



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

531(07)
Е702

МЕХАНИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Методические указания и задания
для самостоятельной работы студентов

Челябинск
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Златоусте
Кафедра физики № 3

531(07)
Е702

МЕХАНИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Методические указания и задания
для самостоятельной работы студентов

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2016

УДК 531(075.8) + 539.1(075.8)
Е702

Одобрено
учебно-методической комиссией филиала ЮУрГУ в г. Златоусте

Рецензент О.Н. Бочкарева

Механика и молекулярная физика: методические указания и задания для самостоятельной работы студентов / сост. В.Е. Еремяшев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 46 с.

Пособие представляет собой сборник типовых задач по механике и молекулярной физике, предлагаемых студентам технических направлений подготовки в качестве индивидуальных домашних заданий и заданий на контрольных работах.

УДК 531(075.8) + 539.1(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2016

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Данное пособие представляет собой сборник задач по первой части курса общей физики, предлагаемых студентам технических направлений подготовки для самостоятельного решения в качестве индивидуальных контрольных заданий. Предлагаемое пособие может также применяться в качестве заданий для индивидуальных домашних работ. Сборник состоит из 30 заданий, разбитых на три раздела. В каждом задании – 20 типовых задач для самостоятельного решения каждым студентом. В пособии не приводятся формулы и законы и не рассматриваются примеры решения задач.

Задачи, объявленные преподавателем как домашнее задание, решаются и сдаются на проверку по мере изучения материала либо в сроки, указанные преподавателем. Выполнение домашних заданий входит в обязательный учебный график по физике. При решении задач необходимо максимально использовать конспекты лекций, образцы решений задач, разобранных на практических занятиях, а также учебные и методические пособия, рекомендованные преподавателем.

При подготовке и проведении контрольной работы заранее сообщаются номера заданий, которые необходимо самостоятельно разобрать дома, и критерии, по которым будет проводиться проверка контрольных работ. Вариант назначается непосредственно на занятии, посвященном контрольной работе. Выполнение контрольной работы предполагает свободное владение формулами, знание основных законов и способов решения задач.

Общепринятые требования к оформлению задач:

- аккуратное оформление решений в отдельной тетради или на сдвоенных листах с обязательным указанием личных данных (фамилии, имени, номера группы);
- обязательное указание номера задачи и использование обозначений: «Дано:», «Найти:», «Решение:», «Ответ:»;
- для большинства задач выполняется пояснительный рисунок, на котором должны быть отмечены *все* объекты и вынесены *все* физические величины, упоминаемые в условии и в решении задачи (в редких случаях рисунок не требуется);
- все используемые в решении задачи законы и формулы приводятся полностью, расчетные формулы подробно выводятся, после каждой математической выкладки должно быть дано исчерпывающее пояснение;
- задача решается в общем виде, т.е. выводится конечная расчетная формула, в которую входят только известные величины (промежуточные вычисления допускаются только в том случае, когда решение задачи громоздко);
- по расчетным формулам проверяются размерности искомых величин, расчёты выполняются с той точностью, с которой заданы исходные данные (обычно две-три значащих цифры);
- записывается полный ответ на все вопросы задачи.

Пособие направлено на формирование общекультурных и профессиональных компетенций, соответствующих требованиям федеральных государственных общеобразовательных стандартов высшего профессионального образования и общим образовательным программам для направлений подготовки 140400 (13.03.02) «Электроэнергетика и электротехника», 150100 (22.03.01) «Материаловедение и технологии материалов», 150400 (22.03.02) «Металлургия», 151900 (15.03.05) «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 220700 (15.03.04) «Автоматизация технологических процессов и производств», 231000 (09.03.04) «Программная инженерия», 261400 (29.03.04) «Технология художественной обработки материалов», 270800 (08.03.01) «Строительство».

При составлении данного пособия использовались сборники задач по физике [1, 2] и ранее изданные учебные пособия [3]. Для изучения теоретического материала студентам предлагается пользоваться учебниками по физике [4, 5] и методическими пособиями, обучающего характера [6].

КИНЕМАТИКА

Задание 1. Кинематические уравнения

1.1. Точка движется так, что зависимость координаты от времени определяется уравнением $x = 10 + 15t - 3t^2$. Найдите проекцию на ось x скорости и ускорения точки через 2 с после начала движения. В какой момент времени проекция скорости будет равна нулю.

1.2. Начальная скорость прямолинейного движения точки 7 м/с, а её ускорение 2 м/с². Записать уравнение движения $x = x(t)$ и определить перемещение точки за десятую секунду.

1.3. Зависимость координаты тела от времени при прямолинейном движении дается уравнением $x = 1 + 5t + t^2$. Найдите среднюю скорость за вторую и четвертую секунды его движения.

1.4. Уравнение прямолинейного движения тела $x = 10 + 5t + 5t^2$. Постройте графики перемещения, скорости и ускорения за первые 5 с движения тела.

1.5. Точка движется так, что зависимость координаты от времени определяется уравнением $x = 100 + 18t - 3t^2$. В какой момент времени его скорость равна 0? Чему равно ускорение в этот момент времени? Какое перемещение совершило тело за 3 с?

1.6. Уравнение движения точки по прямой имеет вид $x = 4 + 2t + 0,2t^2$. Найдите положение точки и мгновенную скорость в моменты времени 2 с и 5 с.

1.7. Начертите график зависимости от времени координаты, скорости и ускорения движения, заданного уравнением $x = 5 + 4t - t^2$.

1.8. Уравнение движения точки по прямой имеет вид $x = 2 + 12t - 0,5t^2$. Найдите мгновенные скорость и ускорение в моменты времени 1 с и 4 с.

1.9. Уравнение движения точки по прямой имеет вид $x = 5 + 10t + t^2$. Найдите среднюю скорость и среднее ускорение за первые четыре секунды движения.

1.10. Уравнение движения точки по прямой имеет вид $x = 4t - 0,5t^2$. Определите момент времени, в который скорость точки равна 0. Найдите координату и ускорение этой точки в этот момент времени.

1.11. Начальная скорость прямолинейного движения тела 5 м/с, а ускорение 3 м/с². Запишите уравнение движения $x = x(t)$ и определите скорость в конце двадцатой секунды.

1.12. Уравнение движения точки $x = 15 + 5t - 4t^2$. Найдите скорость и ускорение точки через 3 с после начала движения. В какой момент времени проекция скорости будет равна нулю?

1.13. Начальная скорость прямолинейного движения тела 2 м/с, а ускорение 7 м/с². Запишите уравнение движения $x = x(t)$ и определите перемещение тела за семь секунд движения.

1.14. При прямолинейном движении координата тела изменяется со временем по уравнению $x = 10 - 3t + 2t^2$. Найдите среднюю скорость и ускорение за третью и шестую секунды его движения.

1.15. Уравнение прямолинейного движения тела $x = 6 + 3t + 4t^2$. Постройте графики перемещения, скорости и ускорения за первые 3 с движения тела.

1.16. Точка движется прямолинейно, и ее координата от времени изменяется согласно уравнению $x = 35 + 8t - 3t^2$. В какой момент времени его скорость равна 0? Чему равно ускорение в этот момент времени? Какое перемещение совершило тело за это время?

1.17. Уравнение прямолинейного движения тела имеет вид $x = 5 + 3t + t^2$. Найдите положение точки и мгновенную скорость в моменты времени $t=1$ с и $t=3$ с. В какой момент времени скорость точки будет равна 10 м/с?

1.18. Изменение координаты тела задано уравнением $x = 6 + 4t + 0,5t^2$. Начертите графики зависимости перемещения, скорости и ускорения тела от времени.

1.19. Уравнение прямолинейного движения тела $x = 3 + 10t - t^2$. Найдите мгновенные скорость и ускорение тела в момент начала движения и через 3 с после начала движения.

1.20. Уравнение прямолинейного движения точки имеет вид $x = 7 + 12t - t^2$. Найдите среднюю скорость и среднее ускорение тела за промежуток времени между первой и пятой секундами.

Задание 2. Движение в гравитационном поле Земли

2.1. Мяч брошен под некоторым углом к горизонту. Найдите величину этого угла, если горизонтальная дальность полета мяча составила 50 м и оказалась

в четыре раза больше максимальной высоты его траектории. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.2. Пистолетная пуля пробила два вертикально закрепленных листа бумаги, расстояние между которыми равно 30 м. Пробоина во втором листе оказалась на 1 см ниже, чем в первом. Определите скорость пули, если к первому листу она подлетела, двигаясь горизонтально. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.3. Снаряд, выпущенный из орудия под углом 30° к горизонту, дважды был на одной и той же высоте спустя 10 и 50 с после выстрела. Определите начальную скорость снаряда и эту высоту. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.4. Камень брошен со скоростью 5 м/с под углом 45° к горизонту. Найдите наибольшую высоту подъема и радиус кривизны траектории камня в этой точке.

2.5. Небольшой диск брошен под углом к горизонту со скоростью 30 м/с. Время его подъема до максимальной высоты составило 2 с. Найдите значение этой высоты и радиус кривизны траектории в этой точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.6. Камень брошен со скоростью 15 м/с под углом 30° к горизонту. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения через 1 с после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.7. Тело брошено под углом к горизонту. Найдите угол бросания и начальную скорость, если известно, что наибольшая высота подъема тела 20 м, а радиус кривизны траектории в ее наивысшей точке 5 м. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.8. Снаряд выпущен со скоростью 800 м/с под углом 30° к горизонту. Определите высоту подъема снаряда, расстояние, на котором он упадет на землю и время его полета. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.9. Камень брошен горизонтально со скоростью 7 м/с. Найдите нормальное, тангенциальное и полное ускорения через 0,5 с после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.10. Граната брошена горизонтально со скоростью 15 м/с. Найдите радиус кривизны ее траектории и тангенциальное ускорение через 0,5 с после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.11. С вышки бросили камень в горизонтальном направлении. Через две секунды после начала движения камень упал на землю на расстоянии 40 м от основания вышки. Определите начальную и конечную скорость камня. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.12. Тело, брошенное с башни в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с, упало на землю на расстоянии в двое большем, чем высота башни. Найдите высоту башни. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.13. Пуля выпущена со скоростью 700 м/с под углом 60° к горизонту. Найдите наибольшую высоту подъема, дальность полета и радиус кривизны траектории пули в ее наивысшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.14. Пуля, выпущенная в центр мишени, расположенной на расстоянии 30 м, попала на 10 см ниже. Определите скорость пули в начальный момент времени. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.15. Бомбардировщик летит на высоте 3000 м со скоростью 100 м/с. На каком расстоянии от цели он должен сбросить бомбу, чтобы она попала в цель на земле? Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.16. Спортсмен прыгает с 10-метровой вышки и через две секунды погружается в воду на расстоянии 3 м от основания вышки. Определите скорость спортсмена в момент прыжка и угол, под которым он прыгнул и вошел в воду. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.17. Снаряд выпущен из орудия со скоростью 500 м/с под углом 30° к горизонту. Найдите наибольшую высоту подъема и радиус кривизны траектории в этой точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.18. Пуля была выпущена из охотничьего ружья со скоростью 150 м/с под некоторым углом к горизонту. Время ее подъема до максимальной высоты составило одну секунду. Найдите угол, под которым была выпущена пуля, и максимальную высоту ее подъема. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.19. Мяч брошен со скоростью 30 м/с под углом 60° к горизонту. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения его движения через три секунды после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.20. Снаряд выпущен под углом к горизонту. Известно, что наибольшая высота подъема снаряда 100 м, а радиус кривизны траектории снаряда в ее верхней точке составил 3 м. Найдите угол, под которым был выпущен снаряд и его начальную скорость. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Задание 3. Движение по окружности

3.1. Точка движется по окружности радиусом 15 м так, что пройденный путь определяется уравнением $S = 12 - 3t + 2t^2 + 4t^3$. В какой момент времени тангенциальное уравнение точки равно 52 м/с^2 ? Чему равно угловое ускорение в этот момент?

3.2. Точка движется по окружности радиусом 15 м. Уравнение его пройденного пути $S = 2 + 4t + 2t^2 + t^3$. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения точки к концу второй секунды и пройденный путь за это время.

3.3. Точка движется по окружности так, что зависимость пройденного пути от времени определяется уравнением $S = 8 - 2t + 4t^2$. Найдите линейную скорость и ее полное ускорение через 5 с после начала движения, если известно, что нормальное ускорение через одну секунду после начала движения равно 2 м/с^2 .

3.4. Диск радиусом 20 см вращается согласно уравнению $\varphi = 3 - t + 0,1t^2$. Определите нормальное, тангенциальное и полное ускорения точек на окружности диска в момент времени $t=5 \text{ с}$.

3.5. Зависимость угла поворота колеса радиусом 0,5 м от времени задается уравнением $\varphi = 5t + 10t^2 + t^3$. Найдите линейную и угловую скорости, угловое и нормальное ускорения в конце третьей секунды.

3.6. Зависимость угла поворота колеса радиусом 25 см от времени задается уравнением $\varphi = 8t + 16t^2 + 4t^3$. Найдите угловую скорость и ускорение в конце пятой секунды.

3.7. Уравнение движения точки по окружности имеет вид $\varphi = 2 + 4t + t^2$. Найдите угол поворота точки и мгновенную скорость в моменты времени $t=2$ с и $t=5$ с.

3.8. Начальная скорость равноускоренного движения тела по окружности 5 рад/с, а угловое ускорение 2 рад/с². Запишите уравнение движения $\varphi = \varphi(t)$ и определите угловую скорость в конце четвертой секунды.

3.9. Уравнение движения точки по окружности имеет вид $\varphi = 3t - 0,5t^2$. Определите момент времени, в который угловая скорость точки равна нулю. Найдите угол поворота и угловое ускорение в этот момент времени.

3.10. Уравнение движения точки по окружности имеет вид $\varphi = 10 + 5t + 2t^2$. Найдите угловую скорость и угловое ускорение в моменты времени $t=1$ с и $t=4$ с.

3.11. Уравнение вращательного движения тела $\varphi = 10 + 5t + 5t^2$. Постройте графики угла поворота, угловой скорости и углового ускорения за первые 5 с движения тела.

3.12. Уравнение движения тела по окружности определяется уравнениями $x = 15\cos(5t)$ и $y = 15\sin(5t)$. В какой момент времени тангенциальное ускорение точки равно 52 м/с². Чему равно угловое ускорение в этот момент времени?

3.13. Уравнение движения точек на ободе колеса $x^2 + y^2 = 100$. Угловая скорость 2 рад/с. Найдите для каждой точки линейную скорость и пройденный путь за четыре секунды движения.

3.14. Точка движется по окружности так, что зависимость ее пройденного пути от времени определяется уравнением $S = 8 - 2t + 4t^2$. Найдите линейную скорость и ее полное ускорение через четыре секунды после начала движения, если радиус окружности 2 м.

3.15. Диск радиусом 2 см вращается согласно уравнению $\varphi = t - 6t^2$. Определите нормальное, тангенциальное и полное ускорения точек на окружности диска в момент времени $t=12$ с.

3.16. Зависимость угла поворота колеса радиусом 0,5 м от времени дается уравнением $\varphi = 5t + 10t^2 + t^3$. Найдите линейную скорость и нормальное ускорение в конце четвертой секунды движения.

3.17. Зависимость угла поворота колеса радиусом 0,2 м от времени имеет вид $\varphi = t + 6t^2 - t^3$. Найдите угловую скорость и угловое ускорение на радиусе

колеса к концу второй секунды. Рассчитайте значение тангенциального и нормального ускорения в этот момент времени.

3.18. Уравнение угловой скорости движения точки по окружности имеет вид $\omega = t + t^2$. Найдите угол поворота точки за интервал времени от $t=2$ с до $t=5$ с.

3.19. К концу четвертой секунды движения по окружности с постоянным угловым ускорением 2 рад/с^2 угловая скорость тела стала равна 5 рад/с . Запишите уравнение движения $\varphi = \varphi(t)$ и определите угол поворота в этот момент времени, если $\varphi_0 = 0$.

3.20. Уравнение движения тела по окружности имеет вид $\omega = 6t - 12t^2$. Определите момент времени, в который угловое ускорение равно нулю. Найдите угол поворота и угловую скорость в этот момент времени, если $\varphi_0 = 0$. Какой путь пройдет тело за время от начала движения, если радиус окружности равен 1 м .

Задание 4. Угловые характеристики движения

4.1. Найдите радиус вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на его ободе, в два раза больше линейной скорости точки, лежащей на 20 см ближе к оси колеса.

4.2. Чему равно соотношение нормальных ускорений точек на ободе колеса и на половине его радиуса?

4.3. Колесо начало вращаться с постоянным угловым ускорением 3 рад/с^2 . Через три секунды после начала движения полное ускорение поступательного движения точек обода стало 10 м/с^2 . Найдите радиус колеса.

4.4. Шкив радиусом $0,3 \text{ м}$ вращается так, что к концу пятой секунды после начала движения линейная скорость точек на ободе колеса стала равной 5 м/с . Найдите угол между векторами полного и нормального ускорения точек на ободе шкива через четыре секунды после начала движения.

4.5. Линейная скорость точек, лежащих на окружности вращающегося диска, — 3 м/с , а точек, расположенных на 10 см ближе к оси, — 2 м/с . Сколько оборотов в секунду делает диск?

4.6. Диск радиусом 10 см из состояния покоя начал вращаться с постоянным угловым ускорением $0,5 \text{ рад/с}^2$. Найдите нормальное, тангенциальное и полное ускорения точек, лежащих на его ободе, к концу второй секунды движения.

4.7. Определите линейные и угловые скорости точек, лежащих на земной поверхности на экваторе и на широте 60° .

4.8. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением. За три секунды движения угловая скорость точек обода колеса увеличилась с 2 до 11 рад/с . Найдите угловое ускорение колеса и угол поворота за это время.

4.9. За десять секунд вращения с постоянным угловым ускорением колесо совершило пять полных оборотов. Найдите это угловое ускорение, если начальная угловая скорость равна нулю. Чему равна его угловая скорость в конце десятой секунды?

4.10. Угловая скорость колеса, вращающегося с постоянным угловым ускорением из состояния покоя, за четыре секунды движения достигла 12 рад/с . Найдите угловое ускорение колеса и линейную скорость точки на его ободе к концу пятой секунды движения. Радиус колеса равен 50 см .

4.11. Диск, радиусом 30 см из состояния покоя начал вращаться с постоянным угловым ускорением $0,2 \text{ рад/с}^2$. Найдите угловую скорость и угол поворота точек на его ободе к концу второй секунды после начала движения.

4.12. Колесо радиусом 10 см вращается с постоянным угловым ускорением. Через три секунды после начала движения угловая скорость точек обода колеса была равной 12 рад/с , а нормальное ускорение 3 м/с^2 . Найдите полное ускорение колеса.

4.13. Горизонтально расположенный диск радиусом R вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. Частота вращения 40 об/мин . На расстоянии $R/2$ от оси вращения на диске лежит тело. Определите, как изменятся линейная и угловая скорости, тангенциальное и угловое ускорения тела при перемещении его на край диска.

4.14. Линейная скорость точки, лежащей на ободе колеса, в два раза больше линейной скорости точки, лежащей на расстоянии $0,5 \text{ м}$ от его центра. Найдите радиус вращающегося колеса.

4.15. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения точек на ободе колеса и на половине его радиуса, если радиус колеса 1 м , а угловая скорость его вращения 2 рад/с .

4.16. Через три секунды после начала движения с постоянным угловым ускорением полное ускорение точек обода колеса стало равным 10 м/с^2 . Радиус колеса 30 см . Найдите угловое ускорение точек обода колеса.

4.17. Диск радиусом 25 см , начавший движение из состояния покоя, за три секунды равноускоренно разогнался до угловой скорости 10 рад/с . Найдите угол между вектором полного ускорения и радиусом диска в этот момент времени.

4.18. Линейная скорость точек, лежащих на ободе вращающегося диска с радиусом 30 см , равна 3 м/с . Найдите линейную скорость точек, расположенных от центра диска на расстояниях, равных четверти и половине радиуса. Сколько оборотов делает диск за одну секунду?

4.19. За пять секунд движения угловая скорость точки обода колеса увеличилась в 3 раза. Найдите угол поворота колеса за этот промежуток времени, если начальная угловая скорость была равна 12 рад/с .

4.20. Диск радиусом 1 м , вращаясь с постоянной угловой скоростью, начал разгоняться с угловым ускорением $0,3 \text{ рад/с}^2$. Найдите нормальное, тангенциальное и полное ускорение точек на ободе колеса в момент времени, когда его угловая скорость была равна 6 рад/с .

Задание 5. Связь линейных и угловых характеристик движения

5.1. На горизонтально вращающийся шкив радиусом 10 см намотан шнур. К концу шнура привязан груз, который начинает опускаться с ускорением 3 м/с^2 . Определите угловое ускорение и угол поворота шкива за четыре секунды движения.

5.2. На горизонтально вращающийся цилиндр радиусом 4 см намотана нить, к концу которой привязан груз. За три секунды движения груз равноускоренно опустился на 1,5 м. Определите угловое ускорение цилиндра.

5.3. На вал электродвигателя радиусом 5 см начинает наматывать трос, прикрепленный к подвижной платформе. Угловое ускорение вала $0,1 \text{ рад/с}^2$. Найдите ускорение платформы и путь, пройденный ею за пять секунд.

5.4. Через блок радиусом 15 см перекинут трос, к концам которого прикреплены грузы различной массы. Найдите их скорость через одну секунду после начала равноускоренного движения, если за это время блок повернулся на один оборот.

5.5. Через блок радиусом 20 см перекинут трос, к концам которого прикреплены грузы различной массы. Найдите угловую скорость равноускоренного движения блока к концу 1 с, если, начав движение из состояния покоя, за это время грузы прошли путь 1 м.

5.6. Со шкива сматывается трос, к концу которого прикреплен груз. Угловое ускорение шкива 1 рад/с^2 . Найдите радиус шкива, если, начав движение из состояния покоя, груз прошел путь 9 м за три секунды.

5.7. Через блок радиусом 10 см перекинут трос, к концам которого прикреплены грузы различной массы. Найдите линейное и угловое ускорения точек на ободе блока, если, начав движение из состояния покоя, грузы прошли путь 1 м за 2 с.

5.8. При запуске лодочного мотора необходимо раскрутить шкив, закрепленный на его валу радиусом 15 см до частоты вращения 600 об/мин. За какое время при этом надо вытягивать шнур длиной 2 м, намотанный на этот шкив, чтобы разогнать его до необходимой частоты?

5.9. За какое время на равноускоренно вращающийся вал, радиусом 30 см, наматается провод длиной 50 м, если начальная скорость вала равна нулю, а угловое ускорение 4 рад/с^2 ?

5.10. Через блок радиусом 20 см перекинут трос, к концам которого прикреплены грузы различной массы. Найдите угловую скорость равноускоренного движения блока к концу пятой секунды, если, начав движение из состояния покоя, за это время грузы прошли путь 8 м.

5.11. Через блок перекинут трос, к концам которого прикреплены грузы различной массы. Угловая скорость равноускоренного движения блока к концу первой секунды после начала движения равна 4 рад/с . За это время каждый груз прошел путь 1 м. Найдите радиус блока.

5.12. Со шкива радиусом 20 см сматывается трос, к концу которого прикреплен груз. Угловое ускорение шкива 4 рад/с^2 . Какой путь пройдет груз за 4 с,

если его начальная скорость равна нулю? Найдите скорость груза в конце этого интервала времени.

5.13. Два бумажных диска насажены на общую горизонтальную ось так, что плоскости их параллельны. Расстояние между ними 30 см. Диски вращаются с одинаковой частотой 25 об/с. Пуля, летевшая вдоль оси на расстоянии 12 см от нее, пробита оба диска. Пробоины в дисках смещены друг относительно друга на расстояние 5 см, если его отсчитывать по дуге окружности. Найдите среднюю скорость пули в промежутке между дисками.

5.14. Винт аэросаней вращается с частотой 360 об/мин. Скорость поступательного движения аэросаней равна 54 км/ч. С какой скоростью движется один из концов винта, если радиус винта равен 1 м?

5.15. На токарном станке протачивается вал диаметром 60 мм. Продольная подача резца равна 0,5 мм за один оборот. Какова скорость резания, если за интервал времени 1 мин протачивается участок вала длиной 12 см?

5.16. На вал электродвигателя радиусом 36 см наматывается трос, прикрепленный к подвижной платформе. Угловое ускорение вала 3 рад/с^2 . Найдите ускорение платформы и путь, пройденный ею за 10 с. В начальный момент времени вал имел скорость 1 рад/с .

5.17. Со шкива сматывается трос, к концу которого прикреплен груз. Угловое ускорение шкива 2 рад/с^2 . Найдите радиус шкива, если, начав движение со скоростью 10 м/с , груз прошел путь 5 м за две секунды.

5.18. За какое время на равноускоренно вращающийся вал, радиусом 10 см, наматается провод длиной 30 м, если начальная скорость вала равна 10 рад/с , а угловое ускорение $0,5 \text{ рад/с}^2$?

5.19. При запуске мотора мотоблока необходимо раскрутить шкив на его валу диаметром 30 см до частоты вращения 400 об/мин. За какое время при этом надо вытягивать шнур длиной 1,5 м, намотанный на этот шкив, чтобы разогнать вал до необходимой угловой скорости? Найдите угол поворота шкива за это время.

5.20. Со шкива радиусом 42 см сматывается трос, к концу которого прикреплен груз. Угловое ускорение шкива 6 рад/с^2 . Какой путь пройдет груз за две секунды, если его начальная скорость равна нулю? Найдите скорость груза в конце этого интервала времени.

ОСНОВЫ ДИНАМИКИ

Задание 6. Связь между кинематическими и динамическими характеристиками движения

6.1. На груз массой 800 кг действует сила, которая изменяется согласно уравнению $F = 0,1ti + 0,3tj$ (кН). Найдите ускорение груза в момент времени $t = 2 \text{ с}$.

6.2. Груз массой 50 кг, подвешенный на тросе, движется вверх с ускорением. Значение скорости в проекции на вертикальную ось изменяется по уравнению $v = 5 + 2t^2$ (м/с). Найдите модуль результирующей силы, действующей на тело в момент времени $t = 3$ с.

6.3. Груз массой 2 кг движется под действием силы с ускорением, значение которого изменяется по уравнению $a = 2ti - tj$ (м/с²). Найдите модуль силы, действующей на тело в момент времени $t = 5$ с.

6.4. Груз массой 100 кг подвешен на тросе. Сравните силу натяжения троса при движении груза вверх с ускорением, значение которого изменяется по уравнению $a = 5 - 2t$ (м/с²), в моменты времени $t = 1$ с и $t = 2$ с. Уравнение для ускорения дано в проекции на вертикальную ось

6.5. Ракета массой 20 т поднимается вертикально вверх с ускорением. Путь, пройденный ракетой с начала движения определяется уравнением $S = 2t^3$ (м). Найдите силу тяги двигателей ракеты в момент времени $t = 5$ с. Сопротивлением воздуха пренебречь.

6.6. На гладком столе лежит брусок массой 4 кг, к которому приложена сила, изменяющаяся согласно уравнению $F = 10 + 5t + 2t^2$ (Н) и направленная вдоль прямой, параллельной поверхности стола. Найдите модуль ускорения бруска в момент времени $t = 3$ с.

6.7. Катер массой 2 т трогается с места и при движении в спокойной воде совершает перемещение, которое задается уравнением $S = 4t^2i + 2j$ (м). Определите силу тяги мотора, считая ее постоянной. Сопротивлением воды пренебречь.

6.8. Тело массой 2 кг двигается под действием некоторой силы прямолинейно согласно уравнению $x = 1 - 2t + t^2 - 0,2t^3$ (м). Найдите изменение проекции силы, действующей на это тело, за интервал времени от $t = 2$ с до $t = 5$ с.

6.9. Уравнение движения тела массой 15 кг имеет вид $S = 2ti + 3t^2j - 3k$ (м). Найдите изменение кинетической энергии тела за интервал времени от $t = 2$ с до $t = 4$ с.

6.10. Перемещение тела массой 200 г под действием силы соответствует уравнению $x = -5t + 2t^2$ (м). Найдите работу, совершаемую этой силой, за первые две секунды движения.

6.11. Уравнение движения тела массой 100 г в поле силы тяжести Земли имеет вид $h = 100 + 2t - 5t^2$ (м). Найдите изменение потенциальной энергии этого тела за первые четыре секунды движения.

6.12. На груз массой 1 кг действует сила, которая изменяется согласно уравнению $F = 3ti - 5tk$ (Н). Какую скорость приобретет груз к концу третьей секунды движения, если в начале движения он покоился.

6.13. Путь, пройденный вниз грузом массой 5 т, подвешенным на тросе, определяется уравнением $S = 3t^2$ (м). Найдите силу натяжения троса.

6.14. Грузовой автомобиль массой 20 т начал движение вдоль горизонтальной поверхности согласно уравнению $S = 0,2t^2i + 3tj$ (м). Найдите мощность, которую развивает двигатель автомобиля в момент времени $t = 3$ с. Трение не учитывать.

6.15. Груз массой 2 кг начинает движение под действием силы с ускорением, значение которого изменяется согласно уравнению $a = ti + tj$ (м/с²). Найдите работу, совершенную этой силой за интервал времени от $t=0$ до $t=1$ с.

6.16. Груз массой 1 кг подвешен на тросе. Сравните силу натяжения троса при движении груза с ускорением, значение которого изменяется по уравнению $a = -4 + 3t$ (м/с²), в моменты времени $t=1$ с и $t=2$ с.

6.17. Ракета массой 2000 т поднимается вертикально и ее скорость изменяется согласно уравнению $v = 20t$ (м/с). Найдите силу тяги двигателей ракеты и приращение кинетической энергии ракеты за вторую минуту полета. Сопротивлением воздуха пренебречь.

6.18. На гладком столе лежит брусок массой 100 г. К бруску приложили силу, изменяющуюся согласно уравнению $F = 0,1ti + 0,2tj$ (Н) и направленную параллельно поверхности стола. Найдите ускорение бруска в момент времени $t = 1$ с.

6.19. Автомобиль массой 1500 кг трогается с места и совершает по горизонтальному участку дороги без трения перемещение, которое задается уравнением $S = t^2i$ (м). Определите силу тяги двигателя автомобиля, считая ее постоянной.

6.20. Уравнение движения тела массой 15 кг имеет вид $S = t^2i + 3t^2j - 3kt$ (м). Найдите приращение кинетической энергии тела за интервал времени от $t=2$ с до $t=4$ с.

Задание 7. Основной закон динамики

7.1. Космический корабль поднимается вертикально вверх с ускорением 10 м/с². Сила тяги его двигателей 50 000 кН. Найдите массу корабля и высоту его подъема к концу десятой секунды полета.

7.2. Автомобиль массой 5 т, двигающийся со скоростью 108 км/ч, начинает тормозить. Сила торможения 5 кН. Найдите ускорение автомобиля при торможении, его тормозной путь и время, необходимое для полной остановки.

7.3. Автобус массой 10 т начинает двигаться с ускорением 0,5 м/с² и разгоняется до скорости 54 км/ч. Найдите силу тяги его двигателя, время, затраченное на разгон, и путь, пройденный за это время. Коэффициент трения между шинами и дорогой равен 0,2.

7.4. Сила 1 кН действует на тело массой 100 кг. В результате скорость тела увеличилась с 36 км/ч до 72 км/ч. Сколько времени действовала сила.

7.5. Результирующая сила 120 Н действует на тело массой 100 кг в течение ста секунд. Найдите скорость тела в конце этого интервала времени, если в начале движения тело покоилось.

7.6. Автомобиль массой 20 т движется по горизонтальному шоссе. После выключения двигателя он останавливается через 20 с. Коэффициент трения между шинами и дорогой 0,1. Найдите скорость автомобиля перед выключением двигателя.

7.7. Найдите скорость пули при вылете из ствола винтовки, если ее масса 7,5 г, длина ствола 70 см, калибр 9 мм, а среднее давление воздуха за время выстрела 10 МПа.

7.8. Шайба, пущенная по поверхности льда с начальной скоростью 20 м/с, остановилась через сорок секунд. Найдите коэффициент трения шайбы о лед. Какой путь пройдет шайба до полной остановки?

7.9. Вагон массой 40 т движется равнозамедленно с начальной скоростью 36 км/ч и ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Найдите силу торможения, действующую на вагон, время его движения до остановки и путь, пройденный за это время.

7.10. Сила 1 Н действует на тело в течение трех минут. Найдите массу тела, если его скорость в конце этого интервала времени достигла 18 м/с, и в начале движения тело покоилось. Какой путь прошло тело за это время?

7.11. Мотоциклист при движении по повороту радиусом 30 м наклонился внутрь закругления на угол 30° от вертикали. Найдите скорость мотоциклиста.

7.12. Автобус движется по закруглению горизонтальной дороги радиусом 100 м. Найдите максимальную скорость, если коэффициент трения скольжения между колесами и дорогой 0,15.

7.13. Ведро с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной 1 м со скоростью 4 м/с. Определите, выльется ли вода при прохождении ведром верхней точки.

7.14. Велосипедист при движении со скоростью 18 км/ч по повороту радиусом 30 м наклонился внутрь закругления. Найдите угол его наклона.

7.15. Найдите вес автомобиля при движении со скоростью 25 м/с по выпуклому мосту радиусом 50 м. Масса автомобиля 1 т.

7.16. Найдите массу автомобиля, если при его движении со скоростью 72 км/ч по вогнутому мосту радиусом 40 м его вес равен 30 кН.

7.17. Автомобиль движется, не соскальзывая, по закруглению горизонтальной дороги радиусом 150 м со скоростью 54 км/ч. Найдите минимальный коэффициент трения скольжения между колесами и дорогой.

7.18. Ведро с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной 3 м. С какой наименьшей скоростью его нужно вращать, чтобы при прохождении ведром верхней точки из него не вылилась вода?

7.19. Диск вращается вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр. На диске на расстоянии 50 см от оси вращения лежит груз. Максимальный коэффициент трения покоя между диском и грузом равен 0,1. Найдите наименьшую частоту вращения, при которой груз начнет соскальзывать с диска.

7.20. Диск вращается вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр. На диске лежит груз. Максимальный коэффициент трения покоя между диском и грузом равен 0,3. Частота вращения диска 60 об/мин. На каком максимальном расстоянии от оси вращения можно положить груз, чтобы он не соскользнул?

Задание 8. Движение по наклонной плоскости

8.1. Наклонная плоскость длиной 5 м образует угол 30° с горизонтом. Брусок, двигаясь равноускоренно, соскользнул с этой плоскости за пять секунд. Найдите коэффициент трения между бруском и плоскостью.

8.2. Определите значение силы, приложенной к деревянному бруску массой 200 г, при котором начнется соскальзывание этого бруска с наклонной плоскости с углом наклона 30° . Коэффициент трения равен 0,3.

8.3. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с плоскости длиной 5 м и высотой 3 м. Коэффициент трения между телом и плоскостью 0,1. Найдите время движения тела.

8.4. За какое время шайба массой 300 г соскользнет с наклонной плоскости длиной 10 м и углом наклона 60° , если по той же наклонной плоскости с углом наклона 30° она движется равномерно?

8.5. Тело массой 2 кг соскальзывает с наклонной плоскости длиной 10 м и углом наклона 60° из состояния покоя и за три секунды движения приобретает скорость 9 м/с. Найдите коэффициент трения между телом и плоскостью.

8.6. Найдите коэффициент трения между шинами и поверхностью дороги с углом наклона 30° , если автомобиль скатывается по ней с выключенным двигателем с ускорением 2 м/с^2 .

8.7. Тело начинает скользить по наклонной плоскости с углом наклона 30° из состояния покоя. Какой путь пройдет тело за первые три секунды движения? Коэффициент трения скольжения 0,2.

8.8. Груз массой 5 кг поднимается по наклонной плоскости с углом наклона 30° под действием силы 40 Н, направленной параллельно плоскости. Какое расстояние пройдет тело за отрезок времени, в течение которого его скорость возрастает от 0 до 1 м/с? Коэффициент трения скольжения 0,1.

8.9. Найдите минимальный угол наклона плоскости, при котором с нее без ускорения соскользнет тело. Коэффициент трения скольжения между телом и плоскостью 0,3.

8.10. Наклонная плоскость длиной 10 м образует угол 30° с горизонтом. Найдите время, за которое тело соскользнет с этой плоскости. Трение не учитывать.

8.11. Тело начинает скользить по наклонной плоскости с углом наклона 45° из состояния покоя. Какой путь пройдет тело за три секунды движения? Трение не учитывать.

8.12. Тело, начав движение из состояния покоя и двигаясь равноускоренно, соскользнуло с горки длиной 10 м и высотой 3 м. Найдите время движения тела. Трение не учитывать.

8.13. При постоянной силе тяги двигателя автомобиль массой 2400 кг способен двигаться на горизонтальном участке дороги с ускорением 3 м/с^2 . Найдите угол наклона подъема дороги, если автомобиль движется по нему с включенным двигателем с ускорением 1 м/с^2 . Коэффициент трения между шинами и поверхностью дороги равен 0,1.

8.14. Поезд общей массой 10 000 т с постоянной скоростью преодолевает подъем с уклоном 3 м на каждые 100 м пути. Коэффициент трения 0,01. Найдите силу тяги, развиваемую локомотивом этого поезда.

8.15. Автомобиль массой 10 т движется под гору при выключенном двигателе с постоянной скоростью. Уклон горы 5 м на каждые 100 м пути. Какую силу тяги должен развивать двигатель, чтобы автомобиль двигался вверх по этой же горе тоже с постоянной скоростью?

8.16. Электровоз массой 50 000 кг под действием силы тяги двигателей, равноускоренно двигаясь вниз по наклонному участку дороги с углом наклона 5° , за первые десять секунд движения проходит 100 м. Коэффициент трения между колесными парами и рельсами равен 0,1. Какой путь пройдет электровоз за это же время, двигаясь вверх по этому же участку дороги при той же силе тяги двигателя?

8.17. Необходимо по наклонной плоскости длиной 2 м и углом наклона 30° втянуть вверх с ускорением 1 м/с^2 коробку массой 100 кг. Коэффициент трения между коробкой и плоскостью 0,1. Вычислите, какую силу необходимо для этого приложить параллельно этой наклонной плоскости.

8.18. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с горки длиной 1 м и высотой 0,15 м из состояния покоя. Найдите скорость тела в конце горки. Коэффициент трения между телом и плоскостью горки 0,1.

8.19. Автомобиль массой 1000 кг поднимается в гору с углом наклона 30° под действием силы тяги двигателя с ускорением 1 м/с^2 . Коэффициент трения между шинами и поверхностью дороги равен 0,1. С каким ускорением автомобиль под действием этой же силы тяги двигателя способен двигаться на горизонтальном участке дороги?

8.20. Электрокар массой 5000 кг, поднимаясь под действием силы тяги двигателя по наклонному участку дороги с углом наклона 30° , за первые пять секунд движения из состояния покоя может пройти путь 25 м. Коэффициент трения между шинами электрокара и поверхностью дороги равен 0,1. Найти силу тяги двигателя электрокара.

Задание 9. Движение связанных тел

9.1. Два груза массой 2 и 4 кг соединены нитью, переброшенной через невесомый блок. Определите ускорение грузов и натяжение нити при их движении.

9.2. Два груза соединены нитью, переброшенной через невесомый блок. Грузы двигаются с ускорением 2 м/с^2 . Определите соотношение масс грузов и натяжение нити при их движении, если масса меньшего из них 1 кг.

9.3. Два тела массой 4 и 7 кг связаны между собой верёвкой массой 1 кг. Грузы поднимают вверх с ускорением, прикладывая силу 24 Н к телу с большей массой. Найдите силу натяжения веревки, связывающей тела, в верхней и нижней точке ее крепления к грузам.

9.4. Три одинаковых бруска массами по 1 кг, связанные между собой нитями, лежат на горизонтальном столе. Коэффициенты трения между брусками и

столом 0,3, 0,2 и 0,1 соответственно. Найдите силу натяжения нитей, если бруски тянут вдоль стола, прикладывая к первому бруску силу 15 Н, направленную параллельно столу.

9.5. Два бруска массами 2 и 3 кг, связанные между собой нитями, лежат на горизонтальном столе. Коэффициенты трения между брусками и столом 0,2 и 0,1 соответственно. Найдите силу натяжения нитей, если их тянут, прикладывая к первому бруску силу 20 Н, направленную под углом 30° относительно поверхности стола.

9.6. Тело массой 2 кг, лежащее на наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м, связано нитью со свободно висящим вторым телом массой 3 кг. Нить перекинута через невесомый блок, находящийся на вершине плоскости. Коэффициент трения между первым телом и плоскостью 0,1. Найдите ускорение тел.

9.7. Два тела массой 1 и 2 кг связаны между собой веревкой. Грузы поднимают вверх, прикладывая силу 70 Н к телу с меньшей массой. Найдите массу веревки, если сила натяжения веревки в верхней и нижней точках ее крепления к грузам 45 и 30 Н соответственно.

9.8. Два одинаковых алюминиевых шарика соединены невесомой нитью, перекинутой через невесомый блок. Один из шариков погружен в воду. Найдите ускорение шариков. Силой сопротивления движению шарика в воде пренебречь.

9.9. Два груза массами 4 и 1 кг связаны нитью, перекинутой через блок, прикрепленный к вершине призмы с углом наклона плоскостей 30° и 60° . Коэффициент трения скольжения между плоскостями и телами 0,1. Найдите ускорение грузов.

9.10. Два груза массами 2 и 3 кг связаны нитью, перекинутой через блок. Какой путь пройдет каждый груз за одну секунду движения?

9.11. На столе стоит тележка массой 4 кг. К тележке привязан шнур, перекинутый через блок. С каким ускорением будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирию массой 1 кг?

9.12. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы массами 1,5 и 3 кг. Какое будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.

9.13. На гладком столе лежит брусок массой 4 кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутые через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным краям стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых 1 и 2 кг. Найдите ускорение, с которым движется брусок и силу натяжения каждого из шнуров. Массой блоков и трением пренебречь.

9.14. Два груза массой 0,9 и 1 кг соединены невесомой нитью, переброшенной через невесомый блок. В начальный момент меньший груз находится ниже, и расстояние между центрами масс грузов составляет 1 м. Через какое время после начала движения центры масс грузов будут на одной высоте? Движение начинается без начальной скорости, сопротивлением воздуха пренебречь.

9.15. Тело массой 8 кг, лежащее на наклонной плоскости длиной 6 м и высотой 4 м, связано нитью с телом массой 4 кг. Нить перекинута через невесо-

мый блок, находящийся на вершине плоскости. Найдите ускорение этих тел. Трением пренебречь.

9.16. Невесомый блок укреплен на конце стола. Гири одинаковой массой 1 кг соединены невесомой нитью, перекинутой через блок. Одна гиря лежит на столе, другая свободно висит. Коэффициент трения гири о стол 0,1. Найдите ускорение, с которым движутся гири, и силу натяжения нити. Трением в блоке пренебречь.

9.17. Два груза массой 6 и 9 кг соединены нитью, переброшенной через невесомый блок. Определите ускорение грузов и натяжение нити.

9.18. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы. Показание весов во время движения грузов – 24 Н. Найдите массу большего груза, если масса меньшего – 4 кг. Массой блока и шнура пренебречь.

9.19. На гладком столе лежит брусок массой 6 кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутые через неподвижные блоки, прикрепленные к противоположным краям стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых 3 и 4 кг. Найдите ускорение, с которым движется брусок и силу натяжения каждого из шнуров. Коэффициент трения бруска о стол 0,1. Массой блоков пренебречь.

9.20. Два одинаковых бруска массами по 3 кг, связанные между собой нитями, лежат на горизонтальном столе. Коэффициенты трения между брусками и столом 0,1. Найдите силу натяжения нитей, если их тянут, прикладывая к первому бруску силу 15 Н под углом 10° к горизонту.

Задание 10. Закон сохранения импульса

10.1. Два конькобежца массами 80 и 50 кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду один против другого. Один из них начинает укорачивать шнур, вбирая его со скоростью 1 м/с. С какими скоростями начнут двигаться по льду конькобежцы?

10.2. Снаряд массой 20 кг обладал скоростью 150 м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая часть с массой 3 кг приобрела скорость 400 м/с и продолжила движение в том же направлении под углом 60° к горизонту. Найдите значение и направление скорости второй, большей части снаряда.

10.3. Шар массой 10 кг сталкивается с шаром массой 5 кг. Скорость первого шара до столкновения 5 м/с, скорость второго – 12 м/с. Найдите и сравните их скорости после неупругого и абсолютно упругого ударов, если до столкновения шары двигались навстречу друг другу.

10.4. Шар массой 4 кг нагоняет и сталкивается с шаром массой 8 кг. Скорость первого шара до столкновения 10 м/с, скорость второго – 5 м/с. Найдите и сравните их скорости после неупругого и абсолютно упругого ударов.

10.5. В лодке массой 350 кг стоит человек массой 70 кг. Лодка плывет со скоростью 3 м/с. Найдите скорость лодки после того, как человек выпрыгнул из нее вперед по ходу движения со скоростью 4 м/с относительно берега.

10.6. В лодке массой 450 кг стоит человек массой 90 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Найдите скорость лодки после того, как человек выпрыгнул из лодки в сторону, противоположную движению, со скоростью 5 м/с относительно берега.

10.7. На неподвижной железнодорожной платформе массой 120 т закреплено орудие массой 3 т. Орудие стреляет под углом 30° к горизонту. Масса снаряда 30 кг, его скорость 700 м/с. Найдите скорость платформы после выстрела.

10.8. На неподвижной железнодорожной платформе закреплено орудие. Орудие стреляет под углом 60° к горизонту. Масса снаряда 30 кг, его скорость 700 м/с. Найдите общую массу платформы с орудием, если после выстрела их скорость равна 0,5 м/с.

10.9. Горизонтально летящий снаряд массой 20 кг разорвался на две части. Часть массой 16 кг получила скорость 800 м/с в прежнем направлении, а вторая часть – 200 м/с в обратном направлении. Найдите скорость снаряда до разрыва.

10.10. Горизонтально летящий со скоростью 300 м/с снаряд массой 20 кг разорвался на две части. Часть массой 12 кг получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найдите скорость второй части.

10.11. Пуля массой 20 г, летящая со скоростью 500 м/с, ударяется и застревает в свободно висячем рельсе массой 200 кг. Найдите скорость рельса после удара.

10.12. Космический корабль массой 30 т столкнулся с метеоритом массой 100 кг, летевшим ему навстречу со скоростью 25 км/с. После столкновения скорость корабля снизилась в два раза. Найти скорость корабля до столкновения с метеоритом. Удар считать абсолютно неупругим.

10.13. От ракеты массой 100 т в момент достижения ее скорости 100 м/с отделяется первая ступень массой 60 т. Скорость второй ступени при этом возрастает до 120 м/с. Найдите направление и скорость движения первой ступени.

10.14. От ракеты в момент достижения ее скорости 200 м/с отделяется первая ступень массой 100 т и ее скорость после отделения составляет 50 м/с. Скорость второй ступени при этом возрастает до 250 м/с. Найдите массу второй ступени и всей ракеты, если движение обеих ступеней происходило в одном направлении.

10.15. Огнетушитель массой 2 кг за одну секунду работы выбрасывает 200 г пены со скоростью 20 м/с. Какую силу должен приложить человек, чтобы удерживать неподвижно огнетушитель в течение этой секунды?

10.16. Шарик массой 100 г упал с высоты 2,5 м на горизонтальную плиту, масса которой много больше массы шарика, и отскочил от нее вверх. Считая удар абсолютно упругим, определите импульс, полученный плитой.

10.17. Космический корабль массой 10 т, двигавшийся со скоростью 10 км/с, столкнулся с метеоритом, летевшим ему навстречу со скоростью 20 км/с. После столкновения скорость корабля снизилась в четыре раза. Найдите массу метеорита. Удар считать абсолютно упругим.

10.18. Пуля массой 30 г ударяется и застревает в свободно висящем рельсе массой 300 кг. Скорость рельса после удара 0,04 м/с. Найдите скорость пули до удара.

10.19. Из пожарного шланга за 1 с работы выбрасывается 2 кг воды со скоростью 15 м/с. Какую силу должен приложить человек, чтобы удерживать шланг неподвижно в течение этой секунды?

10.20. Снаряд массой 10 кг обладал скоростью 200 м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две одинаковые части. Первая получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найдите скорость второй части после разрыва.

Задание 11. Законы сохранения импульса и энергии

11.1. Сила 100 Н действовала на изначально покоящееся тело в течение десяти секунд и сообщила ему кинетическую энергию 120 Дж. Найдите массу тела и его импульс в конце десятой секунды.

11.2. Тело массой 1 кг, брошенное с вышки в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, через пять секунд упало на землю. Определите кинетическую энергию тела в момент удара о землю.

11.3. Найдите кинетическую энергию тела массой 2 кг после того, как оно соскользнуло с наклонной плоскости длиной 5 м и углом наклона 45° (коэффициент трения скольжения 0,1).

11.4. Найдите кинетическую энергию тела, свободно падающего без начальной скорости, в конце первой секунды его движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

11.5. Какая энергия пошла на деформацию двух столкнувшихся шариков одинаковой массы 4 кг, если они двигались навстречу друг другу со скоростями 4 и 9 м/с? Удар центральный и абсолютно неупругий.

11.6. Два шара подвешены на тонких параллельных нитях и касаются друг друга. Меньший шар массой 4 кг отводят на угол 90° и отпускают. После неупругого удара шарики отклонились на 30° . Найти массу большего шара.

11.7. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 600 м/с, попадает в баллистический маятник массой 1 кг и застревает в нем. Найдите изменение кинетической энергии пули.

11.8. Тело массой 1 кг брошено горизонтально с вышки высотой 10 м со скоростью 20 м/с. Найдите кинетическую энергию тела в момент удара о землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

11.9. Масса снаряда 10 кг, а ствола орудия – 600 кг. При выстреле снаряд получает энергию 1800 кДж. Найдите энергию, полученную стволом орудия при отдаче.

11.10. Пуля массой 9 г, летящая со скоростью 800 м/с, попадает в баллистический маятник массой 400 кг и застревает в нем. Найдите высоту подъема маятника.

11.11. Тело массой 4 кг брошено горизонтально с вышки со скоростью 20 м/с и падает до удара о землю три секунды. Найдите полную энергию тела в момент броска и удара о землю.

11.12. На горизонтальных рельсах стоит платформа, на которой закреплено орудие. Из орудия производят выстрел вдоль железнодорожного пути. Масса снаряда равна 25 кг и его скорость 1 км/с. Масса платформы с орудием равна 25 т. Найдите работу силы трения, совершенную при движении платформы после выстрела до полной ее остановки.

11.13. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 600 м/с, ударяется в баллистический маятник массой 5 кг и застревает в нем. Какая часть энергии пули идет на нагрев?

11.14. В баллистический маятник массой 10 кг попала пуля массой 10 г и застряла в нем. Найдите скорость пули, если после удара маятник поднялся на высоту 10 см.

11.15. неподвижный атом распадается на две части. Масса первой части $1,6 \cdot 10^{-25}$ кг, а ее кинетическая энергия – 18 нДж. Найдите массу второй части, если ее кинетическая энергия – 30 нДж.

11.16. В результате центрального абсолютно упругого удара двух шаров меньший шар потерял $\frac{3}{4}$ своей кинетической энергии. Определите соотношение масс шаров, если до столкновения больший шар покоился.

11.17. При выстреле из орудия снаряд массой 10 кг получает кинетическую энергию 1,8 МДж. Определите кинетическую энергию ствола орудия вследствие отдачи, если его масса равна 600 кг.

11.18. Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 10 м/с, ударяется о неподвижный шар массой 800 г. Удар центральный и абсолютно упругий. Найдите энергию шаров после удара.

11.19. Определите, какую часть кинетической энергии может потерять частица массой $2 \cdot 10^{-22}$ г, упруго сталкиваясь с неподвижной частицей массой $6 \cdot 10^{-22}$ г.

11.20. Тело массой 15 кг брошено с вышки высотой 50 м вверх под углом 45° со скоростью 30 м/с. Найдите кинетическую энергию тела в момент удара о землю.

Задание 12. Динамика вращательного движения

12.1. Колесо, вращаясь равнозамедленно, уменьшило за 1 мин частоту вращения от 300 до 180 об/мин. Момент инерции колеса $2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Найдите угловое ускорение колеса, момент сил торможения и число оборотов, сделанных колесом за это время торможения. Какую работу совершили силы торможения?

12.2. Горизонтальная платформа радиусом 3 м и массой 100 кг вращается с частотой 10 об/мин вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы. Человек массой 60 кг стоит на краю платформы. Как изменится частота вращения платформы, если в течение трех секунд человек совершил переход от

края платформы к ее центру? Какую работу совершает человек при этом переходе?

12.3. Изначально неподвижный диск массой 80 кг и радиусом 30 см под действием силы за десять секунд разогнался до частоты 10 об/с. Найдите момент силы и работу, совершенную этой силой за время разгона.

12.4. Кинетическая энергия вращающегося диска 1000 Дж. Под действием постоянного тормозящего момента он остановился в течение пяти секунд, сделав 30 оборотов. Определите момент тормозящей силы и ее работу. Чему равен момент инерции диска?

12.5. Колесо массой 2 кг и радиусом 30 см под действием тормозящего момента силы 50 Н·м снизило частоту вращения от 100 до 50 об/с. Найдите работу, совершенную тормозной системой. Сколько оборотов сделало колесо за время торможения?

12.6. Найдите полезную мощность двигателя, приводящего в движение платформу в виде диска массой 280 кг и радиусом 1 м, на краю которой стоит человек массой 60 кг, если за тридцать секунд платформа приобрела частоту вращения 2 об/с.

12.7. Определите тормозящий момент, который за 20 с останавливает маховое колесо массой 50 кг и радиусом 50 см, вращающееся с частотой 20 об/с. Найдите работу, совершенную при торможении колеса.

12.8. Диск массой 100 кг и радиусом 50 см вращается с частотой 120 об/с. Найдите момент силы, под действием которого диск остановился, сделав при этом 40 оборотов.

12.9. Диск массой 10 кг и радиусом 20 см под действием разгоняющей силы увеличил частоту вращения от 10 до 40 об/с. За время разгона он совершил 100 оборотов. Найдите момент разгоняющей силы и ее работу.

12.10. Маховик вращается по закону $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$ (рад). Найдите среднюю мощность, развиваемую силами, останавливающими его, если момент инерции маховика $100 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

12.11. Маховик в виде диска массой 80 кг и радиусом 30 см находится в состоянии покоя. Какую работу необходимо совершить, чтобы сообщить маховику вращение с частотой 10 об/с?

12.12. Со шкива в форме диска диаметром 0,48 м и массой 1 кг через ремень передается мощность 9 кВт. Шкив вращается с частотой 240 об/мин. Найдите момент силы, действующей на ремень, и момент импульса шкива.

12.13. Для определения мощности мотора на его шкив диаметром 20 см накинута лента. Найдите мощность, развиваемую мотором при частоте вращения 24 об/с, если показание динамометра, прикрепленного к ленте, равно 24 Н.

12.14. Диск диаметром 60 см и массой 1 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно к его плоскости с частотой 20 об/с. Найдите момент инерции и момент импульса диска относительно указанной оси. Какую работу надо совершить, чтобы остановить диск?

12.15. Медный шар радиусом 10 см вращается с частотой 2 об/с вокруг оси, проходящей через его центр. Найдите момент инерции и момент импульса ша-

ра относительно указанной оси. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое? Как при этом изменится момент импульса шара?

12.16. Вентилятор вращается с частотой 900 об/мин. После выключения, вращаясь равнозамедленно, он сделал до остановки 75 оборотов. Работа сил торможения 44,4 Дж. Найдите момент инерции вентилятора, изменение его момента импульса и момент сил торможения.

12.17. Найдите полезную мощность двигателя, приводящего в движение платформу в виде диска массой 360 кг и радиусом 3 м, на краю которой стоит человек массой 80 кг, если за 50 с платформа приобрела частоту вращения 3 об/с.

12.18. Колесо массой 3 кг и радиусом 50 см под действием тормозящего момента 50 Н·м снизило частоту вращения с 200 до 150 об/с. Найдите работу, совершенную тормозящим моментом. Сколько оборотов при этом сделало колесо?

12.19. Диск массой 50 кг и радиусом 15 см под действием силы разогнался до частоты 100 об/с. Найдите изменение момента импульса диска, работу, совершенную силой.

12.20. Под действием внешней силы вал генератора, момент инерции которого равен $100 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, пришел в движение, и угол его поворота изменяется согласно уравнению $\varphi = \pi t^2$ (рад). Найдите момент действующей силы и момент импульса вала в момент времени $t=1$ мин.

Задание 13. Закон сохранения энергии

13.1. Определите и сравните линейные скорости железного шара и кольца радиусом 10 см, скатившихся с наклонной плоскости высотой 1 м. Как распределена кинетическая энергия этих тел между поступательным и вращательным движением?

13.2. Найдите и сравните значение кинетической энергии стержня массой 300 г и длиной 0,4 м, вращающегося с частотой 30 об/мин относительно двух параллельных осей, проходящих через середину и один из торцов стержня.

13.3. Определите линейную скорость обруча, скатившегося с наклонной плоскости высотой 3 м. Как изменится скорость этого обруча, если он сойдет с этой плоскости без вращения?

13.4. Шарик массой 100 г, привязанный к концу нити длиной 1 м, вращается в горизонтальной плоскости с частотой 1 об/с. Нить укорачивают до 0,5 м, и шарик продолжает вращаться с частотой 4 об/с. Как изменилась кинетическая энергия шарика?

13.5. Определите и сравните линейные скорости диска и обруча массой 2 кг и диаметром 12 см, скатившихся с наклонной плоскости высотой 1 м. Как распределена кинетическая энергия этих тел между поступательным и вращательным движением?

13.6. Горизонтальная платформа массой 80 кг и радиусом 1 м вращается с постоянной частотой 20 об/мин вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы. Человек стоит в центре платформы, держа в вытянутых руках гири. Опустив руки, человек уменьшил свой момент инерции от 2,94 до 0,98 кг·м². Как изменилась кинетическая энергия платформы с человеком?

13.7. Обруч и диск одинаковой массы 20 кг и одинакового радиуса 50 см катятся по горизонтальной поверхности с одинаковой скоростью 5 м/с. Найдите и сравните их кинетические энергии. Как распределена эта энергия между поступательным и вращательным движением для каждого тела?

13.8. Пуля массой 10 г летит со скоростью 800 м/с, вращаясь вокруг продольной оси с частотой 1000 об/с. Найдите кинетическую энергию пули, считая ее цилиндром диаметром 9 мм. Как распределена эта энергия между поступательным и вращательным движением для каждого тела?

13.9. Диск скатывается с горки высотой 1 м и проходит участок пути в виде мертвой петли радиусом 30 см. Найдите линейную скорость диска в верхней точке мертвой петли.

13.10. Сплошной цилиндр катится по горизонтальной поверхности. Его полная кинетическая энергия равна 14 Дж. Определите значение кинетической энергии его поступательного и вращательного движений.

13.11. Тонкий стержень длиной 1 м прикреплен в вертикальном положении на горизонтальной оси, проходящей через его край. Стержень отклоняют на 90° и отпускают. Определите максимальные линейную и угловую скорости его нижнего конца.

13.12. Шар и диск одинаковой массы 4 кг и одинакового радиуса 20 см катятся с одинаковой линейной скоростью 10 м/с. Найдите и сравните их кинетические энергии. Как распределена эта энергия между поступательным и вращательным движением для каждого тела?

13.13. На какую высоту по наклонной плоскости закатится обруч радиусом 50 см, если в ее начале он имел линейную скорость 10 м/с?

13.14. Диск скатывается с наклонной плоскости высотой 5 м. Какую линейную скорость он будет иметь на высоте 3 м? Чему равна в этот момент времени угловая скорость его вращения относительно оси, проходящей через его центр?

13.15. Скатываясь с наклонной плоскости, шарик приобрел линейную скорость 7 м/с. Найдите высоту наклонной плоскости.

13.16. Какую наименьшую начальную линейную скорость должен иметь диск, если в отсутствии трения, начав движение с горки высотой 1 м, он преодолел препятствие в виде мертвой петли радиусом 2 м?

13.17. Тонкостенный цилиндр и диск одинаковой массы 6 кг и одинакового радиуса 7 см катятся с одинаковой скоростью 10 м/с. Найдите и сравните их кинетические энергии. Как распределена эта энергия между поступательным и вращательным движением для каждого тела?

13.18. Молекула кислорода при температуре 300 К имеет полную кинетическую энергию $1,035 \cdot 10^{-20}$ Дж. Момент инерции этой молекулы относительно оси, проходящей через ее центр равен $1,9 \cdot 10^{-46}$ кг·м². Найдите частоту ее вра-

щения, если на это вращательное движение приходится 20 % кинетической энергии.

13.19. Пуля массой 20 г летит со скоростью 900 м/с, вращаясь вокруг продольной оси. Полная кинетическая энергия пули равна 8600 Дж. Пулю считать цилиндром диаметром 8 мм. Найдите частоту ее вращения.

13.20. Тонкий стержень длиной 30 см и массой 200 г прикреплен за верхнюю точку в вертикальном положении. На конце стержня закреплен шарик радиусом 2 см и массой 50 г. Стержень отклоняют на 90° и отпускают. Определите линейную скорость шарика в тот момент времени, когда стержень проходит вертикальное положение.

Задание 14. Сила и энергия гравитационного взаимодействия

Вычислите силу и энергию гравитационного взаимодействия:

14.1) Земли и Солнца;

14.2) двух одинаковых свинцовых шаров радиусом 1 см, расположенных на расстоянии 50 см друг от друга;

14.3) Земли и Луны;

14.4) двух одинаковых по размеру шаров из железа и свинца радиусом 3 см, расположенных на расстоянии 5 м друг от друга;

14.5) Земли и небольшого спутника массой 1 кг, находящегося на расстоянии 1000 км от поверхности Земли;

14.6) двух одинаковых бильярдных деревянных шаров радиусом 3,6 см, расположенных на расстоянии 7 см друг от друга;

14.7) Юпитера и Солнца;

14.8) двух протонов, находящихся на расстоянии 0,001 нм друг от друга;

14.9) Луны и космического аппарата массой 100 кг, находящегося на расстоянии 1000 км от поверхности Луны;

14.10) двух электронов, находящихся на расстоянии 0,1 нм друг от друга;

14.11) Меркурия и Солнца;

14.12) двух нейтронов, находящихся на расстоянии 0,001 нм друг от друга;

14.13) Марса и Солнца;

14.14) ядра гелия и электрона, находящихся на расстоянии 0,1 нм друг от друга;

14.15) Солнца и Венеры;

14.16) Сатурна и Солнца;

14.17) Урана и Солнца;

14.18) Нептуна и Солнца;

14.19) Плутона и Солнца;

14.20) космического корабля массой 5000 кг с Землей, расположенного на середине расстояния между Землей и Луной.

Задание 15. Космические скорости

Выведите формулу и сделайте расчет для первой космической скорости вблизи поверхности небесного тела:

15.1) Меркурия; 15.3) Земли; 15.5) Юпитера; 15.7) Плутона; 15.9) Урана; 15.2) Венеры; 15.4) Марса; 15.6) Сатурна; 15.8) Нептуна; 15.10) Луны.

Выведите формулу и сделайте расчет для второй космической скорости вблизи поверхности небесного тела:

15.11) Меркурия; 15.13) Земли; 15.15) Юпитера; 15.17) Плутона; 15.19) Урана; 15.12) Венеры; 15.14) Марса; 15.16) Сатурна; 15.18) Нептуна; 15.20) Луны.

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ И ВОЛНОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

Задание 16. Уравнение колебательного движения

16.1. Напишите уравнение движения точки, совершающей колебания с амплитудой 5 см, периодом 2 с и начальной фазой $\pi/4$ рад. Найдите ускорение точки в начальный момент времени.

16.2. Колебания точки совершаются по закону $x = 0,03\sin(\pi t + 0,5\pi)$ (м). Найдите значения амплитуды, периода колебаний, наибольшее значение скорости и ускорения точки.

16.3. Колебания тела совершаются по закону $x = 3\sin(2\pi t + 0,5\pi)$ (м). Найдите фазу колебаний спустя 5 с от начала движения. Чему равна скорость точки в этот момент времени?

16.4. Точка равномерно движется по окружности с диаметром 32 см против часовой стрелки с периодом 7 с. Напишите уравнение движения точки в проекции на ось x , проходящую через центр окружности, если в начальный момент времени проекция перемещения точки на ось x была равна 0. Найдите скорость проекции точки в момент времени $t=1$ с.

16.5. Определите начальную фазу колебаний, совершаемых с периодом 6 с, если через 0,25 с после начала движения смещение было равно половине амплитуды.

16.6. Маятник совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц и амплитудой 3 см. Определите скорость точки в момент, когда смещение равно 1 см.

16.7. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 8 см и периодом 4 с. Напишите уравнение этих колебаний, считая, что при $t = 0$ смещение равно амплитуде. Определите фазу, когда скорость равна 1 м/с.

16.8. Материальная точка массой 10 г совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц. Амплитуда колебаний 2 см. Найдите максимальную силу, действующую на точку.

16.9. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см и периодом 2 с. Напишите уравнение этих колебаний, считая, что в начальный момент смещение равно нулю. Определите фазу, когда смещение равно 6 см.

16.10. Уравнение колебаний материальной точки имеет вид $x = 2\cos 5t$ (м). Определите значения скорости и ускорения точки в момент времени, равный одной трети периода.

16.11. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой колебаний 5 см, частотой 2 Гц и начальной фазой, равной нулю. Определите ускорение точки, когда ее скорость равна 0,08 м/с.

16.12. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой колебаний 6 см и начальной фазой $\pi/2$ рад. Максимальная скорость движения точки равна 0,2 м/с. Найдите циклическую частоту и период колебаний. Чему равна фаза колебаний в момент времени $t=4$ с?

16.13. Точка совершает гармонические колебания. Максимальная скорость точки достигает значения 0,1 м/с, а максимальное ускорение – 1 м/с². Найдите амплитуду, циклическую частоту и период колебаний.

16.14. В некоторый момент времени смещение точки, совершающей гармонические колебания, равно 5 см, скорость – 0,2 м/с, а ускорение – 0,8 м/с². Найдите амплитуду колебаний и фазу колебаний в этот момент времени.

16.15. Напишите уравнение движения маятника, если его максимальное ускорение равно 49,3 см/с², период колебаний равен 2 с, а смещение от положения равновесия в начальный момент времени равно 25 мм.

16.16. Уравнение колебаний точки имеет вид $x = \cos(\pi t + 0,2\pi)$ (м). Определите период и начальную фазу колебаний. Постройте график зависимости ускорения точки от времени.

16.17. Определите начальную фазу колебаний тела, если через 0,25 с после начала движения смещение стало равно половине амплитуды. Период равен 6 с. Чему равны скорость и ускорение тела в этот момент времени, если амплитуда колебаний равна 0,5 м?

16.18. Точка совершает колебания по закону $x = 2\cos(\pi t + \pi/4)$ (м). Постройте графики зависимости от времени смещения, скорости и ускорения точки.

16.19. Точка равномерно движется по окружности по часовой стрелке с периодом 6 с. Диаметр окружности равен 20 см. Напишите уравнение движения точки в проекции на ось x , проходящую через центр окружности, если в момент времени, принятый за начальный, проекция на ось x равна радиусу. Найдите проекцию ускорения в момент времени $t=16$ с.

16.20. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, а максимальное ускорение – 100 см/с². Найдите циклическую частоту, период и амплитуду колебаний. Запишите уравнение этих колебаний, если начальная фаза равна π рад.

Задание 17. Сложение однонаправленных колебаний

Материальная точка участвует в двух колебаниях, происходящих по одной прямой. Запишите уравнение для результирующего колебания и построьте векторную диаграмму сложения.

17.1. Уравнения складывающихся колебаний имеют вид:

$$x_1 = 0,01\cos(\pi t + \pi/6) \text{ и } x_2 = 0,02\cos(\pi t + \pi/2) \text{ (м)}.$$

17.2. Амплитуды складывающихся колебаний 6 см и 10 см, а амплитуда результирующего колебания 14 см. Периоды колебаний равны и имеют значения 1 с. Начальные фазы отличаются на $\pi/4$ рад.

17.3. Уравнения колебаний точки имеют вид: $x_1 = 0,02\sin(5\pi t + \pi/2)$ и $x_2 = 0,03\sin(5\pi t + \pi/4)$ (м).

17.4. Амплитуды складывающихся и результирующего колебаний равны 2 дм. Периоды складывающихся колебаний равны 1 с. Начальные фазы совпадают.

17.5. Уравнения колебаний точки имеют вид: $x_1 = \sin(\pi t)$ и $x_2 = \sin(\pi t + \pi/2)$ (м).

17.6. Периоды складывающихся колебаний равны 5 с, амплитуда первого колебания 3 см, амплитуда второго колебания 4 см, начальная фаза первого колебания $\pi/3$ рад, начальная фаза второго колебания $\pi/4$ рад.

17.7. Уравнения колебаний точки имеют вид: $x_1 = 3\cos t$ и $x_2 = 3\cos(t + \pi/3)$ (см).

17.8. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид: $x_1 = \sin t$ и $x_2 = 2\sin t$ (м).

17.9. Периоды складывающихся колебаний равны и имеют значения 1,5 с, их амплитуды равны и имеют значения 2 см, начальная фаза первого колебания равна $\pi/2$ рад, начальная фаза второго колебания равна $\pi/3$ рад.

17.10. Периоды складывающихся колебаний равны 8 с, их амплитуды равны 5 см. Разность начальных фаз этих колебаний $\pi/4$ рад. Начальная фаза одного из них равна нулю.

17.11. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид: $x_1 = 4\sin(\pi t)$ и $x_2 = 3\sin(\pi t + \pi/2)$ (м).

17.12. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид: $x_1 = 3\sin(4\pi t)$ и $x_2 = 6\sin(4\pi t + \pi/3)$ (м).

17.13. Периоды складывающихся колебаний равны 3 с, амплитуда первого колебания 3 см, амплитуда второго колебания 5 см, начальные фазы колебаний равны $\pi/4$ рад.

17.14. Уравнения колебаний материальной точки имеет вид: $x_1 = \cos(6\pi t)$ и $x_2 = \cos(6\pi t + \pi/8)$ (м).

17.15. Уравнения колебаний точки имеет вид: $x_1 = 7\cos(t)$ и $x_2 = 14\cos(t)$ (м).

17.16. Периоды складывающихся колебаний равны 2,5 с, их амплитуды равны 3 см, начальная фаза первого колебания равна $\pi/4$ рад, начальная фаза второго колебания равна $3\pi/2$ рад.

17.17. Периоды складывающихся колебаний равны 4 с, их амплитуды равны 12 см. Разность начальных фаз этих колебаний равна $\pi/12$ рад. Начальная фаза одного из них равна нулю.

17.18. Амплитуды складывающихся и результирующего колебаний равны 1 см, их периоды равны 40 мс, начальные фазы отличаются на $\pi/2$ рад.

17.19. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид:

$$x_1 = 0,65 \cos(\pi t + \pi/3) \text{ и } x_2 = \cos(\pi t) \text{ (м)}.$$

17.20. Амплитуда первого колебания 16 см, амплитуда второго колебания 7 см, амплитуда результирующего колебания равна 19 см, их периоды равны 1 с, начальные фазы отличаются на π рад.

Задание 18. Пружинный и математический маятники

18.1. Шарик массой 200 г подвешен на пружине. Частота совершаемых им колебаний 5 Гц, а их амплитуда 5 см. Определите коэффициент упругости пружины и полную энергию колебаний.

18.2. Найдите массу груза пружинного маятника, если период его колебаний 4 с. Жесткость пружины 20 Н/м. Чему равно отношение кинетической энергии к потенциальной энергии для момента времени, равного $1/12$ периода? Начальная фаза колебания равна 0.

18.3. Как изменится частота колебаний пружинного маятника, состоящего из железного шарика радиусом 2 см и пружины с жесткостью 200 Н/м, если заменить шарик на алюминиевый того же размера? Сколько полных колебаний совершит маятник за 1 минуту?

18.4. Тело массой 1 кг совершает колебания на невесомой нерастяжимой нити длиной 1 м согласно уравнению $\varphi = \pi/6 \sin 2t$ (рад). Определите максимальные значения момента возвратной силы и потенциальной энергии тела.

18.5. Какой маятник имеет меньший период колебаний: математический длиной 1 м или пружинный, состоящий из пружины жесткостью 30 Н/м и груза массой 100 г?

18.6. Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания, 30 мкДж, максимальная сила, действующая на тело, 1,5 мН. Напишите уравнение движения тела, если период колебаний составляет 2 с и начальная фаза равна $\pi/3$ рад.

18.7. Груз массой 465 г подвешен на пружине. Частота совершаемых им колебаний 15 Гц. Определите коэффициент упругости пружины и число полных колебаний, совершаемых этим пружинным маятником за 1 минуту.

18.8. На сколько необходимо изменить длину математического маятника, чтобы частота его колебаний увеличилась в 4 раза?

18.9. Пружинный маятник состоит из пружины жесткостью 50 Н/м и груза. Какова должна быть масса груза, чтобы период колебаний этого пружинного маятника совпадал с периодом колебаний математического маятника длиной 3 м?

18.10. Гирия массой 200 г, подвешенная к пружине, колеблется по вертикали с амплитудой 4 см. Жесткость пружины равна 100 Н/м. Запишите уравнение зависимости от времени кинетической, потенциальной и полной энергий гири, если начальная фаза колебаний равна $\pi/2$ рад.

18.11. Определите амплитуду гармонических колебаний материальной точки, если ее полная энергия 40 мДж, а при смещении, равном половине амплитуды, действующая возвратная сила равна 2 Н.

18.12. К пружине подвесили груз массой 200 г, в результате чего пружина растянулась на 35 см. Каков будет период колебаний груза? Чему равна полная энергия этой колебательной системы, если груз оттянуть вниз на 5 см и отпустить?

18.13. Тело совершает колебания по закону $x = 0,05\sin 2t$ (м). В момент времени, когда возвратная сила равна 5 мН, потенциальная энергия точки равна 100 мкДж. Найдите этот момент времени и соответствующую ему фазу колебаний.

18.14. Уравнение колебаний груза массой 16 г, подвешенного на невесомой пружине, имеет вид $x = 2\sin(0,25\pi t + 0,25\pi)$ (см). Найдите кинетическую энергию груза в момент времени $t=2$ с.

18.15. Тело массой 5 кг совершает колебания на вертикальной пружине по закону $x = 0,1\sin(0,5\pi t + 2\pi/3)$ (м). Найдите потенциальную и кинетическую энергии тела через 20 с после начала движения. Чему равна полная энергия тела?

18.16. Тело массой 2 кг совершает колебания на вертикальной пружине по закону $x = 0,5\sin(\pi t/3 + \pi/4)$ (м). Найдите, через сколько секунд после начала движения потенциальная энергия тела станет равна его кинетической энергии?

18.17. Тело массой 0,1 г совершает колебания на невесомой нерастяжимой нити длиной 20 см согласно уравнению $\varphi = 0,05\sin 20t$ (рад). Определите максимальные значения момента возвратной силы и кинетической энергии тела.

18.18. Тело массой 10 г совершает колебания на невесомой пружине, уравнение которых в проекции на ось x имеет вид $x = 0,02\sin(8\pi t)$ (м). Найдите возвратную силу в момент времени $t=0,1$ с, а также полную энергию тела.

18.19. Смещение тела массой 50 г, совершающего колебания на невесомой пружине, изменяется согласно уравнению $x = 0,1\sin 5t$ (м). Найдите потенциальную и кинетическую энергии тела, при фазе колебаний $\pi/6$ рад.

18.20. Тело массой 50 г совершает колебания по закону $x = 5\sin 10t$ (см). Найдите потенциальную и кинетическую энергии тела в положении наибольшего смещения.

Задание 19. Затухающие колебания

19.1. Период затухающих колебаний 4 с, логарифмический декремент затухания 1,6, начальная фаза 0. В момент времени равном $1/4$ периода смещение точки составляет 4,5 см. Напишите уравнение движения этого колебания.

19.2. Во сколько раз уменьшится амплитуда и полная энергия секундного маятника за 5 мин, если логарифмический декремент затухания равен 0,031?

19.3. Амплитуда колебаний камертона за 15 с уменьшилась в 100 раз. Найдите коэффициент затухания колебаний.

19.4. Постройте график затухающего колебания, частота которого 10 Гц, начальная амплитуда 6 см и логарифмический декремент затухания равен 0,1.

19.5. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время амплитуда уменьшится в восемь раз?

19.6. За 8 минут амплитуда затухающих колебаний маятника уменьшилась в три раза. Определите коэффициент затухания колебаний.

19.7. Амплитуда математического маятника длиной 1 м за 10 минут уменьшилась в два раза. Определите логарифмический декремент затухания.

19.8. Математический маятник длиной 24,5 см совершает затухающие колебания. Через какое время энергия колебаний маятника уменьшится в 9,4 раза? Логарифмический декремент затухания 0,01.

19.9. Логарифмический декремент затухания колебаний маятника 0,003. За какое количество полных колебаний амплитуда колебаний маятника уменьшится в два раза?

19.10. Гиря массой 500 г подвешена на пружине жесткостью 20 Н/м. Декремент затухания совершаемых ею колебаний 0,004. За какое число полных колебаний ее амплитуда уменьшится в два раза?

19.11. Во сколько раз уменьшится амплитуда колебаний математического маятника за одно колебание, если логарифмический декремент затухания 0,2?

19.12. Логарифмический декремент затухания математического маятника длиной 40 см равен 1. За какое время его энергия уменьшится в 10 раз?

19.13. Во сколько раз за 1 минуту уменьшится максимальная скорость математического маятника длиной 1 м, если логарифмический декремент затухания равен 0,2?

19.14. Во сколько раз уменьшится максимальное ускорение пружинного маятника, состоящего из пружины жесткостью 50 Н/м и груза массой 10 г? Логарифмический декремент затухания равен 0,1.

19.15. Найдите число полных колебаний системы, в течение которых энергия системы уменьшилась в два раза. Логарифмический декремент затухания равен 0,01.

19.16. Определите период затухающих колебаний, если период собственных колебаний системы равен 1 с и логарифмический декремент затухания равен 0,628.

19.17. За 4 минуты амплитуда затухающих колебаний маятника уменьшилась в пять раз. Определите коэффициент затухания колебаний.

19.18. Амплитуда колебаний камертона за 13 с уменьшилась в 130 раз. Найдите коэффициент затухания колебаний.

19.19. Математический маятник длиной 86 см совершает затухающие колебания. Через какое время энергия колебаний маятника уменьшится в 6 раз? Логарифмический декремент затухания равен 0,628.

19.20. Логарифмический декремент затухания маятника равен 0,028. За какое число полных колебаний амплитуда маятника уменьшится в 8 раз?

Задание 20. Характеристики волнового движения

20.1. На каком расстоянии от источника колебаний с периодом 1 мс в момент времени, равный половине периода, смещение точки равно половине ам-

плитуды. Скорость распространения волны 340 м/с. Запишите уравнение волны, если амплитуда равна 0,1 м.

20.2. Найдите длину волны, если на расстоянии 2 м от источника колебаний смещение точек равно амплитуде, а фаза их колебаний противоположна фазе колебаний источника.

20.3. Определите разность фаз колебаний источника колебаний, находящегося в упругой среде, и точки этой среды, отстоящей на 2 м от источника. Частота колебаний 5 Гц, скорость распространения волны 40 м/с.

20.4. Волны распространяются в упругой среде со скоростью 100 м/с. Наименьшее расстояние между точками среды, фазы колебаний которых противоположны, равно 1 м. Определите частоту колебаний.

20.5. Определите скорость распространения волны в упругой среде, если разность фаз колебаний точек, отстоящих друг от друга на расстоянии 10 см равна $\pi/3$ рад. Частота колебаний 25 Гц.

20.6. От источника колебаний распространяются волны вдоль прямой линии. Амплитуда колебаний 10 см. Найдите смещение точки, удаленной от источника на $3/4$ длины волны, в момент, когда от начала колебаний источника прошло 0,9 периода.

20.7. Поперечные волны с периодом 1,2 с и амплитудой колебаний 2 см распространяются со скоростью 15 м/с. Найдите смещение точки, находящейся на расстоянии 45 м от источника волны, в тот момент, когда от начала колебаний источника прошло 4 с.

20.8. Две точки находятся на расстоянии 50 см на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью 50 м/с. Период колебаний 0,05 с. Найдите разность фаз колебаний этих точек.

20.9. Найдите разность фаз колебаний двух точек, лежащих на луче механической волны и отстоящих друг от друга на расстоянии 20 м, если длина волны 3 м.

20.10. Найдите смещение от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии, равном $1/20$ длины волны в момент времени, равный одной десятой периода. Амплитуда колебаний равна 20 см.

20.11. Смещение от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии 10 см в момент времени, равный одной трети периода, равно половине амплитуды. Найдите длину волны.

20.12. Длина волны 50 см. Найдите расстояние от источника колебаний до точки, для которой разность фаз равна $2\pi/3$ рад.

20.13. Плоская звуковая волна возбуждается источником колебаний частотой 200 Гц. Амплитуда колебаний источника равна 4 мм. Найдите смещение точек среды, находящихся на расстоянии 100 см от источника в момент времени $t=0,1$ с. Скорость звуковой волны принять равной 300 м/с. Затуханием пренебречь.

20.14. Звуковые колебания, имеющие частоту 500 Гц и амплитуду 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Найдите скорость распространения колебаний и максимальную скорость частиц воздуха.

20.15. Плоская звуковая волна имеет период 3 мс, амплитуду 0,2 мм и длину волны 1,2 м. Для точек среды, удаленных от источника колебания на расстояние 2 м, найдите смещение в момент времени $t=7$ мс, скорость и ускорение для того же момента времени. Начальная фаза колебаний равна 0.

20.16. Волна с периодом 1,2 с и амплитудой колебаний 2 см распространяется со скоростью 15 м/с. Чему равно смещение точки, находящейся на расстоянии 45 м от источника волны, в тот момент, когда от начала колебаний источника прошло время 4 с?

20.17. Волны распространяются в среде со скоростью 300 м/с. Наименьшее расстояние между точками среды, фазы колебаний которых противоположны, равно 1 м. Определите частоту колебаний.

20.18. Найдите длину волны, если на расстоянии 5 м от источника фаза колебаний точек среды противоположна фазе колебаний источника.

20.19. Найдите смещение от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии, равном $1/7$ длины волны в момент времени, равный $1/7$ периода колебаний. Амплитуда колебаний равна 32 см.

20.20. Длина волны 30 см. Найдите расстояние от источника колебаний до точки, для которой разность фаз с фазой колебаний источника равна $7\pi/8$ рад.

Задание 21. Скорость волны

21.1. Гармонические колебания, имеющие частоту 60 Гц и амплитуду 5 см, распространяются в воде. Длина волны 8 см. Найдите скорость распространения колебаний и максимальную скорость частиц воды.

21.2. Определите массу алюминиевой проволоки длиной 4 м, натянутой с силой 200 Н, если скорость распространения в ней звуковых волн равна 748 м/с.

21.3. Человек, стоящий на берегу моря, определил, что расстояние между следующими друг за другом гребнями волн равно 12 м. Кроме того, он подсчитал, что за 75 с мимо него прошло 16 волновых гребней. Определите скорость распространения волны.

21.4. Найдите скорость распространения ультразвуковой волны в железе, если модуль Юнга для железа равен 200 ГПа.

21.5. Найдите модуль Юнга для воды, если скорость распространения продольных волн в воде 1450 м/с.

21.6. Определите скорость распространения поперечных волн в меди, если модуль Юнга для меди 12 ГПа.

21.7. Определите скорость распространения поперечных волн в стальной струне диаметром 1 мм, натянутой с силой 100 Н.

21.8. Определите натяжение струны диаметром 0,5 мм, если скорость распространения в ней звуковых волн равно 600 м/с.

21.9. Чему равна скорость распространения звуковой волны в медной проволоке длиной 10 м, которая натянута с силой 200 Н? Масса проволоки 50 г.

21.10. Найдите массу железной проволоки длиной 5 м, натянутой с силой 100 Н, если скорость распространения в ней звуковых волн равна 400 м/с.

21.11. Найдите скорость распространения продольных волн в алюминии, если для него модуль Юнга 69 ГПа.

21.12. Найдите плотность металла, если скорость распространения в нем звуковых волн 5500 м/с, а модуль Юнга $7,95 \cdot 10^{10}$ Па.

21.13. Найдите сжимаемость $\beta = 1/E$ керосина, если скорость распространения в нём звуковых волн 1330 м/с.

21.14. Найдите расстояние, которое проходит звук за 2,5 с в морской воде, если ее сжимаемость $4,6 \cdot 10^{-10}$ Па⁻¹, а плотность 1030 кг/м³.

21.15. Во сколько раз скорость распространения звуковой волны в морской воде больше скорости ее распространения в дистиллированной воде.

21.16. Звуковые колебания, имеющие частоту 500 Гц и амплитуду 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Найдите скорость распространения колебаний и максимальную скорость частиц воздуха.

21.17. Температура воздуха у поверхности Земли равна 300 К, при увеличении высоты она понижается на 7 мК на каждый метр высоты. За какое время звук преодолеет 1 км на высоте 8 км?

21.18. Чему равна скорость распространения звуковой волны в алюминиевой проволоке длиной 60 м, растянутой с силой 300 Н? Масса проволоки 30 г.

21.19. Найдите массу медной проволоки длиной 7 м, натянутой с силой 150 Н, если скорость распространения в ней звуковых волн равна 560 м/с.

21.20. В океанах длина волны достигает 270 м, а период 13,5 с. Определите скорость распространения такой волны.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Задание 22. Характеристики атомов и молекул

Найдите массу атома (молекулы), число атомов (молекул) и молей в 1 г вещества:

22.1) водорода;	22.6) аргона;	22.11) азота;	22.16) кремния;
22.2) гелия;	22.7) хлора;	22.12) оксида азота;	22.17) алюминия;
22.3) углекислого газа;	22.8) фтора;	22.13) ртути;	22.18) бора;
22.4) угарного газа;	22.9) брома;	22.14) оксида серы;	22.19) натрия;
22.5) кислорода;	22.10) метана;	22.15) воды;	22.20) кальция.

Задание 23. Энергия молекул

23.1. Энергия диссоциации молекул водорода равна 419 кДж/моль. При какой температуре газа средняя кинетическая энергия поступательного движения его молекул достаточна для их расщепления на атомы?

23.2. Определите суммарную кинетическую энергию вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кмолье кислорода при температуре 30 °С.

23.3. Сколько степеней свободы имеет молекула, обладающая средней энергией поступательного движения $9,7 \cdot 10^{-21}$ Дж при температуре 17 °С?

23.4. Определите кинетическую энергию, приходящуюся в среднем на одну степень свободы молекулы азота при температуре 1000 К.

23.5. Найдите среднюю кинетическую энергию теплового движения молекулы одноатомного, двухатомного и многоатомного газов при температуре 1000 °С.

23.6. Какая часть суммарной кинетической энергии теплового движения молекулы одноатомного, двухатомного и многоатомного газов приходится на поступательное и вращательное движения?

23.7. Определите суммарную кинетическую энергию вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре 100 °С.

23.8. Найдите полную кинетическую энергию теплового движения молекулы одноатомного, двухатомного и многоатомного газов при температуре 727 °С.

23.9. Кислород массой 12 г находится при температуре 727 °С. При этом 50 % его молекул диссоциированы на атомы. Найдите суммарную кинетическую энергию теплового движения молекул.

23.10. Водород занимает объем 2 л под давлением 0,5 МПа. Найдите суммарную кинетическую энергию теплового движения его молекул.

23.11. Герметичная камера содержит кислород массой 100 г при температуре 280 К. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения и суммарную кинетическую энергию теплового движения молекул газа.

23.12. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения и суммарную кинетическую энергию теплового движения молекулы водяного пара при температуре 473 К.

23.13. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул водорода достаточна для их диссоциации – расщепления на атомы? Энергия диссоциации молекул водорода 419 МДж/моль.

23.14. Давление гелия, находящегося в изолированном сосуде, равно 1 МПа, концентрация его молекул 10^{10} см^{-3} . Найдите среднюю энергию поступательного движения его молекул.

23.15. Сравните кинетическую энергию теплового движения, приходящуюся в среднем на одну степень свободы молекулы азота при температурах 300 и 1000 °С.

23.16. Определите среднюю кинетическую энергию поступательного и вращательного движения молекулы аргона при температуре 1,8 кК.

23.17. Определите среднее значение полной кинетической энергии теплового движения молекулы гелия, при температуре 2000 К.

23.18. Давление газа равно 1 МПа, концентрация его молекул равна 10^{10} см^{-3} . Определите среднюю энергию поступательного движения молекул газа.

23.19. Водород массой 50 г находится при температуре 800 °С. При этом 30 % его молекул диссоциированы на атомы. Найдите суммарную кинетическую энергию теплового движения атомов этого газа.

23.20. Определите суммарную кинетическую энергию поступательного движения молекул, содержащихся в 0,5 кг пропана при температуре 300 °С.

Задание 24. Скорости молекул

24.1. Найдите среднюю квадратичную скорость молекул водорода при температуре кипения (20 К).

24.2. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул углекислого газа равна первой космической скорости вблизи поверхности Земли?

24.3. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул кислорода при температуре 300 К.

24.4. При какой температуре средняя арифметическая скорость молекул гелия равна второй космической скорости вблизи поверхности Земли?

24.5. При давлении 20 кПа в 1 дм³ находится 5 г кислорода. Найдите среднюю арифметическую скорость движения его молекул?

24.6. Найдите наиболее вероятную скорость атомов азота при температуре 6000 К, считая, что все молекулы диссоциированы на атомы.

24.7. При какой температуре молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, что и молекулы водорода при 100 К?

24.8. Найдите среднюю квадратичную скорость молекул газа, если средняя арифметическая скорость их движения равна 1 км/с.

24.9. Во сколько раз среднеквадратичная скорость молекул водорода больше среднеквадратичной скорости молекул кислорода при той же температуре?

24.10. При давлении 80 кПа в 1 см³ находится $5 \cdot 10^{19}$ молекул азота. Найдите наиболее вероятную скорость их движения.

24.11. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул кислорода при 0 °С.

24.12. Найдите температуру, при которой средняя арифметическая скорость молекул азота равна первой космической скорости вблизи поверхности Земли.

24.13. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул аргона при 1000 К.

24.14. При какой температуре наиболее вероятная скорость молекул газа хлора равна второй космической скорости вблизи поверхности Земли?

24.15. В 1 м³ при атмосферном давлении находится 500 г азота. Найдите среднюю квадратичную скорость его молекул.

24.16. Найдите среднюю арифметическую скорость атомов кислорода при температуре 5000 К, когда все молекулы диссоциированы на атомы.

24.17. Найдите температуру, при которой молекулы аргона имеют такую же среднюю арифметическую скорость, что и молекулы гелия при 300 К.

24.18. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул газа, если наиболее вероятная скорость их движения равна 600 м/с.

24.19. Во сколько раз средняя арифметическая скорость молекул гелия больше средней арифметической скорости молекул аргона при той же температуре?

24.20. При давлении 30 кПа концентрация молекул пропана $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. Найдите наиболее вероятную скорость их движения.

Задание 25. Барометрическая формула. Распределение Больцмана

25.1. Во сколько раз изменится атмосферное давление при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту 356 м? Считайте, что температура воздуха равна 22°C и не изменяется с высотой.

25.2. Определите высоту горы, если атмосферное давление на ее вершине равно половине давления на уровне моря. Температуру атмосферы считать постоянной и равной 0°C .

25.3. На поверхности Земли барометр показывает 101 кПа. Как изменится показание барометра при его подъеме на высоту Останкинской телебашни (533 м)? Температуру атмосферы считать постоянной и равной 7°C .

25.4. При подъеме вертолета на некоторую высоту барометр, находящийся в кабине, изменил свое показание на 11 кПа. На какой высоте летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал 0,091 МПа? Температуру атмосферы считать постоянной и равной 17°C .

25.5. Какое изменение высоты соответствует изменению давления на 100 Па вблизи поверхности Земли при постоянной температуре 290 К? Давление на поверхности Земли равно 100 кПа.

25.6. Найдите давление и концентрацию молекул воздуха на высоте 2 км над уровнем моря, если на уровне моря давление равно 101 кПа, а температура 10°C . Изменением температуры с высотой пренебречь.

25.7. Потолок высоты полета самолета МиГ-25 равен 37 км. Найдите показания бортового барометра на этой высоте при температуре $-56,3^\circ\text{C}$. Изменением температуры с высотой пренебречь.

25.8. Барометр в кабине летящего самолета все время показывает одинаковое давление 80 кПа. За это время температура воздуха на высоте полета изменилась на 10°C . Считая давление у поверхности Земли равным 101 кПа, найдите ошибку в определении высоты по этому барометру.

25.9. Какое изменение высоты соответствует изменению давления на 100 Па на некоторой высоте при постоянной температуре 220 К? Давление на этой высоте считать равным 25 кПа.

25.10. Барометр самолета-разведчика SR-71 показывает давление 20 кПа. Определить высоту полета самолета. Давление у поверхности Земли равно 101 кПа. Температуру атмосферы считать постоянной и равной 0°C .

25.11. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу 10^{-18} г. Во сколько раз уменьшится их концентрация при увеличении высоты на 10 м? Температура воздуха 300 К.

25.12. Одинаковые частицы массой 10^{-12} г каждая распределены в однородном гравитационном поле напряженностью 0,2 мкН/кг. Определите отношение концентраций частиц, находящихся на эквипотенциальных уровнях, отстоящих друг от друга на 10 м.

25.13. Масса каждой из пылинок, взвешенных в воздухе, равна 1 мг. Отношение концентрации пылинок на высоте 1 м к концентрации пылинок на высоте 0 равно 0,787. Температура воздуха 300 К. Найдите по этим данным значение постоянной Авогадро.

25.14. Барометр в кабине летящего самолета показал изменение высоты на 100 м, однако высота полета была неизменной. Как изменилась температура, если давление у поверхности Земли 100 кПа?

25.15. На сколько изменится атмосферное давление 100 кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту 100 м? Считайте, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

25.16. Определите силу, действующую на частицу, находящуюся в однородном внешнем поле силы тяжести, если отношение концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на 1 м, равно 2,71. Температуру считать одинаковой и равной 300 К.

25.17. На какой высоте над поверхностью Земли давление вдвое меньше, чем на ее поверхности? Температура воздуха 290 К и не изменяется с высотой.

25.18. В центрифуге находится некоторый газ при температуре 271 К. Ротор центрифуги вращается с угловой скоростью 500 рад/с. Определите относительную молекулярную массу газа, если давление у стенки ротора в 2,1 больше давления в его центре.

25.19. Найдите давление и концентрацию молекул воздуха на высоте 8 км над уровнем моря, если на уровне моря давление равно 101 кПа, а температура 25 °С. Изменением температуры с высотой пренебречь.

25.20. Определите высоту горы, если атмосферное давление на ее вершине равно $\frac{3}{4}$ давления на уровне моря. Температуру атмосферы считать постоянной и равной 20 °С.

Задание 26. Смеси газов. Закон Дальтона

Рассчитать давление и молярную массу смеси газов:

26.1) 4 мг гелия, 70 мг азота и $5 \cdot 10^{21}$ молекул водорода, находящихся в колбе объемом 3 дм³ при температуре 280 К;

26.2) $3 \cdot 10^{24}$ молекул кислорода, $1,2 \cdot 10^{25}$ молекул азота и 0,1 моля углекислого газа, находящихся в комнате объемом 30 м³ при температуре 27 °С;

26.3) 2 молей аргона и 4 молей гелия, находящихся в сосуде объемом 500 см³ при температуре 200 К;

26.4) 10 г паров воды и 100 г паров ртути, находящихся в объеме 3 м³ при температуре 290 К;

26.5) 10^{25} молекул кислорода и $2 \cdot 10^{25}$ молекул азота, находящихся в комнате объемом 30 м³ при температуре 300 К;

26.6) 5 молей метана и 2 молей пропана, находящихся в сосуде объемом 50 л при температуре 310 К;

26.7) 4 г ацетилена и 70 г кислорода, находящихся в колбе объемом 3 л при температуре 280 К;

26.8) $3 \cdot 10^{26}$ молекул кислорода и 6 молей углекислого газа, находящихся в помещении объемом 1000 м^3 при температуре 0°C ;

26.9) 20 молей угарного газа и 40 молей углекислого газа, находящихся в камере объемом 500 м^3 при температуре 500 К;

26.10) 4 мг углекислого газа, 70 мг азота и $5 \cdot 10^{21}$ молекул кислорода, находящихся в воздушном шаре объемом 3 м^3 при температуре 250 К;

26.11) $3 \cdot 10^{24}$ молекул паров хлора и $1,2 \cdot 10^{24}$ молекул водорода, находящихся в реакторе объемом 30 м^3 при температуре 1300 К;

26.12) 0,2 молей водорода и 0,4 молей кислорода, находящихся в сосуде объемом 500 см^3 при температуре 290 К;

26.13) 7 мг водорода, 81 мг азота и $5 \cdot 10^{21}$ молекул метана, находящихся в колбе объемом 12 дм^3 при температуре 380 К;

26.14) 30 молей ацетилена и 60 молей углекислого газа, находящихся в камере объемом 30 м^3 при температуре 290 К;

26.15) $6 \cdot 10^{25}$ молекул водорода и $2 \cdot 10^{25}$ молекул угарного газа, находящихся в комнате объемом 50 м^3 при температуре 350 К;

26.16) 9 молей кислорода и 3 молей гелия, находящихся в сосуде объемом 300 см^3 при 700 К;

26.17) 32 молей аргона и 50 молей углекислого газа, находящихся в камере объемом 400 м^3 при температуре 500 К;

26.18) 50 г паров хлора и 100 г водорода, находящихся в объеме 5 м^3 при температуре 390 К;

26.19) 6 мг гелия, 90 мг кислорода и $5 \cdot 10^{24}$ молекул водорода, находящихся в оболочке воздушного шара объемом 7 м^3 при температуре 360 К;

26.20) $7 \cdot 10^{24}$ молекул паров фтора и $0,6 \cdot 10^{24}$ молекул паров ртути, находящихся в реакторе объемом 70 м^3 при температуре 1800 К.

Задание 27. Первый закон термодинамики

27.1. Водород массой 4 кг занимал объем 3 м^3 и находился под давлением 0,9 МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема 8 м^3 , а затем при постоянном объеме до давления 10 МПа. Найдите работу, совершенную газом при этих процессах.

27.2. Азот массой 2 кг был нагрет на 150 К при постоянном объеме. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом.

27.3. При давлении 100 кПа водород занимал объем 10 м^3 . В результате нагревания при постоянном объеме его давление возросло до 300 кПа. Найдите

количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом.

27.4. Водород массой 5 кг, нагретый на 250 К, сохранил неизменный объем. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом.

27.5. Баллон емкостью 20 л содержит водород при температуре 300 К и давлении 0,4 МПа. Как изменится температура и давление газа, если газу сообщить количество теплоты, равное 6 кДж?

27.6. Кислород был нагрет при постоянном давлении 80 кПа. При этом его объем изменился от 1 до 3 м³. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом.

27.7. Азоту при постоянном давлении сообщено количество теплоты 21 кДж. Найдите изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом.

27.8. Гелий массой 1 г был нагрет на 100 К при постоянном давлении. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом.

27.9. Для нагревания кислорода массой 160 г на 12 К было затрачено количество теплоты, равное 1,76 кДж. Как протекал процесс: при постоянном давлении или при постоянном объеме?

27.10. Азот массой 600 г при температуре 560 К занимал объем 1,2 м³. В результате изотермического расширения объем газа увеличился на 3 м³. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и работу, совершенную газом.

27.11. Кислород массой 2 кг занимал объем 1 м³ и находился под давлением 0,2 МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема 3 м³, а затем при постоянном объеме до давления 0,5 МПа. Найдите изменение внутренней энергии газа.

27.12. Кислород, занимавший объем 1 л при давлении 1,2 МПа, адиабатически расширился так, что его объем увеличился в 10 раз. Найдите работу, совершенную газом.

27.13. Азот массой 2 кг имел температуру 300 К. В результате адиабатического сжатия его объем уменьшился в 5 раз. Найдите конечную температуру газа и работу, совершенную газом.

27.14. При изобарическом расширении водород совершил работу 1 кДж. Какое количество теплоты было сообщено газу?

27.15. Кислород массой 10 кг, нагретый на 200 К, сохранил неизменный объем. Найдите изменение внутренней энергии и количество теплоты, сообщенное газу.

27.16. Из баллона, содержащего водород под давлением 100 кПа и температуре 300 К, выпустили половину газа. Найдите конечную температуру газа и совершенную газом работу.

27.17. При адиабатическом расширении кислорода с начальной температурой 320 К внутренняя энергия газа уменьшилась на 8,2 кДж. Определите массу газа, если его объем увеличился в 10 раз.

27.18. Расширяясь, азот совершил работу 6 кДж. Какое количество теплоты было сообщено газу, если газ расширялся изотермически?

27.19. Азот массой 5 кг, нагретый на 150 К, сохранил неизменный объем. Найдите количество теплоты, сообщенное газу при нагревании.

27.20. Неон массой 6 кг занимал объем 4 м³ и находился под давлением 1 МПа. Газ сначала был нагрет при постоянном давлении, и его объем возрос до 10 м³. Затем нагревание было продолжено при постоянном объеме, и конечное значение давления составило 5 МПа. Найдите количество теплоты, переданное газу.

Задание 28. Теплоемкость газа

Рассчитайте молярную и удельную теплоемкости идеальных газов при постоянном объеме и постоянном давлении:

28.1) атомарного водорода;

28.2) гелия;

28.3) углекислого газа;

28.4) азота;

28.5) оксида серы;

28.6) аргона;

28.7) молекулярного кислорода;

28.8) метана;

28.9) угарного газа;

28.10) паров хлора.

28.11) молекулярного водорода;

28.12) водяных паров;

28.13) этилена;

28.14) оксида азота;

28.15) неона;

28.16) ацетилена;

28.17) атомарного кислорода;

28.18) этана;

28.19) закиси азота;

28.20) паров йода.

Задание 29. Длина свободного пробега

29.1. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул азота при давлении 10⁵ Па и температуре –73 °С.

29.2. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 1 м, если температура газа 27 °С?

29.3. Баллон емкостью 10 л содержит водород массой 1 г. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул.

29.4. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул кислорода при изобарическом изменении объема газа от 50 до 25 литров?

29.5. Определите плотность водорода, если средняя длина свободного пробега его молекул равна 10 см.

29.6. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул гелия при изотермическом расширении, если объем увеличился в два раза?

29.7. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул кислорода при температуре 250 К и давлении 100 кПа.

29.8. Найдите среднее число столкновений, испытываемых молекулой водорода за 1 с со всеми другими молекулами водорода, заключенными в 1 м^3 при нормальных условиях.

29.9. Найдите общее число всех соударений молекулы кислорода, которые происходят в течение одной минуты со всеми другими молекулами кислорода, заключенными в 1 мм^3 при нормальных условиях.

29.10. В межзвездном пространстве на каждую молекулу приходится 15 см^3 . Считая эту молекулу молекулой водорода, найдите среднюю длину ее свободного пробега.

29.11. Средняя длина свободного пробега молекул азота при нормальных условиях $62,1 \text{ нм}$. Определите среднюю длину свободного пробега этих молекул при давлении 1 мм ртутного столба. Температуру считать одинаковой.

29.12. Определите среднюю квадратичную скорость молекул азота при давлении $0,1 \text{ МПа}$, если средняя длина свободного пробега его молекул $0,1 \text{ мкм}$.

29.13. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул двухатомного газа при адиабатическом сжатии, если температура увеличилась в два раза?

29.14. Найдите среднее значение промежутка времени между двумя последовательными столкновениями молекул водорода при давлении $13,3 \text{ МПа}$ и температуре 100°C .

29.15. Средняя квадратичная скорость молекул газа 900 м/с , а средняя длина свободного пробега при этих же условиях 4 мкм . Найдите среднее число столкновений молекул этого газа за 1 с.

29.16. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул двухатомного газа при изотермическом сжатии, если давление увеличилось в три раза?

29.17. Баллон емкостью 30 л содержит кислород массой 7 кг . Найдите среднюю длину свободного пробега молекул.

29.18. Определите плотность гелия, если средняя длина свободного пробега его молекул равна 20 см .

29.19. Найдите среднее число столкновений, испытываемых молекулой азота за $0,3 \text{ с}$ при нормальных условиях.

29.20. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул озона при температуре 290 К и давлении 100 кПа .

Задание 30. Явления переноса

30.1. Средняя длина свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях равна 180 нм . Определите коэффициенты диффузии, внутреннего трения и теплопроводность гелия.

30.2. Коэффициент диффузии кислорода при температуре 0°C равен $0,19 \text{ см}^2/\text{с}$. Определите среднюю длину свободного пробега молекул кислорода.

30.3. При нормальных условиях динамическая вязкость азота равна $17 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$. Определите среднюю длину свободного пробега молекул азота.

30.4. При нормальных условиях коэффициент диффузии водорода равен $0,91 \text{ см}^2/\text{с}$. Определите теплопроводность этого газа.

30.5. Определите коэффициент диффузии, теплопроводность и динамическую вязкость кислорода при нормальных условиях.

30.6. Определите коэффициент диффузии водорода при некоторых условиях, если коэффициент диффузии гелия при этих условиях равен $92 \text{ мм}^2/\text{с}$.

30.7. Коэффициент диффузии кислорода при нормальных условиях равен $14,1 \text{ мм}^2/\text{с}$. Определите этот коэффициент при температуре 50°C , если нагревание газа происходило при постоянном объеме.

30.8. Во сколько раз изменится коэффициент диффузии гелия при уменьшении давления в 2 раза в результате изотермического расширения?

30.9. Коэффициент диффузии углекислого газа при нормальных условиях равен $10 \text{ мм}^2/\text{с}$. Определите коэффициент внутреннего трения углекислого газа при этих условиях.

30.10. Во сколько раз изменится коэффициент диффузии двухатомного газа при увеличении давления в 2 раза в результате адиабатического сжатия?

30.11. Вычислите коэффициенты диффузии и внутреннего трения азота при давлении $0,1 \text{ МПа}$ и температуре 7°C .

30.12. Коэффициент внутреннего трения гелия при температуре 0°C равен $16,3 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$. Определите эффективный диаметр его молекул.

30.13. Определите коэффициент внутреннего трения воздуха при температуре 100°C и давлении 200 кПа , если при нормальных условиях он равен $17,2 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$.

30.14. При какой температуре коэффициент внутреннего трения азота при давлении 100 кПа равен коэффициенту внутреннего трения водорода при температуре 19°C и таком же давлении?

30.15. Определите теплопроводность азота при нормальных условиях.

30.16. Определите коэффициент диффузии паров хлора, если его коэффициент внутреннего трения равен $12,9 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$.

30.17. Вычислите коэффициенты диффузии и внутреннего трения водорода при давлении $0,1 \text{ МПа}$ и температуре 7°C .

30.18. Во сколько раз изменится коэффициент диффузии одноатомного газа при увеличении давления в 4 раза в результате адиабатического сжатия?

30.19. Определите коэффициент диффузии кислорода при некоторых условиях, если коэффициент диффузии водорода при этих условиях равен $72 \text{ мм}^2/\text{с}$.

30.20. Коэффициент диффузии углекислого газа при нормальных условиях равен $10 \text{ мм}^2/\text{с}$. Определите среднюю длину свободного пробега его молекул.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С. Волькенштейн. – СПб.: Изд-во Лань, 1999–2009. – 328 с.
2. Чертов, А.Г. Задачник по физике // А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – М.: Высшая школа, 1993. – 496 с.
3. Еремяшев, В.Е. Задания для самостоятельной работы студентов по физике. Механика и молекулярная физика: учебное пособие / В.Е. Еремяшев, В.А. Алексеев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 48 с.
4. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М.: Изд-во Академия, 2007. – 506 с.
5. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. – СПб.: Изд-во Лань, 2015. – Т. 1. – 432 с.
6. Маршалов, О.В. Механика и молекулярная физика: руководство к решению задач / О.В. Маршалов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 40 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Методические указания	3
Кинематика	
Задание 1. Кинематические уравнения	4
Задание 2. Движение в гравитационном поле Земли	5
Задание 3. Движение по окружности	7
Задание 4. Угловые характеристики движения	9
Задание 5. Связь линейных и угловых характеристик движения	11
Основы динамики	
Задание 6. Связь между кинематическими и динамическими характеристиками движения	12
Задание 7. Основной закон динамики	14
Задание 8. Движение по наклонной плоскости	16
Задание 9. Движение связанных тел	17
Задание 10. Закон сохранения импульса	19
Задание 11. Законы сохранения импульса и энергии	21
Задание 12. Динамика вращательного движения	22
Задание 13. Закон сохранения энергии	24
Задание 14. Сила и энергия гравитационного взаимодействия	26
Задание 15. Космические скорости	27
Колебательное и волновое движение	
Задание 16. Уравнение колебательного движения	27
Задание 17. Сложение однонаправленных колебаний	28
Задание 18. Пружинный и математический маятники	30
Задание 19. Затухающие колебания	31
Задание 20. Характеристики волнового движения	32
Задание 21. Скорость волны	34
Молекулярная физика и термодинамика	
Задание 22. Характеристики атомов и молекул	35
Задание 23. Энергия молекул	35
Задание 24. Скорости молекул	37
Задание 25. Барометрическая формула. Распределение Больцмана	38
Задание 26. Смеси газов. Закон Дальтона	39
Задание 27. Первый закон термодинамики	40
Задание 28. Теплоемкость газа	42
Задание 29. Длина свободного пробега	42
Задание 30. Явления переноса	43
Библиографический список	45

МЕХАНИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Методические указания и задания
для самостоятельной работы студентов

Составитель **Еремяшев** Вячеслав Евгеньевич

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 08.09.2016. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,79. Тираж 80 экз. Заказ 334/690.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.