**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ ФИЗИКИ**

*Задания выделены желтым в конце*

Целью практических занятий является закрепление теоретического материала курса, а решение задач является проверкой степени усвоения теоретического материала.

На практических занятиях рассматриваются примеры решения типовых задач и примеры выполнения тестовых заданий по темам занятий, представленным в таблице 1. Результатом обучения на практических занятиях является выполнение индивидуального задания (варианты заданий приводятся в конце методических указаний).

**Темы практических занятий по разделам «Механика. Молекулярная физика и термодинамика» (1 семестр)**

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № занятия | Тема занятия | Основные вопросы по теме занятий |
| 1 | Кинематика и динамика поступательного и вращательного движения абсолютно твердого тела | 1. Траектория, длина пути, вектор перемещения, скорость, ускорение и его составляющие2. Угловая скорость и угловое ускорение3. Кинематические уравнения движения4. Законы Ньютона5. Момент силы, момент инерции, момент импульса относительно неподвижной оси6. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела |
| 2 | Работа и энергия. Законы сохранения в механике. Механические колебания и волны | 1. Работа силы. Кинетическая и потенциальная энергия2. Законы сохранения импульса, механической энергии, момента импульса3. Свободные гармонические колебания4. Затухающие и вынужденные механические колебания5. Волны в упругой среде |
| 3 | Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов и термодинамика | 1. Законы идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева2. Закон распределения молекул газа по скоростям3. Барометрическая формула4. Явления переноса5. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы6. Первое начало термодинамики7. Теплоемкость вещества. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам8. Круговые процессы. Цикл Карно. Энтропия |

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1**

**«Кинематика и динамика поступательного и вращательного движения абсолютно твердого тела»**

**1. Примеры решения задач**

**Задача 1**.Материальная точка движется по плоскости *ХОУ*согласно уравнениям *х=2+7t+2t2*(м)и*у=3–t+2t2* (м). Определить модули скорости и ускорения точки в момент времени*t* = 4 с.

**Дано:**

*х=*2*+*7*t–*2*t2*

*у=*3*–t+*2*t2*

*t* = 4 с

*υ* *–* ? *а* *–* ?

**Решение**

 Модули скорости *υ* и ускорения *а* определяются выражениями

, 

где *υх* и *υу* , *ах* и *ау* – соответственно проекции вектора скорости и ускорения на ось *ОХ* и *ОУ*.

Проекции вектора скорости на оси координат определяются через производную по времени от соответствующей координаты, т.е.

; .

В момент времени *t* = 4 с проекции и модуль скорости точки равны

 (м/с);  (м/с);

 (м/с).

Проекции вектора ускорения на оси координат определяются через производную по времени от соответствующей проекции скорости, т.е.

(м/с2); (м/с2).

В момент времени *t* = 4 с модуль ускорения точки равен

(м/с2).

**Задача 2**.Материальная точка движется по плоскости *ХОУ*. Её движение описывается уравнением . *А* = 0,5 м/с2; *В* = 2 м/с.

Найти зависимость . Определить через 1 с после начала движения:

1. модуль скорости;
2. модуль тангенциального и нормального ускорения;
3. модуль полного ускорения.

**Дано:**



*А* = 0,5 м/с2

*В* = 2 м/с

*t* = 1 с

*υ* *–* ? *аn* *–* ? *аτ* *–* ? *а* *–* ?

**Решение**

 Вектор скорости  определяется через производную по времени от радиус-вектора , т.е.

,

где  *–*  проекция вектора скорости на ось *ОХ;*

 *–* проекция вектора скорости на ось *ОУ.*

Модуль скорости *υ* в момент времени *t* = 1 с равен

(м/с).

Вектор ускорения определяется через производную по времени от скорости  т.е.

,

где 2*А = ах*  – проекция вектора ускорения на ось *ОХ*.

Ускорение точки  характеризуется только одной составляющей вектора вдоль оси *ОХ*,т. е. оно направлено по оси *ОХ* и равно

*а* = *ах* = 2*А =*  2·0,5 = 1(м/с2).

*α*

**

**

**

**

**

**

*О*

*У*

*Х*

Как видно из рисунка (треугольник ускорений), модуль нормального и тангенциального ускорения равен

; .

Определим из треугольника скоростей в момент времени *t* = 1 с *sin α* и *cos α*

**; *.*

(м/с2); (м/с2).

**Задача 3**. Тело массой  движется вверх по наклонной плоскости, составляющей угол  с горизонтом, под действием силы , как показано на рисунке. Определите ускорение, с которым движется тело, если коэффициент трения скольжения равен 0,2.

α

*m*

**Дано:** , ,, ?

α

*y*

*х*

*а* - ?

 **Решение**

Согласно второму закону Ньютона

.

Запишем уравнение в проекции на ось О*х*



и на ось О*у*

 .

Сила трения скольжения равна

 .

Подставим это выражение в уравнение в проекции на ось О*х*

.

Откуда 3,27 м/с2.

**Задача 4**. Диск массой *m* = 0,5 кг и диаметром *d* = 40 см вращается с угловой скоростью *ω0* = 150 с-1. При торможении он останавливается в течение времени *Δt* = 10 с. Определите среднюю величину тормозящего момента сил.

**Решение**

 Среднее угловое ускорение при равнозамедленном вращении диска определяется выражением

.

 Средняя величина момента силы относительно оси *Z* равна

,

где - момент инерции диска относительно оси *Z.*

Тогда (Нм)

**2. Примеры выполнения тестовых заданий**

**Задание 1.** Материальная точка M движется по окружности со скоростью . На рис. 1 показан график зависимости модуля скорости от времени.

*υ*

*t*

*t1*

*t2*

*t3*

*M*

4

5

*О*

1

2

3

 Рис. 1 Рис. 2

При этом вектор **полного ускорения** в момент времени *t3* на рис.2 имеет направление …

|  |  |
| --- | --- |
| **Выполнение задания.** Как видно из рисунка 1, в интервале времени, включающем момент времени *t3*, модуль скорости уменьшается, а значит, материальная точка M движется равнозамедленно и тангенциальное ускорение  направлено против движения (т.е. в направлении 4). В результате изменения направления скорости возникает нормальное ускорение , направленное | Рис.3*M**О* |

к центру окружности (в направлении 1). Полное ускорение равно , следовательно, оно имеет направление 5 (рис. 3).

Ответ: 5)

**Задание 2.** Импульс тела изменяется по закону *Р = at2*. Правильно отражает зависимость величины силы, действующей на тело, от времени график …

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *F**t* | *F**t* | *F**t* | *F**t* |

 1) 2) 3) 4)

**Выполнение задания.** Согласно второму закону Ньютона сила, действующая на тело, равна скорости изменения импульса тела

.

Величина силы  является линейной функцией от времени, следовательно, правильный ответ 2.

 Ответ: 2)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  **Задание 3.** Система состоит из трех шаров c массами *m1* = 1 кг, *m2* = 2 кг, *m3* = 3 кг, которые движутся так, как показано на рисунке. Если скорости шаров равны *υ1* = 3 м/с, *υ2* = 2 м/с, *υ3* = 2 м/с, то величина скорости **центра масс** этой системы равна… м/c.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) 13/6 | 2) 1 | 3) 5/6 | 4) 8 |

 |  *m1**m2**m3**y**x*0*υ1* |

**Выполнение задания. С**корость центра масс системы равна

,

где *mi* , ,  *–* масса, скорость и импульс *i*-ого шара;

*m –* масса всех шаров.

Так как импульс – векторная величина, находим проекции импульса шаров на координатные оси:









*0x*: *Рх = m2 υ2 =* 2·2 = 4 (кг·м/с)

*0y*: *Рy = m1 υ1 – m3 υ3* = 1·3 *–* 3·2 = - 3 (кг·м/с).

Направление вектора скорости центра масс системы 

совпадает с вектором импульса  (рис.).

Модуль вектора  вычислим по теореме Пифагора. Следовательно, величина скорости центра масс этой системы равна

 (м/с)

Ответ: 3) 5/6 м/с

**Задание 4.** Диск вращается вокруг своей оси, изменяя проекцию угловой скорости  так, как показано на рисунке. Диск вращается равнозамедленно с направлением вектора угловой скорости  по оси *Z*  в интервалы времени …

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) от 0 до *t1* | 2) от *t1* до *t2* | 3) от *t2* до *t3* | 4) от *t3* до *t4* |



**Выполнение задания.** На всех интервалах времени проекция угловой скорости *ωz* на ось *Z* линейно изменяется со временем

*ωz = ω0z + εzt*,

следовательно, диск вращается равнопеременно.

Вектор угловой скорости  направлен по оси *Z*, если проекция этого вектора *ωz* на ось положительная. А это происходит в интервалы времени от 0 до *t1* и от *t1* до *t2*.

В интервале времени от 0 до *t1* проекция углового ускорения  и *ωz* > 0, значит, диск вращается равноускоренно. В интервале времени от *t1*  до *t2*, , а *ωz* > 0, следовательно, диск вращается равнозамедленно.

Таким образом, диск вращается равнозамедленно с направлением вектора угловой скорости  по оси *Z*  в интервале времени от *t1*  до *t2*.

Ответ: 2) от *t1* до *t2*

|  |  |
| --- | --- |
|  **Задание 5.** Шар вращается относительно неподвижной оси под действием постоянной силы . Вектор углового ускорения шара  имеет направление … | 4321 |

**Выполнение задания.** Согласно уравнению динамики вращательного движения



вектор углового ускорения  сонаправлен с вектором момента силы относительно неподвижной оси .

 Вектор момента силы  направлен вдоль неподвижной оси вращения так, чтобы из его конца вращение тела под действием силы  было видно происходящим против часовой стрелки, т. е. , а значит и вектор углового ускорения имеют направление 2.

Ответ: 2)

**Задание 6.** Два диска одинаковой массы вращаются относительно неподвижной оси, проходящей через их центр масс, с одинаковой угловой скоростью *ω*. Если радиус первого диска в два раза больше радиуса второго диска, то соотношение между моментами импульсов дисков равно…

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) *L1* = 4*L2* | 2) *L1* = *L2*/4 | 3) *L1* = 2*L2* | 4) *L1* = *L2*/2 |

**Выполнение задания.** Момент импульса тела относительно неподвижной оси определяется формулой

,

где – момент инерции тела относительно оси.

 Так как угловая скорость дисков одинаковая, то ~ .

 Момент инерции диска относительно оси, проходящей через центр масс диска, равен

.

 Так как массы дисков одинаковые, то ~ *R2*, а значит и ~ *R2*. С учетом условия задания ()~ ~.

 Следовательно, *L1* = 4*L2*.

Ответ: 1) *L1* = 4*L2*

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2**

**«Работа и энергия. Законы сохранения в механике. Механические колебания и волны»**

**1. Примеры решения задач**

|  |  |
| --- | --- |
|  **Задача 1**. Сплошной диск радиуса *R* скатывается с горки высотой *h* без проскальзывания. Определите скорость диска в конце спуска. | *R**h* |

**Решение**

При скатывании диска с наклонной плоскости его потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию поступательного движения центра масс диска и кинетическую энергию вращения. Таким образом,

,

где  – момент инерции диска;

*m* – масса диска.

Так как диск скатывается без проскальзывания, то скорость поступательного движения его центра масс относительно точки контакта равна скорости любой точки на ободе диска относительно его центра масс. Следовательно,

.

Решая совместно все уравнения, получим

.

Откуда

.

**Задача 2**.Материальная точка совершает гармонические колебания

по закону  (м). Определите максимальное значение скорости точки.

**Дано:** 

 *υмах* - ?

**Решение**

Скорость материальной точки определяется выражением

.

Скорость принимает максимальное значение, когда , т. е. (м/с).

**Задача 3**.Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси ОХ, имеет вид . Определите скорость распространения волны.

**Дано:** ; *υ* - ?

**Решение**

Плоская синусоидальная волна, распространяющаяся вдоль оси ОХ, описывается уравнением

,

где *А* – амплитуда волны (м);

 – циклическая частота (с-1);

*Т* – период колебаний (с);

ν *–* частота колебаний (Гц);

 – волновое число (м-1);

*λ* – длина волны (м).

Так как длина волны , то скорость распространения волны равна

.

 Сопоставляем уравнение плоской электромагнитной волны с заданным уравнением. Находим, что *ω* = 103 (с-1), *k* = 2 (м-1).

Скорость распространения волны равна

 (м/с).

**2. Примеры выполнения тестовых заданий**

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание 1.**  Между двумя шарами одинаковой массы, двигающимися с одинаковыми по модулю скоростями во взаимно перпендикулярных направлениях, происходит центральный неупругий удар. Скорость шаров после столкновения равна … |  |
| 1) |  | 2) |  | 3) |  | 4) |  |
| **Выполнение задания.** Шары после неупругого удара начинают двигаться как одно целое с некоторой скоростью  (рис.). Во время удара возникают внутренние силы, величина которых во много раз превосходит внешние силы, поэтому систему шаров можно считать замкнутой и применить к ней закон сохранения импульса  | 2*m* |

.

Так как шары двигались во взаимно перпендикулярных направлениях, то для перехода к скалярной форме используем теорему Пифагора

, откуда .

Ответ: 4) 

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание 2.** Два невесомых стержня одинаковой длины *l* закреплены под углом 600 . На конце одного из стержней прикреплен очень маленький массивный шарик, а вся система вращается без трения с угловой скоростью *ω* так, как показано на рисунке. Если угол между стержнями станет равным 900, то система будет вращаться с угловой скоростью, равной … *ω*. | 600*l**l* |
| 1) | 4 | 2) | 1/4 | 3) | 2 | 4) | 1/2 | 5) | 3/4 |

**Выполнение задания.** Так как система вращается без трения, то можно использовать закон сохранения момента импульса.

,

где *I1* и *I2* – моменты инерции шарика в первом и втором положениях;

*ω1* и *ω2* – угловые скорости в этих же положениях.

 Моменты инерции шарика, исходя из условия задания (рисунок), равны:

,

.

 Решая совместно эти уравнения относительно *ω2*, получим:

.

Ответ: 5) 3/4

**Задание 3.**  Под действием силы  тело движется со скоростью . Мощность тела в момент времени *t* = τ равна …

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1) |  | 2) |  | 3) |  |

**Выполнение задания.** Мощность, развиваемая силой , в данный момент времени *t* равна

.

Анализируя законы изменения силы  и скорости , заданные координатно-векторным способом, определим их проекции на координатные оси: , , , .

Мощность – величина скалярная, следовательно, ее можно определить следующим образом

.

После подстановки значений получим

.

Ответ: 1) 

**Задание 4.** На рисунке представлена зависимость координаты центра шара, подвешенного на пружине, от времени. Шар колеблется в соответствии с уравнением …



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

**Выполнение задания.** Как видноиз графика, координата центра шара меняется по закону синуса. Уравнение координаты гармонических колебаний по закону синуса имеет вид

.

Определяем по графику параметры гармонических колебаний:

 амплитуда *А* = 10 см = 0,1 м;

 период *Т* = 4 с;

 циклическая частота  с-1;

 начальная фаза *φ0* = 0.

Подставив параметры колебаний в уравнение колебаний, получим

.

Ответ: 3) 

**Задание 5.** При уменьшении коэффициента сопротивления среды в 2 раза время релаксации … раз(а).

|  |  |
| --- | --- |
| 1) уменьшится в 4 | 2) уменьшится в 2 |
| 3) увеличится в 2 | 4) увеличится в 4 |

**Выполнение задания.** Время релаксации*τ*, т. е. промежуток времени,в течение которого амплитуда затухающих колебаний уменьшается в *е* раз, обратно пропорционально коэффициенту затухания *β*

.

Для пружинного маятника, совершающего свободные затухающие колебания, коэффициент затухания равен

,

где *r* – коэффициента сопротивления среды;

*m* – масса груза.

Следовательно, время релаксации обратно пропорционально коэффициенту сопротивления, поэтому при уменьшении коэффициента сопротивления среды в 2 раза время релаксации увеличится в 2 раза.

Ответ: 3) увеличится в 2

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание 6.** На рисунке показан «моментальный снимок» плоской волны, распространяющейся вдоль оси ОУ от источника, частота колебаний которого равна 1 кГц. Уравнение волны имеет вид ... | http://www.fepo.ru/pic/579_46084/ACE75CA8DE5A53DA580DEA3171E5B9C0.jpg |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) | http://www.fepo.ru/pic/579_46084/A1EC2D9277B440EAC7E5841761298882.png | 2) | http://www.fepo.ru/pic/579_46084/A7A053CE61AD50D24C9B743FB4DD05BA.png |
| 3) | http://www.fepo.ru/pic/579_46084/0044111FBC6F07C4E5C6429CBCB5BACC.png | 4) | http://www.fepo.ru/pic/579_46084/C4911715DC080853932E1C4B8BBA962A.png |

**Выполнение задания.** По рисунку определяем длину волны
*λ* = 0,2 м и рассчитываем волновое число

.

Частицы среды совершают колебания с частотой колебаний источника, равной в соответствии с условием задания *ν* = 1 кГц. По ней находим циклическую частоту

 (с-1).

Найденные параметры подставляем в уравнение плоской синусоидальной волны

.

После упрощения уравнение примет вид

.

Ответ: 2) 

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3**

**«Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов. ТЕРМОДИНАМИКА»**

1. **Примеры решения задач**

**Задача 1.** Какова масса кислорода, заполняющего объем 5 л при давлении 2∙105 Па и температуре 50 С?

**Дано:** *M* = 32∙10-3 кг/моль, *V* = 5∙10-3 м3, *р* = 2∙105 Па, *Т* =278 К; *m* - ?

**Решение**

Будем считать кислород идеальным газом, для которого справедливо уравнение Клапейрона-Менделеева

.

 Подставляя данные, получим

(кг).

**Задача 2.** Если в баллоне, в котором находится идеальный газ, давление уменьшилось в 4 раза, а абсолютная температура понизилась вдвое, то какой процент газа выпустили из баллона?

**Дано:** *р*1 = 4 *р*2, *Т*1 = 2*Т*2, 

**Решение**

Параметры идеального газа в состояниях I и II (до и после утечки газа) приведены на рисунке

*р*1 *V*1 *T*1

*m*

*р*2 *V*1 *T*2

*m*- Δ*m*

I

II

Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для двух состояний газа

 и 

Решая систему этих уравнений, получим

 или 

**Задача 3**. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекулы кислорода больше их наиболее вероятной скорости на 100 м/c.

**Дано:** *M* = 32∙10-3 кг/моль, ∆*υ* = 100 м/c; *Т* - ?

**Решение**

Средняя квадратичная и наиболее вероятная скорости определяются следующими выражениями

 и ,

где *M* –молярная масса, *R* = 8,31 Дж/(моль∙К) – универсальная газовая постоянная.

.

Или (К).

**Задача 4.** Водород, находящийся при давлении *р1 =* 0,5 МПа и температуре *Т1 =* 350 К, подвергли сначала адиабатическому расширению от объема *V1=* 1 л до объема *V2=* 2 л*,* а затем изобарному расширению, в результате которого объем газа увеличился до объема *V3 =* 3 л. Определить для каждого из этих процессов: 1) работу, совершенную газом;
2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

**Дано:** *р1 =* 0,5·106 Па, *Т1 =* 350 К, *V1=* 10-3 м3, *V2=* 2·10-3 м3,
 *V3 =* 3·10-3 м3;

 *А12* - ? *А23* - ? *U 12* - ? *U 23* - ? *Q 12* - ? *Q 23* - ?

**Решение**

Согласно первому началу термодинамики, количество теплоты *Q*, сообщенное газу, расходуется на изменение внутренней энергии газа *∆U* и совершение газом работы *А* против внешних сил

*Q = ∆U + А.*

Адиабатический процесс совершается без теплообмена с окружающей средой (*Q12 =* 0), поэтому *∆U12 = - А12.*

Работа, совершаемая газом в адиабатическом процессе, определяется выражением

(Дж),

где  - коэффициент Пуассона;

*i* – число степеней свободы молекулы (для водорода – двухатомного газа *i=* 5, *γ* = 1,4).

 Работа изобарного расширения равна *А23=р2*(*V3 –V2*).

Давление *р2* найдем, воспользовавшись уравнением Пуассона для адиабаты .

В итоге получим

(Дж).

 Изменение внутренней энергии при изобарном расширении газа определяется выражением

(Дж).

 Количество подведенной теплоты при изобарном расширении газа равно

*Q23 = ∆U23 + А23 =* 472 +188 = 660 (Дж).

**Задача 5.** Определить изменение энтропии *ΔS* при изотермическом расширении азота массой *m* = 10 г, если давление газа уменьшилось от
*р1* =0,1 МПа до *р2* = 50 кПа.

**Дано:** *М=*28·10-3 кг/моль, *р1 =* 105 Па, *р2* = 5·104 Па, *m* = 10-2 кг;

 Δ*S -*?

**Решение**

Изменение энтропии, учитывая, что процесс изотермический,



Согласно первому началу термодинамики, количество теплоты, полученное газом, равно

*Q = А + U*.

Для изотермического процесса *U* = 0, поэтому *Q=А*. Работа газа в изотермическом процессе определяется выражением

.

Найдем изменение энтропии

(Дж/К).

**2. Примеры выполнения тестовых заданий**

|  |  |
| --- | --- |
| **Задание 1.** На рисунке представлен график функции распределения молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла), где  – доля молекул, скорости которых заключены в интервале скоростей от  до  в расчете на единицу этого интервала. Для этой функции верным утверждением является… |  |
| 1) | с ростом температуры величина максимума растет | 2) | с ростом температуры максимум кривой смещается вправо |
| 3)  | с ростом температуры площадь под кривой растет | 4) | с ростом температуры максимум кривой смещается влево |

**Выполнение задания.** При увеличении температурыплощадь под кривой, характеризующая долю молекул, имеющих значения скоростей от 0 до ∞, и равная единице, не изменится.

Изменится наиболее вероятная скорость (и другие характеристические скорости). Так как наиболее вероятная скорость, определяемая формулой

,

прямо пропорциональна ~ , то с ростом температуры увеличится значение наиболее вероятной скорости. Согласно рисунку наиболее вероятная скорость соответствует максимуму кривой, следовательно, максимум кривой сместится вправо.

Ответ: 2) с ростом температуры максимум кривой смещается вправо

**Задание 2.** Отношение средней энергии молекулы кислорода и водяного пара при одинаковой температуре равно …

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1) | 3/5 | 2) | 5/3 | 3) | 5/6 | 4) | 1 |

**Выполнение задания.** Согласно **з**акону равномерного распределения энергии по степеням свободы на каждую степень свободы приходится в среднем одинаковая энергия, равная

*.*

Средняя энергия молекулы с учетом числа степеней свободы *i*

*.*

У двухатомной молекулы кислорода (О2) 5 степеней свободы, из них
3 - поступательного движения и 2 - вращательного движения

*i = iпост + iвращ =* 3 + 2 = 5.

У трехатомной молекулы водяного пара (Н2О) 6 степеней свободы, из них 3 - поступательного движения и 3 - вращательного движения

*i = iпост + iвращ =* 3 + 3 = 6.

Таким образом, отношение энергий молекул при одинаковой температуре равно отношению их числа степеней свободы

**.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Задание 3.** Молярные теплоемкости гелия в процессах 1-2 и 1-3 равны *С1* и *С2* соответственно. Тогда отношение *С1/С2* составляет…

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

 | http://www.fepo.ru/pic/269_18447/D091E2FEA1404FAC318DD09C4DB406A5.png |

**Выполнение задания.** Процесс 1-2 представляет изохорное нагревание (V =const) , а процесс 1-3 – изобарное расширение (p =const).

Молярные теплоемкости идеального газа при постоянном объеме ** и при постоянном давлении **соответственно равны

**; **.

Гелий – одноатомный газ, число степеней свободы которого *i = iпост =* 3.

 Следовательно, .

Ответ: 1) 3/5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Задание 4.** На рисунке изображен цикл Карно в координатах (*T, S*), где *T* – термодинамическая температура, *S* – энтропия. Расширение идеального газа происходит на участках:

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

 | http://www.fepo.ru/pic/269_18478/1C53FF6CF16F59CDBDFFE6365869EEBB.png |

**Выполнение задания.** Цикл Карно состоит из четырех обратимых процессов: изотермического расширения, адиабатического расширения, изотермического сжатия и адиабатического сжатия.

В статистической физике энтропия является мерой неупорядоченности системы.

В изотермическом процессе 1-2 (*Т* = const) энтропия увеличивается, т.е. возрастает беспорядок в системе, а значит, идеальный газ расширяется.

В адиабатическом процессе 2-3 ( и ) температура понижается. Согласно уравнению адиабаты

,

(где *V* – объем газа; ****** – коэффициент Пуассона), при понижении температуры газ расширяется.

Таким образом, расширение идеального газа происходит на участках: 1-2 и 2-3.

Ответ: 1) 1-2 и 2) 2-3

**Задание 5.** Изолированная термодинамическая система совершает равновесный переход из состояния 1 в состояние 2. Если процесс необратимый, то для изменения энтропии справедливо следующее математическое выражение …

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1) |  | 2) |  | 3) |  |

**Выполнение задания.** Согласно неравенству Клаузиуса

,

т.е. энтропия замкнутой системы может либо возрастать (в случае необратимых процессов), либо оставаться постоянной (в случае обратимых процессов). Так как термодинамическая система изолированная и процесс необратимый, то энтропия должна увеличиваться .

 С учетом первого начала термодинамики



изменение энтропии, равное

,

примет следующий вид 

Ответ: 2) 

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

**Вариант 9**

1. Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением *S(t)=10+2t+3t2–t3*.Запишите выражения для скорости и ускорения. Определите для момента времени *t* = 2 с после начала движения скорость и ускорение. Определите среднее ускорение в интервале времени от *t1* = 1 с до *t2* = 2 с.

2. Поясните, в чем заключается принцип независимости действия сил. Шар, закрепленный на тонком невесомом стержне, начал в результате толчка свободно вращаться из положения *А* без трения в вертикальной плоскости. Покажите направление вектора ускорения шара в точке *В* и поясните.

## 3

## 2

## 1

## В

## О

## А

## 4

## 5

3. Приведите формулу момента импульса твердого тела относительно неподвижной оси. Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону *L = at2*. Изобразите график, правильно отражающий зависимость от времени величины момента сил, действующих на тело.

4. Запишите формулу кинетической энергии вращательного движения твердого тела. Однородный цилиндр радиуса *R* скатывается с горки высотой *h* без проскальзывания. Определите скорость цилиндра в конце спуска.

5. Выведите и прокомментируйте формулу для кинетической энергии при гармонических колебаниях. На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии математического маятника. Определите его потенциальную энергию в момент, соответствующий точке *А* на графике, отсчитанную от положения равновесия маятника.

6. Поясните, в чем заключается молекулярно-кинетическое толкование термодинамической температуры. Как изменится термодинамическая температура при увеличении в два раза средней квадратичной скорости движения молекул идеального газа?

7. Запишите формулу молярной и удельной теплоемкости. Каким соотношением связаны между собой удельная теплоемкость при постоянном давлении и при постоянном объеме?