

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный  
технический университет»

Кафедра физики

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ФИЗИКЕ.  
МЕХАНИКА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА  
И ТЕРМОДИНАМИКА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для самостоятельной работы и тестирования знаний студентов  
всех технических направлений и специальностей  
очной формы обучения

Воронеж 2014

Составители: канд. физ.-мат. наук А.Г. Москаленко,  
канд. физ.-мат. наук Т.Л. Тураева,  
канд. физ.-мат. наук Е.П. Татьяна,  
ст. преп. Е.Н. Понамаренко

УДК 531 (07)

Фонд оценочных средств по физике. Механика, молекулярная физика и термодинамика: методические указания для самостоятельной работы и тестирования знаний студентов всех технических направлений и специальностей очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Г. Москаленко, Т.Л. Тураева, Е.П. Татьяна, Е.Н. Понамаренко. Воронеж, 2014. 58 с.

Фонд оценочных средств по физике предназначен для студентов технического профиля первого и второго курсов всех направлений и очной формы обучения.

Содержание оценочных средств полностью соответствует ФГОС по дисциплине. Фонд оценочных средств может быть использован при самостоятельной подготовке студентов, а также при текущей, промежуточной и итоговой аттестации студентов.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2003 и содержатся в файле ФОС\_физ\_Ч1.doc.

Ил. 24. Библиогр.: 11 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. М.Н. Гаршина

Ответственный за выпуск зав. кафедрой канд. физ.-мат. наук, проф. Т.Л. Тураева

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета  
© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014

## Введение

Фонд оценочных средств включает комплект контрольно-измерительных материалов курса физики по разделам «Механика. Молекулярная физика и термодинамика». Комплект контрольно-измерительных материалов позволит унифицировать и конкретизировать уровень требований преподавателей кафедры физики. Он предназначен для проверки усвоения студентами базовых положений дисциплины и умения использовать фундаментальные законы при решении конкретных задач. Содержание оценочных средств полностью соответствует ФГОС по данной дисциплине.

По степени сложности контролирующие материалы подразделяются на три уровня. Уровень А – задания с выбором ответа, используемые при тестовой форме контроля, соответствуют репродуктивному уровню сложности, связанному с воспроизведением информации. Уровень В – задачи, предполагающие решение в соответствии с установленными алгоритмами. Уровень С – творческие задачи, предполагающие самостоятельное отыскание способа их решения.

Фонд оценочных средств может быть использован при самостоятельной подготовке студентов, а также при текущем, промежуточном и итоговом контроле их знаний.

# 1. МЕХАНИКА

## 1.1. Кинематика

### Уровень А

1. Нормальное ускорение характеризует быстроту изменения...

- |                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| 1) направления скорости | 2) величины скорости               |
| 3) модуля скорости      | 4) величины и направления скорости |

2. Тангенциальное ускорение характеризует быстроту изменения...

- |                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| 1) направления скорости | 2) направления и величины скорости |
| 3) величины скорости    | 4) направление перемещения         |

3. При равномерном вращении по окружности выполняются соотношения:

- |  |   |
|--|---|
| 1) $a_n = \text{const}$ , $a_\tau = 0$ | 2) $a_n = \text{const}$ , $a_\tau = f(t)$ |
| 3) $a_n = f(t)$ , $a_\tau = f(t)$      | 4) $a_n = 0$ , $a_\tau = \text{const}$    |

4. При прямолинейном равноускоренном движении выполняются соотношения:

- |  |   |
|--|---|
| 1) $a_n = \text{const}$ , $a_\tau = 0$ | 2) $a_n = \text{const}$ , $a_\tau = f(t)$ |
| 3) $a_n = f(t)$ , $a_\tau = f(t)$      | 4) $a_n = 0$ , $a_\tau = \text{const}$    |

5. При неравномерном криволинейном движении справедливы выражения:

- |  |   |
|--|---|
| 1) $a_n = \text{const}$ , $a_\tau = 0$ | 2) $a_n = \text{const}$ , $a_\tau = f(t)$ |
| 3) $a_n = f(t)$ , $a_\tau = f(t)$      | 4) $a_n = 0$ , $a_\tau = \text{const}$    |

6. Указать характер движения в случае  $a_n = f(t)$ ,  $a_\tau = f(t)$

- 1) прямолинейное равноускоренное
- 2) равномерное вращение по окружности
- 3) неравномерное движение по окружности

- 4) неравномерное криволинейное движение
7. Указать характер движения в случае  $a_n=0$ ,  $a_\tau=\text{const}$
- 1) прямолинейное равноускоренное
  - 2) равномерное вращение по окружности
  - 3) неравномерное движение по окружности
  - 4) неравномерное криволинейное движение

8. Точка М движется по спирали с постоянной по величине скоростью в направлении, указанном стрелкой. При этом величина нормального ускорения...

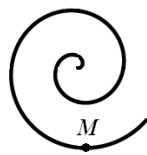


Рис.1

- 1) увеличивается
- 2) равно нулю
- 3) уменьшается
- 4) не изменяется

9. Если известна зависимость радиус-вектора частицы от времени  $\vec{r}(t)$ , то из представленных выражений количество верных утверждений равно

а)  $\vec{v} = \vec{r}$       б)  $v = \left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right|$       в)  $S = \int_{t_1}^{t_2} |\vec{r}| dt$

а)

г)  $\langle \vec{v} \rangle = \frac{\vec{r}_2(t_2) - \vec{r}_1(t_1)}{t_2 - t_1}$       д)  $\vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$

- 1) 5      2) 4      3) 3      4) 2

10. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается уравнением  $\vec{r} = 3t\vec{i} - 2t^2\vec{j}$ . Проекция скорости на ось Х равна

- 1) 1      2) 2      3) 3      4) 4

11. Зависимость радиус-вектора частицы от времени дается уравнением  $\vec{r} = 3t\vec{i} - 2t^2\vec{j}$ . Модуль ускорения равен

- 1) 4      2) 3      3) 2      4) 1

12. Лодка должна попасть на противоположный берег по кратчайшему пути. Скорость течения реки  $u$ , а скорость лодки относительно воды  $v > u$ . Модуль скорости относительно берега равен

- 1)  $v+u$       2)  $v-u$       3)  $\sqrt{v^2-u^2}$       4)  $\sqrt{v^2+u^2}$

13. Материальная точка, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, проходит путь  $S_1$  за время  $t_1$ . Путь  $S_2$  от начала движения она пройдет за время  $t_2$ , равное

- 1)  $t_2=t_1 S_1/S_2$       2)  $t_2=t_1 \sqrt{S_2/S_1}$   
 3)  $t_2=t_1 \sqrt{S_1/S_2}$       4)  $t_2=t_1 S_2/S_1$

14. Средняя скорость тела, свободно падающего с высоты  $H$  на Землю, равна

- 1)  $\sqrt{gH}$       2)  $\sqrt{2gH}$       3)  $\sqrt{gH/2}$       4)  $gH$

15. Тело движется равномерно из состояния покоя с ускорением  $a$ . Путь, пройденный за  $n$ -ю секунду равен

- 1)  $a(n-1)/2$       2)  $a \cdot n/2$       3)  $a(2n-1)/2$       4)  $a(2n+1)/2$

16. Точка движется в плоскости  $XU$  из положения с координатами  $x_1=y_1=0$  со скоростью  $\vec{v} = a \vec{i} + bx \vec{j}$  ( $a, b$ -постоянные;  $i, j$ -орты осей  $x$  и  $y$ ). Уравнение траектории точки  $y(x)$ :

- 1)  $y = x + \frac{b}{a}x^2$       2)  $y = \frac{b}{a}x^2$       3)  $y = 2abx^2$       4)  $y = 2abx$

17. Тело брошено горизонтально со скоростью  $u_0$  с высоты  $h$ . Дальность полета тела равна

- 1)  $u_0\sqrt{2gh}$     2)  $u_0\sqrt{2h/g}$     3)  $\sqrt{u_0g/h}$     4)  $\sqrt{2u_0h/g}$

18. Тело брошено под углом к горизонту. Радиус кривизны траектории  $R$  и скорость тела  $v$  связаны соотношением  $R \sim v^k$ . Значение  $k$  равно

- 1) 1    2) 2    3) 3    4) -2    5) 1/2

19. Частица ударяется о стенку под углом  $\alpha$  к ней и упруго отражается. Модуль приращения скорости  $|\Delta v|$  равен

- 1) 0    2)  $2v$     3)  $2v \cos\alpha$     4)  $2v \sin\alpha$

20. Частица движется вдоль оси  $x$  по закону  $x = -19 + 20t - t^2$ . В момент времени  $t = 5$  с проекция ускорения частицы на ось  $X$  равна

- 1) -1    2) -2    3) 2    4) 1

21. Частица из состояния покоя начала двигаться по дуге окружности радиуса  $R = 1$  м с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon = 2$  с<sup>-2</sup>. Отношение нормального ускорения к тангенциальному, через одну секунду равно...

- 1) 1    2) 2    3) 3    4) 4

22. Точка движется по окружности с угловым ускорением  $\varepsilon \sim t$ . При  $t=0$   $\omega=0$ . Модуль нормального ускорения точки  $a_n \sim t^k$ . Значение  $k$  равно

- 1) 1    2) 2    3) 1/2    4) 0

23. Точка движется по окружности с угловым ускорением  $\varepsilon \sim t$ . При  $t=0$   $\omega=0$ . Модуль тангенциального ускорения точки  $a_t \sim t^k$ . Значение  $k$  равно

- 1) 1                      2) 2                      3) 1/2                      4) 0

24. Тело вращается относительно неподвижной оси с угловым ускорением  $\varepsilon=2t^2$ . При  $t=0$   $\omega=0$ . Закон изменения угловой скорости с течением времени имеет вид

- 1)  $\omega=2t^3$     2)  $\omega=\frac{2}{3}t^3$     3)  $\omega=4t$     4)  $\omega=3t^3$

25. Твердое тело вращается по закону  $\phi=2+3t^2$ . Средняя угловая скорость за интервал времени от  $t_1=2c$  до  $t_2=4c$  равна

- 1) 18                      2) 36                      3) 50                      4) 24

26. Твердое тело вращается по закону  $\phi=3t-t^3$ . Угловое ускорение тела в момент остановки

- 1) 2                      2) 6                      3) 3                      4) -6

### Уровень В

1. Движение материальной точки описывается уравнениями  $x(t)=5\cos 2t$  см,  $y(t)=5\sin 2t$  см. Определить ускорение точки. [20 см/с<sup>2</sup> ]

2. Тело прошло половину пути со скоростью 6 м/с, а другую половину пути со скоростью 4 м/с. Чему равна средняя скорость тела на этом пути? [4,8 м/с ]



3. Велосипедист проехал первую половину времени своего движения со скоростью  $v_1 = 16$  км/ч, а вторую половину со скоростью  $v_2 = 12$  км/ч. Чему равна средняя скорость движения велосипедиста? [3,9 км/ч ]

4. Тело брошено под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью 20 м/с. Чему равен радиус кривизны траектории в точке броска и в верхней точке траектории. [47 м, 34 м]

5. Частица движется со скоростью  $\vec{v} = At(2\vec{i} + 3\vec{j} + 4\vec{k})$ ,  $A = 1$  м/с. Каков модуль ускорения в момент времени  $t = 1$  с? [5,385 м/с<sup>2</sup> ]

6. Движение частицы определяется уравнениями  $X=4t$ ,  $Y=2t^2$ . Чему равен момент времени  $t = 1$  с угол между  $\vec{v}$  и  $\vec{a}$ ? [45°]

7. Колесо радиусом  $R = 1$  м вращается так, что зависимость угла поворота от времени дается уравнением  $\phi = 3 + 2t + t^3$  (рад). Чему равно через 2 с после начала движения тангенциальное и нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса? [12 м/с<sup>2</sup> ; 2,5 м/с<sup>2</sup> ]

8. Движение тела с неподвижной осью задано уравнением  $\phi = 2\pi(6t - 3t^2)$ . Начало движения при  $t = 0$ . Сколько оборотов сделает тело до момента изменения направления вращения? [3]

9. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\phi = 6t - 2t^3$ . Чему равен модуль углового ускорения в

момент остановки тела? Каково среднее значение угловой скорости за промежуток времени от  $t = 0$  до остановки?  
[12 рад/с<sup>2</sup> ; 4 рад/с ]

10. Зависимость угла поворота колеса от времени дается уравнением  $\phi = 5 + 5t + t^3$ . Нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса, к концу второй секунды движения составило 81 м/с<sup>2</sup>. Определить радиус колеса. [0,41 м]

### Уровень С

1. Движение материальной точки задано уравнением  $x = At + Bt^2$ , где  $A = 4$  м/с;  $B = -0,05$  м/с<sup>2</sup>. Определить момент времени, в который скорость точки  $v = 0$ . Найти координату и ускорение в этот момент. [40 с; 80 м; - 0,1 м/с<sup>2</sup>]

2. Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением  $s = 5 - 3t + 2t^2 + t^3$ . Определите для тела в интервале времени от  $t_1 = 1$ с до  $t_2 = 4$ с: 1) среднюю скорость; 2) среднее ускорение. [28 м/с; 19 м/с<sup>2</sup>]

3. Путь, пройденный точкой по окружности радиусом  $R = 2$  м, выражен уравнением  $S = 3t^2 + t$ . Найти нормальное, тангенциальное и полное ускорения точки через  $t = 0,5$  с после начала движения. [  $a_n = 8$  м/с<sup>2</sup>,  $a_\tau = 6$  м/с<sup>2</sup>,  $a = 10$  м/с<sup>2</sup> ]

4. Точка движется по окружности так, что зависимость пути от времени дается уравнением  $S = 6 - 2t + t^2$  м. Найти линейную скорость точки, ее тангенциальное, нормальное и полное ускорения через  $t_1 = 3$  с после начала движения, если известно, что нормальное ускорение точки при  $t_2 = 2$  с равно

$a_n = 0,5 \text{ м/с}^2$ . [  $v = 4 \text{ м/с}$ ,  $a_\tau = 2 \text{ м/с}^2$ ,  $a_n = 2 \text{ м/с}^2$ ,  $a = 2,83 \text{ м/с}^2$  ]

5. Радиус-вектор частицы изменяется по закону  

$$\vec{r} = 3t^2 \vec{i} + 2t \vec{j} + 1k \quad (\text{м}).$$
 Найти: а) векторы скорости  $\vec{v}$  и ускорения  $\vec{a}$ ; б) модуль скорости  $v$  в момент  $t = 1 \text{ с}$ . [6,3 м/с]

6. С башни высотой  $h = 30 \text{ м}$  в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью  $v_0 = 10 \text{ м/с}$ . Определите: 1) уравнение траектории тела; 2) скорость тела в момент падения на землю; 3) угол, который образует скорость с горизонтом в точке его падения. [  $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ ; 26,2 м/с; 67,6° ]

7. Тело брошено под углом к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти среднее значение скорости  $\vec{v}$  за первые  $\tau$  секунд полета. [  $\vec{v} = v_0 + g \tau / 2$  ]

8. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении со скоростью  $v_0 = 30 \text{ м/с}$ . Определить скорость, тангенциальное и нормальное ускорения камня в конце второй секунды после начала движения. [35,8 м/с,  $a_\tau = 5,37 \text{ м/с}^2$ ,  $a_n = 8,22 \text{ м/с}^2$ ]

9. Камень бросают под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Сопротивлением воздуха пренебрегаем. Найти радиус кривизны траектории в момент броска и в верхней точке. [  $R = v_0^2 / g \cos \alpha$  ,  $R = v_0^2 \cos \alpha / g$  ]

10. Колесо вращается вокруг неподвижной оси так, что угол его поворота зависит от времени, как  $\varphi = Bt^2$ , где  $B = 0,20 \text{ рад/с}^2$ . Найти полное ускорение точки на ободе колеса в момент  $t = 2,5 \text{ с}$ , если линейная скорость точки в этот момент  $v = 0,65 \text{ м/с}$ . [  $0,7 \text{ м/с}^2$  ]

11. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = At - Bt^3$ , где  $A = 6,0 \text{ рад/с}$ ,  $B = 2,0 \text{ рад/с}^3$ . Найти средние значения угловой скорости и углового ускорения за промежуток времени от начала движения до остановки. Определить угловое ускорение в момент остановки тела. [  $4 \text{ рад/с}$  ,  $-6 \text{ рад/с}^2$  ,  $-12 \text{ рад/с}^2$  ]

12. Диск вращается с угловым ускорением  $\varepsilon = -2 \text{ рад/с}^2$ . Сколько оборотов  $N$  сделает диск при изменении частоты вращения от  $n_1 = 240 \text{ мин}^{-1}$  до  $n_2 = 90 \text{ мин}^{-1}$ ? Найти время  $\Delta t$ , в течение которого это произойдет. [  $86$ ;  $7,85 \text{ с}$  ]

13. Точка движется по окружности радиусом  $R = 15 \text{ см}$  с постоянным тангенциальным ускорением. К концу четвертого оборота после начала движения линейная скорость точки  $v = 15 \text{ см/с}$ . Определите нормальное ускорение точки через  $t = 16 \text{ с}$  после начала движения. [  $1,5 \text{ см/с}^2$  ]

14. Точка движется по окружности радиусом  $R = 2 \text{ м}$  согласно уравнению  $S = At^3$  м. В какой момент времени

нормальное ускорение точки будет равно тангенциальному? Определить полное ускорение в этот момент.  $[0,87 \text{ с}; 14,8 \text{ м/с}^2]$

15. Ротор электродвигателя, имеющий частоту вращения 955 об/мин, после выключения остановился через 10 с. Считая вращение равнозамедленным, определить угловое ускорение ротора после выключения электродвигателя. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?  $[\varepsilon = -10 \text{ рад/с}^2, N = 80 \text{ об}]$

16. Маховик, бывший неподвижным, начал вращаться равноускоренно и, сделав 40 полных оборотов, приобрёл угловую скорость  $10 \text{ рад/с}$ . Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.  $[0,2 \text{ рад/с}^2, 50 \text{ с}]$

17. Колесо радиусом  $R = 0,1 \text{ м}$  вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\phi = 3 + 2t + t^3$ . Для точек, лежащих на ободе колеса, найти через  $t = 2 \text{ с}$  после начала движения следующие величины: а) угловую скорость, б) линейную скорость, в) угловое ускорение, г) тангенциальное ускорение, д) нормальное ускорение.  $[14 \text{ рад/с}, 1,4 \text{ м/с}, 12 \text{ рад/с}^2, a_t = 1,2 \text{ м/с}^2, a_n = 19,6 \text{ м/с}^2]$

18. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$ . Найти величину и направление полного ускорения точки, находящейся на расстоянии  $0,1 \text{ м}$  от оси вращения для момента времени  $t = 4 \text{ с}$ .  $[a = 1,65 \text{ м/с}^2, \alpha = 76^\circ]$

19. Найти, во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, меньше его нормального ускорения для того момента, когда вектор

полного ускорения этой точки составляет угол  $30^\circ$  с вектором ее линейной скорости. [0,58]

## 1.2. Динамика поступательного движения

### Уровень А

1. Брусок лежит на шероховатой наклонной плоскости. Если брусок покоится, то модуль равнодействующей сил трения и реакции опоры равен

- 1)  $mg$                       2)  $F_{тр} + N$     3)  $N \cos \alpha$     4)  $F_{тр} \sin \alpha$

2. Брусок находится на горизонтальной доске с коэффициентом трения  $\mu$ , которая движется в горизонтальном направлении по закону  $x = a \sin \omega t$ . Во время движения брусок не будет соскальзывать с доски при условии

- 1)  $a\omega^2 > \mu g$               2)  $a\omega^2 < \mu g$               3)  $\omega|x| > \mu g$   
4)  $\omega|x| \leq \mu g$

3. Брусок массой  $m$  покоится на наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$ . Коэффициент трения бруска о поверхность равен  $\mu$ . Сила трения, действующая на брусок, равна

- 1)  $mg$     2)  $mg \sin \alpha$     3)  $\mu mg$     4)  $\mu mg \cos \alpha$

4. Ускорение свободного падения на поверхности некоторой планеты, средняя плотность которой равна средней плотности Земли, а радиус в  $n$  раз больше земного, равно

- 1)  $gn$                       2)  $gn^2$                       3)  $g\sqrt{n}$                       4)  $g/n$

5. На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска массы  $M$ , а на доске – брусок массы  $m$ . Коэффициент трения между доской и бруском равен  $\mu$ . Брусок начнет соскальзывать с доски, если к ней приложить горизонтальную силу, минимальная величина которой равна

- 1)  $\mu mg$       2)  $\mu g(M+m)$       3)  $\mu g(M-m)$       4)  $\mu gM$

### Уровень В

1. К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные нитью грузы: верхний массой  $m_1=0,5$  кг и нижний массой  $m_2=0,2$  кг. Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз? [4  $m/c^2$  ]

2. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы массами  $m_1=0,5$  кг и  $m_2=0,2$  кг. Каким будет показание весов во время движения грузов? Массой блока пренебречь. [5,72 Н]

3. Молот массой  $m=1$ т падает с высоты  $h=2$ м на наковальню. Длительность удара  $t=0,01$ с. Определить среднее значение силы удара. [6,34·10<sup>5</sup> Н]

4. Наклонная плоскость, образующая угол  $30^\circ$  с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время  $t=2$ с. Определить коэффициент трения тела о плоскость. [0,47]

5. Материальная точка массой 1 кг, двигаясь равномерно, описывает четверть окружности радиусом 1,2м в

течение времени  $t=2\text{с}$ . Найти изменение импульса точки.  
 $[1,33 \text{ кг}\cdot\text{м/с}]$

6. Автомобиль идет по закруглению шоссе, радиус кривизны которого равен 200 м. При гололеде коэффициент трения колес о покрытие дороги равен 0,1. При какой скорости автомобиля начнется его занос?  $[14 \text{ м/с}]$

7. На горизонтальной плоской поверхности расположены два соприкасающихся бруска с массами  $m_1=2\text{кг}$  и  $m_2=3\text{кг}$  (рис.2). Второй брусок толкают с силой  $F_0=10\text{Н}$ .

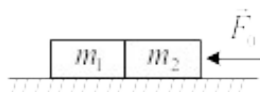


Рис.2

Найдите силу, с которой бруски давят друг на друга, если коэффициент трения между первым бруском и плоскостью  $\mu_1=0,1$ , а между вторым бруском и плоскостью  $\mu_2=0,2$ .  
 $[2,8 \text{ Н}]$

8. Шар массой  $m$ , двигаясь со скоростью  $u_0$ , упруго ударяется о гладкую неподвижную стенку так, что скорость его направлена под углом  $\alpha$  к нормали. Определить импульс  $P$ , получаемый стенкой.  $[P=2mv \cos \alpha]$

9. Тело массой  $m$  движется в плоскости XY по закону  $x=A\cos\omega t$ ,  $y=B\sin\omega t$ , где  $A$ ,  $B$  и  $\omega$  – некоторые постоянные. Определите модуль силы, действующей на это тело.  $[F=m\omega^2\sqrt{x^2+y^2}]$

10. Тело массой  $m$  брошено под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $u_0$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти: а) импульс силы  $F\Delta t$ , действующей на тело



за время его полета; б) приращение  $\Delta P$  импульса тела за время полета. [  $F\Delta t = \Delta P = 2mv_0 \sin \alpha$  ]

### Уровень С

1. Под каким углом  $\alpha$  к горизонту нужно тянуть тяжелый ящик массы  $m$  для того, чтобы передвигать его волоком по горизонтальной поверхности с наименьшим усилием, если коэффициент трения равен  $\mu$ ? Найти значение этой минимальной силы. [ $F_{\min}=mgsina$ ,  $\alpha=arctg\mu$ ]

2. На наклонной плоскости (рис.3) лежит брусок массой  $m$ . К нему приложена сила  $F=2mg$ , направленная вдоль наклонной плоскости в сторону ее вершины.

Коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью  $\mu=\sqrt{3}/3$ . При каком угле наклона ускорение бруска будет минимальным и чему равно это ускорение? [ $\alpha=60^0$ ,  $a=8,5 \text{ м/с}^2$ ]

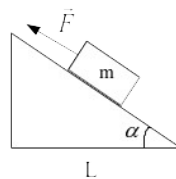


Рис.3

3. Чему должен быть равен коэффициент трения между шинами и поверхностью наклонной дороги с уклоном  $\alpha=30^0$ , чтобы автомобиль мог двигаться по ней вверх с ускорением  $a=0,6 \text{ м/с}^2$ ? [ $0,65$ ]

4. На автомобиль массой  $m=1 \text{ т}$  во время движения действует сила трения, равная 10% от его силы тяжести. Найдите силу тяги, развиваемую мотором автомобиля, если автомобиль движется с ускорением  $a=1 \text{ м/с}^2$  в гору с уклоном 1 м на каждые 25 м пути. [ $2,4 \text{ кН}$ ]

5. На горизонтальной поверхности стола лежат два одинаковых бруска массой 1кг каждый (рис. 4). Бруски связаны нерастяжимой нитью, такая же нить связывает один из брусков с грузом массой  $m=0,5 \text{ кг}$ . Коэффициент трения первого

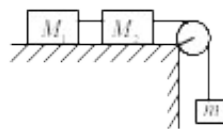
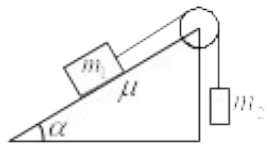


Рис.4

бруска о стол  $\mu_1=0,1$  , второго бруска  $\mu_2=0,15$  . Найдите силу натяжения нити между брусками. (Массой блока пренебречь). [2,7 Н].

6. Найти ускорение грузов в системе, если известны массы грузов  $m_1$  и  $m_2$  ( $m_2>m_1$ ) и угол  $\alpha$ , образуемый наклонной плоскостью с горизонтом (рис.5). Рассмотреть задачу при наличии трения.



$$a = \frac{m_2 - m_1(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m_1 + m_2} g$$

[

7. Через невесомый блок, укрепленный на краю горизонтального стола, перекинута нерастяжимая легкая нить, связывающая грузы с массами  $m_1$

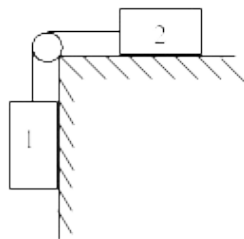


Рис.6

$=1\text{кг}$  и  $m_2 = 2\text{кг}$  (рис.6). Стол движется вверх с ускорением

$a_0 = 1\text{м/с}^2$ . Найти ускорение груза  $m_1$  относительно стола ( $a'$ ) и относительно земли ( $a$ ). Трением пренебречь. [

$$a' = \frac{m_1(g + a_0)}{m_1 + m_2} = 3,6 \quad \text{м/с}^2; \quad a = \frac{m_1 g - m_2 a_0}{m_1 + m_2} = 2,6 \quad \text{м/с}^2]$$

8. Диск радиусом  $R = 0,4$  м вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая коэффициент трения  $\mu = 0,4$ , найти частоту  $n$  вращения, при которой кубик соскальзывает с диска. Решить задачу двумя способами: в неподвижной системе отсчета и в системе отсчета, связанной с диском. [ $n = 0,5 \text{ с}^{-1}$ ]

9. Горизонтальный диск вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей

через его центр. По одному из диаметров диска движется тело массой  $m$  с постоянной относительно диска скоростью  $v'$ . Найти силу, с которой диск действует на это тело в момент, когда оно находится на расстоянии  $R$  от оси вращения.

$$\left[ F = m \sqrt{g^2 + \omega^4 R^2 + (2v' \omega)^2} \right]$$

10. Небольшое тело падает без начальной скорости на Землю на экваторе,  $h = 10$  м. В какую сторону и на какое расстояние  $x$  отклонится тело от вертикали за время падения?

Сопротивлением воздуха пренебречь.  $\left[ x = (2h\omega \sqrt{2hl/g})/3 \right]$

11. Ракета массой  $m = 3$  т, запущенная с поверхности Земли вертикально вверх, поднимается с ускорением  $a = 2g$ . Скорость  $u$  струи газов, вырывающихся из сопла, равна 1,2 км/с. Найти расход  $\mu$  горючего.  $\left[ \mu = m(g+a)/u \right]$

12. Найти ускорение и скорость тележки, движущейся под действием горизонтальной силы  $F$ , если на тележке лежит песок, который высыпается через отверстие в платформе тележки со скоростью  $\mu$  кг/с. В начальный момент тележка

имела скорость  $v_0 = 0$  и массу  $m_0$ .  $\left[ a = \frac{F}{m_0 - \mu \cdot t} ; \right]$

$$v = \frac{F}{\mu} \ln \frac{m_0}{m_0 - \mu \cdot t} \left. \right]$$

### 1.3. Работа, энергия, законы сохранения

#### Уровень А

1. Горизонтально летящая пуля застревает в лежащем на горизонтально гладкой поверхности бруске такой же массы, сообщая ему некоторую скорость. Если массу пули увеличить вдвое, то скорость бруска:

- 1) увеличится в  $4/3$  раза      2) уменьшится в  $4/3$  раза  
 3) увеличится в 2 раза      4) уменьшится в 2 раза

2. Ракета, поднимающаяся вертикально вверх со скоростью  $v$  разрывается на три осколка. Если два осколка массы  $m$  каждый разлетаются горизонтально в противоположные стороны с одинаковой скоростью, то скорость третьего осколка массой  $2m$  равна

- 1)  $\vec{v}$       2)  $2\vec{v}$       3)  $-2\vec{v}$       4)  $4\vec{v}$

3. Молекула массы  $m$ , летящая со скоростью  $v$  ударяется о стенку сосуда под углом  $\alpha$  к нормали и под таким же углом отскакивает от нее без потери скорости. Модуль изменения импульса молекулы за время удара равен

- 1) 0      2)  $2mv \cos \alpha$       3)  $mv \cos \alpha$       4)  $2mv \sin \alpha$

4. Материальная точка массой  $m$  равномерно движется по окружности со скоростью  $v$ . Изменение импульса за одну четверть периода равно

- 1)  $mv$       2)  $2mv$       3)  $\sqrt{2}mv$       4)  $4mv$

5. Шар массой  $m$ , двигавшийся со скоростью  $v$ , сталкивается с неподвижным шаром такой же массы. В результате абсолютно упругого центрального удара первый шар

- 1) будет продолжать двигаться в прежнем направлении со скоростью  $v/2$ ,  
 2) начнет двигаться в противоположную сторону со скоростью  $2v$ ,

3) начнет двигаться в противоположную сторону со скоростью  $v$ ,

4) остановится.

6. Тело движется вдоль оси  $X$  под действием силы, зависимость проекции которой от координаты  $x$  представлена на рисунке. Работа силы на пути  $l=l_1+l_2+l_3$  определяется выражением...

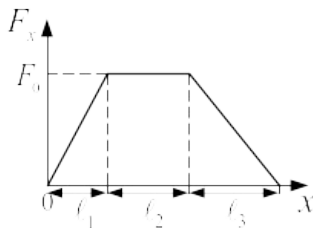


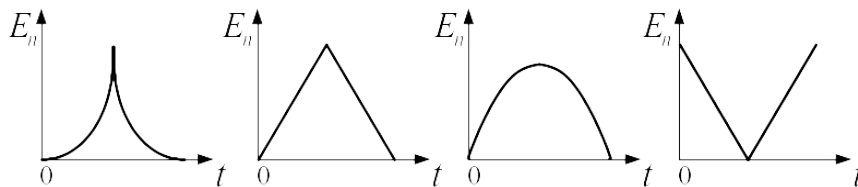
Рис.7

- 1)  $(l_1+l_2+l_3)F_0$
- 2)  $(l_1+2l_2+l_3)F_0$
- 3)  $\frac{(l_1+2l_2+l_3)}{2}F_0$
- 4)  $\frac{(l_1+l_2+l_3)}{2}F_0$

7. Мяч, брошенный с высоты 5 м, после упругого удара о землю подпрыгивает на высоту 10 м. Начальная скорость мяча составляет

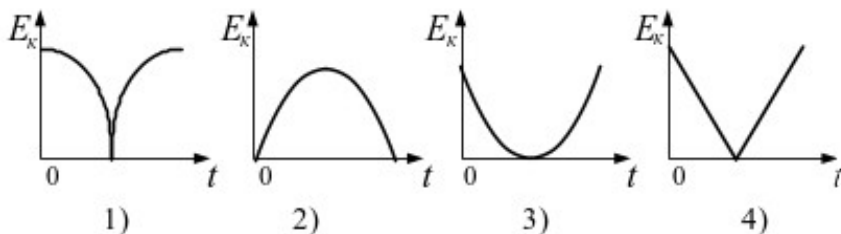
- 1) 2
- 2) 4
- 3) 8
- 4) 10

8. Тело брошено вертикально вверх. График зависимости потенциальной энергии от времени показан на рисунке

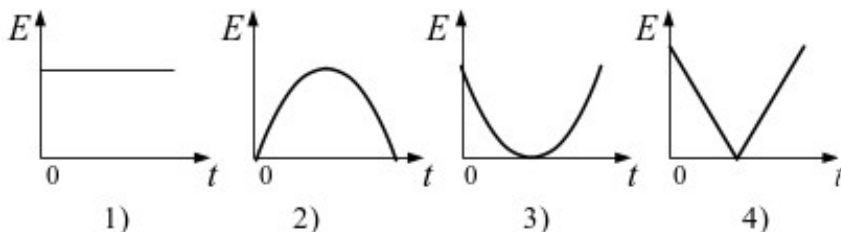


- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

9. Тело брошено вертикально вверх. График зависимости кинетической энергии от времени показан на рисунке



10. Тело брошено свободно вертикально вверх. Зависимости полной механической энергии от времени соответствует график



### Уровень В

1. Тело массой  $m = 1,0$  кг падает с высоты  $h = 20$  м. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти: среднюю по времени мощность  $\langle N \rangle$ , развиваемую силой тяжести на пути  $h$ ; мгновенную мощность  $N$  на высоте  $h/2$ . [97 Вт; 137 Вт]

2. Вычислить работу, совершаемую на пути  $S=12$ м равномерно возрастающей силой, если в начале пути сила  $F_1=10$  Н, в конце пути  $F_2=46$  Н. [336 Дж]

3. Шар массой  $m$  неупруго сталкивается с неподвижным шаром втрое большей массы. Какова доля первоначальной энергии шара, перешедшей в тепло? [1/3]

4. При центральном упругом ударе движущееся тело массой  $m_1$  ударяется в покоящееся тело массой  $m_2$ , в результате чего скорость первого тела уменьшается в 2 раза. Чему равно отношение  $m_1/m_2$ ? [3]

5. Два шарика с массами 3 кг и 5 кг движутся по гладкой горизонтальной поверхности навстречу друг другу со скоростями 4 м/с и 6 м/с соответственно. Найти изменение внутренней энергии шаров после неупругого столкновения. [94 Дж]

6. Известно, что для сжатия пружины на 10 см требуется сила 5 Н. С какой скоростью вылетает из пружинного пистолета шарик массой 200 г, если пружина была сжата на 8 см? [1,3 м/с]

7. На какую величину переместится лодка длиной 6 м при переходе человека, масса которого вдвое меньше массы лодки, с носа на корму? [2 м]

8. Потенциальная энергия частицы имеет вид  $U = 2x^2 + 3y$ . Чему равна работа, совершаемая силами поля над частицей при ее перемещении из точки  $A(1,2)$  в точку  $B(2,3)$ ? [-9 Дж]

9. Для частицы массы  $m = 1$  кг известна зависимость от времени ее скорости  $\vec{v} = 2t\vec{i} + 3\vec{j}$ . Какова мощность, развиваемая силой, действующей на частицу, в момент времени  $t = 2$  с? [8 Вт]

10. Частица переместилась по некоторой траектории из точки  $B(3,4)$  в точку  $C(5,6)$ . Какую работу при этом совершила постоянная сила  $F(a,b)$ ? [ $2a + 2b$ ]



11. Частица массы  $m = 1$  кг прошла  $1/4$  окружности радиуса  $R = 1$  м, двигаясь с постоянным по модулю тангенциальным ускорением  $a_\tau = 1$  м/с<sup>2</sup> и нулевой начальной скоростью. Чему равен импульс частицы в конечной точке? [

$$\sqrt{\pi} \text{ ]}$$

12. Мяч, летящий со скоростью  $u_0 = 15$  м/с, отбрасывается ракеткой в противоположную сторону со скоростью  $u_1 = 20$  м/с. Найти изменения импульса, если изменение кинетической энергии  $\Delta W = 8,75$  Дж. [0,05 кг·м/с ]

13. В баллистический маятник длиной  $\ell = 1$  м и массой  $M = 1,5$  кг попала пуля массой  $m = 15$  г и застряла в нем. Найти скорость пули, если маятник, отклонился после удара на  $30^\circ$ . [164 м/с]

### Уровень С

1. На частицу, движущуюся горизонтально, действует сила, которая зависит от пройденного пути как  $F = \alpha \sqrt{S}$ . Найти работу, которую совершила эта сила на участке от  $S_1 = 0$

до  $S_2 = S$ . [  $\frac{2\alpha}{3} \sqrt{S^3}$  ]

2. Сила, действующая на частицу, имеет вид  $\vec{F} = b \vec{i}$ , где  $b = \text{const}$ . Вычислить работу, совершаемую над частицей этой силой на пути от точки С (1, 2, 3) м до точки D (7, 8, 9) м. [6 b Дж]

3. Тело массой  $m$  начинает двигаться под действием силы  $\vec{F} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ . Найти мощность, развиваемую силой в момент времени  $t$ . [  $N(t) = (2t^3 + 3t^5)/m$  (Вт)]

4. Материальная точка массой  $m = 1$  кг двигалась под действием некоторой силы согласно уравнению  $S = 2 - 3t + 5t^2 - t^3$ . Определить мощность  $N$ , затрачиваемую на движение точки за время, равное 1 с. [16 Вт]

5. Потенциальная энергия частицы имеет вид  $U = (kr^2)/2$ , где  $r$  – модуль радиус-вектора  $\vec{r}$  частицы;  $k$  – константа ( $k > 0$ ). Найти силу  $\vec{F}$ , действующую на частицу, и работу  $A$ , совершаемую над частицей при переходе ее из точки В(1, 2, 3) в точку С(2, 3, 4). [  $\vec{F} = -k\vec{r}$ ,  $A = -7,5 k$  ]

6. Сила упругости некоторой пружины записывается в виде  $F_x = -kx + ax^2 + bx^3$ . Записать функцию потенциальной энергии. [  $U_x = \frac{kx^2}{2} - \frac{ax^3}{3} - \frac{bx^4}{4}$  ]

7. Вагон массой  $m = 20$  т, двигаясь равнозамедленно с начальной скоростью  $v_0 = 54$  км/час, под действием силы трения  $F = 6$  кН через некоторое время останавливается. Найти работу силы трения и расстояние, которое вагон пройдет до остановки. [  $A = 2,25$  МДж;  $S = 375$  м ]

8. Пуля массой  $m = 10$  г, имеющая горизонтальную скорость  $v = 600$  м/с, пробивает подвешенный на длинной нити деревянный брусок массой  $M = 1$  кг. Скорость пули на

вылете остается горизонтальной и равной 287 м/с. На какую высоту поднимется брусок после удара. [0,49 м]

9. Тело массой  $m = 0,4$  кг скользит с наклонной плоскости высотой  $h = 10$  см и длиной  $l = 1$  м. Коэффициент трения тела на всем пути  $k = 0,04$ . Определите: 1) кинетическую энергию тела у основания плоскости; 2) путь, пройденный телом на горизонтальном участке до остановки. [0,24 Дж; 1,53 м]

10. Горизонтально летящая пуля массой 10 г попадает в центр деревянного шара, лежащего на полу, и пробивает его. Определите энергию, перешедшую в теплоту, если начальная скорость пули равна 600 м/с, а скорость пули после вылета из шара 500 м/с. Масса шара 10 кг. Трением пренебречь. [0,54 кДж].

11. Спортсмен с высоты  $h = 12$  м падает на упругую сетку. Пренебрегая массой сетки, определите, во сколько раз наибольшая сила давления спортсмена на сетку больше его силы тяжести, если прогиб сетки под действием только силы тяжести спортсмена  $x_0 = 15$  см. [в 13,7 раза]

12. Груз массой 700 кг падает с высоты 5 м для забивки сваи массой 300 кг. Найти среднюю силу сопротивления грунта, если в результате одного удара свая входит в грунт на глубину 4 см. Удар между грузом и сваем считать абсолютно неупругим. [ $6,11 \cdot 10^5$  Н]

13. Молот массой  $m_1 = 5$  кг ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса  $m_2$  наковальни равна 100 кг. Массой куска железа пренебречь. Удар неупругий. Найти КПД удара молота при данных условиях. [0,95]

14. Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 10 м/с, ударяет неподвижный шар массой 800 г. Удар прямой, абсолютно упругий. Каковы будут скорости шаров после удара? [6 м/с и 4 м/с]

15. Шар массой  $m_1 = 6$  кг движется со скоростью  $v_1 = 2$  м/с и сталкивается с шаром массой  $m_2 = 4$  кг, который движется ему навстречу со скоростью  $v_2 = 5$  м/с. Найти скорость шаров после прямого центрального удара. Удар считать абсолютно упругим. [3,6 м/с ; 3,4 м/с ]

16. Шар массой  $m_1 = 5$  кг движется со скоростью  $v_1 = 2$  м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой  $m_2 = 3$  кг. Вычислить работу, совершенную при деформации шаров при прямом центральном ударе. Удар считать неупругим. [3,75 Дж]

17. Шар массой  $m = 1,8$  кг сталкивается с покоящимся шаром большей массы  $M$ . В результате прямого упругого удара шар потерял  $\eta = 0,36$  своей кинетической энергии. Определить массу большего шара. [16,2 кг]

18. На железнодорожной платформе, движущейся по инерции со скоростью  $v_0 = 3$  км/ч, укреплено орудие. Масса платформы с орудием  $M = 10$  т. Ствол орудия направлен в сторону движения платформы. Снаряд массой  $m = 10$  кг вылетает из ствола под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Определить скорость снаряда (относительно Земли), если после выстрела скорость платформы уменьшилась в  $n = 2$  раза. [830 м/с ]

19. Пуля массой  $m = 15$  г, летящая горизонтально со скоростью  $v = 200$  м/с, попадает в баллистический маятник

длиной  $l = 1$  м и массой  $M = 1,5$  кг и застревает в нем. Определите угол отклонения маятника. [36,9°]

20. Горизонтально летящая пуля массой 10 г попадает в центр деревянного шара, лежащего на полу, и пробивает его. Определите энергию, перешедшую в теплоту, если начальная скорость пули равна 600 м/с, а скорость пули после вылета из шара 500 м/с. Масса шара 10 кг. Трением пренебречь. [0,54 кДж]

21. Два шара, массами  $m_1=0,2$  кг и  $m_2=0,1$  кг, подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Первый шар отклоняют так, что его центр тяжести поднимается на высоту 4,5 см, и отпускают. На какую высоту поднимутся шары после соударения, если: а) удар упругий, б) удар неупругий? [а)  $h_1=0,005$  м,  $h_2 = 0,08$  м; б)  $h=0,02$  м]

22. Конькобежец, стоя на льду, бросил вперёд гиру массой  $m_1=5$  кг и вследствие отдачи покатился назад со скоростью  $v_2 = 1$  м/с. Масса конькобежца  $m_2=60$  кг. Определить работу  $A$ , совершённую конькобежцем при бросании гири. [640 Дж]

$$P'_1 \propto \alpha$$

$$P'_1 = P_1 \frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha + (m_2^2/m_1^2 - 1)}}{1 + m_2/m_1}$$

#### 1.4. Динамика вращательного движения

##### Уровень А

1. Момент инерции однородного тела не зависит от...
- |               |                       |
|---------------|-----------------------|
| 1) выбора оси | 2) массы тела         |
| 3) формы тел  | 4) углового ускорения |

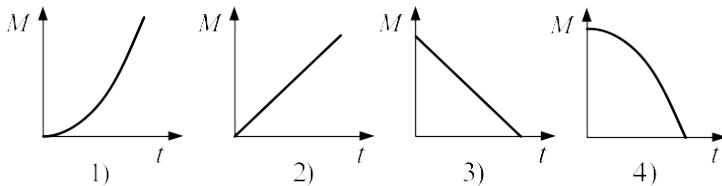
2. Уравнение динамики вращательного движения имеет вид

$$1) \vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}] \quad 2) \vec{F} = m\vec{a} \quad 3) I\vec{\varepsilon} = [\vec{r}, \vec{F}] \quad 4) \vec{L} = I\vec{\omega}$$

3. Момент силы относительно точки определяется выражением

$$1) M = F \cdot d \quad 2) \vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}] \quad 3) \vec{M} = I\vec{\varepsilon} \quad 4) \vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

4. Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону  $L = at^2$ . Укажите график, правильно отражающий зависимость от времени величины момента сил, действующих на тело.



5. Диск радиуса  $R$  и массы  $m$  может вращаться вокруг неподвижной оси. На диск намотана нить, к концу которой приложена постоянная сила  $F$ . Угловое ускорение диска при этом равно

$$1) F/m \quad 2) F/(mR) \\ 3) F/(2mR) \quad 4) 2F/(mR)$$

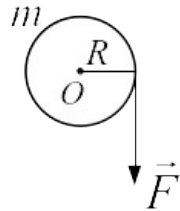


Рис.8

6. Человек сидит в центре карусели, вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси, и держит в руках длинный шест за его середину. Если он повернет шест из вертикального положения в горизонтальное, то частота вращения в конечном состоянии...

- 1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

7. Полная кинетическая энергия шара массы  $m$ , катящегося по горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ , равна

- 1)  $\frac{1}{2} mv^2$     2)  $\frac{3}{4} mv^2$     3)  $\frac{7}{10} mv^2$     4)  $mv^2$

8. Полная кинетическая энергия обруча массы  $m$ , катящегося по горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ , равна

- 1)  $\frac{1}{2} mv^2$       2)  $\frac{3}{4} mv^2$       3)  $\frac{7}{10} mv^2$       4)  $mv^2$

9. Отношение кинетической энергии вращательного движения к кинетической энергии поступательного движения катящегося по горизонтальной поверхности цилиндра, равно

- 1) 1                  2)  $\frac{1}{2}$                   3)  $\frac{1}{3}$                   4)  $\frac{1}{4}$

10. Сплошной и полый цилиндры, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатывают без проскальзывания на горку. Если начальные скорости тел одинаковы, то...

- 1) выше поднимается сплошной цилиндр  
2) выше поднимается полый цилиндр  
3) оба тела поднимаются на одну и ту же высоту

11. Шар и полая сфера, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатываются без проскальзывания на горку. Если начальные скорости этих тел одинаковы, то...

- 1) выше поднимается шар  
2) оба тела поднимаются на одну и ту же высоту  
3) выше поднимается полая сфера  
4) высоту подъема тел невозможно определить

12. Для того, чтобы раскрутить диск массы  $m_1$  и радиуса  $R_1$  вокруг своей оси до угловой скорости  $\omega$ , необходимо совершить работу  $A_1$ . Для того, чтобы раскрутить до той же угловой скорости, диск массы  $m_2 = m_1/2$  и радиуса  $R_2 = 2R_1$ , необходимо совершить работу  $A_2$ .

Соотношение между ними

- 1)  $A_2 = 2A_1$     2)  $A_2 = A_1$     3)  $A_2 = 4A_1$     4)  $A_2 = A_1/2$

13. Доля кинетической энергии вращательного движения от полной кинетической энергии катящегося по горизонтальной поверхности шара составляет

- 1)  $5/7$     2)  $3/7$     3)  $2/7$     4)  $1/7$

14. Доля кинетической энергии поступательного движения от полной кинетической энергии цилиндра, катящегося по горизонтальной поверхности, составляет

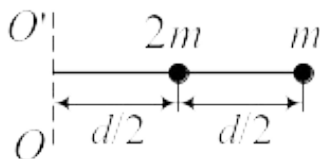
- 1)  $1/3$     2)  $2/3$     3)  $3/4$     4)  $1/2$

15. Полная кинетическая энергия диска массы  $m$ , катящегося по горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ , равна

- 1)  $1/2 mv^2$     2)  $3/4 mv^2$     3)  $7/10 mv^2$     4)  $mv^2$

### Уровень В

1. Прямолинейная однородная проволока длиной  $\ell$  и массой  $m$  согнута так, что точка перегиба делит проволоку на две части, длины которых относятся как 1:2. Чему равен момент инерции проволоки относительно оси вращения, проходящей через точку перегиба и перпендикулярной плоскости проволоки? [ $m \ell^2/9$ ]



30

Рис.9



2. Каков момент инерции системы относительно оси  $OO'$  (масса стержня  $3m$ ).  $[(5/2)md^2]$

3. Чему  
проволочного  
ее массой  $m$ ,  
 $[(5/3)md^2]$

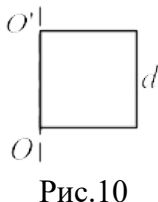


Рис.10

равен момент инерции  
квадрата со стороной  $d$   
относительно оси  $OO'$ ?

4. Пустотелый цилиндр с очень тонкими стенками имеет массу  $m$  и радиус  $R$ . Определите его момент инерции относительно оси  $OO'$ .  $[2mR^2]$

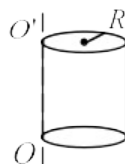


Рис. 11

5. Какова линейная скорость центра цилиндра и обруча, скатившихся без скольжения с наклонной плоскости высотой  $h = 0,1$  м.  $[\sqrt{4/3} \text{ м/с}; 1 \text{ м/с}]$

6. К маховику с моментом инерции  $J$ , вращающемуся с угловой скоростью  $\omega$ , приложили тормозную колодку. Если скорость маховика уменьшилась в 2 раза, то чему равно отношение количества выделившейся при этом теплоты к первоначальной кинетической энергии?  $[3/4]$

7. Сплошной цилиндр массы  $m$  и радиуса  $R$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси  $Z$ , совпадающей с одной из образующих цилиндрической поверхности. Определить момент импульса цилиндра.  $[3m R^2 \omega/2]$

8. Тонкий обруч радиусом 1 м, способный свободно вращаться вокруг

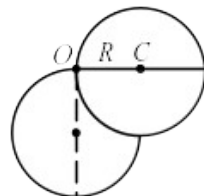


Рис. 12

горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$  перпендикулярно плоскости рисунка, отклонили от вертикали на угол  $\pi/2$  и отпустили. Чему равно в начальный момент времени угловое ускорение оброча? [5]

9. Однородный стержень длиной  $l = 1$  м и массой  $m = 1$  кг вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через его середину, под действием момента сил  $M = 0,1$  Н·м. Каково при этом угловое ускорение стержня? [ $1,2 \text{ рад/с}^2$ ]

10. Диск радиуса  $R$  и массы  $m$  может вращаться вокруг неподвижной оси. На диск намотана нить, к концу которой приложена постоянная сила  $F$ . Какова кинетическая энергия диска после того, как он совершит один оборот? [ $2\pi FR$ ]

11. Шар радиусом  $R = 10$  см и массой  $m = 5$  кг вращается вокруг оси симметрии согласно уравнению  $\phi = A + Bt^2 + Ct^3$ , где  $B = 2 \text{ рад/с}^2$ ,  $C = -0,5 \text{ рад/с}^2$ . Чему равен вращательный момент силы в момент времени  $t = 3$  с? [ $-0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ]

12. Частота вращения  $\nu$  маховика, момент инерции которого  $120 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , составляет 240 об/мин. После прекращения действия на него вращательного момента маховик под действием сил трения в подшипниках остановился за время  $t = \pi$  мин. Чему равен момент силы трения? [ $16 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ]

13. Однородный диск радиусом  $R=0.2$  м и массой  $m=5$  кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Если зависимость угловой скорости от времени определяется выражением  $\omega=A+Bt$ , где  $A=4 \text{ рад/с}$ ;  $B=8 \text{ рад/с}^2$ , то чему равна касательная сила, приложения к ободу диска? [ $4 \text{ Н}$ ]

### Уровень С

1. Рассчитайте момент инерции однородного кольца массой  $m = 1$  кг относительно оси вращения, совпадающей с его осью симметрии. Внутренний радиус кольца  $R_1 = 10$  см, внешний радиус  $R_2 = 30$  см. [ $5 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ]

2. Две частицы с массами  $m_1$  и  $m_2$  соединены жестким невесомым стержнем длиной  $l$ . Найти момент инерции  $I$  этой системы относительно перпендикулярной к стержню оси,

$$I = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} l^2$$

проходящей через центр масс. [ ]

3. Определить момент инерции тонкой прямоугольной пластины массы  $m$  с размерами  $a \times b$  относительно оси, проходящей через центр масс и перпендикулярной плоскости пластины. [  $m(a^2 + b^2)/12$  ]

4. Определите момент инерции диска относительно оси вращения, проходящей через центр диска перпендикулярно его плоскости, если в диске сделан вырез в виде круга радиусом  $r = 0,3$  м, центр которого находится на расстоянии  $\ell = 0,5$  м от центра диска (рис.13). Масса диска  $m = 10$  кг, радиус  $R = 1$  м. [ $4,75 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ]

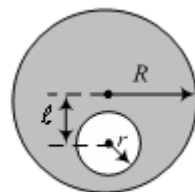


Рис.13

5. На барабан, представляющий однородный цилиндр радиусом  $R = 0,2$  м и массой  $m_1 = 9$  кг, намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m_2 = 2$  кг. Найти ускорение груза и кинетическую энергию системы, спустя время  $t = 3$  с. [ $a = 3 \text{ м/с}^2$ ,  $T = 263,3 \text{ Дж}$ ]

6. Цилиндр массой  $m_1$  катится без скольжения под действием груза массой  $m_3$  (рис.14). Масса блока  $m_2$ . Найти

ускорение центра инерции цилиндра. [ 
$$a = \frac{2m_3g}{m_2 + 2m_3 + 3m} ]$$
 ]

7. Однородный цилиндр массой  $m$  и радиусом  $R$  начинает опускаться под действием силы тяжести (рис. 14). Найти угловое ускорение цилиндра и натяжение

каждой нити. [ 
$$\varepsilon = \frac{2g}{3R} ; \quad T = \frac{1}{6}mg ]$$
 ]

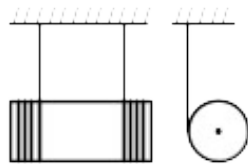


Рис.14

8. В установке, показанной на рисунке, известны масса однородного сплошного цилиндра  $m$ , его радиус  $R$  и массы тел  $m_1$  и  $m_2$ . Найти угловое ускорение цилиндра и отношение сил натяжений  $T_2/T_1$  вертикальных участков нити в процессе движения.

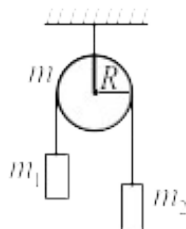


Рис.15

9. На стержень радиусом  $r$  наглухо насажен сплошной диск радиусом  $R$  и массой  $m$ . К стержню прикреплены нити, при помощи которых диск подвешивается к штативу (рис. 16). Найти ускорение, с которым опускается диск. Массой стержня пренебречь. [ 
$$a = g / (1 + R^2 / 2r^2) ]$$
 ]

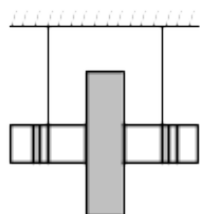


Рис.16

10. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\phi = 2 + 32t - 4t^2$  (рад). Найти среднюю мощность, развиваемую силами, действующими на маховик при его вращении до остановки, если его момент инерции  $I = 100 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . [12,8 кВт]

11. Для определения мощности мотора на его шкив диаметром  $d = 20$  см накинута лента. К одному концу ленты прикреплен динамометр, к другому подвесили груз массой  $m = 1$  кг. Найти мощность  $N$  мотора, если мотор вращается с частотой  $n = 24 \text{ с}^{-1}$  и показание динамометра  $F = 24$  Н.

$$[ N = \pi \cdot n d (F - mg) = 211 \text{ Вт} ]$$

12. Кинетическая энергия вращающегося маховика равна 1 кДж. Под действием тормозящего момента маховик начал вращаться равнозамедленно и, сделав  $N=80$  оборотов, остановился. Определить момент силы торможения. [2 Нм]

13. Человек стоит на скамье Жуковского и держит в руках стержень, расположенный вертикально вдоль оси вращения скамейки; стержень служит осью вращения колеса, расположенного на верхнем конце стержня. Скамья неподвижна, колесо вращается с частотой  $n_1 = 10 \text{ с}^{-1}$ . Радиус колеса равен 20 см, его масса  $m = 3$  кг. Определить частоту вращения  $n_2$  скамьи, если человек повернет стержень на угол  $180^\circ$ ? Суммарный момент инерции человека и скамьи равен 6 кг·м<sup>2</sup>. [  $n_2 = 2mR^2 n_1 / I$  ]

14. На скамье Жуковского стоит человек и держит в вытянутых руках гири по 10 кг каждая (рис. 17). Расстояние от каждой гири до оси вращения скамьи  $\ell_1 = 50$  см. Скамья вращается с частотой  $n_1 = 1 \text{ с}^{-1}$ . Как изменится частота вращения скамьи и какую работу произведет человек, если он сожмет руки так, что расстояние от каждой гири до оси уменьшится до  $\ell_2 = 20$  см? Суммарный момент инерции человека и скамьи



Рис. 17

относительно оси вращения  $I_0 = 2,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .  $[n_2 = 2,3 \text{ с}^{-1}, A = 190 \text{ Дж}]$

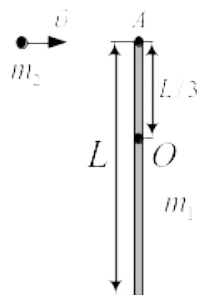
15. На краю вращающегося достаточно большого горизонтального диска, имеющего радиус  $R$  и момент инерции  $I_1$ , стоит человек массой  $m$ . Диск совершает  $n_1$  об/мин. Как изменится скорость вращения диска, если человек перейдет от края диска к центру? Какую работу совершит человек при переходе? Размерами человека по сравнению с радиусом диска можно пренебречь.  $[n_2 = n_1(1 + mR^2/I)]$  ;

$$A = 2\pi^2 n_1^2 \left( I + mR^2 \right) \frac{mR^2}{I} ]$$

16. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом  $R=2 \text{ м}$ , стоит человек. Масса платформы  $M=240 \text{ кг}$ , масса человека  $m=80 \text{ кг}$ . Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти с какой угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью  $v=2 \text{ м/с}$  относительно платформы.  $[0,25 \text{ рад/с}]$

17. Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч массой  $m = 0,4 \text{ кг}$ , летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $v=20 \text{ м/с}$ . Траектория мяча проходит на расстоянии  $r = 0,8 \text{ м}$  от вертикальной оси вращения скамьи. Суммарный момент инерции человека и скамьи относительно этой оси равен  $6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ . Найдите кинетическую энергию системы после того, как человек поймает мяч.  $[6,55 \text{ Дж}]$

18. Однородный тонкий стержень массой  $m_1 = 0,2 \text{ кг}$  и длиной  $L$  может



свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через точку  $O$  (рис.18). В точку  $A$  на конце стержня попадает пластилиновый шарик, летящий горизонтально со скоростью  $v = 10$  м/с, и прилипает к стержню. Масса шарика  $m_2 = 10$  г, расстояние между точками  $A$  и  $O$  равно  $L/3$ . Определите кинетическую энергию стержня после удара. [2,38·10<sup>2</sup> Дж]

19. Два горизонтальных диска свободно вращаются в разных направлениях вокруг вертикальной оси, проходящей через их центры. Массы дисков равны 10 кг и 40 кг, их радиусы 0,2 м и 0,1 м, угловые скорости 10 рад/с и 20 рад/с соответственно. После падения верхнего диска на нижний оба диска благодаря трению между ними начали через некоторое время вращаться как единое целое. Найдите изменение суммарной кинетической энергии дисков. [95 Дж]

20. Покоящийся стержень длиной  $L = 1,5$  м и массой  $m_1 = 10$  кг подвешен шарнирно за верхний конец. В середину стержня ударяет пуля массой  $m_2 = 10$  г, летящая горизонтально со скоростью  $v = 500$  м/с, и застревает в стержне. На какой угол отклонится стержень после удара? [ $\approx 13^\circ$ ]

21. Горизонтальная платформа, имеющая форму диска, может свободно вращаться вокруг вертикальной оси симметрии. На краю платформы стоит человек. Определите кинетическую энергию платформы после того, как человек спрыгнет с нее со скоростью  $v = 4$  м/с, направленной по касательной к краю платформы. Масса платформы равна 240 кг, масса человека 70 кг. [327 Дж]

22. Однородный диск массой  $m_1 = 2$  кг и радиусом  $R = 20$  см вращается с частотой  $n = 1$  об/с вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. С высоты  $h = 44$  см на край диска падает кусок

пластилина массой  $m_2 = 100$  г и прилипает к нему. Найдите потерю механической энергии системы. [0,242 Дж]

23. Два горизонтально расположенных диска свободно вращаются вокруг вертикальной оси, проходящей через их центры. Моменты инерции дисков относительно этой оси равны  $J_1$  и  $J_2$ , а угловые скорости  $\omega_1$  и  $\omega_2$ . После падения верхнего диска на нижний оба диска благодаря трению между их поверхностями начинают вращаться как единое целое. Найти установившуюся угловую скорость дисков и приращение кинетической энергии вращения этой системы. [

$$\omega = \frac{J_1 \omega_1 + J_2 \omega_2}{J_1 + J_2} \quad ]$$

24. Бревно высоты  $h = 3$  м и массы  $m = 50$  кг начинает падать из вертикального положения на землю. Определить скорость верхнего конца и момент импульса бревна в момент падения на землю. [9,5 м/с; 475 кг·м<sup>2</sup>/с]



## 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

### 2.1. Молекулярно-кинетическая теория газов

#### Уровень А

1. Приведены следующие выражения, описывающие свойства идеального газа:

а) собственный объем молекул газа пренебрежимо мал по сравнению с объемом сосуда;

б) между молекулами газа отсутствуют силы взаимодействия;

в) внутренняя энергия определяется потенциальной энергией взаимодействия между молекулами;

г) внутренняя энергия определяется потенциальной энергией взаимодействия между молекулами и кинетической энергией их движения;

д) внутренняя энергия определяется кинетической энергией движения молекул газа;

е) столкновения молекул газа между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие.

Верными из них являются:

1) а, г, е      2) а, б, г, е      3) а, б, д, е      4) а, б, в, е

2. В газовом процессе, для которого плотность  $\rho \sim T^{-1}$ , с увеличением температуры давление

1) увеличивается пропорционально  $T$

2) уменьшается пропорционально  $T^{-1}$

3) остается неизменным

4) увеличивается пропорционально  $T^2$

3. Как изменится температура идеального газа, если уменьшить его объем в 2 раза при осуществлении процесса, в котором давление и объем связаны соотношением  $pV^2 = \text{const}$ ?

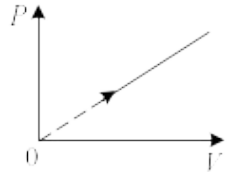
1) увеличится в 4 раза      2) уменьшится в 2 раза

3) увеличится в 2 раза      4) уменьшится в 4 раза

4. Одновременно с возрастанием концентрации молекул уменьшается средняя энергия поступательного движения одной молекулы, если процесс

- 1) изохорический
- 2) изобарический
- 3) изотермический
- 4) адиабатный

5. В процессе, график которого представлен на рисунке 19, давление  $P \sim T^n$ .



Значение  $n$  равно

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 1/2
- 4) -1

Рис.19

6. Давление газа на стенки сосуда

- 1) пропорционально  $v$
- 2) не зависит от  $v$
- 3) пропорционально  $v$
- 4) пропорционально  $v^2$

7. При уменьшении средней кинетической энергии поступательного движения молекулы идеального газа в 3 раза его давление

- 1) уменьшилось в 3 раза
- 2) уменьшилось в 9 раз
- 3) увеличилось в  $\sqrt{3}$  раз
- 4) уменьшилось в  $\sqrt{3}$  раз

раз

8. В результате уменьшения объема газа в 3 раза и увеличения средней кинетической энергии его молекул в 2 раза давление газа

- 1) не изменилось
- 2) увеличилось в 2 раза
- 3) увеличилось в 3 раза
- 4) увеличилось в 6 раз

9. Если число ударов молекул о стенку сосуда за 1 с при изобарном процессе изменяется с температурой по закону  $Z \sim T^k$ , то значение  $k$  равно

- 1) 1
- 2) 1/2
- 3) -1/2
- 4) 2

10. Давление газа на стенки сосуда

- 1) пропорционально  $v$                       2) не зависит от  $v$   
3) пропорционально  $\sqrt{2v}$                       4) пропорционально  $v^2$

11. При уменьшении средней кинетической энергии поступательного движения молекулы идеального газа в 3 раза его давление

- 1) уменьшилось в 3 раза                      2) уменьшилось в 9 раз  
3) увеличилось в  $\sqrt{3}$  раз                      4) уменьшилось в  $\sqrt{3}$  раз

12. В результате уменьшения объема газа в 3 раза и увеличения средней кинетической энергии его молекул в 2 раза давление газа

- 1) не изменилось                      2) увеличилось в 2 раза  
3) увеличилось в 3 раза                      4) увеличилось в 6 раз

13. Если число ударов молекул о стенку сосуда за 1 с при изобарном процессе изменяется с температурой по закону  $Z \sim T^k$ , то значение  $k$  равно

- 1)                      2) 1/2                      3) -1/2                      4) 2

14. Среднеквадратичная скорость молекул идеального газа в зависимости от температуры определяется по формуле:

- 1)  $\sqrt{2RT/M}$                       2)  $\sqrt{\rho RT/M}$                       3)  $\sqrt{3RT/M}$                       4)  $\sqrt{8RT/(\pi M)}$

15. При увеличении температуры идеального газа в два раза среднеквадратичная скорость движения его молекул

- 1) увеличится в 2 раза      2) увеличится в 4 раза  
3) увеличится в  $\sqrt{2}$  раз      4) уменьшится в  $\sqrt{2}$  раз

16. При увеличении температуры идеального газа в два раза среднеквадратичная скорость движения его молекул

- 1) увеличится в 2 раза      2) увеличится в 4 раза  
3) увеличится в  $\sqrt{2}$  раз      4) уменьшится в  $\sqrt{2}$  раз

17. Если скорость движения молекул газа увеличилась в 2 раза, то его температура

- 1) увеличилась в 2 раза      2) увеличилась в 4 раза  
3) увеличилась в  $\sqrt{2}$  раз      4) уменьшилась в 2 раза

18. Представленным кривым Максвелла распределения соответствуют параметры

- 1)  $T_1 = T_2, M_1 > M_2$   
2)  $T_1 = T_2, M_2 > M_1$   
3)  $M_1 = M_2, T_1 > T_2$   
4)  $M_1 = M_2,$   
5)  $M_1 = M_2, T_2 > T_1$

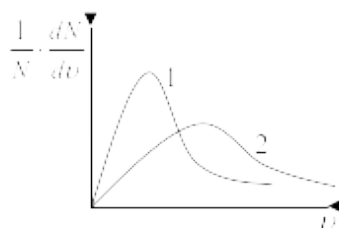


Рис.20

18. Площадь под кривой распределения молекул по скоростям для этого газа

- 1) увеличивается при увеличении температуры  
2) увеличивается при уменьшении давления  
3) зависит от соотношения значений  $T$  и  $P$

4) остается постоянным

19. Функция распределения молекул по скоростям определяет

1) число молекул, скорости которых лежат в интервале от  $v$  до  $v+dv$  ;

2) относительное число молекул, имеющих скорость  $v$

3) число молекул, имеющих скорость  $v$  .

4) относительное число молекул, скорости которых лежат в интервале от  $v$  до  $v+dv$

20. Из распределения Больцмана следует, что при постоянной температуре плотность газа

1) больше там, где меньше потенциальная энергия его молекул;

2) больше там, где больше потенциальная энергия его молекул;

3) меньше там, где меньше потенциальная энергия его молекул;

4) не зависит от потенциальной энергии его молекул.

21. На рисунке представлена зависимость концентрации броуновских частиц различной массы при разной температур от высоты. Кривым 1 и 2 соответствуют условия:

а)  $m_1 > m_2, T_1 = T_2$

б)  $m_2 > m_1, T_1 = T_2$

в)  $m_1 = m_2, T_1 > T_2$

г)  $m_1 = m_2, T_2 > T_1$

1) а, б

2) б, в

3) в, г

4) а,

г

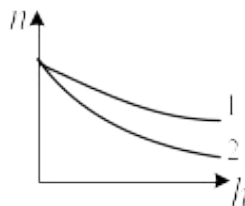


Рис.21

22. Средняя длина свободного пробега молекул газа уменьшается

- 1) при изотермическом расширении
- 2) при изобарном нагревании
- 3) при изохорном нагревании
- 4) при изотермическом увеличении давления

23. Если в результате протекания изотермического процесса давление газа увеличилось в  $k$  раз, то длина свободного пробега его молекул

- 1) увеличилась в  $k$  раз
- 2) уменьшилась в  $k$  раз
- 3) увеличилась в  $\sqrt{k}$  раз
- 4) уменьшилась в  $k^2$  раз

24. Внутреннее трение в газах обусловлено:

- 1) силами межмолекулярного взаимодействия;
- 2) переносом импульса упорядоченного движения молекул;
- 3) переносом энергии молекул;
- 4) переносом массы молекул из одного слоя в другой.

25. Теплопроводность в газах обусловлена

- 1) силами межмолекулярного взаимодействия;
- 2) переносом импульса упорядоченного движения молекул;
- 3) переносом энергии молекул;
- 4) переносом массы молекул из одного слоя в другой.

26. Явление диффузии обусловлено:

- 1) силами межмолекулярного взаимодействия;

- 2) переносом импульса упорядоченного движения молекул;  
3) переносом энергии молекул;  
4) переносом массы молекул из одного слоя в другой.

27. Явления переноса характеризуются коэффициентом вязкости (а), коэффициентом диффузии (б), коэффициентом теплопроводности (в).

Из них не зависят от плотности газа:

- 1) а      2) б      3) в      4) все зависят

28. Согласно закону Больцмана о равномерном распределении по степеням свободы молекул на каждую степень свободы приходится энергия, равная

- 1)  $kT/2$       2)  $3kT/2$       3)  $RT$       4)  $m_0 u_k^2/2$

29. Отношение средней кинетической энергии поступательного движения молекул газа к внутренней энергии газа равно

- 1)  $(i+2)/2$       2)  $(i-3)/3$       3)  $3/i$       4)  $(i-3)/i$

30. Отношение средней кинетической энергии вращательного движения молекул газа к их внутренней энергии, выраженное через число степеней свободы, равно

- 1)  $(i+2)/2$       2)  $(i-3)/3$       3)  $3/i$       4)  $(i-3)/i$

31. Отношение средней кинетической энергии вращательного движения молекул газа к средней кинетической энергии их поступательного движения равно:

- 1)  $(i+2)/2$       2)  $(i-3)/3$       3)  $3/i$       4)  $(i+3)/2$

## Уровень В

1. В баллоне вместимостью  $V = 5$  л находится азот массой  $m = 17,5$  г. Какова концентрация  $n$  молекул азота в баллоне? [ $7,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ]

2. В сосуде вместимостью  $V = 5$  л находится кислород, концентрация молекул которого равна  $9,41 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$ . Чему равна масса газа? [ $0,00025 \text{ кг}$ ]

3. В баллоне вместимостью  $10 \text{ м}^3$  при давлении  $1,028 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и температуре  $17^\circ \text{ С}$  находится газ. Чему равно количество вещества газа? [ $400 \text{ моль}$ ]

4. Чему равна плотность  $\rho$  азота, находящегося в баллоне под давлением  $p = 2 \text{ МПа}$  при температуре  $T = 400 \text{ К}$ ? [ $16,85 \text{ кг/м}^3$ ]

5. Газ при температуре  $T = 309 \text{ К}$  и давлении  $p = 0,7 \text{ МПа}$  имеет плотность  $\rho = 12 \text{ кг/м}^3$ . Чему равна молярная масса газа? [ $0,044 \text{ кг/моль}$ ]

6. Определить плотность  $\rho$  водяного пара, находящегося под давлением  $p = 2,5 \text{ кПа}$  при температуре  $T = 250 \text{ К}$ . ( $\text{кг/м}^3$ ) [ $0,02166 \text{ кг/м}^3$ ]

7. Давление идеального газа  $2 \text{ МПа}$ , концентрация молекул  $2 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ . Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы этого газа? [ $1,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ]

8. Определите давление, если плотность идеального газа  $\rho = 6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$  и средняя квадратичная скорость его молекул  $v_{\text{КВ}} = 500 \text{ м/с}$ . [ $500 \text{ Па}$ ]



9. Чему равны средняя арифметическая  $\langle v \rangle$  и наиболее вероятная  $v_B$  скорости молекул азота при температуре  $27^\circ \text{C}$ ? [ $476 \text{ м/с}$ ;  $422 \text{ м/с}$ ]

10. На какой высоте атмосферное давление вдвое меньше  $p_0$  при  $T = 290 \text{ К}$ ? ( $\ln 0,5 = -0,7$ ) [ $\sim 6 \text{ км}$ ]

11. Барометр находится в кабине самолета, летящего на высоте  $10 \text{ км}$  при температуре  $300 \text{ К}$ . Если при уменьшении температуры на  $3 \text{ К}$  значение давления остается прежним, то насколько уменьшилась высота полета? [ $100 \text{ м}$ ]

12. Найти среднюю длину свободного пробега и частоту столкновений молекул воздуха при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы воздуха  $d = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ , масса одного моля  $M = 29 \text{ г/моль}$ . [ $93 \text{ нм}$ ]

### Уровень С

1. Плотность смеси азота и водорода при температуре  $t = 47^\circ \text{C}$  и давлении  $P = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  равна  $\rho = 0,3 \text{ г/л}$ . Найти концентрации молекул азота ( $n_1$ ) и водорода ( $n_2$ ) в смеси. [ $0,2 \cdot 10^{25}$ ;  $4,1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ]

2. Найти плотность газовой смеси, состоящей по массе из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении  $P = 100 \text{ кПа}$  и температуре  $T = 300 \text{ К}$ . [ $0,48 \text{ г/л}$ ]

3. Определить давление и молекулярную массу смеси газов, состоящей из  $10 \text{ г}$  кислорода и  $10 \text{ г}$  азота, которые

занимают объём 20 л при температуре 150°C. [ $1,18 \cdot 10^5$  Па;  $29,8 \cdot 10^{-3}$  кг/моль]

4. Какой объём занимает смесь азота массой  $m_1 = 1$  кг и гелия массой  $m_2 = 1$  кг при нормальных условиях? [6,48 м<sup>3</sup>]

5. Двухатомный газ массой  $m = 1$  кг находится под давлением  $P = 80$  кПа и имеет плотность  $\rho = 4$  кг/м<sup>3</sup>. Найти энергию теплового движения молекул газа при этих условиях. [50 кДж]

6. Энергия поступательного движения молекул азота, находящегося в баллоне объёмом  $V=20$  л, равна 5 кДж, а средняя квадратичная скорость его молекул  $2 \cdot 10^3$  м/с. Найти массу азота в баллоне и давление, под которым он находится. [ $2,47 \cdot 10^{-3}$  кг;  $4,7 \cdot 10^3$  Па]

7. Определить давление, оказываемое газом на стенки сосуда, если его плотность равна 0,01 кг/м<sup>3</sup>, а средняя квадратичная скорость молекул газа составляет 480 м/с. [768 Па]

8. Определить наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа равна 0,35 кг/м<sup>3</sup>. [586 м/с]

9. Колба вместимостью  $V = 4$  л содержит некоторый газ массой  $m = 0,6$  г под давлением  $P = 200$  кПа. Определите среднюю квадратичную скорость молекул газа. [ $2 \cdot 10^3$  м/с]

10. Вычислить наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорости молекул газа, плотность

которого при нормальном атмосферном давлении  $\rho = 1,0 \text{ г/л}$ .  
[448; 506; 547 м/с]

11. На какой высоте  $h$  плотность кислорода уменьшается на 1 %? Температура кислорода  $27^\circ\text{C}$ . [78 м]

12. На сколько уменьшится атмосферное давление  $P=100 \text{ кПа}$  при подъёме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту  $h=200 \text{ м}$ ? Считать, что температура воздуха  $T=290 \text{ К}$  и не изменяется с высотой. [ $2,4 \cdot 10^3 \text{ Па}$ ]

13. На какой высоте  $h$  над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на ее поверхности? Считать, что температура воздуха равна  $290 \text{ К}$  и не изменяется с высотой. [ $5,76 \cdot 10^3 \text{ м}$ ]

14. Ротор центрифуги, заполненной радоном, вращается с частотой  $n=50 \text{ с}^{-1}$ . Радиус  $r$  ротора равен  $0,5 \text{ м}$ . Определить давление газа на стенки ротора, если в его центре давление равно нормальному атмосферному. Температуру по всему объёму считать одинаковой и равной  $300 \text{ К}$ . [ $304 \text{ кПа}$ ]

15. Барометр в кабине летящего вертолета показывает давление  $P=90 \text{ кПа}$ . На какой высоте  $h$  летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал давление  $P_0=100 \text{ кПа}$ ? Считать, что температура  $T$  воздуха равна  $290 \text{ К}$  и не изменяется с высотой. [875 м]

16. Азот находится при нормальных условиях. Найти:

а) число столкновений, испытываемых в среднем каждой молекулой за одну секунду; б) число всех столкновений, происходящих между молекулами в  $1 \text{ см}^3$  азота,

ежесекундно. Эффективный диаметр молекул принять равным  $3,75 \cdot 10^{-10}$  м. [ $0,74 \cdot 10^{10}$  с<sup>-1</sup>;  $10^{29}$  с<sup>-1</sup>·см<sup>-3</sup>]

17. Найти число столкновений, которые происходят в течение секунды между всеми молекулами, находящимися в объёме  $V=1,0$  мм<sup>3</sup> водорода при нормальных условиях. Принять для водорода  $d=2,3 \cdot 10^{-10}$  м.

18. Найти среднее число столкновений за время  $t = 1$  с и длину свободного пробега молекулы гелия, если газ находится под давлением  $P = 2$  кПа при температуре  $T = 200$  К. Диаметр молекулы гелия  $d=0,2$  нм. [93 нм]

## 2.2. Основы термодинамики

### Уровень А

1. Внутреннюю энергию идеального одноатомного газа можно рассчитать по формулам:

а)  $3kT/2$  ; б)  $mRT/M$  ; в)  $viRT/2$  ; г)  $3mRT/2M$  ;

- 1) а, б      2) б, в      3) в, г      4) а, г

2. Газ переходит из одного состояния с параметрами  $p_1, V_1, T_1$  в другое с параметрами  $p_2, V_2, T_2 = T_1$ . При этом внутренняя энергия

- 1) увеличилась в  $(p_2V_2)/(p_1V_1)$
- 2) увеличилась в  $(p_1V_2)/(p_2V_1)$
- 3) увеличилась в  $(p_2V_1)/(p_1V_2)$
- 4) осталась неизменной

3. Работа газа при изобарном процессе

- 1)  $p(V_2-V_1)$
- 2)  $(m/M)RT \cdot \ln(V_2/V_1)$
- 3)  $(m/M)C_V(T_2-T_1)$
- 4)  $(i/2) \cdot (m/M)R(T_2-T_1)$

4. Работа газа при изотермическом процессе

- 1)  $p(V_2 - V_1)$                       2)  $(m/M)RT \cdot \ln(V_2/V_1)$   
 3)  $(m/M)C_V(T_1 - T_2)$       4)  $(i/2) \cdot (m/M)R(T_2 - T_1)$

5. Объем идеального газа увеличивается от одного и того же объема и давления: а) изотермически, б) изобарически, в) по закону  $p \sim V^{-2}$ . При этом верным соотношением между работами газа в ходе одинакового изменения объема является

- 1)  $A_b > A_a > A_c$                       2)  $A_a > A_b > A_c$   
 3)  $A_b > A_c > A_a$                       4)  $A_c > A_b > A_a$

6. Газ переходит из состояния 1 в состояние 3 по пути 1-2-3 и 1-4-3. При этом справедливо утверждение

- 1)  $A_{123} = A_{143}$   
 2)  $A_{123} > A_{143}$   
 3)  $A_{123} < A_{143}$

4) для определения работы газа информации недостаточно

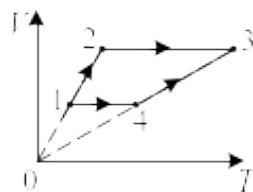


Рис.22

7. Работа изобарного расширения моля идеального газа при нагревании на 1 К

- 1)  $iR/2$                       2)  $R$       3)  $(i+2)R/2$       4)  $(i+2)R/i$

8. Работы при изотермическом расширении газа а) от 1 до 2 м<sup>2</sup> и б) от 2 до 4 м<sup>2</sup>, соотносятся

- 1)  $A_a > A_b$                       2)  $A_a < A_b$       3)  $A_a = A_b$       4)  $A_b = 2A_a$

9. Работа, совершенная над газом при уменьшении его объема от  $V_1$  до  $V_2$ , равна

- 1)  $p_1(V_2 - V_1)$                       2)  $(p_1 + p_2) \cdot (V_2 - V_1) / 2$   
 3)  $p_1 V_1 \cdot \ln(V_1/V_2)$                       4)  $(m/M)R(T_2 - T_1)$

10. Теплота, сообщенная термодинамической системе, идет только на изменение внутренней энергии, если процесс

- 1) изохорический
- 2) изобарический
- 3) адиабатный
- 4) изотермический

11. Теплота, сообщенная термодинамической системе при изобарическом процессе, идет на...

- 1) увеличение внутренней энергии;
- 2) на работу против внешних сил;
- 3) на увеличение внутренней энергии и на работу против внешних сил;
- 4) на изменение давления в системе.

12. Уравнение  $\delta Q = \delta A$  представляет собой первое начало термодинамики для...

- 1) адиабатического процесса;
- 2) изобарического процесса;
- 3) изохорического процесса;
- 4) изотермического процесса.

13. Первое начало термодинамики для адиабатного процесса

- 1)  $\delta Q = dU + \delta A$
- 2)  $\delta Q = dU$
- 3)  $\delta Q = \delta A$
- 4)  $\delta A = -dU$

14. Процесс, при котором  $Q = \Delta U + A$ , является

- 1) изохорический
- 2) изобарический
- 3) адиабатный
- 4) изотермический

15. В изобарном процессе доля теплоты, которая идет на увеличение внутренней энергии одноатомного газа, равна

- 1)  $1/5$       2)  $2/5$       3)  $3/5$       4)  $1/2$

16. Разность в количестве тепла ( $Q_p - Q_v$ ), сообщаемого моллю одноатомного идеального газа, при изобарном и изохорном нагревании на  $\Delta T$ , составляет:

- 1)  $R\Delta T$       2)  $3R\Delta T/2$       3)  $5R\Delta T/2$       4)  $0$

17. В цикле Карно абсолютную температуру нагревателя и холодильника увеличили вдвое. При этом КПД тепловой машины

- 1) уменьшился в 4 раза      2) уменьшился в 2 раза  
3) не изменился      4) увеличился в 2 раза

18. Цикл Карно представлен в координатах  $T, S$ . Адиабатное расширение системы происходит на этапе

- 1) 1      2) 2      3) 3

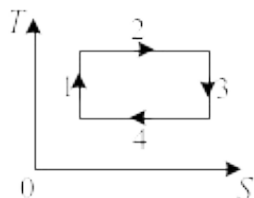


Рис.23

19. Молярная теплоемкость идеального газа при постоянном давлении вычисляется по формуле:

- 1)  $iR/2$       2)  $(i + 2) \cdot R/2$   
3)  $(i + 2) \cdot R/M$       4)  $(i + 2) \cdot R/2M$

20. Молярная теплоемкость идеального газа при постоянном объеме вычисляется по формуле:

- 1)  $iR/2$       2)  $(i + 2) \cdot R/2$   
3)  $(i + 2) \cdot R/M$       4)  $(i + 2) \cdot R/2M$

21. Удельная теплоемкость идеального газа при постоянном объеме вычисляется по формуле:

- 1)  $iR/2M$       2)  $(i + 2) \cdot R/2M$       3)  $(i + 2) \cdot R/2$       4)  $iR/2$

22. Удельная теплоемкость идеального газа при постоянном давлении вычисляется по формуле:

- 1)  $(i + 2) \cdot R/2$                       2)  $(i + 2) \cdot R/2M$   
3)  $(i + 2) \cdot R/2$                       4)  $i R/2M$

23. Теплоемкость некоторой массы газа при постоянном объеме вычисляется по формуле:

- 1)  $iR/2M$                                 2)  $(i + 2) \cdot R \cdot m/2M$   
3)  $(i + 2) \cdot R/2M$                     4)  $i \cdot R \cdot m/2M$

### Уровень В

1. Определить количество атомов в молекуле, если внутренняя энергия некоторого газа 55 МДж, а на долю энергии вращательного движения приходится 22 МДж. [2]

2. Определить количество атомов в молекуле, если внутренняя энергия некоторого газа 60 МДж, причем на долю энергии поступательного движения приходится 36 МДж. [2]

3. Определить работу, выполненную идеальным газом за один цикл, который представлен на рисунке 24. [24 МДжс]

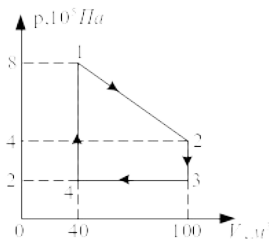


Рис.24

4. Работа при изобарном расширении двух атомного газа равна 4 МДж. Определите изменение внутренней энергии газа. [10 МДжс]



5. В результате изобарного процесса внутренняя энергия трех атомного газа изменилась на 24 МДж. Определите работу, совершенную газом. [8 МДж]

6. Работа расширения некоторого одноатомного идеального газа при изобарном процессе составляет 2 кДж. Определить количество подведенной к газу теплоты. [5 кДж]

7. В процессе изохорного нагревания кислорода объемом  $V=20$  л его давление изменилось на  $\Delta p = 100$  кПа. Какое количество теплоты было сообщено газу? [5 кДж]

8. Двухатомный идеальный газ ( $\nu=2$  моль) нагревают при постоянном объеме до  $T_1=289$  К. Чему равно количество теплоты, которое необходимо сообщить газу, чтобы увеличить его давление в 3 раза? [24 кДж]

9. Работа расширения некоторого двухатомного идеального газа составляет 4 кДж. Какое количество теплоты было сообщено газу при изотермическом и изобарном процессах? [4; 14 кДж]

10. Азот находится при температуре  $T_0$ . В результате адиабатического сжатия давление газа увеличилось в  $n$  раз. Конечная температура газа стала равной  $T_0 n^x$ . Определите  $x$ . [0,30]

11. Определите удельную теплоемкость кислорода при постоянном давлении. [909 Дж/кг·К]

12. Плотность некоторого двухатомного газа при нормальных условиях  $\rho = 1,43$  кг/м<sup>3</sup>. Чему равна его удельная теплоемкость при постоянном объеме? [650 Дж/кг·К]

13. На нагревание некоторого количества вещества массой  $0,2 \text{ кг}$  от температуры  $12^\circ \text{C}$  до  $16,4^\circ \text{C}$  потребовалось  $300 \text{ Дж}$  теплоты. Чему равна удельная теплоемкость вещества?  $[341 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}]$

14. Плотность некоторого двухатомного газа при нормальных условиях  $\rho=1,43 \text{ кг/м}^3$ . Чему равна его удельная теплоемкость при постоянном давлении?  $[900 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}]$

15. Определите удельные теплоемкости водорода при постоянном объеме и постоянном давлении.  $[10400 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}; 14600 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}]$

16. Идеальная тепловая машина в течение цикла, получает от нагревателя количество теплоты  $2095 \text{ Дж}$ . Температура нагревателя  $500 \text{ K}$ , температура холодильника  $300 \text{ K}$ . Чему равна работа такой машины за один цикл?  $[838 \text{ Дж}]$

17. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу  $200 \text{ Дж}$ . Температура нагревателя  $375^\circ \text{K}$ , холодильника  $300 \text{ K}$ . Какое количество теплоты было получено машиной от нагревателя?  $[1000 \text{ Дж}]$

18. Газ в цикле Карно с коэффициентом полезного действия  $0,8$  совершил работу  $38,4 \text{ кДж}$ . Какое количество теплоты было передано газу нагревателем?  $[48 \text{ кДж}]$

19. При изохорном нагревании одноатомного идеального газа ( $\nu=3$  моль) его термодинамическая температура увеличилась в  $n = 2$  раза. Определите изменение энтропии при этом процессе.  $[25,9 \text{ Дж/К}]$

20. Одинаковое количество одноатомного и двухатомного газов, нагревают в закрытом сосуде. Начальные и конечные температуры газа в обоих случаях одинаковы. Во сколько раз приращение энтропии во втором случае больше чем в первом? [2,5 раза]

### Уровень С

1. Определить удельные теплоёмкости  $c_p$  и  $c_v$  для газа, состоящего по массе из 85 %  $O_2$  и 15 % озона ( $O_3$ ). [6,3·10<sup>2</sup> Дж/кг·К; 8,8·10<sup>2</sup> Дж/кг·К]

2. 25 % молекул кислорода диссоциировано на атомы. Определить удельные теплоёмкости  $c_v$  и  $c_p$  такого газа. [680 Дж/кг·К; 1004 Дж/кг·К]

3. Определите удельные теплоёмкости  $c_v$  и  $c_p$  смеси углекислого газа массой  $m_1 = 3$  г и азота массой  $m_2 = 4$  г. [667 Дж/кг·К; 917 Дж/кг·К]

4. Определите показатель адиабаты  $\gamma$  смеси газов, содержащей гелий массой  $m_1 = 10$  г и водорода массой  $m_2 = 4$  г. [1,51]

5. Найти удельную теплоёмкость  $c_p$  газовой смеси, состоящей из количества  $\nu_1 = 3$  кмоль аргона и количества  $\nu_2 = 2$  кмоль гелия. [810 Дж/кг·К]

6. Найти отношение  $C_p/C_v$  газовой смеси, состоящей из  $m_1 = 8$  г гелия и  $m_2 = 16$  г кислорода. [1,59]

7. Газообразный водород, находившийся при нормальных условиях в закрытом сосуде объемом  $V = 5,0$  л, охладил на  $\Delta T = 55$  К. Найти приращение внутренней энергии газа и количество отданного им тепла. [150 Дж]

8. Идеальный газ с  $\gamma = 1,4$  расширяется изотермически от объема  $V_1 = 0,1 \text{ м}^3$  до объема  $V_2 = 0,3 \text{ м}^3$ . Конечное давление газа  $P_2 = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определить приращение внутренней энергии газа, совершенную газом работу и количество полученного газом тепла. [65,9 кДж]

9. При изобарном нагревании от 0 до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  моль идеального газа поглощает  $Q = 3,35 \text{ кДж}$  тепла. Определить: 1) значение  $\gamma$ ; 2) приращение внутренней энергии газа  $\Delta U$ ; 3) работу, совершенную газом. [1,33; 2,5 кДж; 0,85 кДж]

10. При адиабатном сжатии кислорода массой  $m = 20 \text{ г}$  его внутренняя энергия увеличилась на  $\Delta U = 8 \text{ кДж}$  и температура повысилась до  $T_2 = 900 \text{ К}$ . Найти: 1) повышение температуры  $\Delta T$ ; 2) конечное давление газа  $P_2$ , если начальное давление  $P_1 = 200 \text{ кПа}$ . [616 К]

11. Какое количество теплоты выделяется при изотермическом сжатии 10 л газа, находившегося под давлением  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , до объема 2 л? [2,4 кДж]

12. Азот занимает объем  $V_1 = 2 \text{ м}^3$  и находится под давлением  $P_1 = 10^5 \text{ Па}$ . Газ нагревают сначала при постоянном объеме до давления  $P_2 = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , а затем при постоянном давлении до объема  $V_2 = 4 \text{ м}^3$ . Масса азота  $m = 3 \text{ кг}$ . Определить изменение внутренней энергии газа, совершенную работу и количество тепла, переданное газу. [ $5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ ;  $10^6 \text{ Дж}$ ;  $6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$ ]

13. Воздух, занимавший объем  $V_1 = 10 \text{ л}$  при давлении  $P_1 = 100 \text{ кПа}$ , был адиабатно сжат до объема  $V_2 = 1 \text{ л}$ . Под каким давлением  $P_2$  находится воздух после сжатия?

14. Какая доля количества тепла  $Q$ , подводимого к идеальному газу при изобарном процессе, расходуется на увеличение  $\Delta U$  внутренней энергии и какая доля – на работу расширения? Рассмотреть три случая, если газ:

1) одноатомный; 2) двухатомный; 3) трехатомный.  
[1)  $\frac{3}{5}Q$  ;  $\frac{2}{5}Q$  ; 2)  $\frac{5}{7}Q$  ;  $\frac{2}{7}Q$  ; 3)  $\frac{3}{4}Q$  ;  $\frac{1}{4}Q$  ]

15. В закрытом сосуде объемом  $V = 10$  л находится воздух при давлении  $P = 10^5$  Па. Какое количество тепла надо сообщить воздуху, чтобы повысить давление в сосуде в 5 раз? [5 кДж]

16. Идеальный двухатомный газ в количестве  $\nu = 0,001$  кмоль совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Наименьший объём газа 10 л, наибольший – 20 л, наименьшее давление  $2,46 \cdot 10^5$  Па, наибольшее –  $4,1 \cdot 10^5$  Па. Начертить график цикла. Определить температуры газа для характерных точек цикла и его КПД. [300 К; 500 К; 1 кК; 605 К; 8,6%]

17. Один моль идеального двухатомного газа, находящийся под давлением  $P_1 = 0,1$  МПа при температуре  $T_1 = 300$  К, нагревают при постоянном объеме до давления  $P_2 = 0,2$  МПа. После этого газ изотермически расширяется до начального давления и затем изобарически сжимается до начального объема. Начертить график цикла. Определить температуру газа для характерных точек цикла и его КПД. [ $T_2 = T_3 = 600$  К; 9,9 %]

18. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура  $T_1$  нагревателя равна 470 К, температура  $T_2$  холодильника – 270 К. При изотермическом расширении газ совершает работу

$A = 100$  Дж. Определить КПД цикла и количество теплоты  $Q_2$ , которое газ отдаёт холодильнику при изотермическом сжатии. [0,4; 60 Дж]

19. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа  $A_1$  изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу  $A_2$  изотермического сжатия, если КПД цикла 0,2. [4 Дж]

20. Идеальный газ, совершающий цикл Карно,  $2/3$  количества теплоты  $Q_1$ , полученного от нагревателя, отдаёт холодильнику. Температура холодильника 275 К. Определить температуру нагревателя. [420 К]

21. Найти изменение энтропии при следующих процессах: а) при превращении 1 кг воды при 0 °С в пар при 100 °С; б) при превращении 30 г льда в пар при 100 °С, если начальная температура льда - 40 °С. [7,4 Дж/К]

22. Найти приращение энтропии одного моля углекислого газа при увеличении его абсолютной температуры в  $n = 2$  раза, если процесс нагревания: а) изохорный; б) изобарный. [17,3 Дж/К; 23,0 Дж/К]

23. Гелий массой  $m = 1,7$  г адиабатически расширили в  $n = 3$  раза и затем изобарически сжали до первоначального объема. Найти приращение энтропии газа в этом процессе.

24. Кислород массой  $M = 2$  кг увеличил свой объём в  $n = 5$  раз один раз изотермически, другой адиабатно. Найти изменение энтропии в каждом из двух процессов. [836 кДж/К; 0]

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 5 кн.: кн. 1: Механика [Текст]: учеб. пособие для втузов / И.В. Савельев. - М.: АСТ: Астрель, 2006.- 336 с.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 5-и кн.: кн. 3: Молекулярная физика и термодинамика [Текст]: учеб. пособие для втузов / И.В. Савельев. - М.: АСТ: Астрель, 2005.- 208 с.
3. Детлаф, А.А. Курс физики [Текст] : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - М. : Высшая школа, 1989. - 608 с.
4. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 560 с.
5. Яворский, Б.М. Справочник по физике [Текст]: учеб. пособие для втузов / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф - М.: Наука, 1985. – 512 с.
6. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]: пособие для втузов / В.С. Волькенштейн.- С.-Пб: Спецлит, 2002. - 327 с.
7. Чертов, А.Г. Задачник по физике [Текст]: учеб. пособие для втузов / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев – М.: Интеграл Пресс, 1997. – 544 с.
8. Трофимова, Г.И. Сборник задач по физике с решениями [Текст]: учебное пособие для вузов / Г.И. Трофимова, З.Г. Павлова – М.: Высш.шк., – 2004.- 591 с.
9. Новиков С.М. Сборник заданий по общей физике: [Текст]: учеб. пособие для вузов / С.М. Новиков. – М.: ООО «Мир и Образование», 2006. - 512 с.
10. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике [Текст]: учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. – М: Лаборатория базовых знаний,. 2001. – 432 с.
11. Гладской, В.М. Сборник задач по физике с решениями: пособие для втузов [Текст]: пособие для втузов / В.М. Гладской, П.И. Самойленко. – М.: Дрофа, 2004. – 288 с.





## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	1
1. МЕХАНИКА.....	2
1.1. Кинематика.....	2
Уровень А.....	2
Уровень В.....	6
Уровень С.....	7
1.2. Динамика поступательного движения.....	11
Уровень А.....	11
Уровень В.....	12
Уровень С.....	14
1.3. Работа, энергия, законы сохранения.....	16
Уровень А.....	16
Уровень В.....	19
Уровень С.....	21
1.4. Динамика вращательного движения.....	25
Уровень А.....	25
Уровень В.....	27
Уровень С.....	30
2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.....	36
2.1. Молекулярно-кинетическая теория газов.....	36
Уровень А.....	36
Уровень В.....	42
Уровень С.....	44
2.2. Основы термодинамики.....	47
Уровень А.....	47
Уровень В.....	51
Уровень С.....	53
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	57

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ФИЗИКЕ.  
МЕХАНИКА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА  
И ТЕРМОДИНАМИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для самостоятельной работы и тестирования знаний студентов  
всех технических направлений и специальностей  
очной формы обучения

Составители:  
Москаленко Александр Георгиевич  
Тураева Татьяна Леонидовна  
Татьянина Елена Павловна  
Пономаренко Елена Николаевна

В авторской редакции

Подписано к изданию 15.04.2014.  
Уч.-изд. л. 3,6.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный  
технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14