

## ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА



**Проект 2:** индивидуальная траектория обучения  
и качество образования

**Цель:** ориентированное на требования рынка  
образовательных услуг улучшение качества  
подготовки и переподготовки специалистов

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Владимирский государственный университет

Кафедра общей и прикладной физики

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРОВЕРКЕ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ФИЗИКЕ

Составители:  
А. Ф. ГАЛКИН  
В. В. ДОРОЖКОВ  
Н. С. ПРОКОШЕВА

Владимир 2009

УДК 53  
ББК 22.3  
М54

Рецензент

Кандидат физико-математических наук, доцент  
Владимирского государственного гуманитарного университета  
*А.В. Гончаров*

**Методические** указания для подготовки к проверке оста-  
М54 точных знаний студентов по физике / Владим. гос. ун-т ; сост.:  
А.Ф. Галкин, В.В. Дорожков, Н.С. Прокошева ; под ред. А.Ф. Гал-  
кина. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 60 с.

Содержат тесты с решениями по шести разделам общей физики. Соответ-  
ствуют требованиям государственных стандартов.

Предназначены для студентов всех специальностей и форм обучения, изу-  
чающих физику.

Табл. 6. Ил.: 45.

УДК 53  
ББК 22.3

## ВВЕДЕНИЕ

В 1999 г. министрами образования 29 европейских государств была подписана так называемая Болонская декларация. Главной целью является формирование к 2010 г. единого европейского образовательного пространства. Россия также присоединилась к Болонской декларации (подписала её). Последующее совещание министров образования европейских стран поставило перед странами-участниками задачу разработать действующие системы обеспечения качества. Для обеспечения качества образования на европейском уровне требуется соответствующее качество на национальном уровне, которое, в свою очередь, обеспечивается качеством образования на уровне конкретного вуза. При этом механизмы обеспечения качества делятся на внутренние (внутривузовские) и внешние (прохождение процедур аккредитации и аттестации).

В рамках проверки качества обучения проводится министерская проверка остаточных знаний студентов. Какой объем знаний остаётся, когда многое из выученного забывается? Настоящее издание ставит своей задачей помочь студентам и преподавателям подготовиться к такой проверке на рейтинг-контролях, экзаменах, практических занятиях. От результатов зависит как престиж вуза, так и будущее выпускаемого специалиста на рынке труда.

В качестве заданий предлагаются тесты по шести дидактическим единицам. Дидактическая единица (ДЕ) – это раздел физики: 1. Механика, 2. Молекулярная физика и термодинамика, 3. Электричество и магнетизм, 4. Колебания и волны, 5. Волновая и квантовая оптика, 6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физика элементарных частиц. Задания могут быть приведены в произвольном порядке. Типичная структура аттестационных материалов по разделам и темам представлена в табл. 1 в качестве примера для специальности «Информационно-измерительная техника и технологии».

**Структура аттестационных педагогических измерительных материалов (АПИМ)**

Дисциплина: Физика

Специальность «Информационно-измерительная техника и технологии»

Номер задания	Тема задания
<b>ДЕ 1. Механика</b> (критерий освоения ДЕ: не менее трех правильно выполненных заданий)	
1	Кинематика точки и поступательного движения твердого тела
2	Динамика точки и поступательного движения твердого тела
3	Динамические параметры вращательного движения твердого тела
4	Динамика вращательного движения
5	Законы сохранения в механике
6	Элементы специальной теории относительности
<b>ДЕ 2. Молекулярная (статистическая) физика и термодинамика</b> (критерий освоения ДЕ: не менее двух правильно выполненных заданий)	
7	Распределения Максвелла и Больцмана
8	Средняя энергия молекул
9	Второе начало термодинамики. Энтропия. Циклы
10	Явления переноса
<b>ДЕ 3. Электричество и магнетизм</b> (критерий освоения ДЕ: не менее трех правильно выполненных заданий)	
11	Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме
12	Связь напряженности и потенциала
13	Магнитные поля системы токов
14	Электрическое и магнитное поле в веществе
15	Свойства электрических и магнитных полей
16	Уравнения Максвелла

Номер задания	Тема задания
<b>ДЕ 4. Колебания и волны</b> (критерий освоения ДЕ: не менее двух правильно выполненных заданий)	
17	Свободные и вынужденные колебания
18	Сложение гармонических колебаний
19	Волны. Уравнение волны
20	Энергия волны. Перенос энергии волной
<b>ДЕ 5. Волновая и квантовая оптика</b> (критерий освоения ДЕ: не менее двух правильно выполненных заданий)	
21	Интерференция и дифракция света
22	Поляризация и дисперсия света
23	Тепловое излучение. Фотоэффект
24	Эффект Комптона. Световое давление
<b>ДЕ 6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц</b> (критерий освоения ДЕ: не менее двух правильно выполненных заданий)	
25	Спектр атома водорода. Правило отбора
26	Корпускулярно-волновой дуализм свойств частиц вещества. Соотношение неопределенностей Гейзенберга
27	Уравнение Шредингера (общие свойства)
28	Уравнение Шредингера (конкретные ситуации)

Для некоторых специальностей ВлГУ, например “Химия”, добавляются еще два задания по темам:

29. Ядро. Элементарные частицы.

30. Фундаментальные взаимодействия.

Критерием освоения ДЕ является не менее 50 % правильно выполненных заданий каждым студентом (например, из четырех заданий ДЕ правильно выполненные два, из шести – три и т.д.). Общее количество заданий 28 – 30. У каждого студента свой вариант.

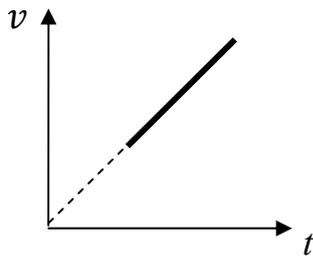
В издании приведен анализ результатов тестирования некоторых групп по различным специальностям, даны выводы и рекомендации.

# ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

## 1. Механика

### Задача 1.1

Материальная точка движется по окружности. На рисунке показан график зависимости модуля скорости от времени. При этом для нормального  $W_n$  и тангенциального  $W_\tau$  ускорений выполняются условия:



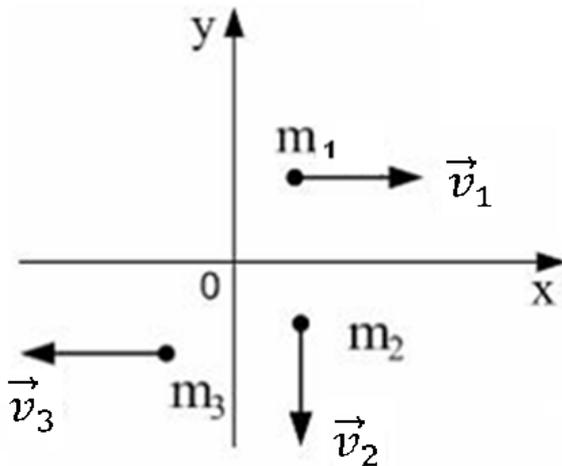
- a)  $W_n > 0, W_\tau = 0;$
- b)  $v = 0, W_\tau = 0;$
- c)  $W_n = 0, W_\tau > 0;$
- d)  $W_n > 0, W_\tau > 0.$

Выбрать правильное условие.

### Решение

Из графика видно, что зависимость  $v(t)$  линейная, которую можно представить в виде  $v = kt$ , где  $k$  – константа ( $k > 0$ ). Тангенциальное ускорение по определению  $W_\tau = \frac{dv}{dt} = k$ , т.е. постоянная положительная величина. Из всех ответов этому удовлетворяют ответы c) и d). Так как нормальное ускорение  $W_n = \frac{v^2}{R}$  (где  $R$  – радиус окружности), то  $W_n > 0$ , следовательно, правильный ответ – d).

### Задача 1.2



Система состоит из трёх шаров с массами  $m_1 = 3$  кг;  $m_2 = 2$  кг;  $m_3 = 1$  кг, которые движутся так, как показано на рисунке. Если скорости шаров  $v_1 = 1$  М/с,  $v_2 = 2$  М/с,  $v_3 = 3$  М/с, то вектор импульса центра масс этой системы направлен:

- a) вдоль оси  $-OX$ ;
- b) вдоль оси  $+OX$ ;
- c) вдоль оси  $-OY$ ;
- d) вдоль оси  $+OY$ .

Выбрать правильный ответ.

### Решение

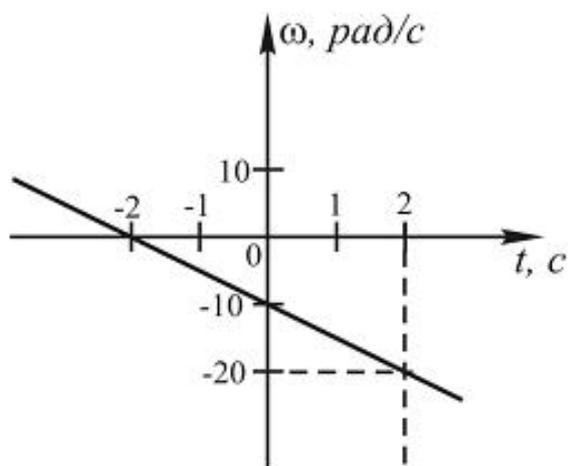
Суммарный импульс системы равен сумме импульсов частиц, составляющих систему  $\vec{p} = \sum \vec{p}_i$ . Импульсы 1-й и 3-й частиц равны по величине и противоположны по направлению. В проекции на ось  $X$   $m_1 v_1 - m_3 v_3 = 3 \cdot 1 - 1 \cdot 3 = 0$ . Тогда суммарный импульс будет равен импульсу 2-й частицы, а он направлен вдоль оси  $OY$ .

Ответ – c).

### Задача 1.3

Тело вращается вокруг неподвижной оси. Зависимость угловой скорости от времени  $\omega(t)$  приведена на рисунке. Тангенциальное ускорение точки, находящейся на расстоянии 1 м от оси вращения, равно:

- a)  $0,5 \text{ М/с}^2$ ;
- b)  $-5 \text{ М/с}^2$ ;
- c)  $5 \text{ М/с}^2$ ;
- d)  $-0,5 \text{ М/с}^2$ .



### Решение

Зависимость угловой скорости от времени линейная и её можно представить в виде  $\omega = \omega_0 + \epsilon t$  (где  $\epsilon$  – угловое ускорение); в соответствии с данными на рисунке  $\omega = -10 - 5t$  (значение угловой скорости в момент времени  $t = 0$ ,  $\omega = \omega_0 = -10 \text{ рад/с}$ ).

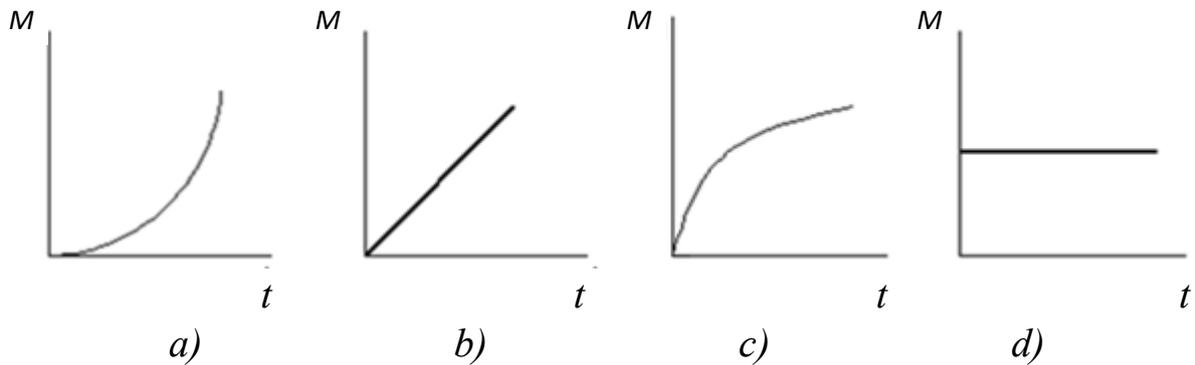
Тангенциальное ускорение связано с угловым  $W_t = \epsilon R$ . Так как радиус по условию 1 м, то  $W_t = -5 \cdot 1 = -5 \text{ М/с}^2$ .

Ответ – b).

### Задача 1.4

Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону  $L = ct^2$ , где  $c$  – константа. Укажите график, правильно

отражающий зависимость от времени величины момента сил, действующих на тело.



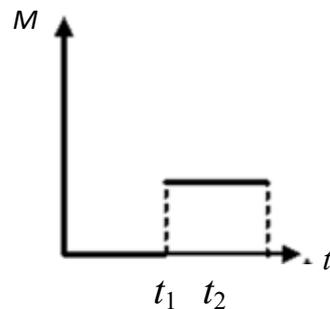
Решение

Из уравнения моментов  $M = \frac{dL}{dt} = \frac{d(ct^2)}{dt} = 2ct$ , т.е. зависимость линейная.

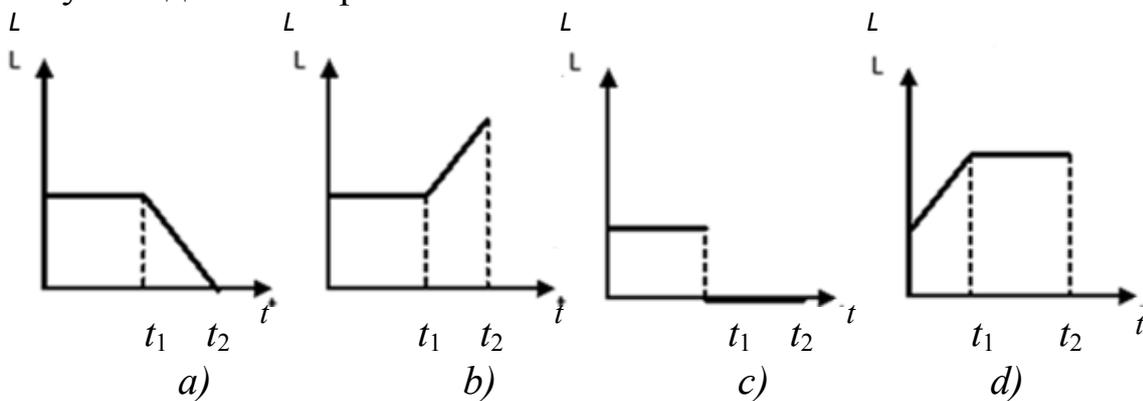
Ответ – *b*).

*Задание 1.5*

Диск вращается равномерно с некоторой угловой скоростью  $\omega$ . Начиная с момента времени  $t = 0$  на него действует момент сил, график временной зависимости которого представлен на рисунке.



Укажите график, правильно отражающий зависимость момента импульса диска от времени.



### Решение

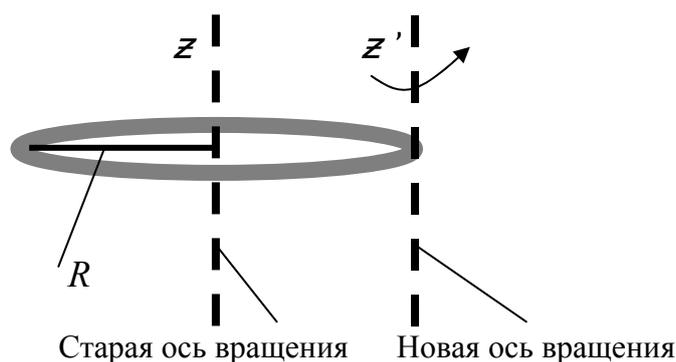
Используем уравнение моментов  $M = \frac{dL}{dt}$ . На первом участке  $(0, t_1)$  момент силы  $M = 0$ , следовательно, момент импульса  $L$  должен быть величиной постоянной. На втором участке  $(t_1, t_2)$   $M$  постоянная величина, отличная от нуля, для этого  $L$  должен изменяться со временем линейно, то есть  $L = kt$ , где  $k = \text{const}$ , тогда  $\frac{dL}{dt} = k$ . Требованиям к  $L$  на обоих участках удовлетворяет график *b*).

### Задача 1.6

При расчёте моментов инерции тела относительно осей, не проходящих через центр масс, используют теорему Штейнера. Если ось вращения тонкого кольца перенести из центра масс на край (см. рисунок), то момент инерции относительно новой оси увеличится:

*a*) в 1,5 раза; *b*) в 4 раза; *c*) в 2 раза; *d*) в 3 раза.

Выбрать правильный ответ.



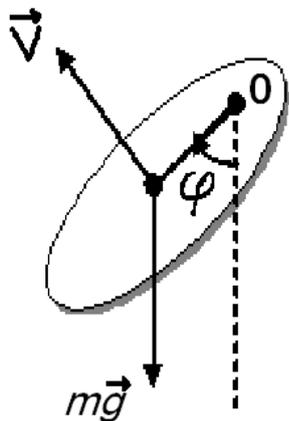
### Решение

Согласно теореме Штейнера  $J'_z = J_z + ma^2$ , где  $J_z$  – момент инерции кольца относительно оси  $z$ ,  $J'_z$  – момент инерции кольца относительно оси  $z'$ ,  $m$  – масса тела (кольца),  $a$  – расстояние между осями. Поскольку момент инерции тонкого кольца  $J_z = mR^2$ , то  $J'_z = mR^2 + mR^2 = 2mR^2$ , т.е.  $J'_z/J_z = 2$ .

Ответ – *c*).

### Задача 1.7

Физический маятник совершает колебания вокруг оси, проходящей через т.  $O$  перпендикулярно плоскости рисунка. Для данного положения маятника момент силы тяжести направлен:



- a) вниз в плоскости рисунка;
- b) от нас перпендикулярно плоскости рисунка;
- c) к нам перпендикулярно плоскости рисунка;
- d) вверх в плоскости рисунка.

### Решение

В соответствии с определением момента сил  $\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]$ , где  $\vec{r}$  – радиус-вектор точки приложения силы,  $\vec{F}$  – вектор силы (здесь – тяжести), по правилу правого винта момент силы направлен к нам (сила “стремится” вращать тело против часовой стрелки).

Ответ – c).

### Задача 1.8

Сплошной цилиндр и полый цилиндр (трубка), имеющие одинаковые массу и радиус, вкатываются без проскальзывания на горку. Если начальные скорости этих тел одинаковы, то...

- a) оба тела поднимутся на одинаковую высоту;
- b) выше поднимется сплошной цилиндр;
- c) выше поднимется полый цилиндр.

Выбрать правильный ответ.

### Решение

Для сплошного цилиндра первоначальная кинетическая энергия

$$E_{k_1} = \frac{mv^2}{2} + \frac{J_1\omega^2}{2}, \text{ где } J_1 = \frac{mR^2}{2}; \quad \omega_1 = \frac{v}{R}. \text{ Тогда}$$

$$E_{k_1} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mR^2}{2} \frac{v^2}{2R^2} = \frac{3}{4}mv^2.$$

Для полого цилиндра  $E_{k_2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{J_2\omega^2}{2}$ , где  $J_2 = mR^2$ ;  $\omega_2 = \frac{v}{R}$ .

$$E_{k_2} = \frac{mv^2}{2} + mR^2 \frac{v^2}{2R^2} = mv^2.$$

По закону сохранения механической энергии  $E_k = E_p$  ( $E_p$  – потенциальная энергия цилиндра).

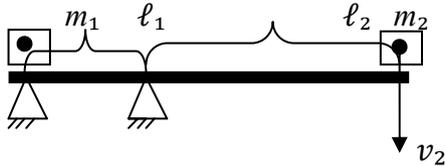
Для сплошного цилиндра  $\frac{3}{4}mv^2 = mgh_1$ .

Для полого  $mv^2 = mgh_2$ , отсюда  $h_2 > h_1$ .

Ответ – c).

### Задача 1.9

Невесомая доска покоится на двух опорах (см. рисунок). Правая опора делит длину доски на две неравные части. На правый конец доски падает тело массой  $m_2 = 2$  кг, теряя при ударе всю свою скорость  $v_2$ . После удара первое тело массой  $m_1 = 1$  кг приобретает скорость  $v_1$ , причем  $v_1 = \frac{2}{3} v_2$ .



В этом случае соотношение между  $l_1$  и  $l_2$  равно:

a)  $l_1 = \frac{3}{4} l_2$ ; b)  $l_1 = 3l_2$ ; c)  $l_1 = \frac{1}{3} l_2$ ; d)  $l_1 = l_2$ .

### Решение

По закону сохранения момента импульса  $m_1 v_1 l_1 = m_2 v_2 l_2$ , подставив значения, получим  $1 \cdot \frac{2}{3} v_2 l_1 = 2 v_2 l_2$ , отсюда  $l_1 = \frac{2 l_2 \cdot 3}{2} = 3 l_2$ .

Ответ – b).

### Задача 1.10

Если момент инерции тела относительно некоторой оси увеличить в 4 раза, а скорость его вращательного движения уменьшить в 2 раза, то момент импульса...

- a) уменьшится в 2 раза;
- b) увеличится в 2 раза;
- c) не изменится;
- d) увеличится в 4 раза;
- e) уменьшится в 4 раза.

### Решение

Момент импульса относительно некоторой оси  $L_z = J_z \omega_z$ , где  $\omega_z$  – угловая скорость вращения относительно оси  $z$ .  $J_z$  – момент инерции относительно оси  $z$ .

Тогда  $L_{z_2} = J_{z_2} \omega_2 = 4 J_{z_1} \frac{\omega_{z_1}}{2} = 2 J_{z_1} \omega_{z_1} = 2 L_{z_1}$ , то есть момент импульса увеличится в 2 раза.

Ответ – b).

### Задача 1.11

Космический корабль пролетает мимо вас со скоростью  $0,8c$ , где  $c$  – скорость света в вакууме. По вашим измерениям его длина равна  $90$  м. В состоянии покоя его длина наиболее близка к ...

- a)  $150$  м; b)  $90$  м; c)  $55$  м; d)  $110$  м.

### Решение

В соответствии с формулой лоренцева сокращения длины  $\ell = \ell_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ . Длина корабля в системе, относительно которой он движется (относительно нас),  $\ell = 90$  м. В системе отсчёта, относительно которой он покоится,  $\ell_0 = \frac{\ell}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{90}{\sqrt{1 - (\frac{0,8c}{c})^2}} = 150$  м.

Ответ – a).

### Задача 1.12

Пи-ноль-мезон, двигавшийся со скоростью  $0,8c$  ( $c$  – скорость света в вакууме) в лабораторной системе отсчёта, распадается на два фотона  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ . В собственной системе отсчёта мезона фотон  $\gamma_1$  был испущен вперед, а фотон  $\gamma_2$  – назад относительно направления полёта мезона. Скорость фотона  $\gamma_1$  в лабораторной системе отсчёта равна ...

- a)  $1,8c$ ; b)  $1c$ ; c)  $1,64c$ ; d)  $0,8c$ .

### Решение

Согласно постулату Эйнштейна о постоянстве скорости света скорость фотона не зависит от скорости источника (в данном случае от скорости мезона), поэтому скорость фотона  $\gamma_1$  будет  $1c$ .

Ответ – b).

## 2. Молекулярная физика и термодинамика

### Задача 2.1

Средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа при температуре  $T$  равна  $\varepsilon = \frac{i}{2}kT$ . Здесь  $i = n_{\text{п}} + n_{\text{вр}} + 2n_{\text{к}}$ , где  $n_{\text{п}}$ ,  $n_{\text{вр}}$ ,  $n_{\text{к}}$  – число степеней свободы поступательного, вращательного и колебательного движений молекулы. При условии, что имеют место только поступательное и вращательное движения, для водяного пара число  $i$  равно:

- a) 5;      b) 3;      c) 6;      d) 8.

### Решение

Для 3-атомной молекулы ( $\text{H}_2\text{O}$ ) число вращательных степеней свободы  $n_{\text{вр}} = 3$ , для любой молекулы  $n_{\text{п}} = 3$ ,  $n_{\text{к}} = 0$  (колебательного движения нет), значит  $i = 3 + 3 = 6$ .

Ответ – c).

### Задача 2.2

То же условие, что и в задаче 2.1, но вместо  $\text{H}_2\text{O}$ , дан водород  $\text{H}_2$ .

### Решение

Поскольку молекула водорода 2-атомная, то вращательных степеней свободы  $n_{\text{вр}} = 2$ , значит  $i = 5$ .

Ответ – a).

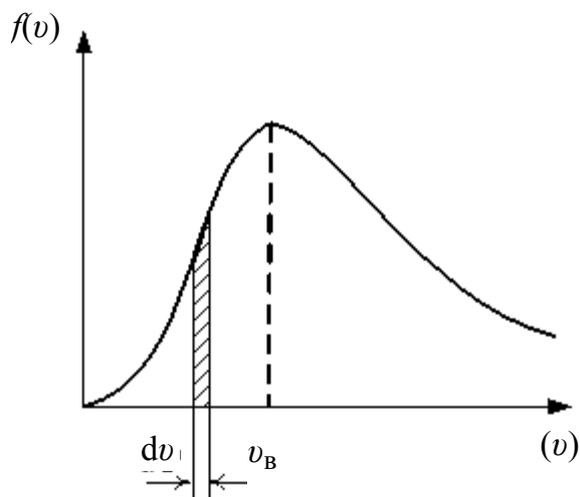
(Примечание: Для атомного водорода  $n_{\text{вр}} = 0$ ,  $i = 3$ ).

### Задача 2.3.

На рисунке представлен график функции распределения молекул идеального газа по скорости (распределение Максвелла), где  $f(v) = \frac{dN}{Ndv}$  – доля молекул, скорости которых заключены в интервале скоростей от  $v$  до  $v + dv$  в расчёте на единицу этого интервала. Если, не меняя температуры и числа молекул, взять другой газ с меньшей молярной массой, то ...

- a) площадь под кривой увеличится;  
b) максимум кривой сместится влево в сторону меньших скоростей;

c) максимум кривой сместится вправо в сторону больших скоростей.



Решение

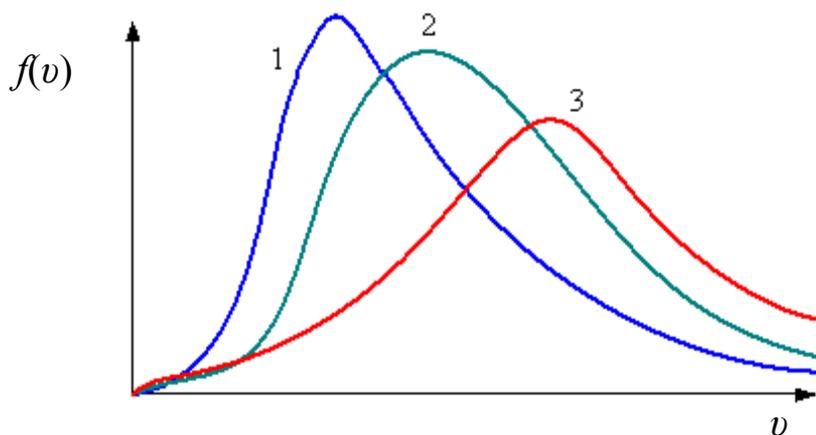
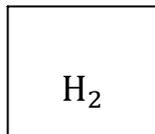
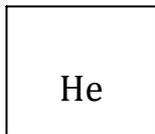
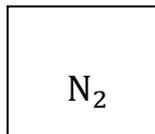
Анализируем процессы с помощью наиболее вероятной скорости  $v_B = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$ , где  $T$  – абсолютная температура,  $M$  – молярная масса, при  $M_2 < M_1$ ,  $v_{B2} > v_{B1}$  максимум кривой смещен вправо. Площадь под кривой не изменится из условия нормировки.

Ответ – c).

### Задача 2.4

В трех одинаковых сосудах при равных условиях находится одинаковое количество азота, гелия и водорода. Распределение скоростей молекул азота будет описывать кривая

a) 1;      b) 2;      c) 3.



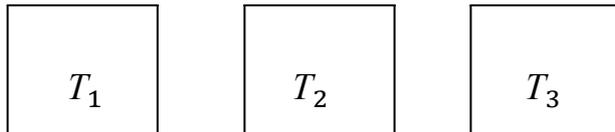
Решение

Анализ проведем с помощью формулы для нахождения вероятной скорости  $v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$ .

Из представленных газов у азота максимальная масса молекулы  $m_{0N_2}$ , следовательно, минимальная  $v_{\text{вер}N_2}$ , поскольку  $v_{\text{вер}}$  соответствует максимуму функции распределения молекул по скоростям, то правильный ответ – а).

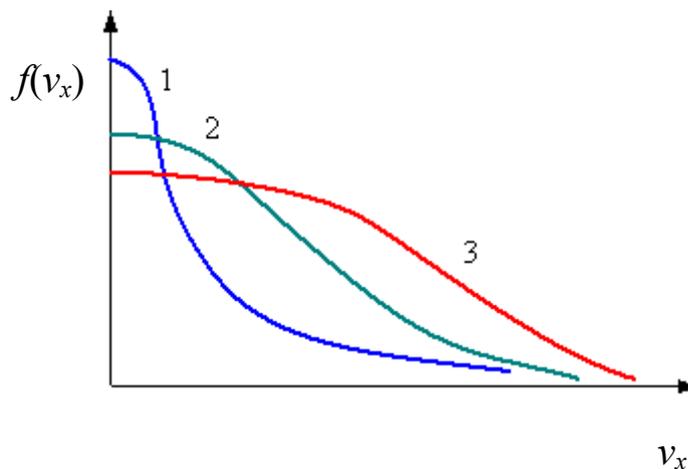
*Задача 2.5*

В трёх одинаковых сосудах находится одинаковое количество газа водорода, причём  $T_1 > T_2 > T_3$ .



Распределение проекций скоростей молекул водорода на произвольное направление  $X$  для молекул в сосуде с температурой  $T_3$  будет описывать кривая ...

- a) 1;      b) 2;      c) 3.



**Решение**

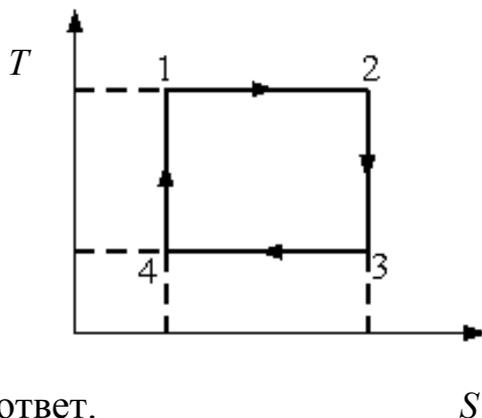
Представленные графики можно рассматривать как части кривых функций распределения молекул по скоростям. Из выражения для наиболее вероятной скорости  $v_B = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$ , где  $m_0$  – масса молекулы, следует, что для минимальной температуры  $T_3$   $v_{\text{вер}}$  будет минимальной, кривая функции распределения будет сдвинута влево, а максимум будет выше, чтобы площадь под кривой из условия нормировки не изменялась.

Ответ – а).

### Задача 2.6

На рисунке изображен цикл Карно для идеального газа в координатах  $(T, S)$  где  $S$  – энтропия. Изотермическое расширение происходит на этапе...

- a) 1 – 2;
- b) 2 – 3;
- c) 3 – 4;
- d) 4 – 1.

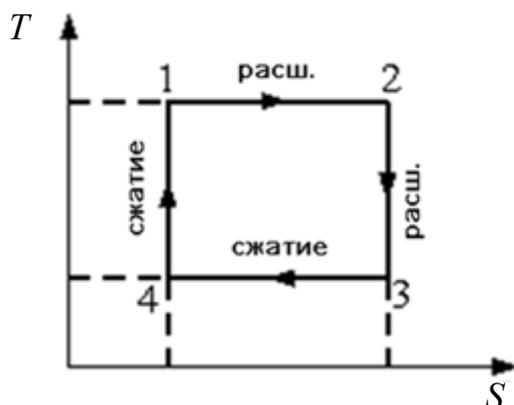


Выбрать правильный ответ.

### Решение

На рисунке очевидны два изотермических процесса: 1 – 2 и 3 – 4. Какой из них соответствует расширению? Из первого начала термодинамики  $d'Q = dU + d'A$ . Так как  $T = \text{const}$ , то  $dT = 0$  и, следовательно, изменение внутренней энергии  $dU = \frac{im}{2M} R dT = 0$ . При расширении  $d'A = p dV > 0$ , следовательно,  $d'Q > 0$ . Из определения энтропии  $dS = d'Q/T$ . Так как  $d'Q > 0$ , то  $dS > 0$ , энтропия увеличивается, а это процесс 1 – 2.

Ответ – a).



### Задача 2.7

Условие то же, что и в задаче 2.6.

Требуется определить, на каком участке происходит адиабатное сжатие.

- a) 1 – 2;
- b) 2 – 3;
- c) 3 – 4;
- d) 4 – 1.

### Решение

Адиабатный процесс происходит при постоянной энтропии. Без подвода тепла при сжатии температура будет увеличиваться, это следует из первого начала термодинамики  $d'Q = dU + d'A$ . Из адиабатичности  $d'Q = 0$ . При сжатии  $d'A = pdV < 0$ , тогда  $dU = \frac{im}{2M}RdT > 0$ , то есть  $dT > 0$ . Этим условиям соответствует процесс 4 – 1.

Ответ – *d*)

### Задача 2.8

Явление диффузии характеризует перенос ...

*a*) массы; *b*) электрического заряда; *c*) импульса направленного движения; *d*) энергии.

### Решение

При диффузии по определению переносится масса.

Ответ – *a*).

### Задача 2.9

Явление внутреннего трения имеет место при наличии градиента ...

*a*) концентрации; *b*) скорости слоев жидкости или газа; *c*) температуры; *d*) электрического заряда.

### Решение

Внутреннее трение (вязкость), как известно, возникает при наличии градиента скорости.

Ответ – *b*).

### Задача 2.10

Явление теплопроводности имеет место при наличии градиента ...

*a*) концентрации; *b*) скорости слоев жидкости или газа; *c*) электрического заряда; *d*) температуры.

### Решение

Теплопроводность возникает при наличии градиента температуры.

Ответ – *d*).

### 3. Электричество и магнетизм

#### Задача 3.1

Точечный заряд  $+q$  находится в центре сферической поверхности. Если добавить заряд  $-q$  внутрь сферы, то поток вектора напряженности электрического поля  $\vec{E}$  через поверхность сферы ...

a) уменьшится; b) не изменится; c) увеличится.

#### Решение

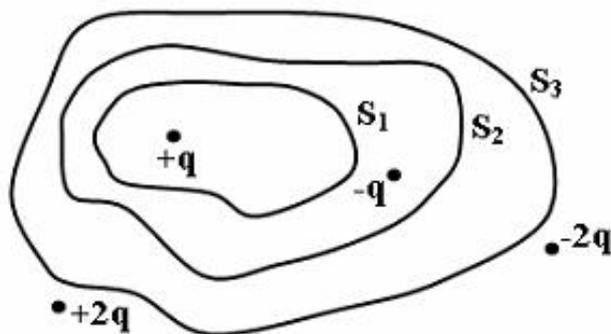
Согласно теореме Гаусса поток вектора напряженности электрического поля через замкнутую поверхность равен алгебраической сумме зарядов, охватываемых этой поверхностью, деленной на электрическую постоянную  $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \sum q_i / \epsilon_0$ . Отсюда следует, что при добавлении заряда  $-q$  поток будет равен нулю.

Ответ – a).

#### Задача 3.2

Дана система точечных зарядов в вакууме и замкнутые поверхности  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  (см. рисунок). Поток вектора напряженности электрического поля отличен от нуля через...

- a) поверхность  $S_1$ ;
- b) поверхность  $S_2$ ;
- c) поверхности  $S_2$  и  $S_3$ ;
- d) поверхность  $S_3$ .



#### Решение

Заряд, отличный от нуля, охватывается только поверхностью  $S_1$ . Согласно теореме Гаусса (см. задачу 3.1) поток отличен от нуля через  $S_1$ .

Ответ – a).

### Задача 3.3

Точечный заряд  $+q$  находится в центре сферической поверхности. Если заряд сместить из центра сферы, оставляя его внутри неё, то поток вектора напряженности электромагнитного поля  $\vec{E}$  через поверхность сферы...

- a) увеличится; b) не изменится; c) уменьшится.

### Решение

Согласно теореме Гаусса положение заряда внутри сферы не влияет на величину потока напряжённости.

Ответ – b).

### Задача 3.4

Относительно статических электрических полей справедливы утверждения:

- a) электрическое поле действует на заряженную частицу с силой, не зависящей от скорости движения частицы;  
b) циркуляция вектора напряженности вдоль произвольного замкнутого контура равна нулю;  
c) силовые линии электрического поля являются замкнутыми.

### Решение

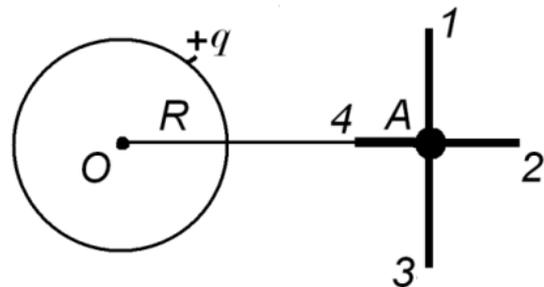
Поскольку электростатическое поле является потенциальным, откуда следует, что циркуляция вектора напряженности вдоль произвольного замкнутого контура равна нулю.

Ответ – b).

### Задача 3.5

Поле создано равномерно заряженной сферической поверхностью с зарядом  $+q$ . Укажите направление вектора градиента потенциала в точке  $A$ .

- a) 1; b) 2; c) 3; d) 4.



### Решение

По определению градиента потенциала, он должен быть направлен в сторону быстрого возрастания потенциала, то есть в направлении 4.

Ответ – d).

### Задача 3.6

На рис. 1 изображены сечения двух параллельных прямолинейных длинных проводников с противоположно направленными токами, причем  $J_2$  больше  $J_1$  (например  $J_2 = 2J_1$ ). Индукция  $\vec{B}$  результирующего магнитного поля равна нулю в некоторой точке интервала...

- 1)  $a$ ; 2)  $b$ ; 3)  $c$ ; 4)  $d$ .

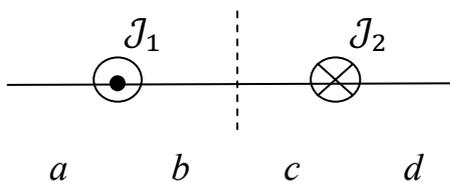


Рис. 1

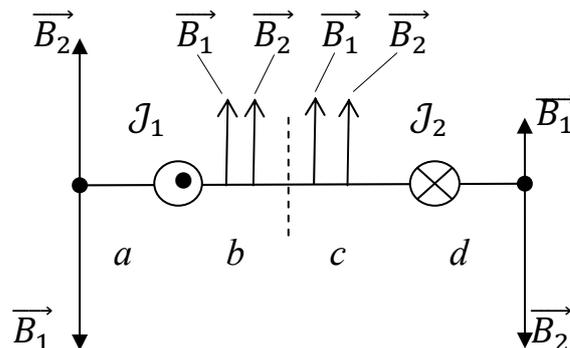


Рис. 2

### Решение

В соответствии с правилом буравчика (правого винта) проведем векторы  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  магнитной индукции, создаваемые токами  $J_1$  и  $J_2$  в каждом интервале (рис. 2). Из рис. 2 видно, что векторы  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  в принципе могут компенсировать друг друга только в интервалах  $a$  и  $d$ , но так как величина магнитной индукции от бесконечно длинных прямолинейных проводников  $B = \frac{\mu_0 J}{2\pi r}$ , где  $\mu_0$  – магнитная постоянная, а  $r$  – расстояние от точки до точки, в которой определяется магнитная индукция, поскольку по условию  $J_1 < J_2$ , то искомым интервалом может быть только  $a$ .

Ответ – 1).

### Задача 3.7

Относительно статических магнитных полей справедливы утверждения:

- магнитное поле действует только на движущиеся магнитные заряды;
- магнитное поле является вихревым;
- поток вектора магнитной индукции сквозь произвольную замкнутую поверхность отличен от нуля.

### Решение

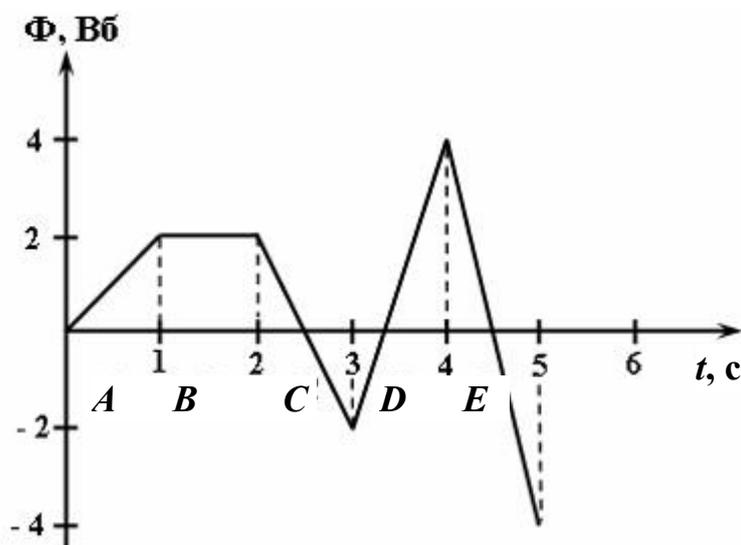
Проанализируем ответ *c)*. Силовые линии магнитного поля замкнуты, поэтому поток магнитной индукции сквозь произвольную замкнутую поверхность равен нулю. Ответ *c)* не годится. Далее ответ *a)*. Магнитное поле действует, например, на проводники с током, на ферромагнетики. Магнитных зарядов не существует. Ответ *a)* не годится. Магнитное поле является вихревым.

Правильный ответ – *b)*.

### Задача 3.8

На рисунке представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени. На каком интервале ЭДС индукции в контуре положительна и по величине минимальна?

- a) A;*   *b) B;*   *c) C;*   *d) D;*   *e) E.*



### Решение

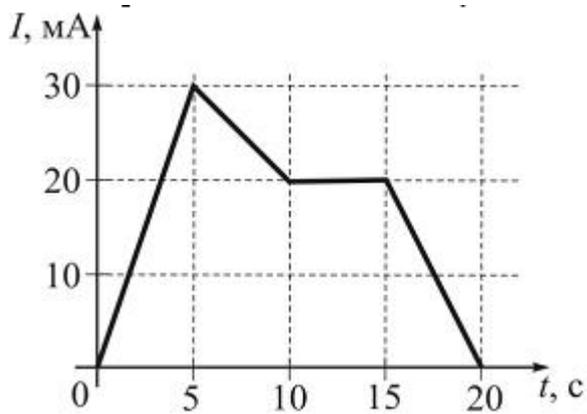
ЭДС электромагнитной индукции  $E = -\frac{d\Phi}{dt}$ . С учетом знака “-” ЭДС будет положительна там, где  $\frac{d\Phi}{dt} < 0$ , то есть на участках *C* и *E*. Из этих двух участков минимальное значение  $\frac{d\Phi}{dt}$  будет на участке *C*.

Ответ – *c)*.

### Задача 3.9

На рисунке показана зависимость силы тока от времени в электрической цепи с индуктивностью 1 мГн. Чему равен модуль среднего значения ЭДС самоиндукции на интервале от 5 до 10 с (мкВ)?

- a) 0;    b) 2;    c) 10;    d) 20.



### Решение

ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_s = -L \frac{dJ}{dt}$ , где  $L$  – индуктивность,  $\frac{dJ}{dt}$  – производная силы тока по времени. На интервале от 5 до 10 с  $\frac{dJ}{dt} = \frac{\Delta J}{\Delta t} = \frac{(30 - 20) \cdot 10^{-3}}{10 - 5} = 2 \cdot 10^{-3}$  А/с, тогда  $|\varepsilon_s| = \left| -L \frac{dJ}{dt} \right| = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-6}$  В = 2 мкВ.

Ответ – b).

## 4. Колебания и волны

### Задача 4.1

На рис. 1 и 2 изображены зависимости от времени координаты и ускорения материальной точки, колеблющейся по гармоническому закону. Циклическая частота колебаний точки равна...

- a)  $1 \text{ с}^{-1}$ ; b)  $2 \text{ с}^{-1}$ ; c)  $3 \text{ с}^{-1}$ ; d)  $4 \text{ с}^{-1}$ .

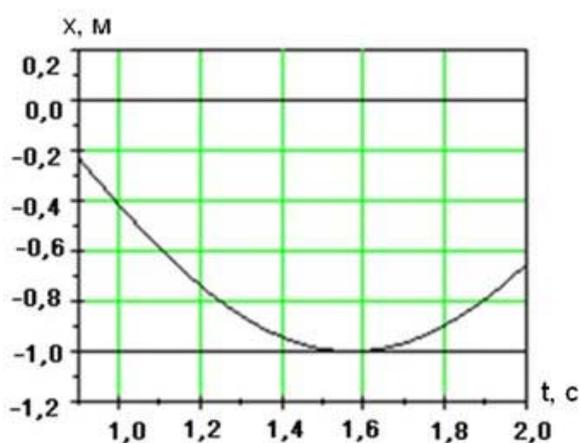


Рис. 1

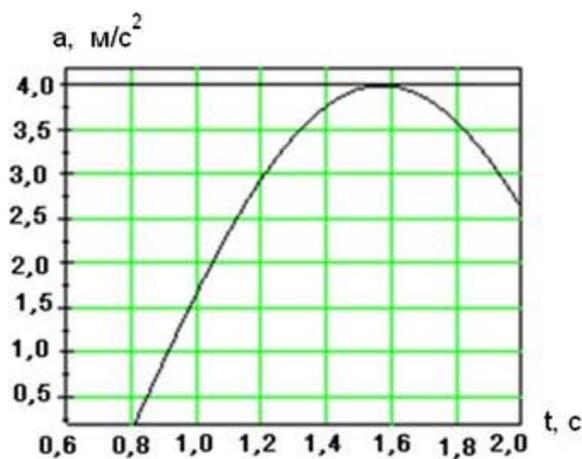


Рис. 2

### Решение

Запишем зависимость координаты колеблющейся точки от времени в стандартной форме в виде  $x = A \sin(\omega t + \alpha)$ , тогда ускорение  $a = x'' = -A\omega^2 \sin(\omega t + \alpha)$ . Для момента времени  $t = 1,6 \text{ с}$  из рис. 2  $x = -1 \text{ м}$ ,  $a = 4 \text{ М/с}^2$ . Подставляем в уравнения для  $x$  и  $a$ , получаем

$$\begin{cases} -1 = A \sin(\omega t + \alpha) \\ 4 = -A\omega^2 \sin(\omega t + \alpha) \end{cases}$$

разделив одно уравнение на другое, получим  $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$

Ответ – b).

### Задача 4.2

Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами. Результирующее колебание имеет максимальную амплитуду при разности фаз, равной...

- a) 0; b)  $\pi$ ; c)  $\pi/4$ ; d)  $\pi/2$ .

### Решение

Очевидно, чтобы колебания одного направления с одинаковыми периодами, а следовательно, и одинаковыми частотами усиливали

друг друга, они должны колебаться в одной фазе, т. е. разность фаз должна быть равна 0.

Ответ – *a*).

#### Задача 4.3

Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами. Результирующее колебание имеет минимальную амплитуду при разности фаз, равной...

*a*) 0; *b*)  $\pi/4$ ; *c*)  $\pi/2$ ; *d*)  $\pi$ .

#### Решение

Чтобы колебания одинакового направления с одинаковыми периодами, а следовательно, и одинаковой частоты максимально ослабляли друг друга, необходимо, чтобы они складывались в противофазе, то есть разность фаз должна быть равной  $\pi$ .

Ответ – *d*).

#### Задача 4.4

Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси  $OX$  со скоростью 500 м/с, имеет вид  $\xi = 0,01\sin(10^3t + kx)$ . Волновое число  $k$  ( $\text{м}^{-1}$ ) равно...

*a*) 0,5; *b*) 2; *c*) 5; *d*) 10.

#### Решение

Волновое число  $k = \omega / v$ , где  $\omega$  – циклическая частота, а  $v$  – скорость волны. Из уравнения волны видно, что  $\omega = 10^3$ , по условию задачи  $v = 500$  м/с, следовательно  $k = \frac{10^3}{500} = 2$ .

Ответ – *b*).

#### Задача 4.5

Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси  $OX$ , имеет вид  $\xi = 0,01\sin 10^3 (t - \frac{x}{500})$  м. Длина волны (м)равна...

*a*) 2; *b*) 1000; *c*) 3,14; *d*) 6,28.

#### Решение

Уравнение волны можно представить в виде  $\xi = 0,01\sin(10^3t - \frac{10^3x}{500})$ , или  $\xi = 0,01\sin(10^3t - 2x)$ . Из сравнения с уравнением волны в об-

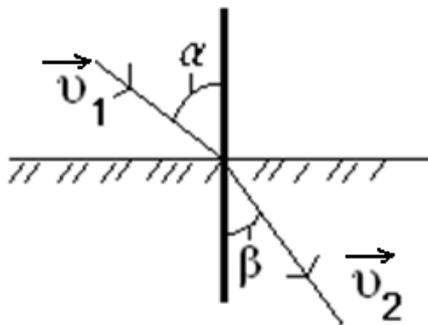
щем виде  $\xi = a \sin(\omega t - kx)$  следует, что  $k = 2$ . А так как  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ , то  $\frac{2\pi}{\lambda} = 2$ , отсюда  $\lambda = \pi = 3,14$ .

Ответ – *c*).

#### Задача 4.6

Сейсмическая упругая волна, падающая со скоростью 5,6 км/с под углом  $45^\circ$  на границу раздела между двумя слоями земной коры с различными свойствами, испытывает преломление, причем угол преломления равен  $30^\circ$ . Во второй среде волна будет распространяться со скоростью ...

- a*) 4,0 км/с;    *b*) 1,4 км/с;    *c*) 2,8 км/с;    *d*) 7,8 км/с.



#### Решение

Согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$

(см. рисунок).

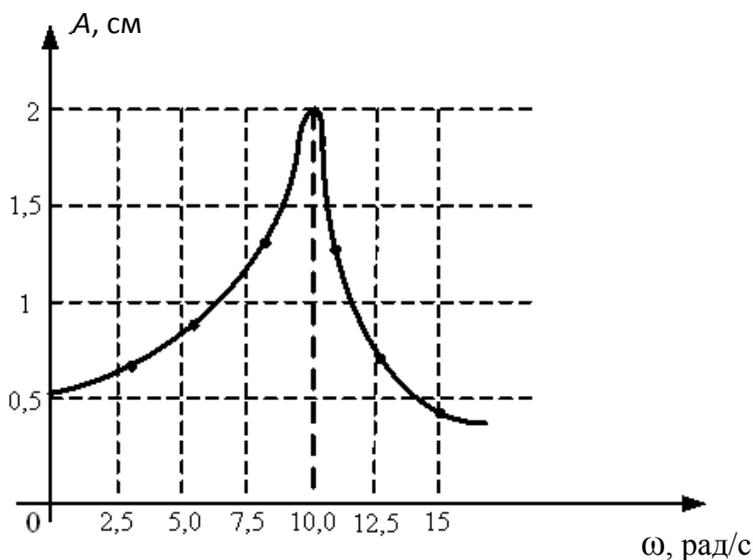
$$v_2 = v_1 \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = 5,6 \frac{0,5 \cdot 2}{\sqrt{2}} = 3,96 \approx 4,0 \text{ км/с.}$$

Ответ – *a*).

#### Задача 4.7

На рисунке представлена зависимость амплитуды колебаний груза на пружине с жесткостью  $k = 10$  н/м от частоты внешней силы. Масса колеблющегося груза равна ...

- a*) 1 т;    *b*) 0,1 кг;    *c*) 10 кг;    *d*) 0,01 кг.



### Решение

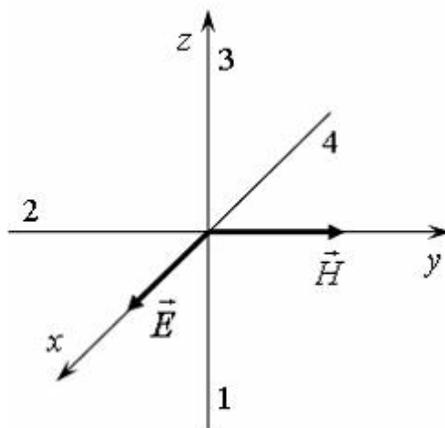
Как видно из рисунка, резонансная частота  $\omega_p = 10$  рад/с. Собственная частота пружинного маятника  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ . Приравнивая к  $\omega_p$ , получим  $\omega_p = \sqrt{\frac{k}{m}}$ , отсюда  $m = \frac{k}{\omega_p^2} = \frac{10}{10^2} = 0,1$  кг.

Ответ – b).

### Задача 4.8

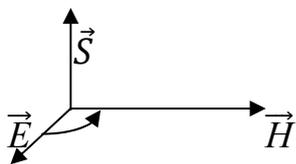
На рисунке показана ориентация векторов напряженности электрического ( $\vec{E}$ ) и магнитного ( $\vec{H}$ ) полей в электромагнитной волне. Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении ...

a) 1; b) 2; c) 3; d) 4.



### Решение

Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля – вектор Пойнтинга  $\vec{S} = [\vec{E} \times \vec{H}]$  и ориентирован в соответствии с правилом правого винта.



Ответ – c).

#### Задача 4.9

При увеличении в 2 раза амплитуды колебаний векторов напряженности электрического и магнитного полей плотность потока энергии...

a) увеличится в 2 раза; b) увеличится в 4 раза; c) не изменится.

#### Решение

Плотность потока энергии – модуль вектора Пойнтинга  $|\vec{S}| = |\vec{E}||\vec{H}| \sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  ( $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ), отсюда увеличение  $S$  в 4 раза.

Ответ – b).

#### Задача 4.10

Полная система уравнений Максвелла для электромагнитного поля имеет вид

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{\ell} = - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}. \quad \text{Эта система справедлива для переменного поля...}$$

$$\oint_{(L)} \vec{H} d\vec{\ell} = \int_{(S)} \left( \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S} \quad \begin{array}{l} a) \text{ в отсутствие токов проводимости;} \\ b) \text{ при наличии заряженных тел и токов;} \end{array}$$

$$\oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{(V)} \rho dV \quad c) \text{ в отсутствие заряженных тел и токов;}$$

$$\oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad d) \text{ в отсутствие заряженных тел.}$$

#### Решение

Поскольку в системе присутствует плотность тока проводимости  $\vec{j}$  и объёмная плотность заряда  $\rho$ , то правильным ответом будет b).

Ответ – b).

#### Задача 4.11

Полная система уравнений Максвелла для электрического поля имеет вид

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{\ell} = - \int_{(s)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}, \quad \oint_{(L)} \vec{H} d\vec{\ell} = \int_{(s)} (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S},$$

$$\oint_{(L)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{(v)} \rho dV, \quad \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0.$$

Следующая система уравнений:

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{\ell} = 0, \quad \oint_{(L)} \vec{H} d\vec{\ell} = \int_{(S)} \vec{j} d\vec{S},$$

$$\oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{(v)} \rho dV, \quad \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0$$

справедлива для:

- a) переменного электрического поля в отсутствие заряженных тел;
- b) переменного электрического поля при наличии заряженных тел и токов проводимости;
- c) стационарного электрического и магнитного полей;
- d) переменного электромагнитного поля в отсутствие токов проводимости.

### Решение

Сравниваем две системы. Поскольку во второй системе  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = 0$  (этот член отсутствует) и  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$ , то электрическое и магнитное поля стационарные.

Ответ – c).

### Задача 4.12

Полная система уравнений Максвелла для электрического поля имеет вид

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{\ell} = - \int_{(v)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}, \quad \oint_{(L)} \vec{H} d\vec{\ell} = \int_{(s)} (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S},$$

$$\oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{(v)} \rho dV, \quad \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0.$$

Следующая система уравнений:

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{\ell} = - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}, \quad \oint_{(L)} \vec{H} d\vec{\ell} = \int_{(S)} (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S},$$

$$\oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = 0, \quad \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0$$

справедлива для переменного электрического поля ...

- a) в отсутствие заряженных тел и токов проводимости;
- b) в отсутствие заряженных тел;
- c) в отсутствие токов проводимости;
- d) при наличии заряженных тел и токов проводимости.

### Решение

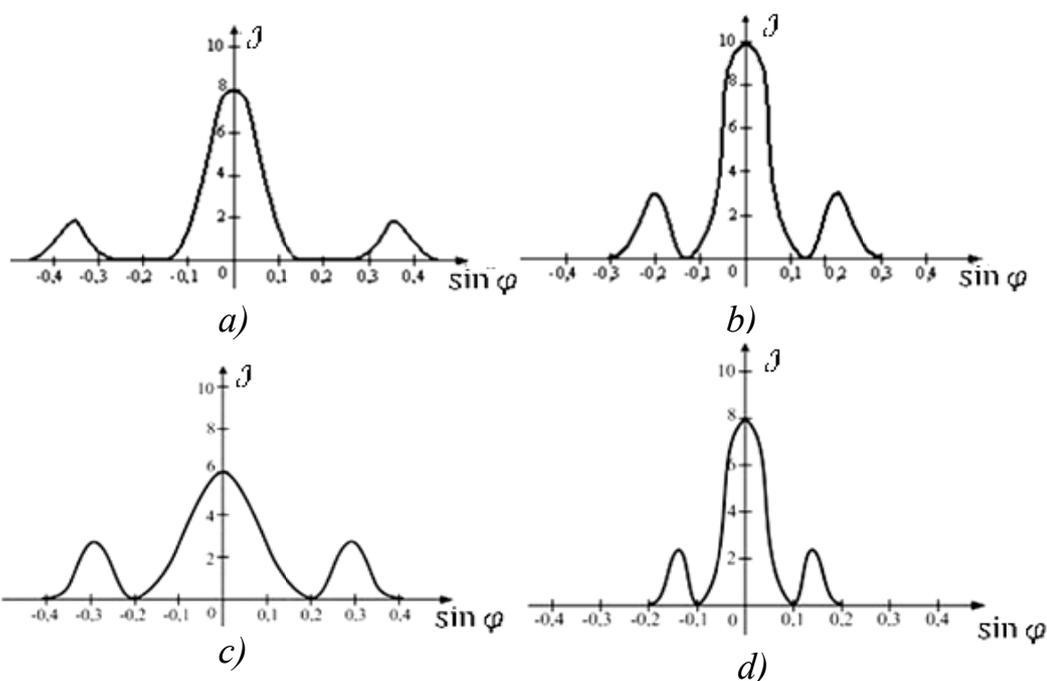
Из сравнения обеих систем видно, что во второй системе объемная плотность заряда  $\rho = 0$  (отсутствует).

Ответ – b).

## 5. Волновая и квантовая оптика

### Задача 5.1

Одна и та же дифракционная решетка освещается различными монохроматическими излучениями с разными интенсивностями. Какой рисунок соответствует случаю освещения светом с наименьшей частотой? ( $J$  – интенсивность света,  $\varphi$  – угол дифракции).



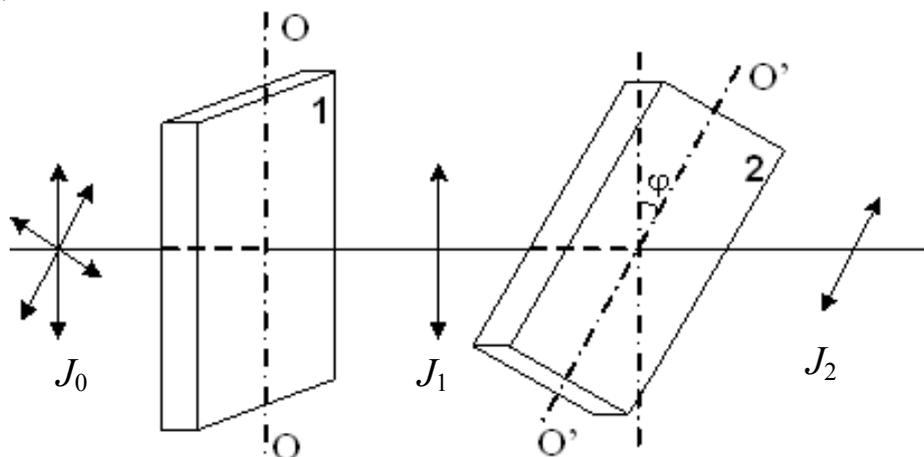
### Решение

Воспользуемся условием главных максимумов для дифракционной решетки  $d \sin \varphi = \mp m \lambda$ , где  $d$  – период решетки,  $\varphi$  – угол, под которым виден максимум того или иного порядка,  $m = 1, 2, 3 \dots$  – порядок максимума,  $\lambda$  – длина волны. Из этой формулы следует, что угол направления на 1-й максимум увеличивается с длиной волны  $\lambda$ , и соответственно с уменьшением частоты и не зависит от интенсивности. Максимальный угол, под которым виден максимум 1-го порядка, соответствует рис. a).

Ответ – a).

### Задача 5.2

На пути естественного света помещены две пластинки турмалина. После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован (см. рисунок).



Если  $J_1$  и  $J_2$  – интенсивность света, прошедшего пластинки 1 и 2 соответственно, и  $J_2 = 0$ , то угол между направлениями  $OO'$  и  $O'O''$  равен...

- a)  $0^\circ$ ;   b)  $30^\circ$ ;   c)  $60^\circ$ ;   d)  $90^\circ$ .

### Решение

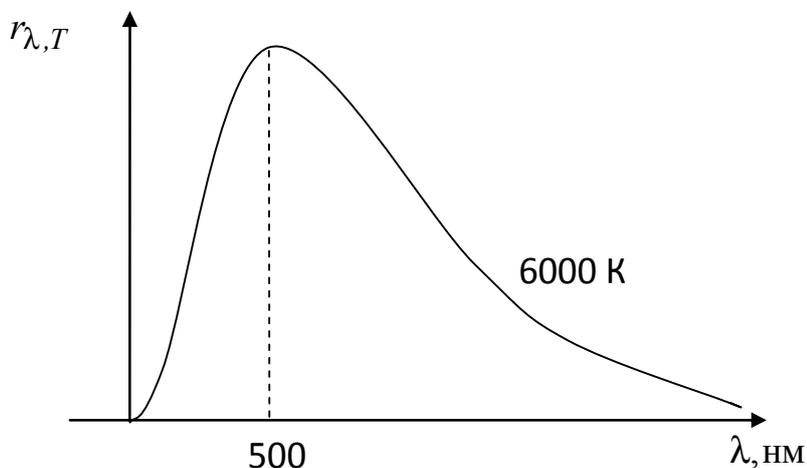
Воспользуемся законом Малюса  $J_2 = J_1 \cos^2 \varphi$ . Так как  $J_2 = 0$ , то  $\cos^2 \varphi = 0$ , отсюда  $\varphi = 90^\circ$ .

Ответ – d).

### Задача 5.3

На рисунке приведена кривая зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при  $T = 6000$  К. Если температуру тела уменьшить в 2 раза, то энергетическая светимость абсолютно черного тела

- a) уменьшится в 4 раза;  
b) увеличится в 16 раз;  
c) увеличится в 2 раза;  
d) уменьшится в 16 раз.



### Решение

Энергетическая светимость абсолютно черного тела согласно закону Стефана – Больцмана:

$$R = \sigma T^4,$$

где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) – постоянная Стефана – Больцмана,  $T$  – термодинамическая температура.

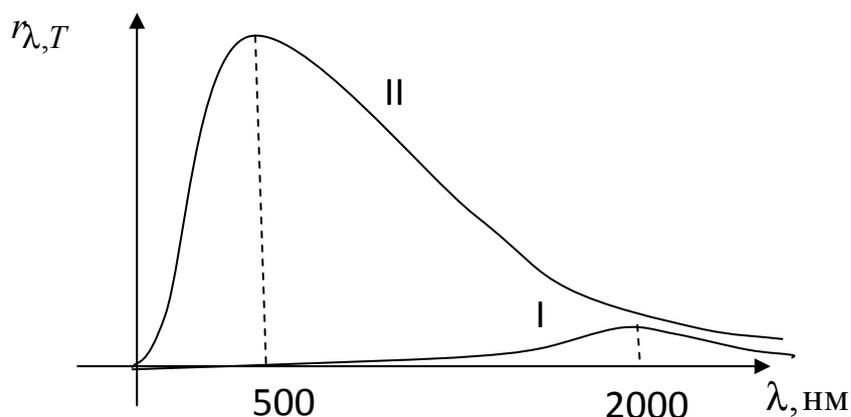
Уменьшение температуры тела в 2 раза приведет к уменьшению его энергетической светимости в 2<sup>4</sup> раз. Следовательно,

$$\frac{R_1}{R_2} = 2^4 = 16.$$

Ответ – *d*).

### Задача 5.4

На рисунке показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при разных температурах. Если длина волны, соответствующая максимуму излучения, уменьшилась в 4 раза, то температура абсолютно черного тела



- a) увеличилась в 2 раза;
- b) уменьшилась в 4 раза;
- c) увеличилась в 4 раза;
- d) уменьшилась в 2 раза.

### Решение

Длина волны, соответствующая максимуму плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, согласно закону смещения Вина обратно пропорциональна его термодинамической температуре

$$\lambda_{\max} = b/T,$$

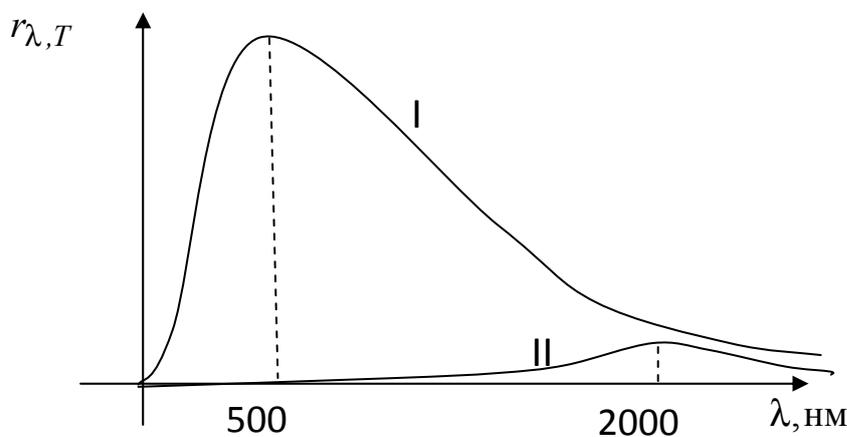
где  $b$  – постоянная Вина. Следовательно, если максимум излучения смещается в область более коротких волн и длина волны, соответст-

вующая максимуму плотности энергетической светимости, уменьшается в 4 раза, то температура тела увеличивается в 4 раза.

Ответ – *c*).

### Задача 5.5

На рисунке показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при разных температурах. Если кривая II соответствует спектру излучения абсолютно черного тела при температуре 1500 К, то кривая I соответствует температуре



- a) 6000 К;
- b) 3000 К;
- c) 750 К;
- d) 1000 К.

### Решение

Длина волны, соответствующая максимуму плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, согласно закону смещения Вина обратно пропорциональна его термодинамической температуре

$$\lambda_{\max} = b/T,$$

где  $b$  – постоянная Вина. Отношение длин волн, соответствующих максимуму спектральной плотности энергетической светимости кривых I и II,

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{bT_2}{T_1 b} = \frac{T_2}{T_1}.$$

$$\text{Отсюда } T_1 = T_2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1}; \quad T_1 = 1500 \frac{2000}{500} = 6000 \text{ К.}$$

Ответ – *a*).

### Задача 5.6

Если зачерненную пластинку, на которую падает свет, заменить на зеркальную той же площади, то световое давление

- a) останется неизменным;
- b) уменьшится в 2 раза;
- c) увеличится в 2 раза.

### Решение

Давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность пластинки,

$$p = \frac{I}{c}(1 + \rho),$$

где  $I$  – энергия всех фотонов, падающих на единицу площади поверхности за единицу времени (облученность поверхности),  $c$  – скорость света,  $\rho$  – коэффициент отражения света.

Для зачерненной пластинки  $\rho = 0$ . В этом случае световое давление

$$p = I/c.$$

Для зеркальной пластинки  $\rho = 1$ , а световое давление  $p = 2I/c$ .

Ответ – c).

### Задача 5.7

Если лазер мощности  $P$  испускает  $N$  фотонов за 1 с, то длина волны излучения лазера равна

$$a) \frac{hcN}{P}; \quad b) \frac{hc}{NP}; \quad c) \frac{hcP}{N}; \quad d) \frac{P}{hcN}; \quad e) \frac{PN}{hc}.$$

### Решение

Длина волны электромагнитного излучения связана с частотой соотношением

$$\lambda = \frac{2\pi c}{\omega} = \frac{c}{\nu},$$

где  $c$  – скорость света,  $\omega = 2\pi\nu$  – круговая частота света. Зная мощность лазерного излучения  $P$ , определим энергию излучения, приходящуюся на один фотон за единицу времени,

$$E_{\text{ф}} = \frac{P}{N}.$$

Энергия фотона

$$\varepsilon = \hbar\omega = h\nu = \frac{hc}{\lambda}.$$

Следовательно,

$$E_{\text{ф}} = \varepsilon; \quad \frac{P}{N} = \frac{hc}{\lambda}; \quad \lambda = \frac{hcN}{P}.$$

Ответ – а).

### Задача 5.8

Электрон в атоме переходит из возбужденного состояния с энергией  $E_1$  в основное состояние с энергией  $E_0$ . При этом испускается фотон. Масса испущенного фотона равна

$$a) \frac{E_1 - E_0}{c^2}; \quad b) \frac{E_0 - E_1}{c^2}; \quad c) \frac{E_1 - E_0}{hc}; \quad d) \frac{E_0 - E_1}{hc}; \quad e) \frac{E_1 + E_0}{c}.$$

### Решение

Масса фотона  $m$  и его энергия  $\varepsilon$  связаны соотношением

$$\varepsilon = mc^2.$$

Согласно постулатам Бора при переходе электрона в атоме из возбужденного состояния в основное испускается фотон с энергией

$$\varepsilon = E_1 - E_0.$$

Найдем массу фотона

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{E_1 - E_0}{c^2}.$$

Ответ – а).

### Задача 5.9

Частота падающего на фотоэлемент излучения уменьшается вдвое. Во сколько раз нужно изменить задерживающее напряжение, если работой выхода электрона из материала фотоэлемента можно пренебречь?

- a) увеличить в 2 раза;
- b) уменьшить в 2 раза;
- c) увеличить в  $\sqrt{2}$  раз;
- d) уменьшить в  $\sqrt{2}$  раз;
- e) оставить без изменений.

### Решение

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$\hbar\omega = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{mV_{\text{max}}^2}{2},$$

где  $\varepsilon = \hbar\omega$  – энергия фотона,  $A_{\text{ВЫХ}}$  – работа выхода электрона с поверхности материала фотоэлемента,  $\frac{mV_{\text{max}}^2}{2}$  – кинетическая энергия электрона, вырванного с поверхности под действием света.

Задерживающее напряжение можно найти из условия

$$eU_3 = \frac{mV_{\text{max}}^2}{2}.$$

Если пренебречь работой выхода, то при уменьшении частоты падающего излучения в 2 раза кинетическая энергия фотоэлектрона уменьшится также в 2 раза. Следовательно, задерживающее напряжение нужно тоже уменьшить в 2 раза.

Ответ – *b*).

### Задача 5.10

Потенциал, до которого может зарядиться металлическая пластина, работа выхода электронов из которой 1,6 эВ, при длительном освещении потоком фотонов с энергией 4 эВ равен

*a*) 5,6 В; *b*) 3,6 В; *c*) 2,8 В; *d*) 4,8 В; *e*) 2,4 В.

### Решение

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$\varepsilon = A_{\text{ВЫХ}} + \frac{mV_{\text{max}}^2}{2},$$

где  $\varepsilon = \hbar\omega$  – энергия фотона,  $A_{\text{ВЫХ}}$  – работа выхода электрона с поверхности материала фотоэлемента,  $\frac{mV_{\text{max}}^2}{2}$  – кинетическая энергия электрона, вырванного с поверхности под действием света.

Потенциал, до которого может зарядиться металлическая пластина, будет равен величине задерживающего напряжения. Задерживающее напряжение можно найти из условия

$$eU_3 = \frac{mV_{\text{max}}^2}{2}.$$

Кинетическая энергия равна

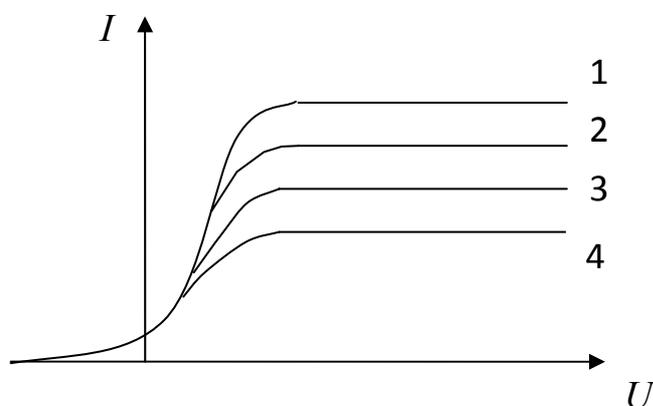
$$\frac{mV_{\max}^2}{2} = \varepsilon - A_{\text{вых}} = 4 - 1,6 = 2,4 \text{ эВ.}$$

Получаем  $U_3 = 2,4 \text{ В.}$

Ответ – e).

### Задача 5.11

Снимаются вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Максимальному числу фотонов, падающих на фотокатод за единицу времени, соответствует характеристика



a) 4; b) 3; c) 2; d) 1; e) не зависит от числа фотонов.

### Решение

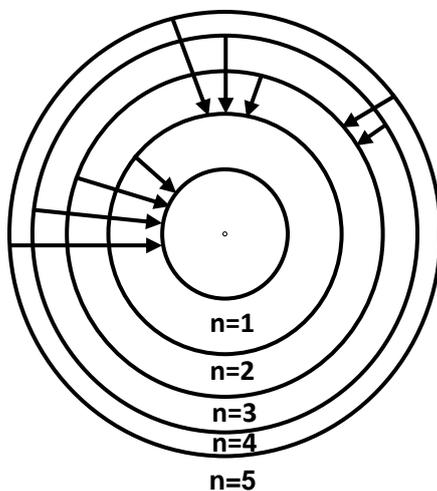
Фототок насыщения будет тем больше, чем больше электронов будет вырвано с фотокатода. Следовательно, максимальному числу фотонов соответствует вольтамперная характеристика 1.

Ответ – d).

## 6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц

### Задача 6.1

На рисунке изображены стационарные орбиты атома водорода согласно модели Бора, а также условно изображены переходы электрона с одной стационарной орбиты на другую, сопровождающиеся излучением кванта энергии. В ультрафиолетовой области спектра эти переходы дают серию Лаймана, в видимой – серию Бальмера, в инфракрасной – серию Пашена. Наибольшей частоте кванта в видимой области спектра соответствует переход . . .



- a)  $n = 4 \rightarrow n = 3$  ;
- b)  $n = 3 \rightarrow n = 2$  ;
- c)  $n = 5 \rightarrow n = 2$  ;
- d)  $n = 5 \rightarrow n = 1$  .

### Решение

Согласно второму постулату Бора при переходе электрона в атоме с одной стационарной орбиты на другую излучается один фотон

$$\varepsilon = E_{n_2} - E_{n_1},$$

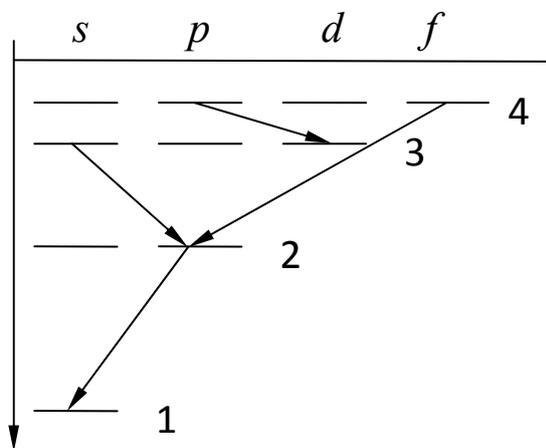
где  $E_{n_2}$  и  $E_{n_1}$  – энергии стационарных состояний атома до и после излучения,  $\varepsilon = \hbar\omega$  – энергия излученного фотона. Серия Бальмера наблюдается при переходе электрона на вторую орбиту с любой вышеразположенной. Наибольшей частоте перехода соответствует наибольшая разница энергий стационарных состояний. Следовательно, это переход  $n = 5 \rightarrow n = 2$ .

Ответ – c).

### Задача 6.2

При переходах электрона в атоме с одного уровня на другой закон сохранения момента импульса накладывает определенные ограничения (правило отбора). В энергетическом спектре атома водорода запрещенным переходом является...

- a)  $3s \rightarrow 2p$ ;
- b)  $2p \rightarrow 1s$ ;
- c)  $4p \rightarrow 3d$ ;
- d)  $4f \rightarrow 2p$ .



### Решение

В атомной физике применяются условные обозначения состояний электрона с разными значениями момента импульса. Состояния определяются орбитальным квантовым числом  $l = 0, 1, 2, \dots$  и обозначаются соответственно  $s, p, d, f$  и т.д. Значение главного квантового числа указывается перед обозначением состояния. Например, электрон в состоянии с  $n = 3, l = 1$  обозначается символом  $3p$ . Схема уровней, соответствующих различным состояниям, приведена на рисунке.

При переходах электрона с одного уровня на другой для орбитального квантового числа должно выполняться правило отбора:  $\Delta l = \pm 1$ . Этому условию не удовлетворяет переход  $4f \rightarrow 2p$ .

Ответ – d).

### Задача 6.3

В теории Бора радиус  $n$ -й круговой орбиты электрона в атоме водорода выражается через радиус первой орбиты формулой  $r_n = r_1 n^2$ . Определите, как изменяется кинетическая энергия электрона при переходе со второй орбиты на первую:

- a) увеличивается в 4 раза;
- b) уменьшается в 4 раза;
- c) увеличивается в 2 раза;

- d) уменьшается в 2 раза;
- e) не меняется.

### Решение

Согласно постулату Бора электрон в атоме водорода движется по стационарным орбитам, для которых выполняется условие

$$m_e V_n r_n = n\hbar, \quad (n=1, 2, 3\dots),$$

где  $m_e$  – масса электрона,  $V_n$  – скорость электрона на  $n$ -й орбите,  $r_n$  – радиус орбиты,  $\hbar$  – постоянная Планка.

Импульс электрона  $p = m_e V_n = \frac{n\hbar}{r_n}$ .

Кинетическая энергия связана с импульсом соотношением

$$E_k = \frac{m_e V_n^2}{2} = \frac{p^2}{2m_e}.$$

Подставляя выражение для импульса, получим

$$E_k = \frac{n^2 \hbar^2}{2r_n^2 m_e}.$$

Кинетическая энергия электрона на первой боровской орбите ( $n = 1$ ):

$$E_k = \frac{\hbar^2}{2r_1^2 m_e},$$

на второй ( $n = 2$ )  $r_2 = 2^2 r_1 = 4r_1$  и

$$E_k = \frac{4\hbar^2}{2 \cdot 16r_1^2 m_e} = \frac{\hbar^2}{2 \cdot 4r_1^2 m_e}.$$

Следовательно, при переходе со второй орбиты на первую кинетическая энергия электрона увеличивается в 4 раза.

Ответ – a).

### Задача 6.4

Какое из перечисленных условий определяет возможность обнаружить волновые свойства микрочастиц?

- a) движение с релятивистской скоростью;
- b) наличие электрического заряда;
- c) наличие магнитного момента;
- d) малая масса частицы.

Ответ – d).

### Задача 6.5

Сравните длину волны де Бройля  $\lambda/\lambda_p$  для шарика массой  $m = 0,2$  г и протона массой  $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, имеющих одинаковые скорости.

- a)  $6,57 \cdot 10^{-27}$ ;    b)  $8,35 \cdot 10^{-27}$ ;    c)  $6,57 \cdot 10^{-24}$ ;    d)  $8,35 \cdot 10^{-24}$ .

### Решение

Любой частице, обладающей импульсом, сопоставляют волновой процесс с длиной волны  $\lambda$ , определяемой по формуле де Бройля:

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p} = \frac{h}{mV},$$

где  $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с,  $p$  – импульс частицы,  $m$  и  $V$  – соответственно ее масса и скорость. Учитывая, что  $V = V_p$ , найдем искомое отношение длины волны де Бройля для шарика и протона

$$\frac{\lambda}{\lambda_p} = \frac{m}{m_p} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 8,35 \cdot 10^{-24}.$$

Ответ – d).

### Задача 6.6

Положение атома углерода в кристаллической решетке алмаза определено с погрешностью  $\Delta x = 5 \cdot 10^{-11}$  м. Учитывая, что постоянная Планка  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, а масса атома углерода  $m = 1,99 \cdot 10^{-26}$  кг, неопределенность скорости  $\Delta V_x$  его теплового движения (м/с) составляет не менее

- a)  $9,43 \cdot 10^{-3}$ ;    b) 106;    c) 1,06;    d) 0,943.

### Решение

Согласно соотношению неопределенностей для координаты и импульса частицы

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar,$$

где  $\Delta p$  – неопределенность проекции импульса частицы на ось  $x$ ,  $\Delta x$  – неопределенность ее координаты.

Неопределенность импульса представим в виде

$$\Delta p_x = \Delta(mV_x) = m\Delta V_x.$$

Тогда можно записать

$$\Delta x m\Delta V_x \geq \hbar.$$

Отсюда

$$\Delta V_x = \frac{\hbar}{m\Delta x} = \frac{1,05 \cdot 10^{-34}}{1,99 \cdot 10^{-26} \cdot 5 \cdot 10^{-11}} = 106 \text{ м/с}.$$

Ответ – b).

### Задача 6.7

Стационарным уравнением Шредингера для электрона в водородоподобном атоме является уравнение...

$$a) \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0;$$

$$b) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = 0;$$

$$c) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \psi = 0;$$

$$d) \nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0.$$

### Решение

Уравнение Шредингера для стационарных состояний в трехмерном случае

$$\nabla^2\psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U)\psi = 0, \quad \text{где } \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \text{ – оператор Лапласа,}$$

$E$  – полная энергия частицы;  $U(x,y,z)$  – потенциальная энергия;  $\psi(x,y,z)$  – волновая функция.

В атоме водорода (или водородоподобном ионе) потенциальная энергия  $U(r)$  имеет вид

$$U = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r},$$

где  $Z$  – зарядовое число (для водорода  $Z = 1$ ),  $e$  – элементарный заряд,  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная.

Следовательно, стационарным уравнением Шредингера для электрона в водородоподобном атоме является уравнение

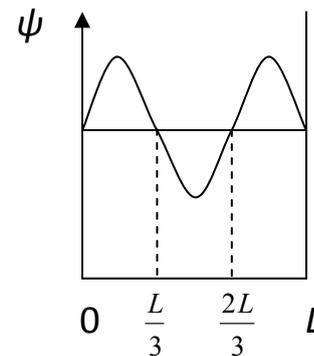
$$\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = 0.$$

Ответ – *b*).

### Задача 6.8

Вероятность обнаружить электрон на участке (*a*, *b*) одномерной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками вычисляется по формуле  $W = \int_a^b \omega dx$ , где  $\omega$  – плотность вероятности, определяемая  $\psi$  – функцией. Если функция  $\psi$  имеет вид, указанный на рисунке, то вероятность обнаружить электрон на участке  $\frac{L}{6} < x < \frac{L}{2}$  равна...

- a)  $\frac{2}{3}$ ; c)  $\frac{5}{6}$ ;  
 b)  $\frac{1}{2}$ ; d)  $\frac{1}{3}$ .

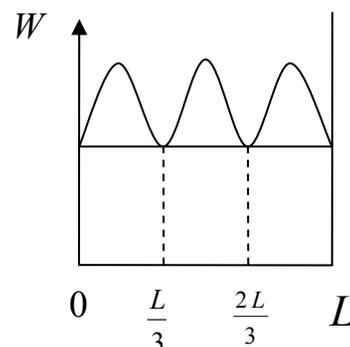


### Решение

Вероятность обнаружить частицу в интервале  $\frac{L}{6} < x < \frac{L}{2}$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} |\psi_n(x)|^2 dx, \text{ где } \psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{\pi n}{l} x, \quad n = 1, 2, 3, \dots,$$

где  $\psi_n(x)$  – нормированная собственная волновая функция, соответствующая данному состоянию. График распределения вероятности в нашем случае будет иметь следующий вид:



Площадь под графиком есть полная вероятность того, что частица находится внутри потенциальной ямы и, следовательно, равна единице. Из графика видно, что вероятность обнаружить частицу в интервале  $\frac{L}{6} < x < \frac{L}{2}$  равна  $\frac{1}{3}$ .

Ответ – *d*).

### Задача 6.9

В каком случае энергетический спектр электрона сплошной?

- a) электрон в потенциальной яме шириной  $10^{-10}$  м;
- b) электрон в атоме;
- c) электрон в молекуле водорода;
- d) свободный электрон.

### Решение

Энергетический спектр электрона в квантовомеханических системах, таких как атом, молекула или потенциальная яма, является дискретным. Энергетический спектр свободного электрона – сплошной.

Ответ – *d*).

### Задача 6.10

Какая часть исходных радиоактивных ядер распадается за время, равное двум периодам полураспада?

- a) 1/16;   b) 1/8;   c) 1/4;   d) 3/4;   e) 1/2.

### Решение

Период полураспада  $T$  – промежуток времени, за который число нераспавшихся атомов уменьшается в два раза. В течение первого периода остается половина нераспавшихся атомов, в течение второго – половина от половины, то есть одна четвертая часть первоначального числа атомов. Следовательно, за время, равное двум периодам полураспада, распадается 3/4 исходных радиоактивных ядер.

Ответ – *d*).

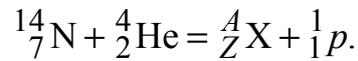
### Задача 6.11

Ядро азота  ${}^{14}_7\text{N}$  захватило  $\alpha$ -частицу ( ${}^4_2\text{He}$ ) и испустило протон. Ядро какого элемента образовалось?

a)  ${}^{17}_9\text{F}$ ; b)  ${}^{17}_8\text{O}$ ; c)  ${}^{16}_9\text{F}$ ; d)  ${}^{16}_8\text{O}$ ; e)  ${}^{17}_7\text{N}$ .

Решение

Запишем уравнение реакции



Согласно закону сохранения массового и зарядового чисел

$$A = 14 + 4 - 1 = 17; \quad Z = 7 + 2 - 1 = 8.$$

Ответ – b).

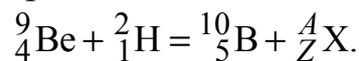
*Задача 6.12*

Ядро бериллия  ${}^9_4\text{Be}$ , поглотив дейтрон  ${}^2_1\text{H}$ , превращается в ядро бора  ${}^{10}_5\text{B}$ . Какая частица при этом выбрасывается?

a) p; b) n; c)  $\alpha$ ; d)  $e^-$ ; e) испускается  $\gamma$ -квант.

Решение

Запишем уравнение реакции



Согласно закону сохранения массового и зарядового чисел

$$A = 9 + 2 - 10 = 1; \quad Z = 4 + 1 - 5 = 0.$$

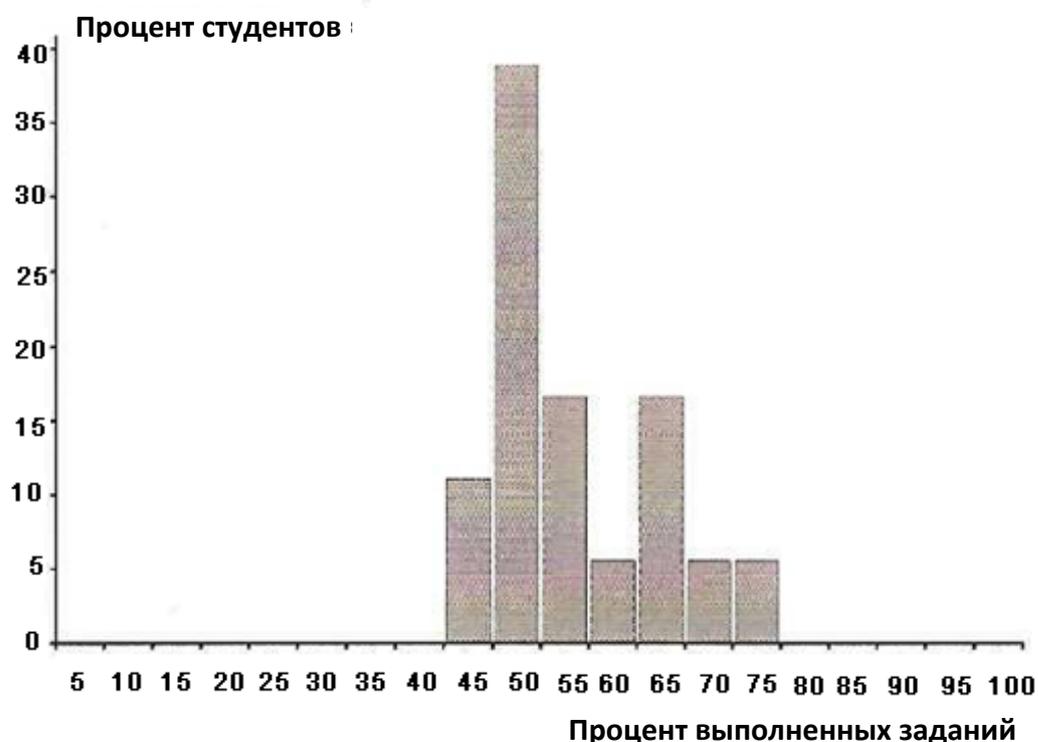
Ответ – b).

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕРНЕТ-ТЕСТИРОВАНИЯ

Тестирующая организация представила результаты проверки в виде графиков и таблиц.

На первом графике (гистограмме измерений) изображена зависимость распределения процента студентов от процента выполненных заданий.

Гистограмма результатов педагогических измерений  
Дисциплина: Физика  
Специальность “Информационно-измерительная техника  
и технологии”  
Группа: ИИТ-103



Сравнение гистограмм для групп ИИТ-103 и ВВ-104 (см. с. 52) показывает, что распределение студентов ИИТ находится в интервале от 40 до 75 % выполненных заданий, а в ВВ от 20 до 65 %, причем в группе ВВ есть лидирующая часть студентов и часть отстающих с некоторым разрывом.

В табл. 2 показан процент студентов, выполнивших определённый процент заданий.

Таблица 2

Процент выполненных заданий	Количество студентов	Процент студентов
[80; 100]	0	0
[60; 80]	5	28
[40; 60]	13	72
[0; 40]	0	0
<b>Всего</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

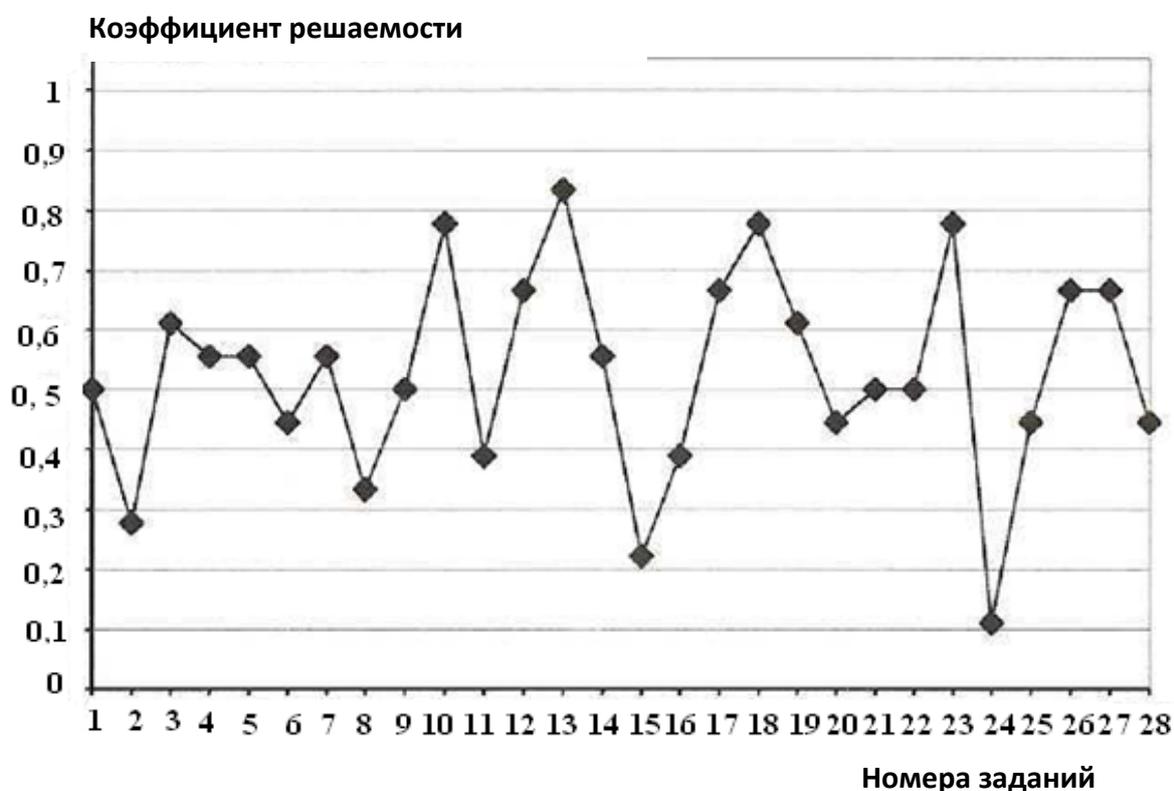
Карта коэффициентов решаемости заданий показывает уровень выполненных заданий по темам (см. с. 4, 5).

Карта коэффициентов решаемости заданий

Дисциплина: Физика

Специальность “Информационно-измерительная техника и технологии”

Группа: ИИТ-103



Результаты по коэффициентам решаемости сведены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты решаемости заданий	Количество заданий	Процент заданий
[0,7; 1]	4	14
[0,4; 0,7]	18	65
[0; 0,4]	6	21

Карта коэффициентов решаемости заданий показывает, что данным контингентом студентов на невысоком уровне (коэффициент более 0,4 и менее 0,7). Выполнены задания по следующим темам:

1. Кинематика точки и поступательного движения твердого тела.
3. Динамические параметры вращательного движения твердого тела.
4. Динамика вращательного движения.
5. Законы сохранения в механике.
6. Элементы специальной теории относительности.
7. Распределения Максвелла и Больцмана.
9. Второе начало термодинамики. Энтропия. Циклы.
12. Связь напряженности и потенциала.
14. Электрическое и магнитное поле в веществе.
17. Свободные и вынужденные колебания.
19. Волны. Уравнение волны.
20. Энергия волны. Перенос энергий волной.
21. Интерференция и дифракция света.
22. Поляризация и дисперсия света.
25. Спектр атома водорода. Правило отбора.
26. Корпускулярно-волновой дуализм свойств частиц вещества. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
27. Уравнения Шредингера (общие свойства).
28. Уравнение Шредингера (конкретные ситуации).

На очень низком уровне (коэффициент менее 0,4) выполнены задания по следующим темам:

2. Динамика точки и поступательного движения твердого тела.
8. Средняя энергия молекул.
11. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме.
15. Свойства электрических и магнитных полей.

16. Уравнение Максвелла.

24. Эффект Комптона. Световое давление.

Так, например, в группе ИИТ-103 особенно плохие результаты по темам 15. Свойства электрических и магнитных полей и 24. Эффект Комптона. Световое давление, а в группе ВВ-104 таких тем достаточно много, но хуже всего дело обстоит с темами 13. Магнитные поля системы токов и 15. Свойства электрических и магнитных полей.

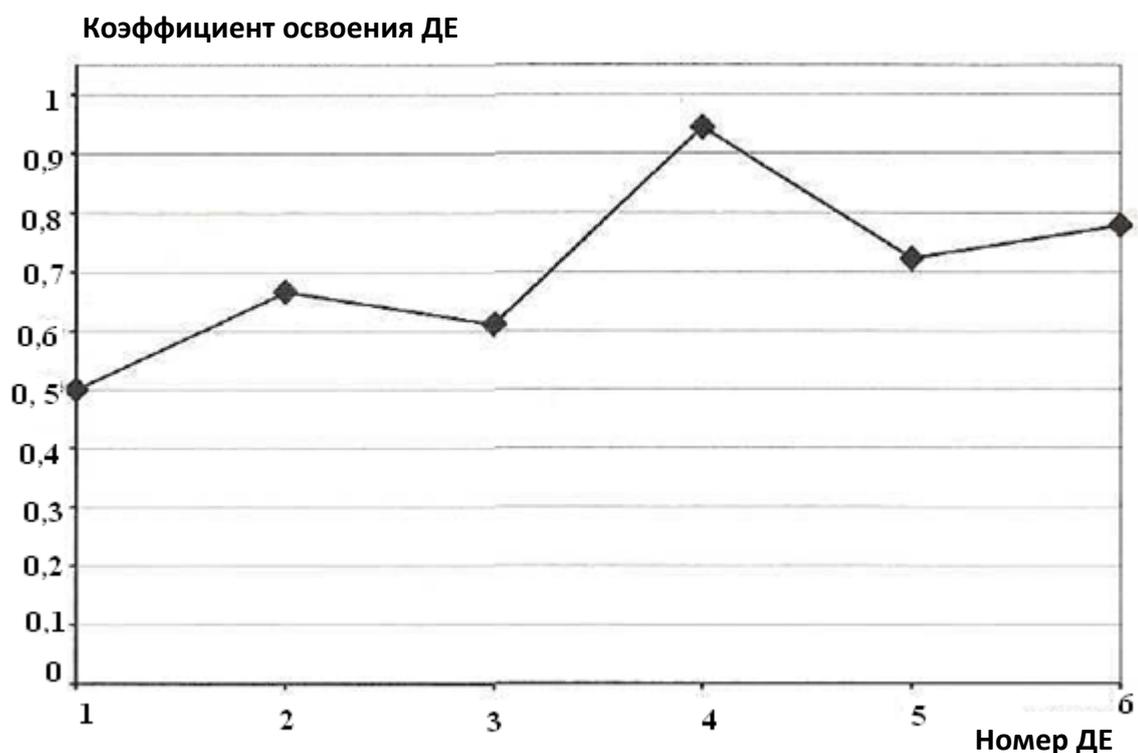
Карта коэффициентов освоения ДЕ показывает, на каком уровне усвоены те или иные дидактические единицы (разд. с. 4, 5).

### Карта коэффициентов освоения ДЕ

Дисциплина: Физика

Специальность "Информационно-измерительная техника и технологии"

Группа: ИИТ-103



Карта коэффициентов освоения ДЕ дисциплины показывает, что данным контингентом студентов на недостаточном уровне усвоены следующие дидактические единицы:

1. Механика.
2. Молекулярная (статистическая) физика и термодинамика.
3. Электричество и магнетизм.
5. Волновая и квантовая оптика.

6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц.

Например, группами ИИТ-103, ЛТ-104, ВВ-104 хуже других усвоен разд. 1. Механика (а может быть более забыт?), а группами Х-104 и ЭС-104 – разд. 3. Электричество и магнетизм.

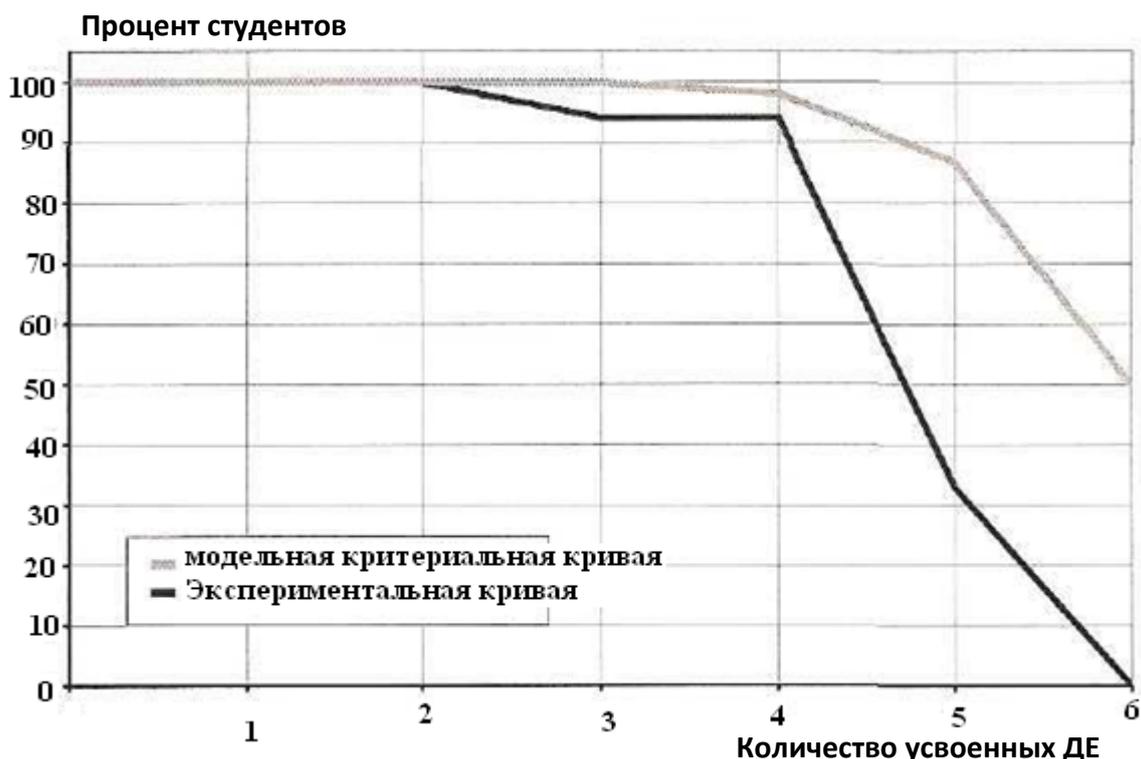
График усвоения физики на основе выполнения совокупности ДЕ является интегральной характеристикой. В нем сравниваются модельная критериальная кривая тестирующей организации и экспериментальная кривая, полученная по результатам интернет-тестирования.

График усвоения дисциплины на основе выполнения совокупности ДЕ

Дисциплина: Физика

Специальность “Информационно-измерительная техника и технологии”

Группа: ИИТ-103



Анализ результатов педагогических измерений показал, что все ДЕ дисциплины “Физика” освоили 0 % студентов.

*Вывод:* уровень подготовки студентов группы ИИТ-103 специальности “Информационно-измерительная техника и технологии” не соответствует требованиям ГОС по дисциплине “Физика”.

Как видно по модельной кривой, только в одной из шести ДЕ допускается процент студентов, равный 50 %.

Требования ГОС к образовательному минимуму содержания основной образовательной программы подготовки специалиста по физике приведены в табл. 4.

Таблица 4

Дисциплина: Физика

Специальность “Информационно-измерительная техника и технологии”

ЕН.Ф	Федеральный компонент
ЕН.Ф.03	<p>Физика:</p> <p>Физические основы механики: понятие состояния в классической механике, уравнения движения, законы сохранения, основы релятивистской механики, принцип относительности в механике, кинематика и динамика твердого тела, жидкостей и газов;</p> <p>Электричество и магнетизм: электростатика и магнитостатика в вакууме и веществе, уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме, материальные уравнения, квазистационарные токи, принцип относительности в электродинамике;</p> <p>Физика колебаний и волн: гармонический и ангармонический осциллятор, физический смысл спектрального разложения, кинематика волновых процессов, нормальные моды, интерференция и дифракция волн, элементы Фурье-оптики;</p> <p>Квантовая физика: корпускулярно-волновой дуализм, принцип неопределенности, квантовые состояния, принцип суперпозиции, квантовые уравнения движения, операторы физических величин, энергетический спектр атомов и молекул, природа химической связи;</p> <p>Статистическая физика и термодинамика: три начала термодинамики, термодинамические функции состояния, фазовые равновесия и фазовые превращения, элементы неравновесной термодинамики, классическая и квантовая статистики, кинетические явления, системы заряженных частиц</p>

Для сравнения приведем результаты анализа тестирующей организации для группы ВВ-104.

Гистограмма распределения результатов педагогических измерений  
 Дисциплина: Физика  
 Специальность “Водоснабжение и водоотведение”  
 Группа ВВ-104

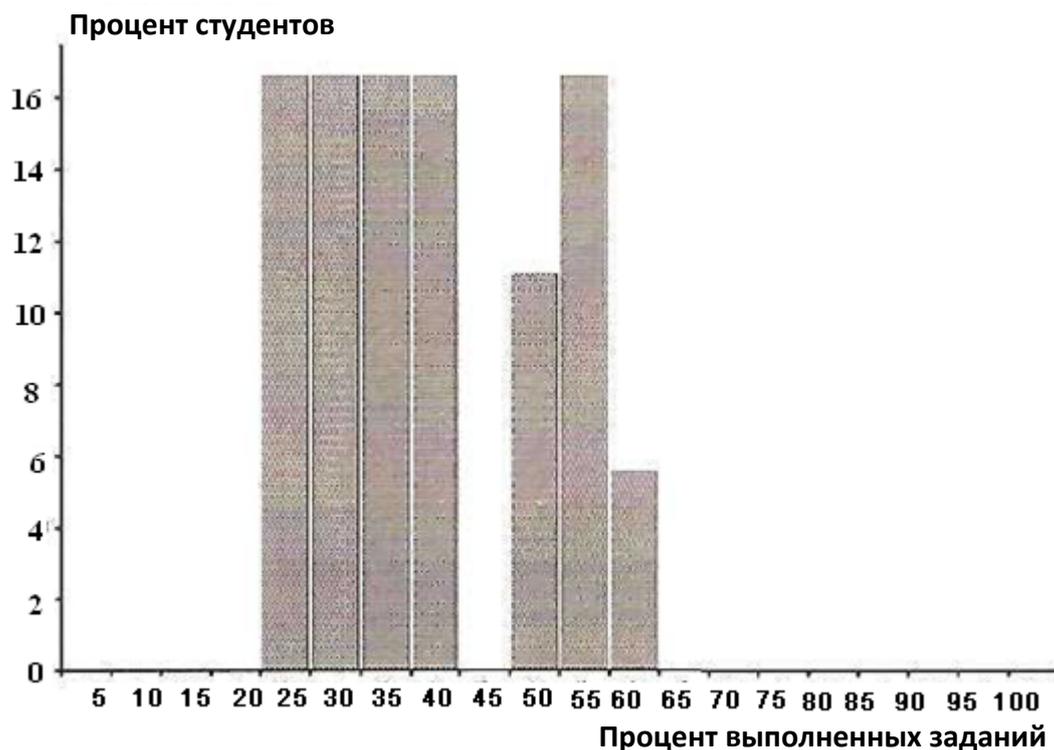


Таблица 5

Процент выполненных заданий	Количество студентов	Процент студентов
[80; 100]	0	0
[60; 80]	0	0
[40; 60]	6	33
[0; 40]	12	67
<b>Всего</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

Карта коэффициентов решаемости заданий  
 Дисциплина: Физика  
 Специальность “Водоснабжение и водоотведение”  
 Группа ВВ-104

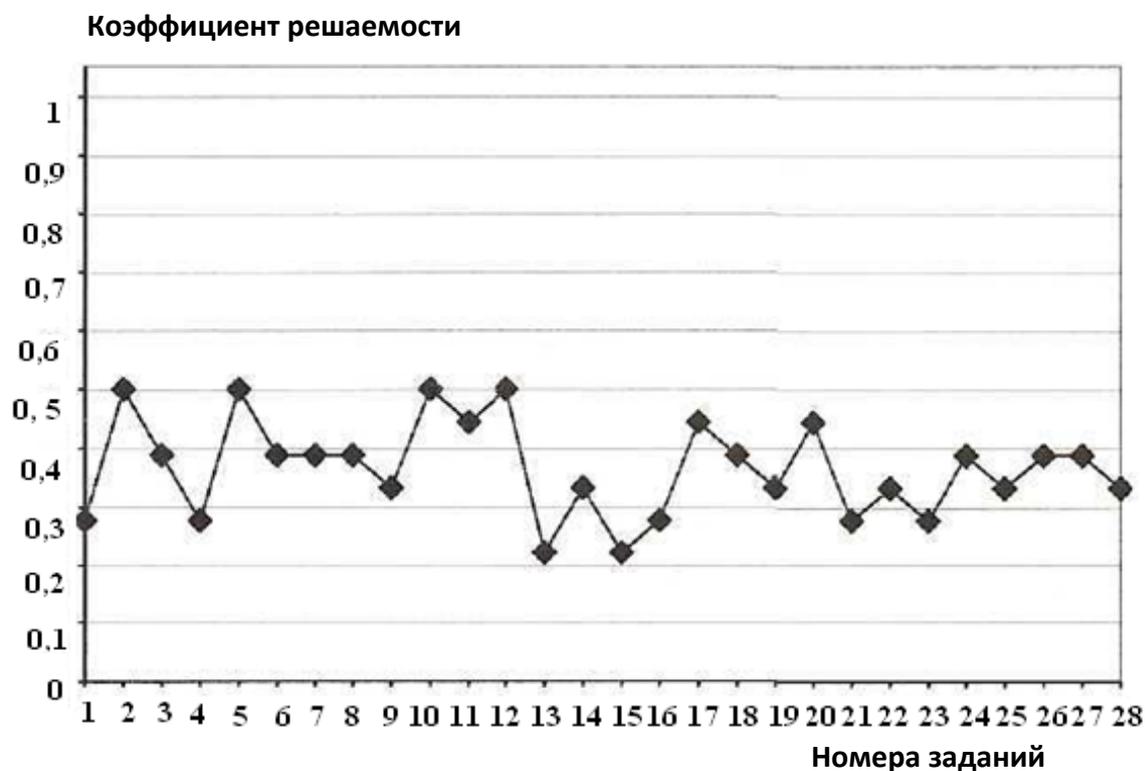


Таблица 6

Коэффициенты решаемости заданий	Количество заданий	Процент заданий
[0,7; 1]	0	0
[0,4; 0,7]	7	25
[0; 0,4]	21	75

Карта коэффициентов решаемости заданий показывает, что данным контингентом студентов на невысоком уровне выполнены задания по следующим темам:

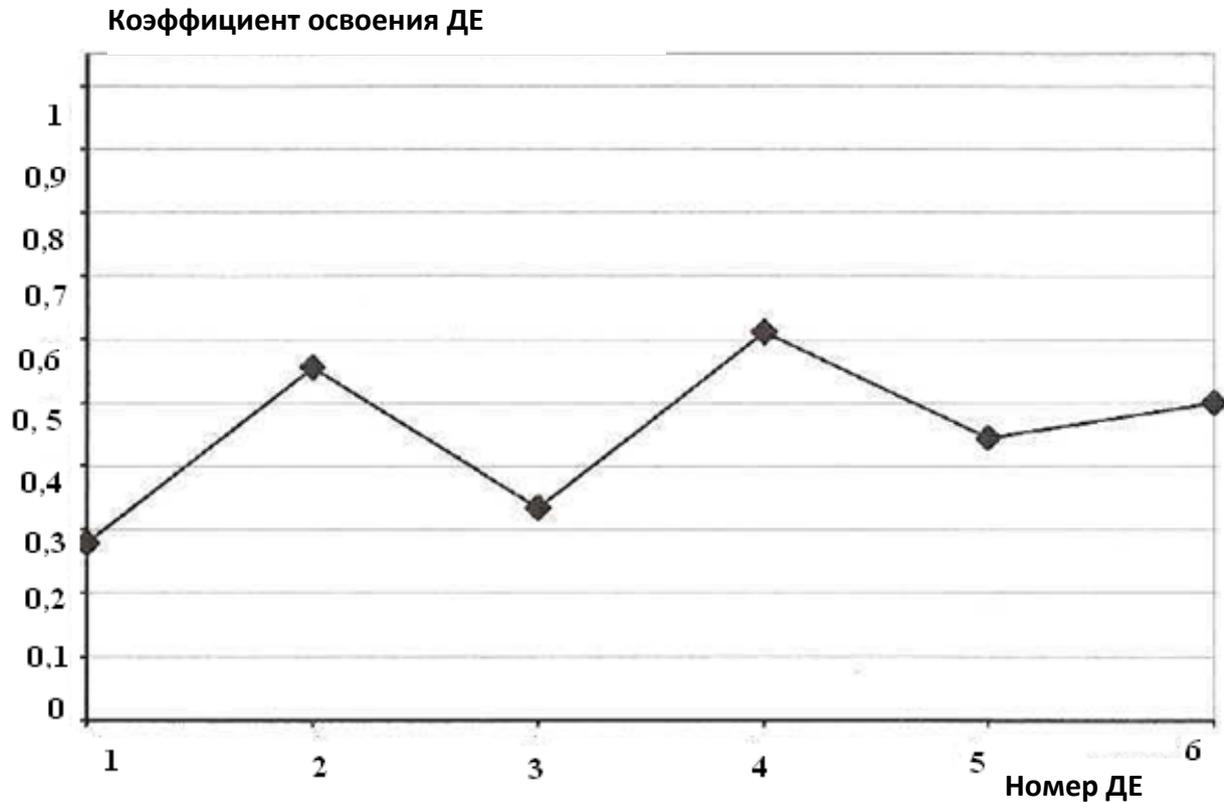
- 2. Динамика точки и поступательного движения твердого тела.
- 5. Законы сохранения в механике.
- 10. Явление переноса.

11. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме.
12. Связь напряженности и потенциала.
17. Свободные и вынужденные колебания.
20. Энергия волны. Перенос энергии волной.

На очень низком уровне выполнены задания по следующим темам:

1. Кинематика точки и поступательного движения твердого тела.
3. Динамические параметры вращательного движения твердого тела.
4. Динамика вращательного движения.
6. Элементы специальной теории относительности.
7. Распределения Максвелла и Больцмана.
8. Средняя энергия молекул.
9. Второе начало термодинамики.
13. Магнитные поля системы токов.
14. Электрическое и магнитное поле в веществе.
15. Свойства электрических и магнитных полей.
16. Уравнение Максвелла.
18. Сложение гармонических колебаний.
19. Волны. Уравнение волны.
21. Интерференция и дифракция света.
22. Поляризация и дисперсия света.
23. Тепловое излучение. Фотоэффект.
24. Эффект Комптона. Световое давление.
25. Спектр атома водорода. Правило отбора.
26. Корпускулярно-волновой дуализм свойств частиц вещества. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
27. Уравнения Шредингера (общие свойства).
28. Уравнение Шредингера (конкретные ситуации).

Карта коэффициентов освоения ДЕ  
Дисциплина: Физика  
Специальность “Водоснабжение и водоотведение”  
Группа ВВ-104



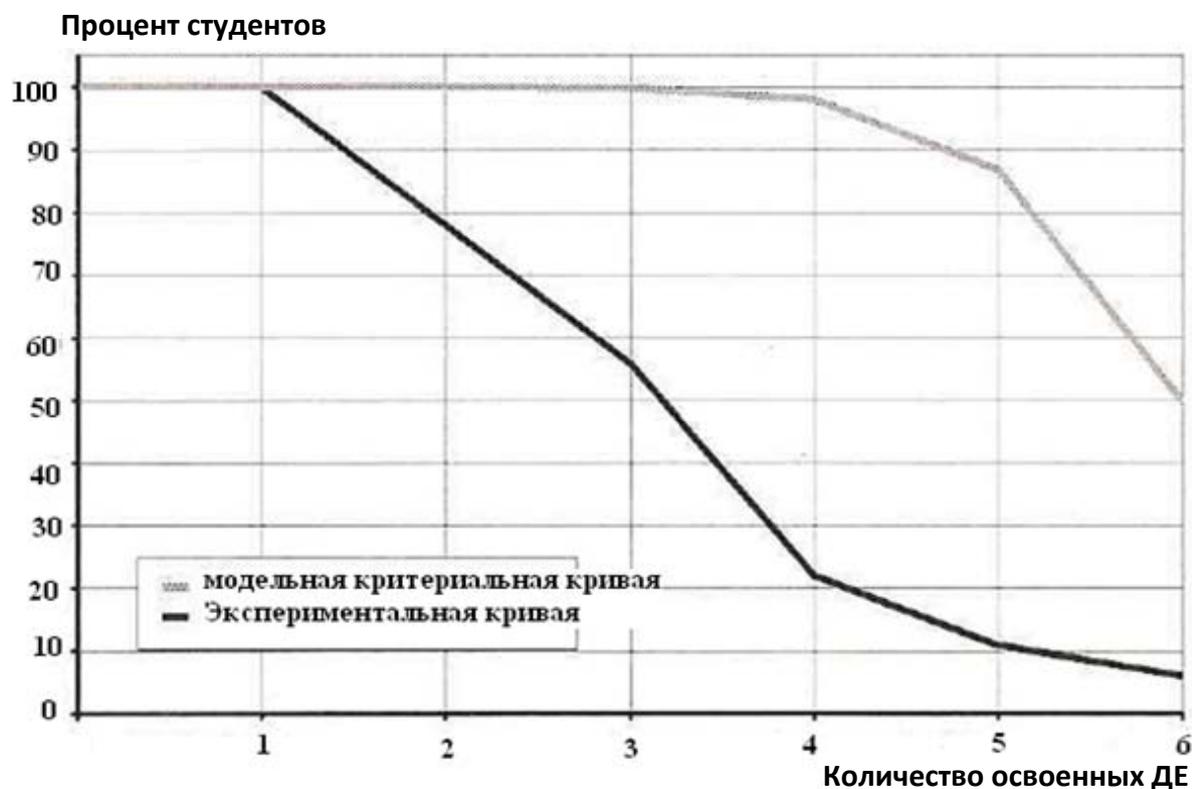
Карта коэффициентов освоения ДЕ дисциплины показывает, что данным контингентом студентов на недостаточном уровне усвоены следующие дидактические единицы:

2. Молекулярная (статистическая) физика и термодинамика.
4. Колебания и волны.
6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц.

Практически не освоены следующие дидактические единицы:

1. Механика.
3. Электричество и магнетизм.
5. Волновая и квантовая оптика.

График усвоения дисциплины на основе выполнения совокупности ДЕ  
Дисциплина: Физика  
Специальность “Водоснабжение и водоотведение”  
Группа: ВВ-104



Анализ результатов педагогических измерений показал, что все ДЕ дисциплины “Физика” усвоили 6 % студентов.

*Вывод:* уровень подготовки студентов группы ВВ-104 специальности “Водоснабжение и водоотведение” не соответствует требованиям ГОС по дисциплине “Физика”.

1. Все ДЕ дисциплины “Физика” в группе Х-104 усвоили 6 % студентов (средний процент выполненных заданий 45 %).
2. В группе ИИТ-103 все ДЕ освоили 0 % студентов (средний процент выполненных заданий 53 %).
3. В группе ЛТ-104 все ДЕ освоили 5 % студентов (средний процент выполненных заданий 41 %).
4. В группе ВВ-104 все ДЕ освоили 6 % студентов (средний процент выполненных заданий 37 %).
5. В группе ЭС-104 все ДЕ освоили 4 % студентов (средний процент выполненных заданий 40 %).

*Выводы тестирующей организации:*

Уровень подготовки студентов всех указанных групп не соответствует требованиям ГОС по дисциплине “Физика”.

Практически не освоены (группа Х-104, ЛТ-104, ВВ-104) следующие ДЕ:

1. Механика.
3. Электричество и магнетизм.
5. Волновая и квантовая оптика.

В группе ЭС-104:

1. Механика.
3. Электричество и магнетизм.
6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц.

В группе ИИТ-104 на недостаточном уровне усвоены ДЕ:

1. Механика.
2. Молекулярная (статистическая) физика и термодинамика.
3. Электричество и магнетизм.
5. Волновая и квантовая оптика.
6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц.

## **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

После ознакомления с итогами тестирования по физике специальностей: “Химия”, “Информационно-измерительная техника и технологии”, “Лазерная техника и лазерная технология”, “Экспертиза и управление недвижимостью”, “Водоснабжение и водоотведение” можно сделать следующие **выводы**:

1. Несмотря на заметные отличия в процентном выполнении предлагаемых заданий между специальностями (например, в гр. ИИТ-103 28 % студентов выполнило от 60 до 80 % заданий, а 73 % студентов от 40 до 60 %, что свидетельствует о достаточно высоком уровне подготовки, а в группе ВВ-104 67 % студентов выполнило менее 40 % заданий), тестирующей организацией сделан вывод о несоответствии уровня подготовки студентов всех специальностей требованиям ГОС по дисциплине “Физика”.

2. Было обнаружено, что ключевым критерием вынесения итогового решения является необходимость выполнения заданий исключительно по всем разделам курса физики. В связи с этим группа ИИТ-103, которая в принципе успешно справилась с большинством заданий, в итоге получила неудовлетворительную итоговую оценку.

### **Рекомендации**

1. Преподавателям во время обучения, например при проведении рейтингов, использовать задания интернет-тестирования для тренажа.
2. Во время проведения тестирования обращать внимание студентов на то, что необходимо пытаться решить задачи исключительно по всем разделам.
3. Обратить внимание преподавателей на необходимость повышения мотивации студентов при выполнении заданий тестирования.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>Задания и методические указания по их выполнению .....</b>	<b>6</b>
1. Механика.....	6
2. Молекулярная физика и термодинамика.....	13
3. Электричество и магнетизм.....	18
4. Колебания и волны.....	23
5. Волновая и квантовая оптика.....	30
6. Квантовая физика и физика атома. Элементы ядерной физики и физики элементарных частиц.....	38
<b>Анализ результатов интернет-тестирования.....</b>	<b>46</b>
<b>Выводы и рекомендации.....</b>	<b>57</b>

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРОВЕРКЕ  
ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ФИЗИКЕ

Составители

ГАЛКИН Аркадий Федорович  
ДОРОЖКОВ Владимир Васильевич  
ПРОКОШЕВА Надежда Сергеевна

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент В. В. Дорожков

Подписано в печать 16.02.09.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 3,49. Тираж 1000 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.