

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ И ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО**  
**КУРСУ «ФИЗИКА»**  
1 семестр изучения физики

Омск – 2016

Самостоятельная работа, ее организация играют большую роль в обучении, а также в **научной** и творческой работе студента вуза. От того, насколько студент подготовлен и включен в самостоятельную деятельность, зависят его успехи в учебе, научной и профессиональной работе.

Первые умения самостоятельной работы личность осваивает в школе, и результате общения, конечно, зависит от уровня овладения этими умениями. Результаты учебной деятельности зависят от уровня самостоятельной работы студента, который определяется личной подготовленностью к этому труду, желанием заниматься самостоятельно и возможностями реализации этого желания.

Самостоятельная работа представлена такими **формами учебного процесса**, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Самостоятельная работа осуществляется в виде аудиторных и внеаудиторных форм познавательной деятельности по каждой дисциплине учебного плана.

Самостоятельная работа студентов во внеаудиторное время может предусматривать:

- Проработку лекционного материала, работу с научно-технической литературой при изучении разделов лекционного курса, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Подготовку к семинарам, лабораторным и практическим занятиям;
- Решение задач, выданных на практических занятиях;
- Подготовку к контрольным работам;
- Выполнение курсовых проектов (работ) и индивидуальных заданий, предусмотренных учебным планом;

Самостоятельная работа студентов в аудиторное время весьма многообразна и может предусматривать:

- Выполнение самостоятельных работ;
- Выполнение контрольных работ, чертежей, составление схем, диаграмм;
- Решение задач;
- Работу со справочной, методической и научной литературой;
- Защиту выполненных работ;
- Оперативный (текущий) опрос по отдельным темам изучаемой дисциплины;
- Собеседование, деловые игры, дискуссии, конференции;
- Тестирование и т.д.

Видами заданий для самостоятельной работы могут быть:

*для овладения знаниями:*

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы);
- составление плана текста;
- графическое изображение структуры текста;
- конспектирование текста;
- выписки из текста;
- работа со словарями и справочниками; ознакомление с нормативными документами;
- учебно-исследовательская работа;
- использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.;

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекции (обработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей);
- составление плана и тезисов ответа;

- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- ответы на контрольные вопросы;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- тестирование и др.:

*для формирования умений:*

- решение задач и упражнений по образцу;
- решение вариативных задач и упражнений;
- выполнение чертежей, схем; выполнение расчетно-графических работ;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности.

Виды заданий для самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать специфику специальности, изучаемой дисциплины, индивидуальные особенности студента.

В вузе все виды самостоятельной работы студента подчиняются целям учебного процесса, организуются при его главенстве. Организация самостоятельной работы студентов должна сочетаться со всеми применяемыми в вузе методами обучения и вместе с ними представлять единую систему средств по приобретению знаний и выработке навыков.

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление полученных теоретических и практических знаний, развитие навыков практической работы.

## **Руководство по СРС и выполнению индивидуального домашнего задания.**

### **Требования к оформлению индивидуального задания**

Индивидуальное задание решается в соответствии с номером варианта.

Вариант выполнения индивидуального задания каждого семестра определяется по порядковому номеру в списке группы (для студентов очной формы обучения) или по двум последним цифрам номера зачетной книжки (для студентов заочной и очно-заочной формы обучения). Если номер зачетной книжки больше 30, то номер варианта определяется вычитанием из последних цифр номера зачетной книжки числа 30. Вычитать необходимо до тех пор, пока не получится номер варианта, меньший или равный 30. Например, при номере зачетной книжки, заканчивающемся на 78, следует решать задачи 18 варианта.

Индивидуальное задание оформляется в обычной тетради (в клетку) или на листах форматом А4 (с одной стороны листа).

На титульном листе указываются:

- полное наименование образовательного учреждения и соответствующей кафедры;
- тема домашнего задания;
- ФИО студента, номер группы и факультет (институт);
- номер варианта;
- ФИО преподавателя.

Образец оформления титульного листа приведен в Приложении 1.

### **Порядок оформления решения задач**

1. После полного текста задания кратко оформить условие задачи: ввести обозначения всех величин, которые будут использованы в процессе решения задачи, и их числовые значения. Числовые значения, исключая те случаи, когда определяются безразмерные отношения, следует тут же перевести в систему СИ, проставляя рядом соответствующее наименование. В краткой записи условия следует также выписать все искомые величины (или отношения величин) со знаком вопроса.

2. Указать те основные законы и формулы, на которых базируется решение данной задачи. Разъяснить смысл буквенных обозначений, входящих в исходную формулу. Если такая формула является частным случаем фундаментального закона, то ее необходимо вывести из этого закона, используя граничные условия.

3. Сделать чертеж или график, поясняющий содержание задачи (в тех случаях, когда это возможно). Выполнить его надо аккуратно, подобрав оптимальный размер. Рисунок может быть выполнен на компьютере или при помощи карандаша, циркуля, линейки. На чертеже или графике должны быть нанесены обозначения всех буквенных величин, которые используются в расчетных формулах и могут быть пояснены чертежом.

4. Каждый этап решения задачи сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

5. Произвести расчеты, записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование единиц измерения искомой величины.

6. При подстановке в рабочую формулу, а также при выражении ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на десять в соответствующей степени. Например, вместо 3520 надо записать  $3,52 \cdot 10^3$ , вместо 0,00129 записать  $1,29 \cdot 10^{-3}$  и т.д. Рекомендуемая запись числовых значений облегчает расчетные действия с ними, является более компактной и наглядной.

Образец оформления решения задач индивидуального задания приведен в Приложении

2.

# Содержание дисциплины «Физика» и сборник индивидуальных заданий

## 1 семестр

### Модуль 1. Физические основы механики

Кинематика. Основные кинематические характеристики криволинейного движения: скорость и ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорение. Кинематика вращательного движения: угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейной скоростью и ускорением.

Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела. Инерциальная системы отсчета и первый закон Ньютона. Масса, импульс, сила. Уравнение движения. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса.

Динамика вращательного движения твердого тела. Момент инерции. Вычисление моментов инерции тел. Теорема Штейнера. Момент импульса. Момент силы. Основной закон динамики вращательного движения. Закон сохранения момента импульса.

Работа и механическая энергия. Работа и потенциальная энергия. Консервативные и неконсервативные силы. Работа и кинетическая энергия. Закон сохранения полной механической энергии в поле потенциальных сил.

Релятивистская механика. Принцип относительности и преобразования Галилея. Экспериментальные обоснования специальной теории относительности (СТО). Постулаты СТО. Следствия из преобразований Лоренца. Пространственно – временной интервал и его инвариантность. Релятивистские импульс и масса. Взаимосвязь массы и энергии. Закон сохранения массы и энергии.

### Модуль 2. Молекулярная, статистическая физика и термодинамика

Исходные понятия и определения термодинамики и молекулярной физики. Динамические и статистические закономерности. Термодинамический и статистический методы. Макроскопическое состояние. Термодинамические параметры и процессы. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа.

Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия системы. Работа и теплота. Первое начало термодинамики. Графическое изображение термодинамических процессов и работы. Теплоемкость вещества. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам идеальных газов. Адиабатный и политропный процессы идеального газа.

Функции распределения. Микроскопические параметры. Вероятность и флуктуации. Закон распределения молекул по скоростям. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.

Явления переноса. Столкновения и длина свободного пробега молекул газа. Явления переноса в термодинамических неравновесных системах. Основные уравнения и коэффициенты явлений переноса. Молекулярно-кинетическая трактовка явлений переноса.

Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Цикл Карно. Энтропия. Термодинамическая диаграмма T-S и ее применение. Второе начало термодинамики. Статистическое истолкование второго закона термодинамики. Флуктуации. Третье начало термодинамики.

Реальные газы. Силы межмолекулярного взаимодействия в газах. Уравнения Ван-дер-Ваальса. Изотермы реальных газов. Понятие о фазовых переходах I и II рода. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона.

**Варианты индивидуальных заданий 1 семестра**

| №<br>варианта | Номера задач |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1             | 1            | 11 | 21 | 31 | 41 | 51 | 61 | 71 | 81 | 91  |
| 2             | 2            | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 | 72 | 82 | 92  |
| 3             | 3            | 13 | 23 | 33 | 43 | 53 | 63 | 73 | 83 | 93  |
| 4             | 4            | 14 | 24 | 34 | 44 | 54 | 64 | 74 | 84 | 94  |
| 5             | 5            | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95  |
| 6             | 6            | 16 | 26 | 36 | 46 | 56 | 66 | 76 | 86 | 96  |
| 7             | 7            | 17 | 27 | 37 | 47 | 57 | 67 | 77 | 87 | 97  |
| 8             | 8            | 18 | 28 | 38 | 48 | 58 | 68 | 78 | 88 | 98  |
| 9             | 9            | 19 | 29 | 39 | 49 | 59 | 69 | 79 | 89 | 99  |
| 10            | 10           | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 11            | 1            | 12 | 23 | 34 | 45 | 56 | 67 | 78 | 89 | 100 |
| 12            | 2            | 13 | 24 | 35 | 46 | 57 | 68 | 79 | 90 | 91  |
| 13            | 3            | 14 | 25 | 36 | 47 | 58 | 69 | 80 | 81 | 92  |
| 14            | 4            | 15 | 26 | 37 | 48 | 59 | 70 | 71 | 82 | 93  |
| 15            | 5            | 16 | 27 | 38 | 49 | 60 | 61 | 72 | 83 | 94  |
| 16            | 6            | 17 | 28 | 39 | 50 | 51 | 62 | 73 | 84 | 95  |
| 17            | 7            | 18 | 29 | 40 | 41 | 52 | 63 | 74 | 85 | 96  |
| 18            | 8            | 19 | 30 | 31 | 42 | 53 | 64 | 75 | 86 | 97  |
| 19            | 9            | 20 | 21 | 32 | 43 | 54 | 65 | 76 | 87 | 98  |
| 20            | 10           | 11 | 22 | 33 | 44 | 55 | 66 | 77 | 88 | 99  |
| 21            | 10           | 19 | 28 | 37 | 46 | 55 | 64 | 73 | 82 | 91  |
| 22            | 9            | 18 | 27 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 | 100 |
| 23            | 8            | 17 | 26 | 35 | 44 | 53 | 62 | 71 | 90 | 99  |
| 24            | 7            | 16 | 25 | 34 | 43 | 52 | 61 | 80 | 89 | 98  |
| 25            | 6            | 15 | 24 | 33 | 42 | 51 | 70 | 79 | 88 | 97  |
| 26            | 5            | 14 | 23 | 32 | 41 | 60 | 69 | 78 | 87 | 96  |
| 27            | 4            | 13 | 22 | 31 | 50 | 59 | 68 | 77 | 86 | 95  |
| 28            | 3            | 12 | 21 | 40 | 49 | 58 | 67 | 76 | 85 | 94  |
| 29            | 2            | 11 | 30 | 39 | 48 | 57 | 66 | 75 | 84 | 93  |
| 30            | 1            | 20 | 29 | 38 | 47 | 56 | 65 | 74 | 83 | 92  |

**Индивидуальное задание 1 семестра**  
**Механика, молекулярная физика и термодинамика**

1. Два корабля движутся из одной точки под углом  $60^\circ$  друг к другу со скоростями  $v_1=10$  м/с и  $v_2=15$  м/с. Найти относительную скорость кораблей.
2. Определить скорость моторной лодки относительно воды, если при движении по течению реки её скорость 10 м/с, а при движении против течения – 6,0 м/с. Чему равна скорость течения воды в реке?
3. Движение материальной точки задано уравнением  $x=at+bt^2+ct^3$ , где  $a=5$  м/с,  $b=0,2$  м/с<sup>2</sup>,  $c=0,1$  м/с<sup>3</sup>. Определить скорость точки в момент времени  $t_1=2$  с,  $t_2=4$  с, а также среднюю скорость в интервале времени от  $t_1$  до  $t_2$ .
4. Проекция скорости материальной точки на ось  $x$ , вдоль которой она движется, определяется уравнением  $v_x = 0,2 - 0,1t$  (м/с). Найти координату точки в момент времени  $t = 10$  с, если в начальный момент времени она находилась в точке  $x_0 = 1$  м.
5. Точка прошла половину пути со скоростью 10 км/ч. Оставшуюся часть пути она половину времени двигалась со скоростью 18 км/ч, а последний участок – со скоростью 25,2 км/ч. Найти среднюю скорость движения точки.
6. Определить зависимость угловой скорости и углового ускорения от времени для твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси  $z$  по закону  $\varphi=at - bt^2$ , где  $a=20$  рад/с,  $b=1$  рад/с<sup>2</sup>. Каков характер движения этого тела?
7. Колесо радиусом  $R=10$  см вращается с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon=3,14$  рад/с<sup>2</sup>. Найти для точек на ободе колеса к концу первой секунды после начала движения: 1) угловую скорость; 2) линейную скорость; 3) тангенциальное ускорение; 4) нормальное ускорение; 5) полное ускорение.
8. Твёрдое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону  $\varphi = 6,0 t - 2,0 t^3$ . Найти средние значения угловой скорости и углового ускорения за промежуток времени от  $t = 0$  до остановки.
9. Велосипедное колесо вращается с частотой  $\nu=5$  об/с. Под действием сил трения оно остановилось через  $\Delta t=1$  мин. Определить угловое ускорение и число оборотов, которое сделало колесо за это время.
10. Точка движется по окружности радиусом 2 м согласно уравнению  $S=2t^3$ . В какой момент времени нормальное ускорение точки будет равно тангенциальному? Чему будет равно полное ускорение точки в этот момент времени?
11. На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом  $R=5$  см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой  $m=0,4$  кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь  $s=1,8$  м за время  $t=3$  с. Найти момент инерции маховика. Массой шкива пренебречь.
12. Однородный диск радиусом 0,2 м и массой 5 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно к его плоскости. Зависимость угловой скорости вращения диска от времени даётся уравнением  $\omega = A + 8 t$ , где  $A=\text{const}$ . Найти касательную силу, приложенную в ободу диска. Трением пренебречь.
13. Маховое колесо, момент инерции которого  $245 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , вращается с частотой 20 об / с. Через 1 минуту после того, как на колесо перестал действовать момент сил, оно остановилось. Найти момент сил трения и число оборотов, которое сделало колесо до полной остановки после прекращения действия сил. Колесо считать однородным диском.
14. Однородный стержень длиной 1 м и весом 0,5 Н вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если вращающий момент равен  $9,8\cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ?
15. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязаны

грузики массой  $m_1=100$  г и  $m_2=110$  г. С каким ускорением будут двигаться грузики, если масса блока равна  $m=400$  г?

16. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha=45^\circ$ . Зависимость пройденного телом пути  $S$  от времени  $t$  задана уравнением  $S=Ct^2$ , где  $C=1,73$  м/с<sup>2</sup>. Найти коэффициент трения  $k$  тела о плоскость.

17. Два тела массами  $m_1=1$  кг и  $m_2=2$  кг связаны нитью и движутся прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы  $F = 10$  Н, направленной горизонтально и приложенной к телу  $m_1$ . Найти силу натяжения нити, связывающей тела, если коэффициент трения между каждым телом и горизонтальной поверхностью равен  $\mu=0,5$ .

18. Автомобиль массой  $m=5$  т движется со скоростью  $v=10$  м/с по выпуклому мосту. Определить силу давления автомобиля на мост в его верхней части, если радиус кривизны моста  $R=50$  м.

19. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинули шнур, к концам которого привязали грузы массой 1,5 кг и 3 кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.

20. Шайба, пущенная по поверхности льда с начальной скоростью  $v_0=20$  м/с, остановилась через 40 с. Найти коэффициент трения шайбы о лед.

21. Под действием постоянной силы вагонетка прошла путь 5 м и приобрела скорость 2 м/с. Определить работу этой силы, если масса вагонетки 400 кг и коэффициент трения равен 0,01.

22. Найти работу, которую надо совершить, чтобы увеличить скорость движения тела от 2 м/с до 6 м/с на пути в 10 м. На всём пути действует постоянная сила трения, равная 2 Н. Масса тела равна 1 кг.

23. Автомобиль массой  $m= 1,0$  т трогается с места и, двигаясь равноускоренно, проходит путь  $s= 50$  м за время  $t= 5$  с. Найти среднюю и максимальную мощности двигателя при разгоне. Силами сопротивления пренебречь.

24. Шар массой 1 кг, катящийся без скольжения, ударяется о стенку, откатывается от неё. Скорость шара до удара 10 см/с, после удара 8 см/с. Найти количество механической энергии, перешедшей во внутреннюю при ударе.

25. Диск массой 1 кг и диаметром 0,6 м вращается вокруг оси, проходящей через центр перпендикулярно его плоскости, делая 20 об/с. Какую работу надо совершить, чтобы остановить диск ?

26. Человек стоит на горизонтальном диске, способном вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр, и ловит рукой мяч массой  $m=0,4$  кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $v = 20$  м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии  $r = 0,8$  м от оси вращения. С какой угловой скоростью начнет вращаться диск с человеком? Считать, что суммарный момент инерции человека и диска  $J = 6$  кг·м<sup>2</sup>.

27. Какую работу совершит человек, если он от края вращающейся платформы перейдет в её центр? Масса платформы 100 кг, масса человека 80 кг, первоначальная частота вращения 10 об/мин, радиус платформы 2 м.

28. Платформа, имеющая форму сплошного однородного диска, вращается по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси. На краю платформы стоит человек, масса которого в три раза меньше массы платформы. Определите, как и во сколько раз изменится угловая скорость вращения платформы, если человек перейдет в центр платформы.

29. Маховое колесо начинает вращаться с угловым ускорением  $0,5$  рад/с<sup>2</sup> и через 15 с после начала движения приобретает момент импульса  $73,5$  (кг·м<sup>2</sup>)/с. Найти кинетическую энергию колеса через 20 с после начала движения.



30. Мальчик катит обруч по горизонтальной дороге со скоростью 7,2 км/ч. На какое расстояние может вкатиться обруч на горку за счет его кинетической энергии? Уклон горки равен 10 м на каждые 100 м пути.

31. Человек массой 60 кг, бегущий со скоростью 8 км/ч, догоняет тележку массой 80 кг, движущуюся со скоростью 2,9 км/ч, и вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка?

32. Конькобежец массой 70 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8 м/с. Найти, на какое расстояние откатится при этом конькобежец, если известно, что коэффициент трения коньков о лед равен 0,02.

33. Тело массой 2 кг движется навстречу второму телу массой 1,5 кг и неупруго сталкивается с ним. Скорости тел перед столкновением 1 м/с и 2 м/с соответственно. Сколько времени будут двигаться эти тела после столкновения, если коэффициент трения равен 0,1?

34. Шарик массой 200 г ударился о стенку со скоростью 10 м/с и отскочил от неё с такой же по модулю скоростью. Определить импульс, полученный стенкой, если до удара шарик двигался под углом  $30^\circ$  к плоскости стенки.

35. Два шарика массами 2 и 4 кг движутся со скоростями 5 м/с и 7 м/с соответственно. Определить скорость шаров после прямого неупругого удара, если большой шар догоняет меньший.

36. Абсолютно упругий шар массой 1,8 кг сталкивается с покоящимся упругим шаром большей массы. В результате центрального прямого удара шар потерял 36 % своей кинетической энергии. Определить массу большего шара.

37. Шар массой  $m_1 = 4$  кг движется со скоростью  $v_1 = 5$  м/с навстречу шару массой  $m_2 = 1$  кг. После центрального неупругого удара общая скорость шаров оказалась  $v = 3$  м/с. Определить начальную скорость второго шара и изменение внутренней энергии шаров.

38. На невесомом стержне длиной  $l$  подвешен шар массой  $m_1$ . В шар попадает горизонтально летящая пуля и застревает в нем. Масса пули  $m_2$ . С какой минимальной скоростью должна лететь пуля, чтобы шар мог сделать полный оборот вокруг точки подвеса? Крепление в точке подвеса шарнирное.

39. Человек массой 80 кг, бегущий со скоростью 8 км/ч навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2,9 км/ч, вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка?

40. Тело массой 1 кг, скользящее по гладкой поверхности, ударяется по нормали о стенку и отскакивает от неё. Скорость тела до удара 10 см/с, после удара 8 см/с. Найти силу, действовавшую на тело во время удара.

41. Найти скорость электрона, релятивистский импульс которого равен  $1,58 \cdot 10^{-22}$  кг·м/с.

42. Какую работу необходимо совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой покоя  $m_0$  от 0,6 с до 0,8 с, где с – скорость света в вакууме?

43. Определить интервал  $\Delta S$ , разделяющий два события с координатами  $x_1 = 5$  м;  $y_1 = 0$ ;  $z_1 = 0$ ;  $t_1 = 1$  нс и  $x_2 = 4$  м;  $y_2 = 0$ ;  $z_2 = 0$ ;  $t_2 = 4$  нс. Могут ли эти события быть причинно связаны друг с другом?

44. Частица движется со скоростью  $v = 0,5 \cdot c$ , где с – скорость света в вакууме. Во сколько раз масса частицы больше ее массы покоя?

45. При какой скорости частицы  $v$  ее кинетическая энергия равна энергии покоя?

46. При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25 %?

47. Мезон движется со скоростью  $0,96 \cdot c$ , где с – скорость света в вакууме. Какой промежуток времени по часам наблюдателя соответствует одной секунде “собственного” времени мезона?

48. С какой скоростью движется частица, если ее масса в 4 раза больше массы покоя?
49. Определить скорость тела, при которой его масса возрастает в 2 раза.
50. Найти относительную скорость движения двух частиц, движущихся навстречу друг другу со скоростями  $v_1 = 0,6 \cdot c$  и  $v_2 = 0,9 \cdot c$ , где  $c$  – скорость света в вакууме.
51. Определить отношение давления воздуха на высоте 1 км к давлению на дне скважины глубиной 1 км. Воздух у поверхности Земли находится при нормальных условиях, и его температура не зависит от высоты.
52. Насколько уменьшится атмосферное давление  $p = 100$  кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту  $h = 100$  м? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.
53. Во сколько раз концентрация молекул кислорода на вершине Эльбруса ( $h = 5555$  м) меньше, чем на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 273 К.
54. На какой высоте плотность воздуха составляет 50 % от плотности его на уровне моря. Температуру считать постоянной и равной 0 °С.
55. Определить высоту горы, если давление на ее вершине равно половине давления на уровне моря. Температура всюду одинакова и равна 0 °С.
56. Водород находится при температуре  $T = 273$  К. Найти относительное число молекул водорода, скорости которых лежат в интервале от  $v_B$  до  $v_B \pm \Delta v$ , где  $\Delta v = 1$  м/с,  $v_B$  – наиболее вероятная скорость.
57. Определить относительное число молекул азота, скорости которых заключены в пределах от  $\langle v \rangle$  до  $\langle v \rangle + \Delta v$ , где  $\Delta v = 2$  м/с,  $\langle v \rangle$  – средняя скорость молекул.
58. Определить температуру кислорода, для которой функция распределения молекул по скоростям будет иметь максимум при скорости  $v = 420$  м/с.
59. Определить температуру водорода, при которой средняя квадратичная скорость молекул больше их наиболее вероятной скорости на  $\Delta v = 400$  м/с.
60. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул водорода больше средней квадратичной скорости молекул водяных паров при той же температуре?
61. Какой объем занимает смесь газов – азота массой  $m_1 = 1$  кг и гелия массой  $m_2 = 1$  кг – при нормальных условиях?
62. Газ при температуре  $T = 309$  К и давлении  $p = 0,7$  МПа имеет плотность  $\rho = 12$  кг/м<sup>3</sup>. Определить молярную массу газа.
63. В баллоне объемом  $V = 25$  л находится водород при температуре  $T = 290$  К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на  $\Delta p = 0,4$  МПа. Определить массу израсходованного водорода.
64. Баллон объемом  $V = 30$  л содержит смесь водорода и гелия при температуре  $T = 300$  К и давлении  $p = 828$  кПа. Масса смеси равна 24 г. Определить массу водорода и гелия.
65. В баллонах объемом  $V_1 = 20$  л и  $V_2 = 44$  л содержится газ. Давление в первом баллоне  $p_1 = 2,4$  МПа, во втором  $p_2 = 1,6$  МПа. Определить общее давление  $p$  и парциальные  $p_1'$  и  $p_2'$  после соединения баллонов, если температура газа осталась прежней.
66. Баллон объемом 12 л содержит углекислый газ. Давление газа равно 1 МПа, температура равна 300 К. Определить массу газа в баллоне.
67. Сколько молекул газа содержится в баллоне вместимостью  $V = 30$  л при температуре  $T = 300$  К и давлении  $p = 5$  МПа?
68. Давление газа равно 0,1 МПа, концентрация его молекул равна  $2 \cdot 10^{25}$  м<sup>-3</sup>. Определить: 1) температуру газа; 2) среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул.
69. В колбе вместимостью  $V = 240$  см<sup>3</sup> находится газ при температуре  $T = 290$  К и давлении 50 кПа. Определить количество вещества газа  $\nu$  и число его молекул  $N$ .

70. 12 г газа занимают объем  $V=4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре  $7^\circ\text{C}$ . После нагревания газа при постоянном давлении его плотность  $\rho=1 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ . До какой температуры нагрели газ?

71. Найти среднюю длину свободного пробега  $\langle\lambda\rangle$  молекул водорода при давлении  $p=0,1 \text{ Па}$  и температуре  $T=100 \text{ К}$ . Эффективный диаметр молекулы водорода равен  $0,28 \text{ нм}$ .

72. При каком давлении средняя длина свободного пробега  $\langle\lambda\rangle$  молекул водорода равна  $1 \text{ см}$ , если температура газа равна  $300 \text{ К}$ ? Эффективный диаметр молекулы водорода равен  $0,28 \text{ нм}$ .

73. Баллон вместимостью  $V=10 \text{ л}$  содержит водород массой  $1 \text{ г}$ . Определить среднюю длину свободного пробега молекул  $\langle\lambda\rangle$ . Эффективный диаметр молекулы водорода равен  $0,28 \text{ нм}$ .

74. При температуре  $300 \text{ К}$  и некотором давлении средняя длина свободного пробега молекул кислорода равна  $0,1 \text{ мкм}$ . Чему равно среднее число столкновений, испытываемых молекулой за  $1 \text{ с}$ , если сосуд откачать до  $0,1$  первоначального давления? Температуру газа считать постоянной. Эффективный диаметр молекулы кислорода равен  $0,36 \text{ нм}$ .

75. Найти среднее число  $\langle z \rangle$  столкновений, испытываемых в течение  $1 \text{ с}$  молекулой кислорода при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы кислорода равен  $0,36 \text{ нм}$ .

76. Средняя длина свободного пробега молекул водорода при нормальных условиях составляет  $0,1 \text{ мкм}$ . Определить среднюю длину их свободного пробега при давлении  $0,1 \text{ МПа}$ , если температура газа остается постоянной.

77. Углекислый газ и азот находятся при одинаковых температуре и давлении. Найти для этих газов отношение коэффициентов диффузии, считая эффективные диаметры молекул газов равными.

78. Найти коэффициент теплопроводности водорода, вязкость которого  $\eta=8,6 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$ .

79. Найти коэффициент теплопроводности азота при температуре  $10^\circ\text{C}$  и давлении  $0,1 \text{ МПа}$ . Эффективный диаметр молекулы принять равным  $0,3 \text{ нм}$ .

80. Коэффициент диффузии кислорода при температуре  $t=0^\circ\text{C}$  равен  $D = 0,19 \text{ см}^2/\text{с}$ . Определить среднюю длину свободного пробега молекул газа.

81. Каковы удельные теплоемкости  $c_v$  и  $c_p$  смеси газов, содержащей кислород массой  $m_1=10 \text{ г}$  и углекислый газ массой  $m_2=20 \text{ г}$ ?

82. Определить удельную теплоемкость  $c_p$  смеси кислорода и гелия, если количество вещества первого компонента равно  $2$  молям, а количество вещества второго –  $4$  молям.

83. Разность удельных теплоемкостей ( $c_p - c_v$ ) некоторого двухатомного газа равна  $260 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ . Найти молярную массу  $\mu$  газа и его удельные теплоемкости  $c_v$  и  $c_p$ .

84. Определить показатель адиабаты для смеси гелия и водорода. Количество вещества для каждого газа равно  $1 \text{ моль}$ .

85. Вычислить отношение молярных теплоемкостей  $C_p/C_v$  для смеси  $3$  молей аргона и  $5$  молей кислорода.

86. Водород занимает объем  $V_1=10 \text{ м}^3$  при давлении  $p_1=100 \text{ кПа}$ . Газ нагрели при постоянном объеме до давления  $p_2=300 \text{ кПа}$ . Определить: 1) изменение внутренней энергии газа; 2) работу  $A$ , совершаемую газом; 3) количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

87. Азот нагревается при постоянном давлении, причем ему было сообщено количество теплоты  $Q=21 \text{ кДж}$ . Определить работу  $A$ , которую совершил при этом газ, и изменение его внутренней энергии  $\Delta U$ .

88. Какая работа  $A$  совершается при изотермическом расширении водорода массой  $m=5 \text{ г}$ , взятого при температуре  $290 \text{ К}$ , если объем увеличивается в три раза?

89. 1 кг азота, находящегося при температуре  $30^{\circ}\text{C}$  и давлении 1,5 атм, расширяется адиабатически и давление при этом падает до 1 атм. Найти: 1) конечную температуру; 2) работу, совершенную газом при расширении.

90. Некоторая масса газа, занимающего объем  $V_1=0,01\text{ м}^3$ , находится при давлении  $P_1=0,1\text{ МПа}$  и температуре  $T_1=300\text{ К}$ . Газ нагревается вначале при постоянном объеме до температуры  $T_2=320\text{ К}$ , а затем при постоянном давлении до температуры  $T_3=350\text{ К}$ . Найти работу, совершаемую газом при переходе из состояния 1 в состояние 3.

91. Кислород массой  $m=2\text{ кг}$  увеличил свой объем в 5 раз один раз изотермически, другой – адиабатически. Найти изменение энтропии в каждом из указанных процессов.

92. Водород массой  $m=100\text{ г}$  был изобарически нагрет так, что его объем увеличился в 3 раза, затем водород был изохорически охлажден так, что давление его уменьшилось в 3 раза. Найти изменение энтропии в ходе указанных процессов.

93. Найти изменение энтропии при переходе 8 г кислорода от объема в 10 л при температуре  $80^{\circ}\text{C}$  к объему в 40 л при температуре  $300^{\circ}\text{C}$ .

94. Найти приращение энтропии  $\Delta S$  при расширении 2 г водорода от объема 1,5 л до объема 4,5 л, если процесс расширения происходит при постоянном давлении.

95. При нагревании 1 кмоль двухатомного газа его абсолютная температура увеличивается в 1,5 раза. Найти изменение энтропии, если нагревание происходит: 1) изохорически; 2) изобарически.

96. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя  $T_1=470\text{ К}$ , температура охладителя  $T_2=280\text{ К}$ . При изотермическом расширении газ совершает работу  $A=100\text{ Дж}$ . Определить к.п.д. цикла и количество теплоты  $Q_2$ , отданное охладителю при изотермическом сжатии.

97. В результате кругового процесса газ совершил работу  $A=1\text{ Дж}$  и передал охладителю количество теплоты  $Q_2=4,2\text{ Дж}$ . Определить КПД цикла.

98. Идеальный газ совершает цикл Карно. Получив от нагревателя количество теплоты  $Q_1=4,2\text{ кДж}$ , совершил работу  $A=590\text{ Дж}$ . Найти КПД цикла. Во сколько раз температура  $T_1$  нагревателя больше температуры  $T_2$  охладителя?

99. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в 4 раза выше абсолютной температуры охладителя. Какую долю теплоты, полученной за цикл от нагревателя, газ отдает охладителю.

100. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Определить КПД цикла, если известно, что за один цикл была произведена работа, равная  $3000\text{ Дж}$ , и холодильнику было передано  $13,4 \cdot 10^3\text{ Дж}$ .

**Образец выполнения титульного листа**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

**ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ**  
по дисциплине «Физика»

«МЕХАНИКА, МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА»

Выполнил: Иванов Иван Иванович  
гр. ТЭС-161, ЭНИ  
Вариант № 12

Проверил: Петров П. П.

Образец оформления решения задач

№ 111

Небольшое тело массой  $m$  равномерно втащили на горку, действуя силой, которая в каждой точке направлена по касательной к траектории. Найти работу этой силы, если высота горки  $h$ , длина ее основания  $l$ , и коэффициент трения  $\mu$ .

Решение.

Дано:

 $m$  $h$  $l$  $\mu$ 

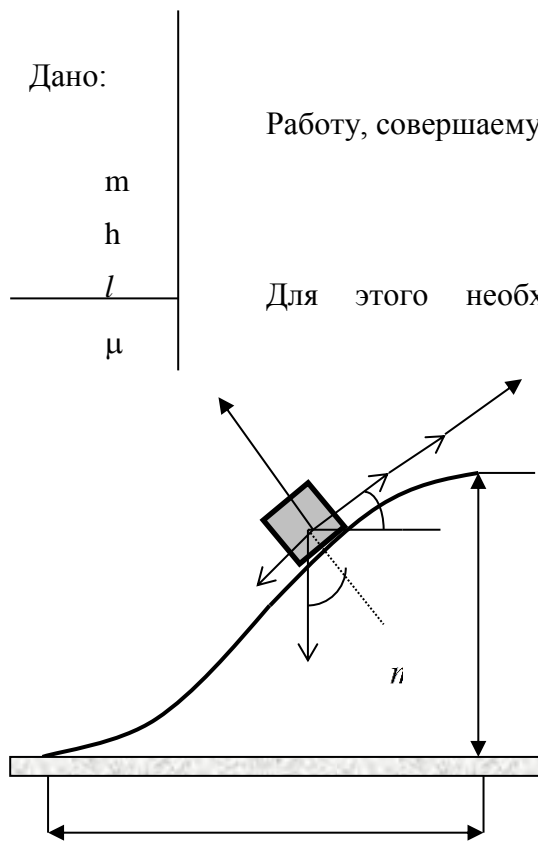
Работу, совершаемую силой  $\vec{F}$ , можно найти по общему определению работы:

$$A = \int \delta A = \int_{r_1}^{r_2} (\vec{F} d\vec{r})$$

Для этого необходимо предварительно найти силу  $\vec{F}$ . Рассмотрим перемещаемое тело в произвольной точке траектории его движения. На тело действуют четыре силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}$ , сила трения скольжения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и внешняя сила  $\vec{F}$ . Поскольку по условию задачи тело движется равномерно, то векторная сумма этих сил равна нулю:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0$$

Выберем координатные оси  $x$  и  $y$  таким образом, чтобы ось  $x$  была направлена по касательной к траектории (вдоль перемещения  $d\vec{r}$ ).



координатные оси:

ось  $x$ :

$$F - mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0$$

ось  $y$ :

$$N - mg \cos \alpha = 0$$

Тогда  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ , а модуль силы

$$F = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha.$$

Теперь можно найти выражение для элементарной работы, совершаемой силой  $F$  при перемещении тела на расстояние  $dr$ . При этом учтем, что угол между векторами  $\vec{F}$  и  $d\vec{r}$  равен нулю и косинус этого угла равен единице.

Тогда

$$\delta A = (\vec{F} d\vec{r}) = F dr = mg dr \sin \alpha + \mu mg dr \cos \alpha.$$

Из рис. видно, что  $dr \sin \alpha = dh$ , где  $dh$  - элементарное приращение высоты при перемещении тела на расстояние  $dr$ , а  $dr \cos \alpha = d\ell$ , то есть элементарному перемещению тела в горизонтальном направлении.

Тогда 
$$\delta A = mg dh + \mu mg d\ell,$$

и полная работа, совершаемая силой  $F$  при втаскивании тела на горку:

$$A = \int_0^h mg dh + \int_0^\ell \mu mg d\ell = mgh + \mu mg\ell = mg(h + \mu \ell)$$

Ответ:  $A = mg(h + \mu \ell)$ .

#### № 212

Найти изменение энтропии при нагревании воды массой  $M=100$  г от температуры  $t_1=0$  °С до температуры  $t_2=100$  °С и последующем превращении воды в пар той же температуры.

Дано:

$$M = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$t_1 = 0 \text{ °С}$$

$$T_1 = 273 \text{ К}$$

$$t_2 = 100 \text{ °С}$$

$$T_2 = 373 \text{ К}$$

$$c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг·К)}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$$\Delta S - ?$$

#### Решение

Найдем отдельно изменение энтропии  $\Delta S'$  при нагревании воды и изменение энтропии  $\Delta S''$  при превращении воды в пар. Полное изменение энтропии выразится суммой  $\Delta S'$  и  $\Delta S''$ .

Изменение энтропии выражается формулой

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}. \quad (1)$$

При бесконечно малом изменении  $dT$  температуры нагреваемого тела затрачивается количество теплоты  $dQ = McdT$ , где  $M$  – масса тела,  $c$  – его удельная теплоемкость. Подставив  $dQ$  в формулу (1), получим формулу для вычисления изменения энтропии при нагревании воды:

$$\Delta S' = \int_{T_1}^{T_2} \frac{M \cdot c \cdot dT}{T};$$

$$\Delta S' = M \cdot c \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = M \cdot c \cdot \ln \frac{T_2}{T_1};$$

$$\Delta S' = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot \ln \frac{373}{273} = 131 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

$$\Delta S' = 131 \text{ Дж/К}.$$

Аналогично определим изменение энтропии во время превращения воды в пар той же температуры  $T_2 = \text{const}$ :

$$\Delta S'' = \frac{1}{T} \int_1^2 dQ = \frac{Q}{T}, \quad (2)$$

где  $Q$  – количество теплоты, переданное при превращении нагретой воды в пар той же температуры.

Подставив в равенство (2) выражение количества теплоты  $Q = LM$ , где  $L$  – удельная теплота парообразования, получим:

$$\Delta S'' = \frac{LM}{T_2};$$

$$\Delta S'' = \frac{2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,1}{373} = 617 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

$$\Delta S'' = 617 \text{ Дж/К}.$$

Полное изменение энтропии при нагревании и последующем превращении ее в пар  $\Delta S = \Delta S' + \Delta S'' = 748 \text{ Дж/К}$ .

Ответ:  $\Delta S = 748 \text{ Дж/К}$ .