

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**ФИЗИКА**  
**ИЗУЧАЕМ ОСНОВЫ ФИЗИКИ**

Методические указания к практическим занятиям  
для направления подготовки  
35.03.02 «Технология лесозаготовительных  
и деревоперерабатывающих производств»

Пенза 2015

УДК 53(075)  
ББК 22.3я7  
Ф50

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат физико-математических наук, доцент П.П. Мельниченко (ПГУАС)

**Физика.** Изучаем основы физики: методические указания к  
Ф50 практическим занятиям для направления подготовки 35.03.02  
«Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих  
производств»/ Т.С. Шмарова, З.А. Сидякина. – Пенза: ПГУАС,  
2015. – с.

Приведены основные типы задач по курсу общей физики (разделы «Физические основы механики», «Электричество и магнетизм», «Молекулярная физика и термодинамика», «Оптика и квантовая физика», «Строение атомного ядра»).

Методические указания разработаны на кафедре «Физика и химия» с учетом компетентностного подхода к процессу обучения и предназначены для использования на практических занятиях направления подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015  
© Шмарова Т.С., Сидякина З.А., 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с программой курса «Физика» ФГОС ВПО третьего поколения для направления подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств» и имеет целью совершенствование компетенций как в процессе овладения студентами знаниями о явлениях природы в вузе, так и в последующей профессиональной и научной деятельности.

Методические указания содержат задачи по основным разделам физики: механике, электричеству и магнетизму, молекулярной физике, термодинамике, оптике, квантовой физике и физике атомного ядра.

Решение физических задач является необходимым условием успешного изучения явлений природы. Решение задач помогает уяснить физический смысл явлений, закрепляет в памяти основные физические законы, прививает навыки практического применения теоретических знаний, знакомит с характерными масштабами явлений и порядками физических величин, встречающихся на практике. Решение физических задач способствует формированию у студентов инженерного мышления, без которого невозможна успешная творческая трудовая деятельность.

Систематическая работа на практических занятиях способствует формированию у студентов:

**знаний** фундаментальных законов физики;

**умений** правильно применять законы физики для анализа и решения физических задач; работать с учебной, научной и справочной литературой; осуществлять самооценку и самоанализ на основе самопроверки в процессе выполнения заданий.

Работа в аудитории на практических занятиях под руководством преподавателя позволяет студентам **овладеть** способностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технологических проблем лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств (ОПК-2); способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования механических и физико-химических процессов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств (ПК-7).

# 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Кинематические характеристики и их взаимосвязь при криволинейном движении. Движение по прямой и по окружности. Законы Ньютона, решение основной задачи механики на основе законов Ньютона. Импульс системы частиц. Закон сохранения импульса механической системы. Центр инерции механической системы и закон его движения. Работа силы. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Кинематика и динамика вращательного движения. Работа и энергия при вращательном движении.

**1.1.** Уравнение перемещения точки имеет вид  $s = 2t + 3t^2$ . Найдите скорость тела в момент времени 3 с. (Отв. 20 м/с).

**1.2.** Радиус-вектор тела изменяется со временем по закону  $\vec{r} = 3t\vec{i} + 0,5t^2\vec{j}$ . Определите модуль скорости тела в момент времени 4 с. (Отв. 7 м/с).

**1.3.** Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 10 - 4t + t^2$ . В какой момент времени угловая скорость вращения будет равна 8 рад/с? (Отв. 6 с).

**1.4.** Точка движется по окружности так, что ее угловая скорость изменяется по закону  $\omega = -8t$ . Определите угловое перемещение точки за промежуток времени от 0 до 3 с. (Отв. -36 рад).

**1.5.** Материальная точка движется по окружности радиусом 1 м согласно уравнению  $s = 8 - 0,2t^2$ . Определите нормальное ускорение точки в момент времени 3 с. (Отв. 46,24 м/с<sup>2</sup>).

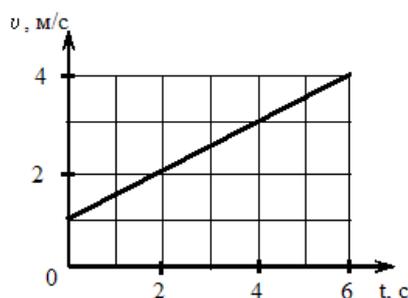


Рис. 1.1

**1.6.** Под действием постоянной силы 5 Н скорость тела изменялась с течением времени, как показано на графике (рис. 1.1). Найдите массу тела. (Отв. 10 кг).

**1.7.** Сила, действующая на материальную точку в интервале времени от 0 до 0,003 с, описывается зависимостью  $F(t) = F_0 - bt$ , где  $F_0 = 480$  Н,  $b = 1,6 \cdot 10^5$  Н/с. Определите изменение импульса точки за время действия силы. (Отв. 0,72 кг · м/с).

**1.8.** Материальная точка движется по криволинейной траектории под действием силы, тангенциальная составляющая которой  $F_t = 0,2t^2$ , а нор-

мальная составляющая  $F_n = 8$  Н. Определите массу точки, если в момент времени 10 с ее ускорение  $0,7$  м/с<sup>2</sup>. (Отв. 30,8 кг).

**1.9.** Система состоит из трех материальных точек, массы которых 0,1; 0,2 и 0,3 г. Координаты первой точки (1, 2, 3); второй – (2, 3, 1); третьей – (3, 1, 2). Определите координаты центра масс системы. (Отв. 2,3 м; 1,8 м; 1,8 м).

**1.10.** Ось вращения тонкостенной трубки перенесли из центра масс на образующую (рис. 1.2). Как изменится момент инерции относительно новой оси? (Отв. увеличится в 2 раза).

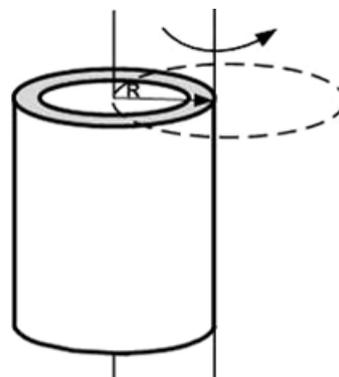


Рис. 1.2

**1.11.** Как изменится момент импульса тела, если момент инерции тела и его скорость увеличить в 2 раза? (Отв. увеличится в 4 раза).

**1.12.** Тонкий обруч (рис. 1.3) радиусом 1 м, способный свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку О перпендикулярно плоскости рисунка, отклонили от вертикали на угол  $\frac{\pi}{2}$  и отпустили. Определите угловое ускорение обруча в начальный момент времени. (Отв. 5 рад/с<sup>2</sup>).

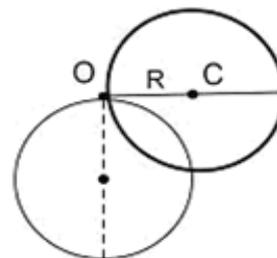


Рис. 1.3

**1.13.** Однородный диск радиусом 0,2 м и массой 5 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Зависимость угловой скорости от времени описывается уравнением  $\omega = 2 + 8t$ . Найдите величину касательной силы, приложенной к ободу диска. Трением пренебечь. (Отв. 4 Н)

**1.14.** Тонкостенный цилиндр массой 2 кг и радиусом 0,3 м вращается вокруг своей оси с частотой 20 об/мин. Определите, с какой частотой он будет вращаться через 1 с после приложения вращающего момента внешних сил  $M = 3t^2$ . (Отв. 1,21 Гц).

**1.15.** Тело массой 2 кг бросили с поверхности земли вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Найдите максимальное значение его потенциальной энергии. Сопротивлением воздуха пренебечь. (Отв. 400 Дж).

**1.16.** Шар и полая сфера, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатываются без проскальзывания на горку с одинаковыми начальными скоростями. Какое из этих тел поднимется выше? (Отв. Полая сфера).

**1.17.** Обруч массой 0,3 кг и радиусом 0,5 м привели во вращение, сообщив ему энергию вращательного движения 1200 Дж, и опустили на пол так, что его ось вращения оказалась параллельной плоскости пола. Обруч начал двигаться без проскальзывания, имея кинетическую энергию поступательного движения 200 Дж. Определите работу силы трения. (Отв. 800 Дж).

**1.18.** Частица движется в двумерном поле, причем ее потенциальная энергия задается функцией  $U = -2xy$ . Чему равна работа сил поля по перемещению частицы из точки С(1, 1, 1) в точку В(2, 2, 2). (Отв. 6 Дж).

**1.19.** Тело массой 1 кг поднимают по наклонной плоскости. Высота наклонной плоскости 1 м, длина ее основания 2 м, коэффициент трения 0,2. Определите минимальную работу, необходимую для подъема тела. (Отв. 14 Дж).

**1.20.** Стержень длиной 1 м движется мимо наблюдателя со скоростью  $0,8c$ . Какой покажется наблюдателю его длина? (Отв. 0,6 м).

**1.21.** Предмет движется со скоростью  $0,6c$ . На сколько изменится его длина по сравнению с собственной длиной? (Отв. Уменьшится на 20%).

**1.22.** Тело начало двигаться со скоростью, при которой его масса возросла на 30%. Как при этом изменилась длина тела в направлении движения? (Отв. Уменьшилась в 1,3 раза).

**1.23.** Скорость релятивистской частицы  $\frac{\sqrt{3}}{2}c$ . Чему равно отношение кинетической энергии частицы к ее энергии покоя? (Отв. 1).

**1.24.** На борту космического корабля, летящего со скоростью  $0,8c$  относительно неподвижной системы отсчета, произошли два события, разделенные промежутком времени 6 с. Какова длительность этого промежутка в неподвижной системе отсчета? (Отв. 10 с).

**1.25.** Нестабильная частица движется со скоростью  $0,6c$ . На сколько изменится время ее жизни по сравнению со временем жизни относительно неподвижной системы отсчета? (Отв. Увеличится на 25%).

## 2. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Электрический заряд. Напряженность поля в вакууме и диэлектрике. Принцип суперпозиции. Работа электростатического поля. Потенциал. Связь потенциала и напряженности. Электроемкость. Электрический ток. Сила тока. Закон Ома для однородного участка цепи. Закон Джоуля-Ленца. Электродвижущая сила. Закон Ома для замкнутой цепи. Вектор магнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции. Сила Ампера. Сила Лорен-

ца. Электромагнитное поле. Система уравнений Максвелла в интегральной форме и физический смысл входящих в нее уравнений.

**2.1.** Два точечных заряда 4 нКл и  $-2$  нКл находятся друг от друга на расстоянии 60 см. Определите напряженность поля в точке, лежащей посередине между зарядами. (Отв. 0,6 кВ/м).

**2.2.** Два проводника заряжены до потенциалов 30 В и  $-20$  В. Заряд 100 нКл переносят с первого проводника на второй. Какую работу совершают при этом силы поля? (Отв. 5 мкДж).

**2.3.** Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $1 \frac{\text{нКл}}{\text{м}^2}$ . Определите разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии 20 см и 50 см от плоскости. (Отв. 16,9 В).

**2.4.** Свинцовый шарик плотностью  $11,3 \text{ г/см}^3$  и диаметром 0,5 см помещен в глицерин плотностью  $1,26 \text{ г/см}^3$ . Определите заряд шарика, если в однородном электрическом поле шарик оказался взвешенным. Электрическое поле направлено вверх, его напряженность 4 кВ/см. (Отв.  $1,61 \cdot 10^{-8}$  Кл).

**2.5.** Определите модуль вектора напряженности электростатического поля в точке с координатами (0,1; 0,2; 0,8), потенциал которой равен а)  $\varphi = 10xy$ ; б)  $\varphi = 40(x^2 - y^2)$ . (Отв. 2,2 В/м; 17,9 В/м).

**2.6.** Сила тока за 10 с равномерно возрастает от 1 А до 3 А. Какой заряд переносится за это время через поперечное сечение проводника? (Отв. 20 Кл).

**2.7.** На графике представлена зависимость плотности тока в проводнике от напряженности электрического поля (рис. 2.1). Найдите удельное сопротивление проводника. (Отв.  $2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ).

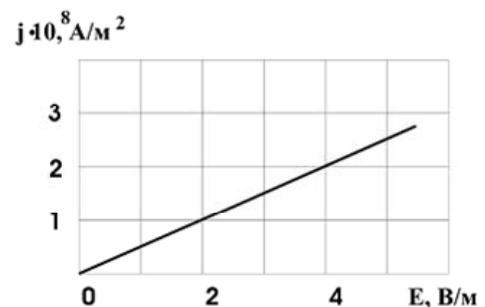


Рис. 2.1

**2.8.** Через лампу, подключенную к источнику тока с ЭДС 8 В и внутренним сопротивлением 1 Ом протекает ток 2 А. На каком графике (рис. 2.2) правильно показана зависимость силы тока от приложенного к лампе напряжения? (Отв. 3).

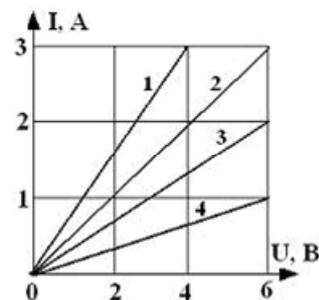


Рис. 2.2

**2.9.** Маленьким электрокипятильником можно вскипятить в автомобиле стакан воды для чая или кофе. Напряжение аккумулятора 12 В. Найдите силу тока, потребляемого от аккумулятора, если он за 5 мин нагревает 200 мл воды от 10 до 100°C. Удельная теплоемкость воды равна 4200 Дж/(кг·К). (Отв. 21 А).

**2.10.** Какой силы и плотности ток проходит по железному проводнику длиной 0,5 м и диаметром 0,6 мм? Удельное сопротивление железа  $1,6 \cdot 10^{-7}$  Ом·м, а напряжение на концах проводника 1,6 В. (Отв. 5,7 А;  $2 \cdot 10^7$  А/м<sup>2</sup>).

**2.11.** Определите работу тока на участке, не содержащем источников ЭДС и имеющем сопротивление 12 Ом, если в течение 5 с сила тока в нем равномерно увеличивается от 2 до 10 А. (Отв. 2480 Дж).

**2.12.** Электронагревательный прибор подключен к источнику тока с ЭДС  $\varepsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$ . При каком значении сопротивления  $R$  прибора полезная мощность максимальна? Каково при этом значение КПД? (Отв.  $r = R$ ,  $\eta = 50\%$ ).

**2.13.** Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 50 см<sup>2</sup> при индукции поля 0,4 Тл, если эта поверхность перпендикулярна вектору индукции поля? (Отв. 2 мВб).

**2.14.** В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле индукцией 20 мТл. Какую работу совершил источник тока, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно линиям индукции? (Отв. 80 мДж).

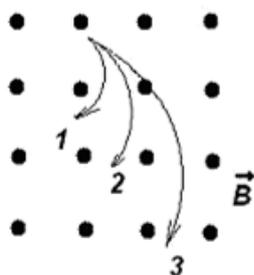


Рис. 2.3

**2.15.** Ионы, имеющие одинаковые скорости, но разные удельные заряды, влетают в однородное магнитное поле. Их траектории показаны на рис.2.3. Какой траектории соответствует величина наибольшего удельного заряда? (Отв. 1).

**2.16.** Электрон, прошедший разность потенциалов 3,5 В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл и начал двигаться по окружности. Вычислите радиус окружности. Удельный заряд электрона  $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$ . (Отв.  $0,63 \cdot 10^{-4}$  м).

**2.17.** Сила тока в замкнутом проводящем контуре индуктивностью  $L$  изменяется с течением времени по закону  $I = a - ct$ , где  $a = \text{const}$ ,  $c = \text{const}$ . Запишите зависимость от времени ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре. (Отв.  $\varepsilon_{is} = cL$ ).

**2.18.** Проволочная рамка вращается с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной вектору индукции (рис. 2.4). На рисунке также представлен график зависимости от времени потока вектора магнитной индукции, пронизывающего рамку. Как зависит от времени ЭДС индукции, если максимальное значение магнитного потока 2 мВб? (Отв.  $\varepsilon_i = -10^{-3} \pi \sin 0,5\pi t$ ).

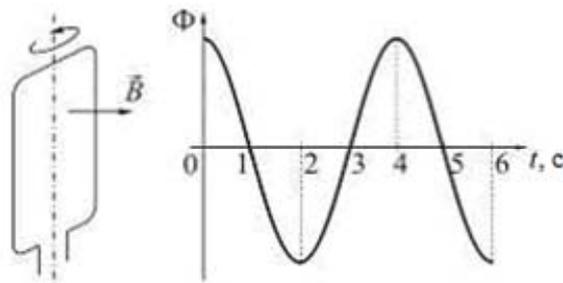


Рис. 2.4

**2.19.** На рис. 2.5 показаны сечения трех длинных параллельных проводников с токами и замкнутый контур  $L$ , для которого указано направление обхода. Чему равна циркуляция вектора напряженности магнитного поля по контуру  $L$ , если  $I_1 = I_2 = I_3 = 1$  А? (Отв. 3 А).

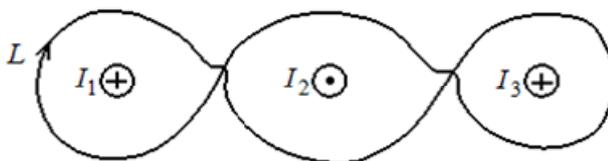


Рис. 2.5

**2.20.** Проводящий плоский контур площадью  $75 \text{ см}^2$  расположен в магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Магнитная индукция изменяется по закону  $B = (5 - 2t^3)10^{-3}$ . Чему равна ЭДС индукции, возникающая в контуре в момент времени 2 с? (Отв. 0,18 мВ).

**2.21.** В однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл находится квадратная рамка со стороной 20 см и током 10 А. Плоскость рамки составляет с направлением поля угол  $30^\circ$ . Определите работу удаления рамки за пределы поля. (Отв.  $-0,04$  Дж).

### 3. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Амплитуда, период, частота, циклическая частота и фаза гармонических колебаний. Скорость и ускорение при гармонических колебаниях. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Уравнение динамики гармонического осциллятора. Энергетические соотношения для гармонического осциллятора. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение. Коэффициент затухания. Время затухания. Декремент и логарифмический декремент колебаний. Добротность. Волновое уравнение. Фазовая скорость. Длина волны. Фазовая скорость волн различных типов в упругих средах. Энергия, переносимая волнами. Интерференция света. Опыт Юнга. Интерференция в тонких пленках. Дифракция на щели и на решетке. Законы Брюстера и Малюса.

**3.1.** Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами и равными амплитудами  $A_0$ . Определите разность фаз складываемых колебаний, если амплитуда результирующего колебания равна  $A_0$ . (Отв.  $2\pi/3$ ).

**3.2.** Материальная точка совершает гармонические колебания по закону  $x = 0,3 \cos\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$ . Чему равно максимальное значение скорости точки? (Отв.  $0,2\pi$  м/с).

**3.3.** Частица может колебаться вдоль оси ОХ под действием результирующей силы  $\vec{F} = -k\vec{x}$  с амплитудой  $A$  и циклической частотой  $\omega$ , где  $k$  – положительная константа. Определите скорость частицы в момент времени, когда  $x = A/2$ . (Отв.  $\sqrt{3}\omega A/2$ ).

**3.4.** Два математических маятника, длины которых отличаются на 16 см, за одно и то же время совершают 10 и 6 полных колебаний. Определите длины маятников. (Отв. 25 см; 9 см).

**3.5.** Частица участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях:  $x = A_1 \cos(\omega t + \pi/2)$ ,  $y = A_2 \cos \omega t$ , где  $A_1 = 2$  м,  $A_2 = 3$  м. По какой траектории движется частица? (Отв. Траектория – эллипс с полуосями 2 и 3 м).

**3.6.** Амплитуда затухающих колебаний уменьшилась в  $e^2$  раз ( $e$  – основание натурального логарифма) за 100 мс. Определите коэффициент затухания. (Отв.  $20$  с $^{-1}$ ).

**3.7.** Через сколько времени после начала колебаний энергия колебаний камертона с частотой 600 Гц уменьшится в  $10^6$  раз, если логарифмический декремент колебаний равен 0,0008? (Отв. 14,4 с).

**3.8.** Смещение частиц среды в плоской бегущей звуковой волне выражается соотношением  $\xi(x, t) = A_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$ . Каким соотношением выражается скорость частиц среды в этой волне? (Отв.  $v = -A_0\omega \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$ ).

**3.9.** Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси ОХ, имеет вид  $\xi = 0,01 \sin(10^3 t - 2x)$ . Определите скорость распространения волны. (Отв. 500 м/с).

**3.10.** На рис. 3.1 представлен профиль поперечной упругой бегущей волны, которая распространяется со скоростью 1000 м/с. Чему равна циклическая частота волны? (Отв. 628 рад/с).

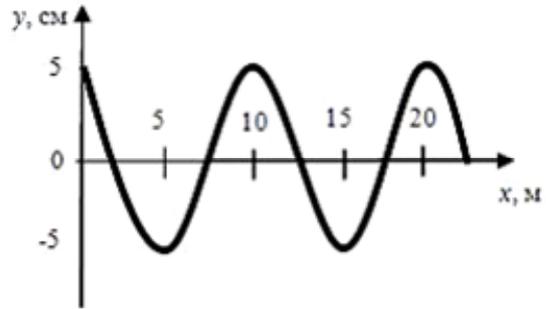


Рис. 3.1

**3.11.** В упругой среде плотностью  $\rho$  распространяется плоская синусоидальная волна. Во сколько раз увеличится плотность потока энергии, если амплитуда волны увеличится в 4 раза? (Отв. Увеличится в 16 раз).

**3.12.** Два поезда едут навстречу друг другу со скоростями 72 и 54 км/ч. Первый поезд дает свисток с частотой 600 Гц. Найдите частоту колебаний звука, который слышит пассажир второго поезда до и после встречи поездов. Скорость звука в воздухе 340 м/с. (Отв. 666 Гц; 542 Гц).

**3.13.** Определите длину бегущей волны, если в стоячей волне расстояние между первой и седьмой пучностями 15 см. (Отв. 0,05 м).

**3.14.** На рис. 3.2 представлена зависимость относительной амплитуды колебаний силы тока в катушке индуктивностью 1 мГн, включенной в колебательный контур, от частоты внешней силы. Определите емкость конденсатора этого контура. (Отв. 1 нФ).

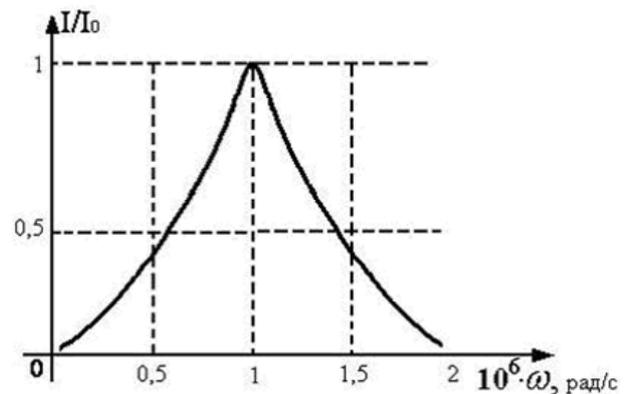


Рис. 3.2

**3.15.** Изменение заряда конденсатора в идеальном колебательном контуре происходит по закону  $q = 10^{-4} \cos 10\pi t$ . Емкость конденсатора равна 1 мкФ. Найдите максимальную энергию магнитного поля в контуре. (Отв. 5 мДж).

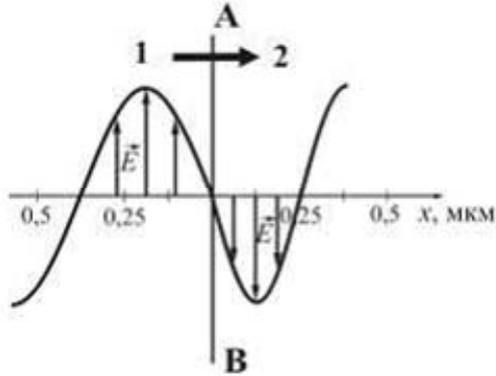


Рис. 3.3

**3.16.** На рис. 3.3 представлена мгновенная "фотография" электрической составляющей электромагнитной волны, переходящей из среды 1 в среду 2 перпендикулярно границе раздела  $AB$ . Чему равен относительный показатель преломления двух сред? (Отв. 1,5).

**3.17.** В электромагнитной волне, распространяющейся в вакууме, значения напряженностей электрического и магнитного полей соответственно равны 750 В/м и 2 А/м. Определите объемную плотность энергии. (Отв. 5 мкДж/м<sup>3</sup>).

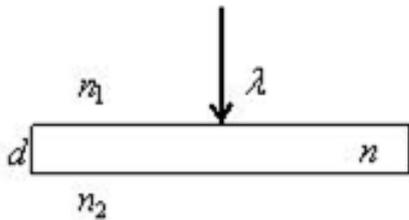


Рис. 3.4

**3.18.** Тонкая стеклянная пластинка с показателем преломления  $n$  и толщиной  $d$  помещена между двумя средами с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ , причем  $n_1 < n < n_2$  (рис. 3.4). На пластинку нормально падает свет с длиной волны  $\lambda$ . Чему равна разность хода интерферирующих отраженных лучей?

(Отв.  $2dn + \frac{\lambda}{2}$ ).

**3.19.** Когерентные источники света  $S_1$  и  $S_2$  находятся в среде с показателем преломления 1,5. Геометрическая разность хода испускаемых ими лучей в точке, где наблюдается второй интерференционный минимум, равна 0,6 мкм. Определите частоту источников света. (Отв.  $8,3 \cdot 10^{14}$  Гц).

**3.20.** Как изменится ширина полосы при интерференции, если расстояние между источниками уменьшить в 2 раза? (Отв. Увеличится в 2 раза).

**3.21.** Мыльный пузырь имеет зеленую окраску ( $\lambda = 540$  нм) в области точки, ближайшей к наблюдателю. Показатель преломления мыльной воды 1,35. Какова минимальная толщина пузыря (в нм) в указанной области? (Отв. 100 нм).

**3.22.** Установка для получения колец Ньютона освещается нормально падающим монохроматическим светом. Радиус четвертого темного кольца, наблюдаемого в отраженном свете, равен 4 мм. Найдите длину волны падающего света, если радиус кривизны линзы 8 м. (Отв. 0,5 мкм).

**3.23.** Постоянная дифракционной решетки равна 2 мкм. Каков наибольший порядок спектра для желтой линии натрия, соответствующей длине волны 589 нм? (Отв. 3).

**3.24.** Определите число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу  $\frac{\pi}{2}$  соответствует максимум пятого порядка для монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм. (Отв. 400).

**3.25.** На узкую щель шириной  $b$  падает нормально плоская световая волна длиной  $\lambda$ . На рис. 3.5 схематически представлена зависимость интенсивности света от синуса угла дифракции. Расстояние от щели до экрана составляет 0,5 м. Чему равна ширина центрального максимума (в см)? (Учтите, что  $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi$ ). (Отв. 20 см).

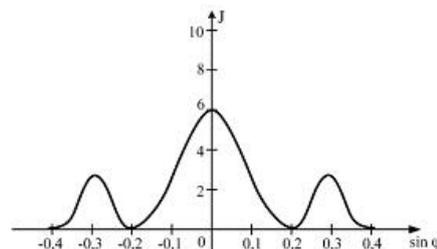


Рис. 3.5

**3.26.** Естественный свет проходит через два поляризатора, угол между главными плоскостями которых  $30^\circ$ . Во сколько раз изменится интенсивность света, прошедшего через эту систему, если угол между плоскостями поляризаторов увеличить в два раза? (Отв. Уменьшится в 3 раза).

**3.27.** При падении света из воздуха на диэлектрик отраженный луч полностью поляризован. Угол падения  $60^\circ$ . Чему равен угол преломления? (Отв.  $30^\circ$ ).

**3.28.** Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности воды, были максимально поляризованы? (Отв.  $37^\circ$ ).

## 4. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Взаимодействие фотонов с электронами. Уравнение Эйнштейна. Постулаты Бора. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц. Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Квантовые числа. Спин. Принцип Паули. Строение атомных ядер. Ядерные реакции. Радиоактивные превращения ядер. Взаимопревращение частиц.

**4.1.** На рис. 4.1 показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при разных температурах. Кривая 2 соответствует спектру излучения абсолютно черного тела при температуре 1500 К. Какой температуре (в К) соответствует кривая 1? (Отв. 6000 К).

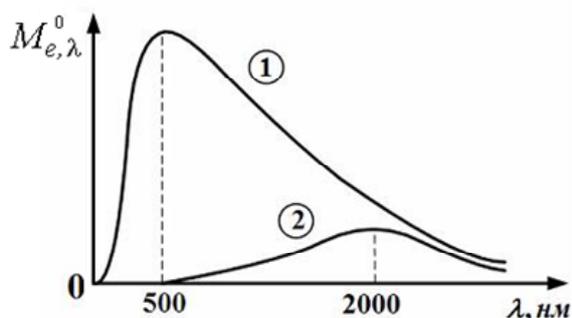


Рис. 4.1

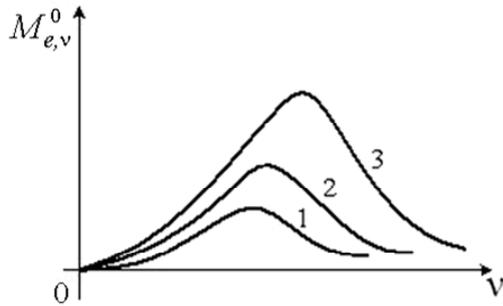


Рис. 4.2

4.2. На рис. 4.2 представлены графики зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от частоты при различных температурах. Какой график соответствует наименьшей температуре? (Отв. 1).

4.3. Как изменится длина волны в максимуме спектральной плотности излучения абсолютно черного тела при увеличении абсолютной температуры тела в 2 раза? (Отв. Уменьшится в 2 раза).

4.4. Определите работу выхода электронов из вольфрама, если красная граница фотоэффекта для него 275 нм. (Отв.  $7,23 \cdot 10^{-19}$  Дж).

4.5. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. На сколько (в эВ) нужно увеличить энергию фотона, чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза? (Отв. 0,2 эВ).

4.6. Красная граница фотоэффекта для лития определяется длиной волны 540 нм. Максимальная скорость вылета электронов  $10^6$  м/с. Какова частота света, которым освещается катод? (Отв.  $1,24 \cdot 10^{15}$  Гц).

4.7. Изолированная металлическая пластинка освещается светом с длиной волны 450 нм. Работа выхода 2 эВ. До какого потенциала зарядится пластинка при непрерывном действии света? (Отв. 0,75 В)

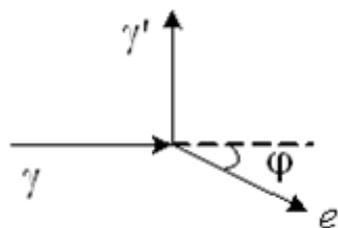


Рис. 4.3

4.8. При наблюдении эффекта Комптона угол рассеяния фотона на покоившемся свободном электроном равен  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $30^\circ$  (рис. 4.3). Импульс рассеянного фотона  $2 \frac{\text{МэВ} \cdot \text{с}}{\text{м}}$ .

Чему равен импульс электрона отдачи в тех же единицах? (Отв.  $4 \frac{\text{МэВ} \cdot \text{с}}{\text{м}}$ ).

4.9. Фотон с длиной волны 4,86 пм рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроном. Комптоновская длина волны для электрона равна  $2,43 \cdot 10^{-12}$  м. Чему равно отношение максимально возможной длины волны рассеянного фотона к его первоначальной длине? (Отв. 2).

4.10. Монохроматическое рентгеновское излучение с длиной волны  $\lambda = \frac{\Lambda}{2}$ , где  $\Lambda = \frac{h}{mc} = 2,43 \cdot 10^{-12}$  м – комптоновская длина волны для электрона, падает на рассеивающее вещество. Чему равно отношение длин

волн  $\frac{\lambda'_1}{\lambda'_2}$  излучения, рассеянного под углами  $120^\circ$  и  $60^\circ$  соответственно?

(Отв. 2).

**4.11.** На черную пластинку падает поток света. Как изменится световое давление, если число фотонов, падающих на единицу площади поверхности в единицу времени, увеличить в 4 раза, а черную пластинку заменить зеркальной? (Отв. Увеличится в 8 раз).

**4.12.** Давление света на поверхность при энергетической освещенности  $120 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$  составило  $0,5$  мкПа. Найдите коэффициент отражения этой поверхности в процентах. (Отв. 25%).

**4.13.** Свет с длиной волны  $0,5$  мкм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на нее давление  $4$  мкПа. Определите число фотонов, ежесекундно падающих на  $1 \text{ см}^2$  этой поверхности. (Отв.  $1,5 \cdot 10^{25}$ ).

**4.14.** Чему равен импульс, полученный атомом при поглощении фотона из светового пучка с частотой  $1,5 \cdot 10^{14}$  Гц? (Отв.  $3,3 \cdot 10^{-28}$  кг · м/с).

**4.15.** Отношение скоростей двух микрочастиц  $\frac{v_1}{v_2} = 4$ . Чему равно отношение масс этих частиц  $\frac{m_1}{m_2}$ , если их длины волн де Бройля удовлетворяют соотношению  $\lambda_2 = 2\lambda_1$ ? (Отв.  $1/2$ ).

**4.16.** Электрон локализован в пространстве в пределах  $\Delta x = 1,0$  мкм. Учитывая, что постоянная Планка  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж · с, а масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, найдите наименьшее значение неопределенности скорости  $\Delta v_x$ . (Отв.  $117$  м/с).

**4.17.** Среднее время жизни  $\pi^0$  – мезона равно  $1,9 \cdot 10^{-16}$  с. Какова наименьшая энергетическая разрешающая способность прибора, с помощью которого можно зарегистрировать  $\pi^0$  – мезон? Ответ выразите в эВ используйте значение постоянной Планка  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж · с. (Отв.  $3,4$  эВ).

**4.18.** Модули энергии атома водорода в основном и первом возбужденном состоянии различаются в 4 раза, а в основном и втором возбужденном состоянии – в 9 раз. Найдите отношение частот линий спектра поглощения атома водорода, соответствующих переходам с основного на первый и с основного на второй возбужденный уровень. (Отв.  $3/8$ ).

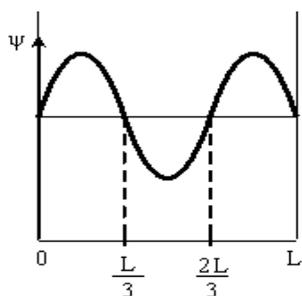


Рис. 4.4

**4.19.** Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками в состоянии с квантовым числом  $n=3$ .  $\psi$  – функция электрона в этом состоянии имеет вид, указанный на рис. 4.4. Какова вероятность обнаружить электрон на участке  $\frac{L}{6} < x < \frac{5L}{6}$ ? (Отв.  $2/3$ ).

**4.20.** Частица находится в потенциальном ящике шириной  $L$  с бесконечно высокими стенками в определенном энергетическом состоянии  $E_n$  с квантовым числом  $n$ . Известно, что  $\frac{E_{n+1}}{E_{n-1}} = 4$ . Чему в этом случае равно  $n$ ?

(Отв. 3).

**4.21.** Найдите энергию связи для ядра  ${}^6_3\text{Li}$ . (Отв. 30,45 МэВ).

**4.22.** Ядро тория  ${}^{230}_{90}\text{Th}$  превратилось в ядро радия  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ . Какую частицу при этом ядро тория испустило? (Отв. Альфа-частицу).

**4.23.** Сколько альфа-распадов и бета-распадов должно произойти, чтобы уран  ${}^{235}_{92}\text{U}$  превратился в стабильный изотоп свинца  ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ ? (Отв. 7 альфа-распадов, 4 бета-распада).

**4.24.** За какое время распадается 87,5% атомов  ${}^{45}_{20}\text{Ca}$ ? (Отв. 492 сут).

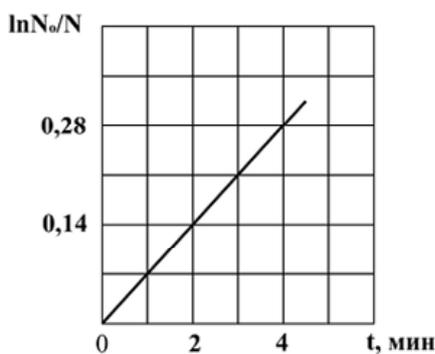


Рис. 4.5

**4.25.** На графике (рис. 4.5) в полупологарифмическом масштабе показана зависимость изменения числа радиоактивных ядер изотопа  ${}^{27}_{12}\text{Mg}$  от времени. Найдите среднее время жизни данного изотопа. Ответ выразите в минутах и округлите до целого числа. (Отв. 14 мин).

**4.26.** Период полураспада некоторого радиоактивного элемента равен одному месяцу. За какое время число ядер этого элемента уменьшится в 32 раза? (Отв. 5 мес).

**4.27.** Определите, какая часть (в процентах) начального количества ядер радиоактивного изотопа останется нераспавшейся по истечении времени, равного трем средним временам жизни радиоактивного ядра. (Отв. 5%).

**4.28.** При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых гамма-кванта. Найти частоту излучения, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции. (Отв.  $1,25 \cdot 10^{20}$  Гц).

**4.29.** Ядро  ${}^7_3\text{Li}$ , захватывая протон, распадается на две альфа-частицы. Определите энергетический выход этой ядерной реакции. (Отв. 3 пДж).

**4.30.** При делении одного ядра урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$  выделяется  $3,2 \cdot 10^{-11}$  Дж энергии. Атомная электростанция, имеющая КПД 25%, расходует в сутки 235 г урана-235. Чему равна ее электрическая мощность? (Отв. 56 МВт).

**4.31.** Первая ядерная реакция, осуществленная Резерфордом:  ${}^{14}_7\text{N} + \alpha \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + X$ . Что представляет собой второй продукт  $X$  этой реакции? (Отв. Протон).

## 5. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

Термодинамические параметры. Уравнение состояния идеального газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Распределение молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла) и в поле консервативных сил (распределение Больцмана). Барометрическая формула. Общее уравнение переноса в идеальных газах. Внутренняя энергия. Теплоемкость. Работа в термодинамике. Первое начало термодинамики. Работа и теплоемкость при различных газовых процессах Второе начало термодинамики. Цикл Карно. КПД тепловой машины. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа. Неравенство Клаузиуса.

**5.1.** Чему равна кинетическая энергия вращательного движения всех молекул в 2 г водорода при температуре 100 К? Молярная масса водорода  $2 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. (Отв. 831 Дж).

**5.2.** Водород находится при температуре 300 К. Найдите среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы, а также суммарную кинетическую энергию всех молекул этого газа. Количество вещества водорода 0,5 моль. (Отв.  $4,14 \cdot 10^{-21}$  Дж; 1242 Дж).

**5.3.** Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа при нормальных условиях равна 461 м/с. Какое количество молекул содержится в 1 г этого газа? (Отв.  $1,88 \cdot 10^{22}$ ).

**5.4.** Чему равно число степеней свободы молекулы идеального газа, если молярная теплоемкость при постоянном давлении равна  $\frac{9}{2}R$ , где  $R$  – универсальная газовая постоянная. (Отв. 7).

**5.5.** Двум молям водорода сообщили 580 Дж теплоты при постоянном давлении. На сколько при этом повысилась его температура. (Отв. 10 К)

5.6. КПД цикла Карно равен 60%. Во сколько раз температура нагревателя больше температуры холодильника? (Отв. в 2,5 раза).

5.7. Температура пара, поступающего в паровую машину, составляет 127°C; температура в конденсаторе 27°C. Определите теоретически максимальную работу при затрате количества теплоты 4,2 кДж. (Отв. 1,05 кДж).

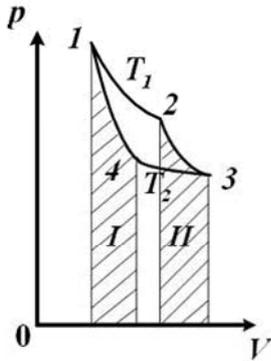


Рис. 5.1

5.8. На  $(p, V)$ -диаграмме изображен цикл Карно для идеального газа (рис. 5.1). Сравните величины работ адиабатического расширения газа  $A_{2-3}$  и адиабатического сжатия  $A_{4-1}$  (Отв.  $A_{2-3} = |A_{4-1}|$ ).

5.9. Двухатомный идеальный газ, занимавший при давлении 200 кПа объем 6 л, расширяется до объема вдвое большего, чем начальный. Процесс происходит так, что  $pV^2 = const$ . Найдите изменение внутренней энергии газа. (Отв. 1,5 кДж).

5.10. Чтобы расплавить некоторую массу меди, требуется большее количество теплоты, чем для плавления такой же массы цинка, так как удельная теплота плавления меди в 1,5 раза больше, чем цинка ( $\lambda_{Cu} = 1,8 \cdot 10^5$  Дж/кг,  $\lambda_{Zn} = 1,2 \cdot 10^5$  Дж/кг). Температура плавления меди примерно в 2 раза выше температуры плавления цинка ( $T_{Cu} = 1356$  К,  $T_{Zn} = 693$  К). Разрушение кристаллической решетки металла при плавлении приводит к возрастанию энтропии. Энтропия цинка увеличилась на  $\Delta S$ . Определите изменение энтропии меди. (Отв.  $\frac{3}{4} \Delta S$ ).

5.11. В результате некоторого процесса коэффициент вязкости идеального газа увеличился в 3 раза, а коэффициент диффузии – в 4 раза. Как и во сколько раз изменилось давление газа? (Отв. Увеличилось в 6,75 раза).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст] / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2014.
2. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями [Текст] / Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. – М.: Абрис, 2012. – 312 с.
3. Ливенцев, Н.М. Курс физики [Текст] / Н.М. Ливенцев. – СПб.: Лань, 2012. – 672 с.
4. Тополов, В.Ю. Анализ ответов при решении задач по общей физике [Текст] / В.Ю. Тополов, А.С. Богатин. – СПб.: Лань, 2012. – 80 с.
5. Калашников, Н.П. Графические методы решения задач по молекулярно-кинетической теории и термодинамике идеальных газов [Текст] / Н.П. Калашников, В.П. Красин. – СПб.: Лань, 2011. – 192 с.
6. Миронова, Г.А. Молекулярная физика в вопросах и задачах [Текст] / Г.А. Миронова, Н.Н. Брандт, А.М. Салецкий. – СПб.: Лань, 2012. – 352 с.
7. Брандт, Н.Н. Электростатика в вопросах и задачах [Текст] / Н.Н. Брандт, Г.А. Миронова, А.М. Салецкий. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с.
8. Крамм, М.Н. Сборник задач по основам электродинамики [Текст] / М.Н. Крамм. – СПб.: Лань, 2011. – 256 с.
9. Аплеснин, С.С. Задачи и тесты по оптике и квантовой механике [Текст] / С.С. Аплеснин, Л.И. Чернышева, Н.В. Филенкова. – СПб.: Лань, 2012. – 336 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ .....	4
2. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ .....	6
3. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА.....	9
4. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ.....	13
5. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ.....	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	19

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна  
Сидякина Зоя Александровна

**ФИЗИКА**  
**ИЗУЧАЕМ ОСНОВЫ ФИЗИКИ**

Методические указания к практическим занятиям  
для направления подготовки  
35.03.02 «Технология лесозаготовительных  
и деревоперерабатывающих производства»»

В авторской редакции  
Верстка Т.Ю. Симутина

---

Подписано в печать 19.06.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,25. Тираж 80 экз.  
Заказ № 220.