпендикулярно на зеркальную пластинку, поставленную вблизи Земли выше границы земной атмосферы. Температуру поверхности Солнца принять равной  $5800$  К.

**48.** Поток монохроматических лучей с длиной волны  $600$  нм падает нормально на пластинку с коэффициентом отражения  $0,2$ . Сколько фотонов ежесекундно падает на пластинку, если давление

лучей на пластинку составляет  $10^{-7}$  Н/м<sup>2</sup>?

**49.** Фотон ( $\lambda = 1$  пм) при соударении со свободным электроном испытал комптоновское рассеяние под углом  $60^\circ$ . Определить долю энергии, оставшуюся у фотона.

**50.** Определить величину импульса  $p_e$  электрона отдачи, если фотон с энергией  $\varepsilon = 1,53$  МэВ в результате рассеяния на свободном электроне потерял  $1/3$  своей энергии.

**51.** В результате эффекта Комптона фотон с энергией  $\varepsilon_1 = 1,02$  МэВ рассеян на свободных электронах на угол  $\theta = 150^\circ$ . Определить энергию  $\varepsilon_2$  рассеянного фотона.

**52.** Фотон при эффекте Комптона на свободном электроном был рассеян на угол  $\theta = \pi/6$ . Определить импульс  $\vec{p}$ , приобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния была  $\varepsilon_1 = 1,33$  МэВ.

**53.** Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в 1-ом возбужденном состоянии.

**54.** Найти наибольшую  $\lambda_{\max}$  и наименьшую  $\lambda_{\min}$  длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).

**55.** Какую энергию надо сообщить атому водорода для того, чтобы в спектре его появилась одна линия серии Бальмера?

**56.** При переходе электрона атома водорода с одной из возможных орбит на другую, более близкую к ядру, атом испустил фотон с длиной волны  $18751 \text{ \AA}$ . Определить кинетическую  $T$ , потенциальную  $U$  и полную  $E$  энергию электрона в этом промежуточном возбужденном состоянии.

**57.** Во сколько раз изменится период вращения электрона в атоме водорода, если при переходе из одного возбужденного состояния в другое атом излучил фотон с длиной волны  $3970 \text{ \AA}$ .

**58.** Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны  $\lambda = 121,5$  нм. Определить радиус  $r$  орбиты, скорость  $v$  и частоту  $n$  обращения электрона в возбужденном состоянии атома водорода.

**59.** Определить первый потенциал  $U_1$  возбуждения и потенциал ионизации  $U_i$  атома водорода.

**60.** В прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$  с абсолютно непроницаемыми стенками ( $0 < x < l$ ) находится частица в основном состоянии. Найти вероятность  $w$  местонахождения для этой частицы в области  $1/3l < x < 2/3l$ .

61. Атом водорода находится в основном состоянии. Собственная волновая функция, описывающая состояние электрона в атоме

имеет вид  $\psi(r) = c \cdot e^{-\frac{r}{a_0}}$ , где  $c$  – некоторая постоянная. Из условия нормировки волновой функции найти постоянную  $c$ .

62. Найти период полураспада радиоактивного препарата, если за сутки его активность уменьшится в четыре раза.

63. Какая часть начального количества атомов распадается за один год в радиоактивном изотопе тория  ${}^{229}_{90}\text{Th}$ ? Период полураспада тория  $T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$  лет.

64. Вычислить дефект массы, энергию связи ядра атома и его удельную энергию связи, т.е. энергию, приходящуюся на один нуклон, для элемента  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ .

65. Определить энергию связи  $\epsilon_{\text{св.}}$ , которая освободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро.

66. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях: 1)  ${}^{227}_{13}\text{Al}(n, \alpha)\text{X}$ ; 2)  ${}^{19}_9\text{Fe}(p, x){}^{16}_8\text{O}$ .

67. При делении ядра урана  ${}^{235}\text{U}$  выделяется энергия  $Q = 200$  МэВ. Какую долю энергии покоя ядра урана  ${}^{235}\text{U}$  составляет выделившаяся энергия?

68. Ядро углерода  ${}^{14}_6\text{C}$  выбросило отрицательно заряженную  $\beta$ -частицу и антинейтрино. Определить полную энергию  $Q$   $\beta$ -распада ядра.

69. Покоившееся ядро полония  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  выбросило  $\alpha$ -частицу с кинетической энергией  $T = 5,3$  МэВ. Определить кинетическую энергию  $T$  ядра отдачи и полную энергию  $Q$ , выделившуюся при  $\alpha$ -распаде.

70. Какой изотоп образуется из  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после трех  $\alpha$ -распадов и одного  $\beta$ -распада?

## 7. Приложения

1. Основные физические постоянные:  
скорость света в вакууме –  $c = 3,00 \cdot 10^8$  м/с  
ускорение свободного падения –  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>

гравитационная постоянная  $-G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$   
постоянная Авогадро  $-N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$   
молекулярная газовая постоянная  $-R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$   
объём моля идеального газа при нормальных условиях  $-V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$   
постоянная Больцмана  $-k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$   
элементарный заряд  $-e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ ;  
магнетон Бора  $-\mu_B = 9627 \cdot 10^{-24} \text{ Дж/Тл}$ ;  
масса протона  $-m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ ;  
масса электрона  $-m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ ;  
удельный заряд электрона  $-e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$ ;  
электрическая постоянная  $-\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ ;  
магнитная постоянная  $-\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ ;  
постоянная Ридберга  $-R = 1,10 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$   
скорость света в вакууме  $-c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$   
число Авогадро  $-N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$   
заряд электрона  $-e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$   
постоянная Планка  $-h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$   
постоянная Стефана-Больцмана  $-\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$   
постоянная в законе Вина  $-b = 2,89 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$   
радиус первой боровской орбиты  $-a_0 = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м}$   
атомная единица массы  $-1a.e.m. = 1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

1. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка		
Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$
мега	М	$10^6$
кило	к	$10^3$
гекто	г	$10^2$
милли	м	$10^{-3}$
микро	мк	$10^{-6}$
нано	н	$10^{-9}$
пико	п	$10^{-12}$

2. Некоторые характеристики Солнца, Земли и Луны

Физические параметры	Солнце	Земля	Луна
Масса, кг	$1,97 \cdot 10^{30}$	$5,96 \cdot 10^{24}$	$7,33 \cdot 10^{22}$
Радиус, м	$6,95 \cdot 10^8$	$6,37 \cdot 10^6$	$1,74 \cdot 10^6$
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1400	5518	3350
Среднее расстояние от Земли, км	$1,496 \cdot 10^8$	--	384440

3. Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Газ	Плотность кг/м <sup>3</sup>
Азот	1,25	Воздух	1,29
Аргон	1,78	Гелий	0,18
Водород	0,09	Кислород	1,43

4. Эффективный диаметр молекулы

Газ	Диаметр, $10^{-9}$ м	Газ	Диаметр, $10^{-9}$ м
Аргон	0,29	Гелий	0,19
Водород	0,23	Кислород	0,29

## 5. Поправки Ван-дер-Ваальса

Газ	$a, \text{н}\cdot\text{м}^2 / \text{моль}^2$	$b, 10^5 \text{ м}^3 / \text{моль}$
Азот	0,135	3,86
Аргон	0,134	3,22
Кислород	0,136	3,17
Неон	0,209	1,70
Углекислый газ	0,361	4,28

## 6. Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$

Вода – 81;  
 Парафин – 2,0;  
 Слюда – 6,0;  
 Стекло – 7,0;  
 Фарфор – 5,0;  
 Масло трансформаторное – 2,2;  
 Эбонит – 6,0.

## 7. Удельное сопротивление $\rho$ и температурный коэффициент проводников (при 20°C)

Проводник	Удельное сопротивление, нОм·м	Температурный коэффициент, $\text{K}^{-1}$
Алюминий	28	0,0038
Вольфрам	55	0,0051
Железо	98	0,0062
Константан	480	0,00002
Медь	17,2	0,0043
Никель	400	0,000017
Нихром	980	0,00026

## 8. Работа выхода электронов

Металл	$A$ , Дж	$A$ , эВ
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3
Платина	$10 \cdot 10^{-19}$	6,3
Рубидий	$3,4 \cdot 10^{-19}$	2,1
Серебро	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Цезий	$3,2 \cdot 10^{-19}$	2,0
Цинк	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0

## 9. Относительные атомные массы (округленные значения) $A_r$ и порядковые номера $Z$ некоторых элементов.

Элемент	Символ	$A_r$	$Z$	Элемент	Символ	$A_r$	$Z$
Азот	N	14	7	Марганец	Mn	55	25
Алюминий	Al	27	13	Медь	Cu	64	29
Аргон	Ar	40	18	Молибден	Mo	96	42
Барий	Ba	137	56	Натрий	Na	23	11
Ванадий	V	60	23	Неон	Ne	20	10
Водород	H	1	1	Никель	Ni	59	28
Вольфрам	W	184	74	Олово	Sn	119	50
Гелий	He	4	2	Платина	Pt	195	78
Железо	Fe	56	26	Ртуть	Hg	201	80
Золото	Au	197	79	Сера	S	32	16
Калий	K	39	19	Серебро	Ag	108	47
Кальций	Ca	40	20	Углерод	C	12	6
Кислород	O	16	8	Уран	U	238	92
Магний	Mg	24	12	Хлор	Cl	35	17

## 10. Массы атомов легких изотопов

Изотоп	Символ	Масса, а.е.м.	Изотоп	Символ	Масса, а.е.м.
Нейтрон	${}^1_0 n$	1,00867	Бериллий	${}^7_4 Be$	7,01693
Азот	${}^{14}_7 N$	14,00307		${}^9_4 Be$	9,01219
Водород	${}^1_1 H$	1,00783	Бор	${}^{10}_5 B$	10,01294
	${}^2_1 H$	2,01410		${}^{11}_5 B$	11,00930
	${}^3_1 H$	3,01605	Углерод	${}^{14}_6 C$	12,00000
Гелий	${}^3_2 He$	3,01603		${}^{13}_6 C$	13,00335
	${}^4_2 He$	4,00260		${}^{14}_6 C$	14,00324
Литий	${}^6_3 Li$	6,01513	Кислород	${}^{16}_8 O$	15,99491
	${}^7_3 Li$	7,01601		${}^{17}_8 O$	16,99913

## 11. Периоды полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ	Период полураспада
Актиний	${}^{225}_{89} Ac$	10 суток
Иод	${}^{131}_{53} I$	8 суток
Кобальт	${}^{60}_{27} Co$	5,3 года
Магний	${}^{27}_{12} Mg$	10 минут
Радий	${}^{226}_{86} Ra$	1620 лет
Радон	${}^{222}_{86} Rn$	3,8 суток
Стронций	${}^{90}_{38} Sr$	27 лет
Фосфор	${}^{32}_{15} P$	14,3 суток
Церий	${}^{144}_{58} Ce$	285 суток

## 12. Масса и энергия покоя некоторых частиц

Частица	$m_0$		$E_0$	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
<b>Электрон</b>	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	939
$\alpha$ -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтральный $\pi$ -мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

## 8. Литература

### 8.1 Основная литература

1. Савельев И.В. Курс физики. Т. 1-3. - М.: Наука, 1989.
2. Детлаф А. А., Яворский М. Б. Курс физики.- М.: Высш. шк., 1989. - 608с.
3. Трофимова Т. И. Курс физики. - М.: Высш. шк., 1990. - 478 с.
4. Трофимова Т. И. Сборник задач по курсу физики для вузов. - М., 2003. - 303 с.
5. Чертов А. Г., Воробьёв А. А. Задачник по физике. - М.: Высш. шк., 1988. - 526 с.
6. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. - Наука, 1988. - 381 с.
7. Чертов А. Г. Физические величины. - М.: Высш. шк., 1990. - 315 с.

### 8.2 Дополнительная литература

8. Иродов И.Е. Основные законы механики - М.: Высш. шк, 1985 - 248с.
9. Калашников С. Г. Электричество. - М: Наука, 1977. - 668 с.
10. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм. - М.: Высшая школа, 1983. - 463 с.
11. Ландсбер Г.С. Оптика. - М.: Наука, 1976. - 936 .
12. Калитиевский Н. И. Волновая оптика. - М.: Высш. шк., 1978. - 384 с.
13. Шпольский Э. В. Атомная физика. Т. 1, 2. - М.: Наука, 1974.
- 14 Епифанов Г. И. Физика твёрдого тела. - М.: Высшая школа, 1977. - 288с.
15. Широков Ю. М., Юдин Н. П. Ядерная физика. - М.: Наука, 1980. - 312с.
16. Иродов И. Е. Задачи по общей физике.- М.: Наука, 1988. - 416 с.
17. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики. - М.: Высш. шк. 1977.-351 с.
18. Савельев И.В. Сборник задач и вопросов по общей физике.- М.: Наука, 1988.-288 с.
19. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике.- М.: Наука, 1990. - 624 с.
20. Кузглин Х. Справочник по физике. - М.: Мир, 1985. - 520 с.

### 8.3 Методические указания и пособия

21.154эл Механика и молекулярная физика: практикум по курсу «Физика» для студентов всех специальностей дневной формы обучения: в 3 ч. Ч. 1/ О.И. Проневич, С.В. Пискунов. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010. – 69с.

27. 329эл Электричество и магнетизм: курс лекций по одному. дисциплине для студентов техн. специальностей днев. и заоч. форм обучения: в 3 ч. Ч. 2 / П. А. Хило. А. И. Кравченко. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого. 2013. - 274 с.

28. 3981 Электричество и магнетизм: практикум по курсу «Физика» для студентов всех специальностей дневной формы обучения: в 3 ч. Ч. 2/ А.И. Кравченко, П.Д. Петрашенко, П.А. Хило. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010. – 68с.

33. 58эл Оптика, атомная и ядерная физика: конспект лекций по курсу «Физика» для студентов дневной и заочной формы обучения / А.А. Панков, П.А. Хило. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2009. – 170 с.

34. 235эл Оптика, атомная и ядерная физика: практикум по курсу «Физика» для студентов технических специальностей дневной формы обучения: в 3 ч. Ч.3. / П.А. Хило, А.И. Кравченко, П.Д. Петрашенко. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2011. – 54 с.

### Содержание

Предисловие.....	3
1. Вопросы к коллоквиуму №1 по разделу «Механика и молекулярная физика».....	4
2. Задачи к коллоквиуму №1 по разделу «Механика и молекулярная физика».....	6
5. Вопросы к коллоквиуму №2 по разделу «Электричество и магнетизм».....	15
6. Задачи к коллоквиуму №2 по разделу «Электричество и магнетизм».....	18
9. Вопросы к коллоквиуму №3 по разделу «Оптика, атомная и ядерная ».....	27
10. Задачи к коллоквиуму №3 по разделу «Оптика, атомная и ядерная».....	28
11. Приложение.....	35
12. Литература.....	42
13. Содержание.....	43

**Хило Петр Анатольевич  
Кравченко Александр Ильич  
Савкова Татьяна Николаевна**

**ФИЗИКА. ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ  
К КОЛЛОКВИУМАМ**

**Практикум  
для студентов специальностей 1-27 01 01 «Экономика  
и организация производства (по направлениям)»  
и 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии»  
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 18.01.16.

Рег. № 28Е.  
<http://www.gstu.by>