

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие представляет собой сборник задач по первой части курса общей физики, предлагаемых студентам инженерных специальностей в качестве индивидуальных домашних заданий. Сборник состоит из шести разделов, разделённых на 31 параграф. В каждом параграфе содержится по 20 типовых задач для самостоятельного решения каждым студентом.

В пособии не приводятся формулы и законы и не рассматриваются примеры решения задач. Общепринятые требования к оформлению задач:

- после записи номера задачи полностью переписывается ее условие;
- вводятся обозначения ("Дано:", "Найти:");
- выполняется пояснительный рисунок, на котором должны быть отмечены *все* объекты, 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;
- записывается полный ответ на все вопросы задачи.

Задачи решаются и сдаются на проверку по мере изучения материала, либо по указанию сроков преподавателем. Выполнение домашних контрольных заданий входит в обязательный учебный график по физике.

КИНЕМАТИКА

Задание 1. Уравнение прямолинейного движения

- 1.1. Точка движется так, что зависимость координаты от времени определяется уравнением $x = 10 + 15t - 3t^2$. Найдите проекции скорости и ускорения точки через 2 с после начала движения.
- 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 10 с.
- 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 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.
- 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 7 с.
- 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 1 с и 3 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 1 с и 5 с.

Задание 2. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

- 2.1. Тело брошено под некоторым углом к горизонту. Найдите величину этого угла, если горизонтальная дальность полета тела в четыре раза больше максимальной высоты траектории.
- 2.2. Пистолетная пуля пробилла два вертикально закрепленных листа бумаги, расстояние между которыми равно 30 м. Пробоина во втором листе оказалась на 10 см ниже, чем в первом. Определите скорость пули, если к первому листу она подлетела, двигаясь горизонтально. Соппротивлением воздуха пренебречь.
- 2.3. Снаряд, выпущенный из орудия под углом 30° к горизонту, дважды был на одной и той же высоте спустя 10 с и 50 с после выстрела. Определите начальную скорость и эту высоту.
- 2.4. Камень брошен со скоростью 5 м/с под углом 45° к горизонту. Найдите наибольшую высоту подъема и радиус кривизны траектории в этой точке.
- 2.5. Тело брошено со скоростью 30 м/с под некоторым углом к горизонту. Время его подъема до максимальной высоты 2 с. Найдите эту максимальную высоту подъема и радиус кривизны траектории в ее наивысшей точке.
- 2.6. Тело брошен со скоростью 15 м/с под углом 30° к горизонту. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения через 1 с после начала движения.
- 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.
- 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.
- 2.9. Камень брошен горизонтально со скоростью 7 м/с. Найдите нормальное, тангенциальное и полное ускорения через 0,5 с после начала движения.
- 2.10. Тело брошено горизонтально со скоростью 15 м/с. Найдите радиус кривизны его траектории и тангенциальное ускорение через 2 с после начала движения.
- 2.11. С вышки бросили камень в горизонтальном направлении. Через 2 с камень упал на землю на расстоянии 40 м от основания вышки. Определите начальную и конечную скорости камня.
- 2.12. Тело брошено в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с, упало на Землю на расстоянии в двое большем, чем высота башни. Найдите высоту башни.

- 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.
- 2.14. Пуля, выпущенная в центр мишени, расположенной на расстоянии 30 м, попала на 10 см ниже. Определите скорость пули в начальный момент времени.
- 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?
- 2.16. Спортсмен прыгает с 10-метровой вышки и погружается в воду на расстоянии 3 м от основания вышки через 2 с. Определите скорость спортсмена в момент прыжка, угол, под которым он прыгнул и вошел в воду.
- 2.17. Снаряд выпущен из орудия со скоростью 200 м/с под углом 30° к горизонту. Найдите наибольшую высоту подъема и радиус кривизны траектории в ее наивысшей точке.
- 2.18. Пуля выпущена со скоростью 150 м/с под некоторым углом к горизонту. Время ее подъема до максимальной высоты 0,5 с. Найдите угол, под которым была выпущена пуля и максимальную высоту ее подъема.
- 2.19. Тело брошено со скоростью 20 м/с под углом 60° к горизонту. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения через 3 с после начала движения.
- 2.20. Снаряд выпущен под углом к горизонту. Найдите угол, под которым был выпущен снаряд и начальную скорость, если известно, что наибольшая высота подъема снаряда 100 м, а радиус кривизны траектории снаряда в ее верхней точке 3 м.

Задание 3. Уравнение поступательного движения

- 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 1 с 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 5 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 2 с и 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 0. 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 1 с и 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 4 с.
- 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 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.

- 3.17. Зависимость угла поворота колеса радиусом 5 м от времени $\varphi = t + 6t^2 - t^3$. Найдите угловую скорость и угловое ускорение на радиусе колеса к концу 2 с.
- 3.18. Уравнение угловой скорости движения точки по окружности имеет вид $\omega = t + t^2$. Найдите угол поворота точки за интервал времени от 2 с до 5 с.
- 3.19. К концу 4 с равноускоренного движения тела по окружности угловая скорость тела равна 5 рад/с, а угловое ускорение 2 рад/с². Запишите уравнение движения $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \epsilon t^2$ 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 0. Найдите угол поворота и угловую скорость в этот момент времени, если $\varphi_0 = 0$.

Задание 4. Кинематика вращательного 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/с². Через 3 с после начала движения полное ускорение поступательного движения точек обода стало 10 м/с². Найдите радиус колеса.
- 4.4. Шкив, радиусом 0,3 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 шкива через 4 с 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 рад/с². Найдите нормальное, тангенциальное и полное ускорения точек, лежащих на его ободе, к концу 2 с после начала 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 3 с 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 10 с вращения с постоянным угловым ускорением колесо совершило 5 полных оборотов. Найдите это угловое ускорение, если начальная угловая скорость равна 0. Чему равна его угловая скорость в конце 10 с?
- 4.10. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением. За 4 с после начала движения угловая скорость колеса достигла 12 рад/с. Найдите угловое ус-

- корение колеса и линейную скорость точки на его ободе к концу 5 с, если 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 угловое ускорение 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 3 с 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 радиуса 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 3 с 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 3 с разогнался равноускоренно 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 равна 3 м/с . Найдите линейную скорость точек, расположенных от центра диска на расстояниях, равных четверти и половине радиуса, который равен 30 см . Сколько оборотов в секунду делает диск?
 - 4.19. При равномерном движении за 5 с угловая скорость точки обода колеса увеличилась в 3 раза. Найдите соотношение начальной и конечной угловых скоростей и угол поворота за этот промежуток времени.
 - 4.20. Диск радиусом 1 м , вращаясь с угловой скоростью 3 рад/с , начал разгоняться с постоянным угловым ускорением $0,3 \text{ рад/с}^2$. Найдите нормальное, тангенциальное и полное ускорения точек на ободе колеса в момент времени, когда его угловая скорость была равна 6 рад/с .

Задание 5. Кинематика поступательного 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 4 с.

- 5.2. На горизонтально вращающийся цилиндр радиусом 4 см намотана нить, к концу которой привязан груз. За 3 с груз равноускоренно опустился на 1,5 м. Определите угловое ускорение цилиндра.
- 5.3. На вал электродвигателя радиусом 5 см наматывается трос, прикрепленный к подвижной платформе. Угловое ускорение вала $0,1 \text{ рад/с}^2$. Найдите ускорение платформы и пройденный ею путь за 5 с.
- 5.4. Через блок радиусом 15 см перекинут трос, к концам которого прикреплены грузы различной массы. Найдите скорость их движения, если за 1 с после начала движения 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 его радиус, если, начав движение из состояния покоя, груз прошел путь 9 м за 3 с.
- 5.7. Через блок радиусом 10 см перекинут трос, к концам которого прикреплены грузы различной массы. Найдите линейное и угловое ускорения точек на ободке 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, наматывается провод длиной 50 м, если начальная скорость вала равна 0, 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 5 с, 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 1 с, после начала движения, равна 4 рад/с . Продолжив движение дальше, грузы за 3 с прошли 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, и они отстоят друг от друга на 30 см. Диски вращаются с частотой 25 об/с. Пуля, летевшая параллельно оси, на расстоянии 12 см от нее пробил 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 его радиус, если, начав движение со скоростью 10 м/с , груз прошел путь 5 м за 2 с.
- 5.18. За какое время на равноускоренно вращающийся вал, радиусом 10 см, намотается 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 2 с, если его начальная скорость равна нулю? Найдите скорость груза в конце этого интервала времени.

ДИНАМИКА

Задание 6. Второй закон Ньютона

- 6.1. Груз массой 800 кг, подвешенный на тросе, движется с ускорением вниз. Сила натяжения троса 12 кН. Найдите ускорение груза.
- 6.2. Груз массой 50 кг, подвешенный на тросе, движется с ускорением 5 м/с^2 вверх. Найдите силу натяжения троса.
- 6.3. Груз массой 100 кг подвешен на тросе. Сравните силу натяжения троса при движении с ускорением 5 м/с^2 вверх и вниз.
- 6.4. 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.
- 6.5. Сила 120 Н действует на тело массой 100 кг в течении 100 с. Найдите скорость тела в конце этого интервала времени, если в начале движения тело покоилось.
- 6.6. Ракета массой 20 т поднимается вертикально вверх с ускорением 20 м/с^2 . Найдите силу тяги его двигателей. Соппротивлением воздуха пренебречь.
- 6.7. Космический корабль поднимается вертикально вверх с ускорением 10 м/с^2 . Сила тяги его двигателей 50000 кН. Найдите массу корабля.

- 6.8. 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 торможения.
- 6.9. Автобус массой 10 т начинает двигаться и разгоняется до скорости 54 км/ч с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Найдите силу тяги его двигателя, время и путь его разгона. Коэффициент сопротивления равен 0,2. Движение считать равноускоренным.
- 6.10. Футболист бьет по мячу массой 500 г со средней силой 500 Н. Мяч улетает под углом 45° к горизонту и приземляется на расстоянии 40 м. Найдите время удара по мячу.
- 6.11. На горизонтальной поверхности находится брусок массой 2 кг. Коэффициент трения бруска о поверхность равен 0,2. На бруске находится другой брусок массой 8 кг. Коэффициент трения верхнего бруска о нижний равен 0,3. К верхнему бруску приложена сила. Определите значение силы, при котором начнется совместное движение брусков.
- 6.12. 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.
- 6.13. Найдите скорость пули при вылете из ствола винтовки, если ее масса 2,5 г, длина ствола 70 см, калибр 9 мм, а среднее давление воздуха за время выстрела 9,8 Па.
- 6.14. На гладком столе лежит брусок массой 4 кг. К бруску привязан шнур, ко второму концу которого приложена сила 10 Н, направленная параллельно поверхности стола. Найдите ускорение бруска.
- 6.15. Молот массой 1 т падает с высоты 2 м на наковальню. Длительность удара 0,01 с. Определите среднее значение силы удара.
- 6.16. Шайба, пущенная по поверхности льда с начальной скоростью 20 м/с, остановилась через 40 с. Найдите коэффициент трения шайбы об лед.
- 6.17. Брусок массой 5 кг может свободно скользить по горизонтальной поверхности без трения. На нем находится другой брусок массой 1 кг. Коэффициент трения соприкасающихся поверхностей брусков 0,3. Определите максимальное значение силы, приложенной к нижнему бруску, при которой начнется соскальзывание верхнего бруска.
- 6.18. Самолет летит в горизонтальном направлении с ускорением 20 м/с^2 . Какова перегрузка пассажира самолета? (Перегрузкой называется отношение силы, действующей на пассажира, к силе тяжести.)
- 6.19. Катер массой 2 т трогается с места и при движении в спокойной воде в течении 10 с развивает скорость 4 м/с. Определите силу тяги мотора, считая ее постоянной. Принять силу сопротивления пропорциональной скорости; коэффициент сопротивления 100 кг/с .
- 6.20. Вагон массой 40 т движется равнозамедленно с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$ и начальной скоростью 36 км/ч. Найдите силу торможения, действующую на вагон, время его движения до остановки и пройденный путь за это время.

Задание 7. Движение под действием сил

- 7.1. Наклонная плоскость длиной 5 м образует угол 30° с горизонтом. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за 5 с. Найдите коэффициент трения между телом и плоскостью.
- 7.2. 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.
- 7.3. За какое время тело массой 2 кг соскользнет с наклонной плоскости длиной 10 м и углом наклона 60° , если по той же наклонной плоскости с углом наклона 30° оно движется равномерно?
- 7.4. Тело массой 2 кг соскальзывает с наклонной плоскости длиной 10 м и углом наклона 60° за 3 с. Найдите коэффициент трения скольжения между телом и плоскостью.
- 7.5. Найдите коэффициент трения между шинами и поверхностью дороги с углом наклона 30° , если автомобиль скатывается по ней с выключенным двигателем с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$.
- 7.6. Тело начинает скользить по наклонной плоскости с углом наклона 30° из состояния покоя. Какой путь пройдет тело за 3 с? Коэффициент трения скольжения 0,2.
- 7.7. Груз массой 5 кг поднимается по наклонной плоскости с углом наклона 30° под действием силы 40 Н. Какое расстояние пройдет тело за отрезок времени, в течение которого его скорость возрастает с 0 до 1 м/с. Коэффициент трения скольжения 0,1.
- 7.8. Найдите минимальный угол наклона плоскости, при котором с нее без ускорения соскользнет тело. Коэффициент трения скольжения между телом и плоскостью 0,3.
- 7.9. Мотоциклист при движении по повороту радиусом 30 м наклонился внутрь закругления на угол 30° от вертикали. Найдите скорость мотоциклиста.
- 7.10. Автобус движется по закруглению горизонтальной дороги радиусом 100 м. Найдите максимальную скорость, если коэффициент трения скольжения между колесами и дорогой 0,3.
- 7.11. 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.
- 7.12. Велосипедист при движении со скоростью 18 км/ч по повороту радиусом 30 м наклонился внутрь закругления. Найдите угол его наклона.
- 7.13. Найдите вес автомобиля при движении со скоростью 25 м/с по выпуклому мосту радиусом 50 м. Масса автомобиля 1 т.
- 7.14. Найдите массу автомобиля, если при его движении со скоростью 72 км/ч по вогнутому мосту, радиусом 40 м, его вес равен 3 кН.
- 7.15. Автомобиль движется по закруглению горизонтальной дороги радиусом 50 м со скоростью 54 км/ч. Найдите минимальный коэффициент трения скольжения между колесами и дорогой.

- 7.16. 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.
- 7.17. На какую высоту необходимо запустить спутник, чтобы его период обращения был в два раза меньше, чем период обращения Земли вокруг своей оси. Орбиту считать круговой.
- 7.18. Спутник вращается вокруг Земли на высоте 1000 км. Найдите период его обращения. Орбиту считать круговой.
- 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 0,3. 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 связанных тел

- 8.1. Два груза массой 2 и 4 кг соединены нитью, переброшенной через невесомый блок. Определите ускорение грузов и натяжение нити.
- 8.2. Два груза соединены нитью, переброшенной через невесомый блок. Грузы двигаются с ускорением 2 м/с^2 . Определите соотношение масс грузов и натяжение нити, если масса меньшего из них 1 кг.
- 8.3. Два груза массой 5 и 7 кг связаны между собой верёвкой массой 4 кг. Грузы поднимают вверх с ускорением, прикладывая силу 188,8 Н к более тяжелому грузу. Найдите силу натяжения веревки в её верхней и нижней точках.
- 8.4. Два груза массой 1 и 2 кг связаны между собой веревкой. Грузы поднимают вверх, прикладывая силу 188,8 Н к более легкому грузу. Найдите массу веревки, если сила натяжения веревки в ее верхней и нижней точках 63 и 30 Н соответственно.
- 8.5. 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. Найдите силу натяжения нитей, если их тянут, прикладывая к первому бруску силу 15 Н.
- 8.6. 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.
- 8.7. Тело массой 2 кг, лежащее на наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м связано нитью с 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.
- 8.8. Два одинаковых шарика соединены невесомой нитью, перекинутой через невесомый блок. Один из шариков погружен в воду. Найдите ускорение шариков. Силой сопротивления движению шарика в воде пренебречь.
- 8.9. Два груза массами 4 и 1 кг связаны нитью, перекинутой через блок, прикрепленный к призме с углом наклона плоскостей 30° и 60° . Коэффициент трения скольжения 0,1. Найдите ускорение грузов.
- 8.10. Два груза массами 2 и 3 кг связаны нитью, перекинутой через блок. Какой путь пройдет каждый груз за 1 с?
- 8.11. На столе стоит тележка массой 4 кг. К тележке привязан один конец шнура, перекинутого через блок. С каким ускорением будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирию массой 1 кг?
- 8.12. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы массами 1,5 и 3 кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массами блока и шнура пренебречь.
- 8.13. 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.
- 8.14. Два груза массой 0,9 и 1 кг соединены невесомой нитью, переброшенной через невесомый блок. В начальный момент расстояние между центрами тяжести этих грузов 1 м. Через какое время после начала движения центры тяжести грузов будут на одной высоте? Сопротивлением воздуха пренебречь. Считать, что движение начинается без толчка.
- 8.15. 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 невесомый блок, находящийся на вершине плоскости (рис.3). Коэффициент трения между первым телом и плоскостью 0,1. Найдите ускорение этих тел.
- 8.16. Невесомый блок укреплен на конце стола. Гири одинаковой массы 1 кг соединены невесомой нитью, перекинутой через блок. Коэффициент трения гири о стол 0,1. Найдите ускорение, с которым движутся гири, и силу натяжения нити. Трением в блоке пренебречь.
- 8.17. Два груза массой 6 и 9 кг соединены нитью, переброшенной через невесомый блок. Определите ускорение грузов и натяжение нити
- 8.18. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы массами 5 и 8 кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массами блока и шнура пренебречь.
- 8.19. 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. Массой блоков и трением пренебречь.

- 8.20. 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 30° к горизонту.

РАБОТА И ЭНЕРГИЯ. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Задание 9. Закон сохранения энергии

- 9.1. Сила 100 Н действовала на тело в течении 10 с и сообщила ему кинетическую энергию 120 Дж. Найдите массу тела.
- 9.2. Тело массой 1 кг, брошенное с вышки в горизонтальном направлении со скоростью 10 м/с, через 5 с упало на землю. Определите кинетическую энергию тела в момент удара о землю.
- 9.3. Какой кинетической энергией обладает тело массой 2 кг, если оно соскользнуло с наклонной плоскости длиной 5 м и углом наклона 45° без трения. Как измениться кинетическая энергия тела, если между телом и плоскостью есть трение (коэффициент трения скольжения 0,1)?
- 9.4. Найдите кинетическую энергию свободно падающего без начальной скорости тела в конце первой секунды движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 9.5. 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 неупругий.
- 9.6. Два шарика подвешены на тонких параллельных нитях, касаясь друг друга. Меньший шар массой 4 кг отводят на угол 90° и отпускают. После неупругого удара шарики отклонились на 30° . Найти массу большего шара.
- 9.7. 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.
- 9.8. Пуля массой 30 г, летящая со скоростью 800 м/с, попадает в баллистический маятник массой 400 кг и застревает в нем. Найдите высоту подъема маятника.
- 9.9. 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.
- 9.10. Тело массой 4 кг брошено горизонтально с вышки со скоростью 20 м/с и падало до удара о землю 3 секунды. Найдите полную энергию тела в момент броска и в момент удара о землю.
- 9.11. Масса снаряда 10 кг, а ствола орудия 600 кг. При выстреле снаряд получает энергию 1800 кДж. Найдите энергию, полученную стволом орудия при отдаче.
- 9.12. На рельсах стоит платформа, на которой в горизонтальном положении закреплено орудие без противооткатного устройства. 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. На какое расстояние откатится платформа, если коэффициент сопротивления 0,002?
- 9.13. При выстреле из орудия снаряд массой 10 кг получает кинетическую энергию 1,8 МДж. Определите кинетическую энергию ствола орудия вследствие отдачи, если масса орудия равна 600 кг.
- 9.14. 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 ее нагрев?
- 9.15. 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.
- 9.16. Неподвижный атом распадается на две части. Масса одной части $1,6 \cdot 10^{-25}$ кг. Кинетическая энергия первого осколка 18 нДж, а второго — 30 нДж. Найдите массу второго осколка.
- 9.17. В результате прямого удара двух абсолютно упругих шаров меньший шар потерял $3/4$ своей кинетической энергии. Определите соотношение масс шаров, если до столкновения больший шар покоился.
- 9.18. Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 10 м/с, ударяется о неподвижный шар массой 800 г. Удар прямой, абсолютно упругий. Найдите скорости шаров после удара.
- 9.19. Определите, какую часть кинетической энергии может передать частица массой $2 \cdot 10^{-22}$ г, сталкиваясь упруго с неподвижной частицей массой $6 \cdot 10^{-22}$ г.
- 9.20. 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 10. Работа при поступательном движении

- 10.1. Вертолет массой 3 т висит в воздухе. Определите мощность, расходуемую на поддержание вертолета в этом положении, при диаметре ротора 18 м. При расчете принять, что ротор откидывает вниз цилиндрическую струю воздуха диаметром, равным диаметру ротора.
- 10.2. Какую мощность развивает двигатель автомобиля, двигающегося по выпуклому мосту радиусом 15 м со скоростью 90 км/ч, если его масса 1000 кг, а коэффициент сопротивления движению 0,01?
- 10.3. Автомобиль массой 10 т движется под гору при включенном двигателе с постоянной скоростью 72 км/ч. Уклон горы 5 м на каждые 100 м пути. Какую мощность должен развивать этот двигатель, чтобы автомобиль двигался вверх по этой же горе с той же скоростью?
- 10.4. Поезд общей массой 10000 т с постоянной скоростью преодолевает подъем с уклоном 3 м на каждые 100 м пути. Коэффициент трения 0,01. Найдите мощность, развиваемую локомотивом этого поезда.

- 10.5. Под действием постоянной силы вагонетка массой 500 кг за 10 с прошла путь 10 м и приобрела скорость 5 м/с. Определите работу силы, если коэффициент трения 0,02. Найдите среднюю мощность, развиваемую этой силой.
- 10.6. Вычислите работу, совершаемую подъемником при равноускоренном подъеме груза массой 200 кг на высоту 100 м за 4с. Вычислите мощность, развиваемую подъемником.
- 10.7. Найдите работу по подъему груза массой 50 кг по наклонной плоскости длиной 5 м и углом наклона 60° с ускорением 2 м/с^2 . Коэффициент трения 0,1.
- 10.8. На покоящееся тело в течение 20 с подействовала сила 10 Н. Найдите массу тела, если сила совершила работу 100 Дж.
- 10.9. Какую мощность должен развить трактор при перемещении прицепа массой 5 т при движении вверх по наклонной плоскости со скоростью 1 м/с, если угол наклона 20° ? Коэффициент трения прицепа 0,2.
- 10.10. Парашютист совершает затяжной прыжок и через 20 секунд после начала движения имел скорость 50 м/с. Совершенная им работа по преодолению сопротивления воздуха 120 кДж. Считая движение парашютиста равноускоренным, найдите его массу.
- 10.11. Найдите мощность, развиваемую электропоездом общей массой 30 т, если в течении 10 секунд от начала движения он приобрел скорость 10 м/с. Коэффициент трения 0,2.
- 10.12. Тело массой 2 кг под действием силы 50 Н поднимается вверх по наклонной плоскости с углом наклона 30° на высоту 1 м. Коэффициент трения 0,2. Определите совершенную работу.
- 10.13. Найдите мощность насоса, выбрасывающего струю воды диаметром 3 см со скоростью 20 м/с. Как измениться скорость жидкости, если воду заменить керосином.
- 10.14. Конькобежец, стоя на льду, бросил вперед гирию массой 5 кг и вследствие отдачи покотился назад со скоростью 1 м/с. Масса конькобежца 60 кг. Определите работу, совершенную конькобежцем при бросании гири.
- 10.15. Материальная точка массой 2 кг двигалась под действием некоторой силы согласно уравнению $x = 10 - 2t + t^2 - 0,2t^3$. Найдите мощность, затрачиваемую на движение точки, в моменты времени 2 с и 5 с.
- 10.16. Какую мощность имеет воздушный поток сечением $0,55 \text{ м}^2$ при скорости воздуха 20 м/с и нормальных условиях?
- 10.17. Под действием постоянной силы вагонетка прошла путь 5 м и приобрела скорость 2 м/с. Определите работу силы, если масса вагонетки равна 400 кг и коэффициент трения 0,01.
- 10.18. Вычислите работу, совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой 100 кг на высоту 4 м за 2 с.
- 10.19. Вычислите работу подъема груза по наклонной плоскости длиной 2 м, если масса груза 100 кг, угол наклона 30° , коэффициент трения 0,1 и груз движется с ускорением 1 м/с^2 .

10.20. Вычислите работу, совершаемую на пути 12 м равномерно возрастающей силы, если в начале пути сила 10 Н, а в конце 46 Н.

Задание 11. Закон сохранения импульса

- 11.1. 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 средними скоростями будут двигаться по льду конькобежцы?
- 11.2. Снаряд массой 20 кг обладал скоростью 150 м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой 3 кг получила скорость 400 м/с вперед под углом 60° к горизонту. Найдите скорость и угол к горизонту, под которым полетит вторая, большая часть снаряда.
- 11.3. Шар массой 10 кг сталкивается с шаром массой 5 кг. Скорость первого шара 5 м/с, скорость второго 12 м/с. Найдите их скорость после неупругого удара, если шары двигались навстречу друг другу.
- 11.4. Шар массой 4 кг нагоняет и сталкивается с шаром массой 8 кг. Скорость первого шара 10 м/с, скорость второго 5 м/с. Найдите их скорость после неупругого удара.
- 11.5. 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 лодки вперед по движению лодки со скоростью 4 м/с.
- 11.6. В лодке массой 450 кг стоит человек массой 90 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Найти скорость лодки после того, как человек выпрыгнул из лодки в сторону, противоположную движению лодки со скоростью 5 м/с.
- 11.7. На неподвижной железнодорожной платформе массой 12 т стоит 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.
- 11.8. На неподвижной железнодорожной платформе стоит 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.
- 11.9. Горизонтально летящий снаряд массой 20 кг разорвался на две части. Часть массой 6 кг получила скорость 800 м/с в прежнем направлении, а вторая часть — 200 м/с в обратном направлении. Найдите скорость снаряда до разрыва.
- 11.10. Горизонтально летящий со скоростью 300 м/с снаряд массой 20 кг разорвался на две части. Часть массой 6 кг получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найдите скорость второй части.
- 11.11. 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.
- 11.12. 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.

новения с метеоритом. Удар считать абсолютно неупругим. Корабль считать цилиндром с плоскими торцами.

- 11.13. От ракеты массой 10 т в момент достижения ее скорости 100 м/с отделяется первая ступень массой 6 т. Скорость второй ступени при этом возросла до 120 м/с. Найдите направление и скорость движения первой ступени.
- 11.14. От ракеты в момент достижения ее скорости 200 м/с отделяется первая ступень массой 10 т со скоростью 50 м/с. Скорость второй ступени при этом возросла до 250 м/с. Найдите массу второй ступени и всей ракеты, если движение обеих ступеней происходило во одном направлении.
- 11.15. Огнетушитель массой 2 кг за 1 с работы выбрасывает 200 г пены со скоростью 20 м/с. Какую силу должен развить человек, чтобы удержать неподвижно огнетушитель на опоре и на весу в течение этой секунды?
- 11.16. 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.
- 11.17. 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. Корабль считать цилиндром с плоскими торцами.
- 11.18. Пуля массой 30 г ударяется и застревает в свободно висячем рельсе массой 300 кг. Скорость рельса после удара 0,04 м/с. Найдите скорость пули до удара.
- 11.19. Из пожарного шланга за 1 с работы выбрасывает 2 кг воды со скоростью 15 м/с. Какую силу должен развить человек, чтобы удержать шланг неподвижно в течение этой секунды?
- 11.20. Снаряд массой 10 кг обладал скоростью 200 м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая, массой 3 кг, получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найдите скорость второй, большей части после разрыва.

Задание 12. Энергия при вращательном движении

- 12.1. Горизонтальная платформа массой 80 кг и радиусом 1 м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой 20 об/мин. Человек массой 60 кг стоит в центре платформы, держа в вытянутых руках гири. Опустив руки человек уменьшил свой момент инерции от 2,94 до 0,98 кгм². Во сколько раз изменилась кинетическая энергия платформы с человеком?
- 12.2. Определите линейную скорость шара, скатившегося с наклонной плоскости высотой 1 м.
- 12.3. Определите линейную скорость обруча, скатившегося с наклонной плоскости высотой 3 м.
- 12.4. Определите линейную скорость диска, скатившегося с наклонной плоскости высотой 1 м.

- 12.5. Обруч и диск одинаковой массы 2 кг и одинакового радиуса 50 см катятся с одинаковой скоростью 5 м/с. Найдите и сравните их кинетические энергии.
- 12.6. Шар и диск одинаковой массы 4 кг и одинакового радиуса 20 см катятся с одинаковой скоростью 10 м/с. Найдите и сравните их кинетические энергии.
- 12.7. Пуля массой 10 г летит со скоростью 800 м/с, вращаясь вокруг продольной оси с частотой 3000 об/с. Найдите кинетическую энергию пули, считая ее цилиндром диаметром 9 мм.
- 12.8. Диск скатывается с некоторой высоты и проходит участок пути в виде мертвой петли радиусом 30 см. Найдите наименьшую высоту с которой скатывался диск.
- 12.9. Цилиндр катится по горизонтальной поверхности. Его полная кинетическая энергия равна 14 Дж. Определите кинетическую энергию его поступательного и вращательного движений.
- 12.10. Камень скользит с наивысшей точки купола, имеющего форму полусферы. Какую дугу опишет камень, прежде чем оторвется от поверхности купола? Трением пренебречь.
- 12.11. Тонкий стержень длиной 1 м прикреплен к горизонтальной оси, проходящей через его конец. Стержень отклоняют на 90° и отпускают. Определите максимальную линейную и угловую скорости его нижнего конца.
- 12.12. На какую высоту по наклонной плоскости закатиться обруч радиусом 50 см, если в ее начале он имел линейную скорость 10 м/с?
- 12.13. Диск скатывается с наклонной плоскости высотой 5 м. Какую линейную скорость он будет иметь на высоте 3 м?
- 12.14. Скатываясь с наклонной плоскости диск приобрел линейную скорость 7 м/с. Найдите высоту наклонной плоскости.
- 12.15. С какой наименьшей высоты должно скатиться тело, чтобы проехать по дорожке, имеющей форму «мертвой петли» радиусом 4 м, и не оторваться от дорожки в верхней точке петли? Трением пренебречь.
- 12.16. Обруч и диск одинаковой массы 6 кг и одинакового радиуса 70 см катятся с одинаковой скоростью 10 м/с. Найдите и сравните их кинетические энергии.
- 12.17. Цилиндр катится по горизонтальной поверхности. Его полная кинетическая энергия равна 20 Дж. Определите кинетическую энергию его поступательного и вращательного движений.
- 12.18. Пуля массой 20 г летит со скоростью 900 м/с, вращаясь вокруг продольной оси. Кинетическая энергия пули равна 9000 Дж. Пулю считать цилиндром диаметром 7 мм. Найдите частоту ее вращения.
- 12.19. Тонкий стержень длиной 3 м прикреплен к горизонтальной оси, проходящей через его конец. Стержень отклоняют на 60° и отпускают. Определите линейную и угловую скорости его нижнего конца при отклонении 30° .

- 12.20. Небольшое тело соскальзывает с вершины гладкой сферы радиуса 0,3 м. Найдите угол, соответствующий точке отрыва тела от сферы и скорость тела в момент отрыва.

Задание 13. Работа при вращательном движении

- 13.1. Колесо, вращаясь равномерно, уменьшило за 1 мин частоту вращения от 300 до 180 об/мин. Момент инерции колеса 2 кгм^2 . Найдите угловое ускорение колеса, момент сил торможения и число оборотов, сделанных колесом за это время.
- 13.2. Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой 10 об/мин. Человек массой 60 кг стоит на краю платформы. Какую работу совершает человек при переходе от края платформы к ее центру, если радиус платформы 1,5 м? Считать платформу однородным диском, а человека точечной массой.
- 13.3. Диск массой 80 кг и радиусом 30 см под действием силы разогнался до частоты 10 об/с. Найдите работу совершенную этой силой.
- 13.4. Кинетическая энергия вращающегося диска 1000 Дж. Под действием постоянного тормозящего момента он остановился, сделав 30 оборотов. Определите момент тормозящей силы и ее работу.
- 13.5. Колесо массой 2 кг и радиусом 30 см под действием тормозящего момента 50 Н·м снизило частоту вращения от 100 до 50 об/с. Найдите работу, совершенную тормозной системой. Сколько оборотов при этом сделало колесо?
- 13.6. Диск массой 10 кг и радиусом 20 см под действием разгоняющей силы увеличил частоту вращения от 10 до 40 об/с. За это время он совершил 100 оборотов. Найдите момент действовавшей силы и ее работу.
- 13.7. 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 30 секунд платформа приобрела частоту вращения 2 об/с.
- 13.8. 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.
- 13.9. Диск массой 100 кг и радиусом 50 см вращается с частотой 120 об/с. Найдите момент силы, под действием которого диск остановился, сделав 40 оборотов остановится.
- 13.10. Шарик массой 100 г, привязанный к концу нити длиной 1 м, вращается, опираясь на горизонтальную плоскость, с частотой 1 об/с. Нить укорачивается и шарик приближается к оси вращения до расстояния 0,5 м. Какую работу совершит сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.

- 13.11. Маховик вращается по закону $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$. Найдите среднюю мощность, развиваемую силами, останавливающими его, если момент инерции маховика $100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.
- 13.12. Маховик в виде диска массой 80 кг и радиусом 30 см находится в состоянии покоя. Какую работу необходимо совершить, чтобы сообщить маховику частоту 10 с^{-1} ?
- 13.13. Со шкива диаметром $0,48 \text{ м}$ через ремень передается мощность 9 кВт . Шкив вращается с частотой 240 об/мин . Найдите массу шкива.
- 13.14. Для определения мощности мотора на его шкив диаметром 20 см накинута лента. К ленте прикрепили динамометр. Найдите мощность мотора, если мотор вращается с частотой 24 с^{-1} , а показание динамометра 24 Н .
- 13.15. Диск диаметром 60 см и массой 1 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно к его плоскости с частотой 20 с^{-1} . Какую работу надо совершить, чтобы остановить диск?
- 13.16. Медный шар радиусом 10 см вращается с частотой 2 с^{-1} вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое?
- 13.17. Вентилятор вращается с частотой 900 об/мин . После выключения вентилятора, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки 75 оборотов. Работа сил торможения $44,4 \text{ Дж}$. Найдите момент инерции вентилятора и момент сил торможения.
- 13.18. 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 секунд платформа приобрела частоту вращения 3 об/с .
- 13.19. Колесо массой 3 кг и радиусом 50 см под действием тормозящего момента $50 \text{ Н}\cdot\text{м}$ снизило частоту вращения с 200 до 150 об/с . Найдите работу, совершенную тормозящим моментом. Сколько оборотов при этом сделало колесо?
- 13.20. Диск массой 50 кг и радиусом 15 см под действием силы разогнался до частоты 100 об/с . Найдите работу совершенную силой.

Задание 14. Сила и энергия гравитационного взаимодействия

- 14.1. Вычислите силу и энергию гравитационного взаимодействия:
- 1) двух одинаковых свинцовых шаров радиусом 1 см , расположенных на расстоянии 50 см ;
 - 2) двух свинцовых шаров радиусом $1,5$ и 2 см , расположенных на расстоянии 1 м ;
 - 3) двух одинаковых железных шаров радиусом 3 см , расположенных на расстоянии 5 м ;
 - 4) двух одинаковых деревянных шаров радиусом $3,6 \text{ см}$, расположенных на расстоянии 78 см ;
 - 5) Земли и Солнца;

- 6) Земли и Луны;
- 7) Земли и тела массой 1 кг, находящегося на расстоянии 1000 км от поверхности Земли;
- 8) Луны и тела массой 100 кг, находящегося на расстоянии 1000 км от поверхности Луны;
- 9) Солнца и тела массой 50 кг, находящегося на расстоянии 1000 км от поверхности Солнца;
- 10) двух протонов, находящихся на расстоянии 0,1 нм;
- 11) двух электронов, находящихся на расстоянии 0,01 нм;
- 12) двух нейтронов, находящихся на расстоянии 0,2 нм;
- 13) ядра гелия и электрона, находящихся на расстоянии 1 нм;
- 14) Меркурия и Солнца;
- 15) Солнца и Венеры;
- 16) Марса и Солнца;
- 17) Юпитера и Солнца;
- 18) Сатурна и Солнца;
- 19) Урана и Солнца;
- 20) Нептуна и Солнца;
- 21) Плутона и Солнца;

14.2. Сравните силу и энергию гравитационного взаимодействия:

- 1) двух свинцовых и двух железных шаров одинакового размера и расположенных на одинаковых расстояниях;
- 2) космического корабля с Землей и Луной, расположенного на середине расстояния между ними;
- 3) двух деревянных и двух железных шаров одинакового размера и расположенных на одинаковых расстояниях;
- 4) космического корабля с Землей и Солнцем, расположенного на середине расстояния между ними.

Задание 15. Космические скорости

15.1. Найдите первую космическую скорость вблизи поверхности (с выводом формулы):

- 1) Меркурия;
- 2) Венеры;
- 3) Земли;
- 4) Марса;
- 5) Юпитера;
- 6) Сатурна;
- 7) Урана;
- 8) Нептуна;
- 9) Плутона;
- 10) Луны;

15.2. Найдите вторую космическую скорость вблизи поверхности:

- 1) Меркурия;
- 2) Венеры;
- 3) Земли;
- 4) Марса;
- 5) Юпитера;
- 6) Сатурна;
- 7) Урана;
- 8) Нептуна;
- 9) Плутона;
- 10) Луны;

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ И ВОЛНОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

Задание 16. Уравнение колебательного движения

16.1. Напишите уравнение колебательного движения точки, совершающей колебание с амплитудой 5 см, периодом 2 с и начальной фазой 45° .

- 16.2. Колебания точки совершаются по закону $x = 0,03 \sin(\omega t + 0,5\pi)$. Найдите значения амплитуды, периода колебаний, наибольшие скорость и ускорение точки.
- 16.3. Колебания тела совершаются по закону $x = 0,03 \sin(\pi t + 0,5\pi)$. Найдите фазу колебаний спустя 5 с от начала движения.
- 16.4. Точка равномерно движется по окружности против часовой стрелки с периодом 7 с. Диаметр окружности равен 32 см. Напишите уравнение движения проекции точки на ось x , проходящую через центр окружности, если в момент времени, принятый за начальный проекция на ось x равна 0. Найдите скорость проекции точки в момент времени 1 с.
- 16.5. Определите начальную фазу колебаний, если через 0,25 с после начала движения смещение было равно половине амплитуды. Период равен 6 с.
- 16.6. Маятник массой 5 г совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц. Амплитуда колебаний 3 см. Определите скорость точки в момент, когда смещение равно 1,5 см.
- 16.7. Маятник массой 10 г совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц. Амплитуда колебаний 2 см. Найдите максимальную силу, действующую на точку.
- 16.8. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см и периодом 2 с. Напишите уравнение этих колебаний, считая, что при $t = 0$ смещение равно нулю. Определите фазу, когда смещение равно 6 см.
- 16.9. 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 10 м/с.
- 16.10. Уравнение колебаний материальной точки имеет вид $x = 2 \sin 5t$. Определите максимальные значения скорости и ускорения точки.
- 16.11. Точка совершает гармонические колебания по закону синуса. Амплитуда колебаний 5 см, циклическая частота $\omega = 2$ Гц, а начальная фаза равна нулю. Определите ускорение точки, когда скорость равна 0,08 м/с.
- 16.12. Точка совершает гармонические колебания по закону косинуса. Амплитуда колебаний 6 см, наибольшая скорость движения точки 0,2 м/с. Найдите циклическую частоту, период и фазу колебаний при $t = 4$ с.
- 16.13. Точка совершает гармонические колебания. Максимальная скорость точки 0,1 м/с, а максимальное ускорение 1 м/с². Найдите амплитуду, циклическую частоту и период колебаний.
- 16.14. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени смещение точки равно 5 см, ее скорость 0,2 м/с, а ускорение 0,8 м/с². Найдите амплитуду, циклическую частоту, период и фазу колебаний в рассматриваемый момент времени.
- 16.15. Напишите уравнение гармонического колебательного движения, если максимальное ускорение точки равно 49,3 см/с², а период колебаний равно 2 с и смещение точки от положения равновесия в начальный момент времени равно 25 мм.

- 16.16. Уравнение колебаний точки имеет вид $x = A\cos(\pi t + 0,2\pi)$. Определите период и начальную фазу колебаний. Постройте график зависимости ускорения от времени.
- 16.17. Определите начальную фазу колебаний тела, если через 0,25 с от начала движения смещение стало равно половине амплитуды. Период равен 6 с.
- 16.18. Точка совершает колебания по закону $x = 2\cos(\pi t + \frac{\pi}{4})$. Постройте графики зависимости от времени смещения, скорости и ускорения.
- 16.19. Точка равномерно движется по окружности по часовой стрелке с периодом 6 с. Диаметр окружности равен 20 см. Напишите уравнение движения проекции точки на ось x , проходящую через центр окружности, если в момент времени, принятый за начальный проекция на ось x равна 0. Найдите ускорение в момент времени 16 с.
- 16.20. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение 100 см/с². Найдите циклическую частоту колебаний, их период и амплитуду. Напишите уравнение колебаний, приняв начальную фазу равной 0.

Задание 17. Сложение колебаний

- 17.1. Уравнения плоских колебаний точки имеют вид: $x_1 = 0,01\cos(\pi t + \pi/6)$, $x_2 = 0,02\cos(\pi t + \pi/2)$. Определите амплитуды, периоды и начальные фазы этих колебаний. Напишите уравнение результирующего колебания. Постройте векторную диаграмму сложения.
- 17.2. Амплитуды колебаний материальной точки $A_1 = 6$ см и $A_2 = 10$ см. Амплитуда результирующего колебания 14 см. Найдите разность фаз, складывающихся колебаний. Постройте векторную диаграмму сложения. Периоды колебаний одинаковы, колебания направлены по одной прямой.
- 17.3. Амплитуды и периоды складывающихся колебаний одинаковы и равны амплитуде результирующего колебания. Найдите разность фаз, складывающихся колебаний. Постройте векторную диаграмму сложения.
- 17.4. Уравнения колебаний точки имеют вид: $x_1 = \sin(\pi t)$; $x_2 = \sin(\pi t + \pi/2)$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму сложения.
- 17.5. Материальная точка участвует в двух колебаниях, происходящих по одной прямой и выраженных уравнениями: $x_1 = 3\cos t$, $x_2 = 3\cos(t + \pi/3)$, (смещения даны в сантиметрах). Определите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Напишите его уравнение и построьте график зависимости перемещения от времени.
- 17.6. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид: $x_1 = \sin t$; $x_2 = 2\sin t$. Найдите амплитуду, частоту и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму сложения.
- 17.7. Даны характеристики двух колебательных движений материальной точки: $T_1 = T_2 = 1,5$ с, $A_1 = A_2 = 2$ см, $\varphi_1 = \pi/2$ и $\varphi_2 = \pi/3$. Найдите амплитуду и

начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму сложения.

17.8. Даны характеристики двух колебательных движений материальной точки: $T_1 = T_2 = 8$ с, $A_1 = A_2 = 5$ см. Разность фаз между этими колебаниями $\pi/4$. Начальная фаза одного из них равна нулю. Запишите уравнение результирующего колебания. Постройте векторную диаграмму сложения.

17.9. Уравнения колебаний точки имеют вид: $x_1 = 0,02\sin(5\pi t + \frac{\pi}{2})$,

$x_2 = 0,03\sin(5\pi t + \frac{\pi}{4})$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания, запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму.

17.10. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид: $x_1 = 4\sin(\pi t)$,

$x_2 = 3\sin(\pi t + \frac{\pi}{2})$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму.

17.11. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид: $x_1 = 3\sin(4\pi t)$,

$x_2 = 6\sin(4\pi t + \frac{\pi}{3})$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания, запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму.

17.12. Даны характеристики двух колебательных движений материальной точки: $T_1 = T_2 = 5$ с, $A_1 = 3$ см и $A_2 = 4$ см, $\varphi_1 = \frac{\pi}{3}$ и $\varphi_2 = \frac{\pi}{4}$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму сложения.

17.13. Даны характеристики двух колебательных движений материальной точки: $T_1 = T_2 = 3$ с, $A_1 = 3$ см и $A_2 = 5$ см, $\varphi_1 = \varphi_2 = \frac{\pi}{4}$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму сложения.

17.14. Уравнения колебаний материальной точки имеет вид: $x_1 = \cos(6\pi t)$, $x_2 = \cos(6\pi t + \pi/8)$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму.

17.15. Уравнения колебаний точки имеет вид: $x_1 = 7\cos(t)$, $x_2 = 14\cos(t)$. Найдите амплитуду, частоту и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму сложения.

17.16. Даны следующие характеристики двух колебательных движений материальной точки: $T_1 = T_2 = 2,5$ с, $A_1 = A_2 = 3$ см, $\varphi_1 = \frac{\pi}{4}$ и $\varphi_2 = \frac{3\pi}{2}$. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение. Постройте векторную диаграмму сложения.

- 17.17. Даны характеристики колебаний точки: $T_1 = T_2 = 4$ с, $A_1 = A_2 = 12$ см. Разность фаз между этими колебаниями $\pi/12$. Начальная фаза одного из них равна нулю. Запишите уравнение результирующего колебания. Постройте векторную диаграмму сложения.
- 17.18. Амплитуды складывающихся колебаний одинаковы и равны $1/2$ амплитуде результирующего колебания. Найдите разность фаз, складывающихся колебаний. Постройте векторную диаграмму сложения.
- 17.19. Уравнения колебаний материальной точки имеют вид:
 $x_1 = 0,65\cos(\pi t + \frac{1}{3}\pi)$, $x_2 = \cos(\pi t)$. Определите амплитуды, периоды и начальные фазы, складывающихся колебаний. Напишите уравнение результирующего колебания. Постройте векторную диаграмму сложения.
- 17.20. Амплитуды колебаний материальной точки: $A_1 = 16$ см и $A_2 = 7$ см. Амплитуда результирующего колебания равна 19 см. Найдите разность фаз складывающихся колебаний. Постройте векторную диаграмму сложения. Периоды колебаний одинаковы, колебания направлены по одной прямой.

Задание 18. Характеристики колебательного движения

- 18.1. Шарик массой 200 г подвешен на пружине. Частота совершаемых им колебаний 5 Гц. Определите коэффициент упругости пружины.
- 18.2. Определите период колебаний груза на пружине, если в состоянии равновесия он смещает стрелку весов на 2 см от нулевого уровня.
- 18.3. Как измениться ход маятниковых часов при подъеме на 20 км над поверхностью Земли?
- 18.4. К пружине подвесили груз, в результате чего пружина растянулась на 35 см. Каков будет период колебаний груза, если его немного оттянуть вниз и отпустить?
- 18.5. Как измениться частота колебаний пружинного маятника при замене пружины жесткостью 100 Н/м пружиной жесткостью 40 Н/м?
- 18.6. Как измениться частота колебаний математического маятника при увеличении его длины в 3 раза?
- 18.7. Найдите массу груза пружинного маятника, если период его колебаний 4 с. Жесткость пружины 20 Н/м.
- 18.8. Как изменится частота колебаний пружинного маятника, если заменить груз в виде железного шарика на алюминиевый того же размера?
- 18.9. Сколько полных колебаний совершит за 1 минуту математический маятник длиной 50 см?
- 18.10. Пружинный маятник состоит из пружины жесткостью 100 Н/м и груза массой 50 г. За какое время он совершит 10 полных колебаний?
- 18.11. Какой маятник имеет меньший период колебаний: математический длиной 1 м или пружинный, состоящий из пружины жесткостью 30 Н/м и груза массой 100 г?

- 18.12. Какой длины надо взять нить, чтобы изготовить секундный математический маятник?
- 18.13. Какой груз надо взять, чтобы из пружины жесткостью 50 Н/м изготовить секундный маятник?
- 18.14. Пружинный маятник совершает гармонические колебания с частотой 3 Гц. Коэффициент жесткости пружины равен 30 Н/м. Какова масса груза?
- 18.15. Груз массой 465 г подвешен на пружине. Частота совершаемых им колебаний 15 Гц. Определите коэффициент упругости пружины.
- 18.16. На сколько необходимо изменить длину математического маятника, чтобы частота его колебаний увеличилась в 4 раза?
- 18.17. Пружинный маятник состоит из пружины жесткостью 50 Н/м и груза. Какой массы надо взять груз, чтобы период колебаний пружинного маятника совпадал с периодом колебаний математического маятника длиной 3 м?
- 18.18. Два математических маятника совершают в минуту соответственно 10 и 7 колебаний. Найдите отношение длин маятников.
- 18.19. Маятник длиной 2 м совершает 1268 колебаний в час. Найдите ускорение силы тяжести.
- 18.20. К спиральной пружине подвесили груз, в результате чего пружина растянулась на 9 см. Каков будет период колебаний груза, если его немного оттянуть вниз и отпустить?

Задание 19. Силы, работа и энергия при колебательном движении

- 19.1. Гиря, подвешенная к пружине, колеблется по вертикали с амплитудой 4 см. Определите полную энергию колебаний гири, если жесткость пружины равна 1 кН/м.
- 19.2. Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания, 30 мкДж, максимальная сила, действующая на тело 1,5 мН. Напишите уравнение движения тела, если период колебаний 2 с и начальная фаза $\frac{\pi}{3}$.
- 19.3. Найдите отношение кинетической энергии точки, совершающей гармоническое колебание, к ее потенциальной энергии для момента времени равного $1/12$ периода. Начальная фаза колебания равна 0.
- 19.4. Уравнение колебаний точки массой 16 г имеет вид $x = 2\sin\left(\frac{\pi}{4}t + \frac{\pi}{4}\right)$ см. Постройте график зависимости от времени (для одного периода) кинетической, потенциальной и полной энергии точки.
- 19.5. Найдите отношение кинетической энергии точки, совершающей гармоническое колебание, к ее потенциальной энергии для момента, когда смещение точки от положения равновесия составляет половину амплитуды. Начальная фаза колебания равна 0.

- 19.6. Тело массой 5 кг совершает колебания по закону $x = 0,1\sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{2\pi}{3}\right)$. Найдите потенциальную и кинетическую энергию тела через 20 с от начала движения. Чему равна полная энергия тела?
- 19.7. Тело массой 2 кг совершает колебания по закону $x = 0,5\sin\left(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$. Найдите, через сколько секунд после начала движения потенциальная энергия равна кинетической?
- 19.8. Определите массу тела, совершающего гармонические колебания с амплитудой 10 см, частотой 2 Гц и начальной фазой 30° , если полная энергия колебаний равна 7,7 мДж.
- 19.9. Определите амплитуду гармонических колебаний материальной точки, если ее полная энергия 40 мДж, а при смещении, равном половине амплитуды, действующая возвратная сила равна 2 Н.
- 19.10. Определите массу тела, совершающего гармонические колебания с амплитудой 5 см, частотой 5 Гц и начальной фазой 60° , если полная энергия колебаний равна 10 мДж.
- 19.11. Маятник массой 10 г совершает гармонические колебания с частотой 5 Гц. Амплитуда колебаний 5 см. Найдите полную энергию колебаний.
- 19.12. Определите амплитуду гармонических колебаний материальной точки, если ее полная энергия 20 мДж, а при смещении, равном амплитуде, действующая возвратная сила равна 1 Н.
- 19.13. Тело совершает колебания по закону $x = 0,05\sin 2t$. В момент, когда возвратная сила равна 5 мН, потенциальная энергия точки равна 100 мкДж. Найдите этот момент времени и соответствующую ему фазу колебаний.
- 19.14. Тело массой 0,1 г совершает колебания согласно уравнению $x = 0,05\sin 20t$. Определите максимальные значения возвратной силы и кинетической энергии точки.
- 19.15. Тело массой 10 г совершает колебания, уравнение которых имеет вид $x = 0,02\sin(8\pi t)$. Найдите возвратную силу в момент $t = 0,1$ с, а также полную энергию точки.
- 19.16. Тело массой 50 г совершает колебания по закону $x = 0,1\sin 5t$. Найдите потенциальную и кинетическую энергию тела, при фазе колебаний 30° .
- 19.17. Тело массой 50 г совершает колебания по закону $x = 5\sin 10t$. Найдите потенциальную и кинетическую энергию тела в положении наибольшего смещения.
- 19.18. Определите амплитуду гармонических колебаний материальной точки, если ее полная энергия 70 мДж, а при смещении, равном половине амплитуды, действующая возвратная сила равна 5 Н.
- 19.19. Тело массой 5 кг совершает колебания по закону $x = 2\sin\left(\frac{\pi}{8}t + \frac{\pi}{3}\right)$. Через сколько секунд после начала движения потенциальная энергия будет равна кинетической?

19.20. Маятник массой 30 г совершает гармонические колебания с частотой 23 Гц. Амплитуда колебаний 7 см. Найдите полную энергию колебаний.

Задание 20. Затухающие колебания

- 20.1. Период затухающих колебаний 4 с, логарифмический декремент затухания 1,6, начальная фаза 0. В момент времени равном $1/4$ периода смещение точки 4,5 см. Напишите уравнение движения этого колебания. Постройте график этого колебания в пределах двух периодов.
- 20.2. Во сколько раз уменьшится амплитуда секундного маятника за 5 минут, если логарифмический декремент затухания равен 0,031?
- 20.3. Амплитуда колебаний камертона за 15 секунд уменьшилась в 100 раз. Найдите коэффициент затухания колебаний.
- 20.4. Постройте график затухающего колебания, частота которого 10 Гц, начальная амплитуда 6 см и логарифмический декремент затухания равен 0,1.
- 20.5. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 минут уменьшилась в два раза. За какое время амплитуда уменьшится в восемь раз?
- 20.6. За 8 минут амплитуда затухающих колебаний маятника уменьшилась в три раза. Определите коэффициент затухания колебаний.
- 20.7. Амплитуда математического маятника длиной 1 м за 10 минут уменьшилась в два раза. Определите логарифмический декремент затухания.
- 20.8. 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.
- 20.9. Логарифмический декремент затухания колебаний маятника 0,003. За какое количество полных колебаний амплитуда колебаний маятника уменьшится в два раза?
- 20.10. Гиря массой 500 г подвешена на пружине жесткостью 20 Н/м. Декремент затухания совершаемых ею колебаний 0,004. За какое число полных колебаний его амплитуда уменьшится в два раза?
- 20.11. Во сколько раз уменьшится амплитуда колебаний математического маятника за одно колебание, если логарифмический декремент затухания 0,2?
- 20.12. Логарифмический декремент затухания математического маятника длиной 40 см равен 1. За какое время его энергия уменьшится в 10 раз?
- 20.13. Во сколько раз уменьшится максимальная скорость математического маятника длиной 1 м за 1 минуту, если логарифмический декремент 0,2?
- 20.14. 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.
- 20.15. Найдите число полных колебаний системы, в течение которых энергия системы уменьшилась в два раза. Логарифмический декремент 0,01.
- 20.16. Определите период затухающих колебаний, если период собственных колебаний системы равен 1 с и логарифмический декремент затухания 0,628.

- 20.17. За 4 минуты амплитуда затухающих колебаний маятника уменьшилась в пять раз. Определите коэффициент затухания колебаний.
- 20.18. Амплитуда колебаний камертона за 13 секунд уменьшилась в 130 раз. Найдите коэффициент затухания колебаний.
- 20.19. Математический маятник длиной 86 см совершает затухающие колебания. Через какое время энергия колебаний маятника уменьшится в 6 раз? Логарифмический декремент затухания 0,628.
- 20.20. Логарифмический декремент затухания маятника 0,028. За какое число полных колебаний амплитуда колебаний маятника уменьшится в 8 раз?

Задание 21. Волновой процесс

- 21.1. На каком расстоянии от источника колебаний с периодом 1 мс в момент времени $t = T/2$ смещение точки равно половине амплитуды. Скорость распространения волны 340 м/с. Запишите уравнение волны, если $A = 0,1$ м.
- 21.2. Найдите длину волны, если на расстоянии 2 м от источника колебаний смещение точек равно амплитуде, а фаза — противоположна колебаниям источника.
- 21.3. 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.
- 21.4. Волны распространяются в среде со скоростью 100 м/с. Наименьшее расстояние между точками среды, фазы колебаний которых противоположны, равно 1 м. Определите частоту колебаний.
- 21.5. Определите скорость распространения волны в упругой среде, если разность фаз колебаний, отстоящих друг от друга на расстоянии 10 см точек равна $\pi/3$. Частота колебаний 25 Гц.
- 21.6. 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.
- 21.7. 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.
- 21.8. 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 в этих фазах.
- 21.9. Найдите разность фаз колебаний двух точек, лежащих на луче электромагнитной волны и отстоящих на расстоянии 20 м, если длина волны 3 м.
- 21.10. Найдите смещение от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии, равном $1/20$ длины волны для момента времени $t = T/10$. Амплитуда колебаний равна 20 см.

- 21.11. Смещение от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии 10 см в момент времени $t = T/3$ равно половине амплитуды. Найдите длину бегущей волны.
- 21.12. Длина волны 50 см. Найдите расстояние от источника колебаний до точки, для которой разность фаз равна $2\pi/3$.
- 21.13. Плоская звуковая волна возбуждается источником колебаний частоты 200 Гц. Амплитуда колебаний источника равна 4 мм. Найдите смещение точек среды, находящихся на расстоянии 100 см от источника в момент времени 0,1 с. Скорость звуковой волны принять равной 300 м/с. Затуханием пренебречь.
- 21.14. 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.
- 21.15. 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 расстоянии 2 м, найдите смещение в момент времени 7 мс, скорость и ускорение для того же момента времени. Начальная фаза колебаний равна 0.
- 21.16. 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 волн, в тот момент, когда от начала колебаний источника прошло время 4 с?
- 21.17. Волны распространяются в среде со скоростью 300 м/с. Наименьшее расстояние между точками среды, фазы колебаний которых противоположны, равно 1 м. Определите частоту колебаний.
- 21.18. Найдите длину волны, если на расстоянии 5 м от источника колебаний фаза — противоположна колебаниям источника.
- 21.19. Найдите смещение от положения равновесия точки, отстоящей от источника колебаний на расстоянии, равном $1/7$ длины волны для момента времени равного $1/7$ периода колебаний. Амплитуда колебаний равна 32 см.
- 21.20. Длина волны 30 см. Найдите расстояние от источника колебаний до точки, для которой разность фаз равна $7\pi/8$.

Задание 22. Скорость волны

- 22.1. 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.
- 22.2. Определите массу алюминиевой проволоки длиной 4 м, натянутой с силой 200 Н, если скорость распространения в ней звуковых волн равна 748 м/с.
- 22.3. 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.

- 22.4. Найдите скорость распространения ультразвуковой волны в железе, если модуль Юнга для железа равен 200 ГПа.
- 22.5. Найдите модуль Юнга для воды, если скорость распространения продольных волн в воде 1450 м/с.
- 22.6. Определите скорость распространения поперечных волн в меди, если модуль Юнга для меди 12 ГПа.
- 22.7. Определите скорость распространения поперечных волн в стальной струне диаметром 1 мм, натянутой с силой 100 Н.
- 22.8. Определите натяжение струны диаметром 0,5 мм, если скорость распространения в ней звуковых волн равно 600 м/с.
- 22.9. Чему равна скорость распространения звуковой волны в медной проволоке длиной 10 м, которая натянута с силой 200 Н? Масса проволоки 50 г.
- 22.10. Найдите массу железной проволоки длиной 5 м, натянутой с силой 100 Н, если скорость распространения в ней звуковых волн равна 400 м/с.
- 22.11. Найдите скорость распространения продольных волн в алюминии, если для него модуль Юнга 69 ГПа.
- 22.12. Найдите плотность металла, если скорость распространения в нем звуковых волн 5500 м/с, а модуль Юнга $7,95 \cdot 10^{10}$ Па.
- 22.13. Найдите сжимаемость $\beta = 1/E$ керосина, если скорость распространения в нём звуковых волн 1330 м/с.
- 22.14. Найдите расстояние, которое проходит звук за 2,5 с в морской воде, если ее сжимаемость $4,6 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, а плотность 1030 кг/м^3 .
- 22.15. Во сколько раз скорость распространения звуковой волны в морской воде больше скорость ее распространения в дистиллированной воде.
- 22.16. 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.
- 22.17. Температура воздуха у поверхности Земли равна 300 К, при увеличении высоты она понижается на 7 мК на каждый метр высоты. За какое время звук преодолет 1 км на высоте 8 км.
- 22.18. Чему равна скорость распространения звуковой волны в алюминиевой проволоке длиной 60 м, растянутой с силой 300 Н? Масса проволоки 30 г.
- 22.19. Найдите массу медной проволоки длиной 7 м, натянутой с силой 150 Н, если скорость распространения в ней звуковых волн равна 560 м/с.
- 22.20. В океанах длина волны достигает 270 м, а период 13,5 с. Определите скорость распространения такой волны.

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

Задание 23. Характеристики молекул

Найти массу молекулы и число молекул в 1 г вещества:

- | | | | |
|--------------|---------------|------------------|--------------|
| 1) водорода; | 6) аргона; | 11) паров ртути; | 16) кремния; |
| 2) гелия; | 7) кислорода; | 12) паров брома; | 17) кадмия; |

- | | | | |
|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------|
| 3) углекислого
газа; | 8) метана; | 13) паров фтора; | 18) таллия; |
| 4) азота; | 9) угарного газа; | 14) паров серно-
го ангидрида; | 19) йода; |
| 5) оксида азота; | 10) паров хлора; | 15) паров воды; | 20) теллура. |

Задание 24. Энергия молекул

- 24.1. 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?
- 24.2. Определите суммарную кинетическую энергию вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кмолье кислорода при температуре 30 °С.
- 24.3. Сколько степеней свободы имеет молекула, обладающая средней энергией поступательного движения $9,7 \cdot 10^{-21}$ Дж при температуре 17°С?
- 24.4. Определите кинетическую энергию, приходящуюся в среднем на одну степень свободы молекулы азота при температуре 1000 К.
- 24.5. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы одноатомного, двухатомного и многоатомного газов при температуре 1000°С.
- 24.6. Какая часть суммарной кинетической энергии молекулы одноатомного, двухатомного и многоатомного газов приходится на поступательное и вращательное движения?
- 24.7. Определите суммарную кинетическую энергию вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре 100°С.
- 24.8. Найдите полную кинетическую энергию молекулы одноатомного, двухатомного и многоатомного газов при температуре 1000°С.
- 24.9. Кислород массой 12 г находится при температуре 700°С. При этом 40% его молекул диссоциированы на атомы. Найдите суммарную кинетическую энергию молекул.
- 24.10. Газ занимает объем 2 л под давлением 0,5 МПа. Найдите суммарную кинетическую энергию его молекул.
- 24.11. Герметичная камера содержит кислород массой 100 г при температуре 280 К. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения и суммарную кинетическую энергию молекул газа.
- 24.12. Найдите среднюю кинетическую энергию поступательного движения и суммарную кинетическую энергию молекулы водяного пара при температуре 473 К.
- 24.13. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул водорода достаточна для их диссоциации — расщепления на атомы. Энергия диссоциации молекул водорода 419 МДж/моль.
- 24.14. Давление газа 1 МПа, концентрация его молекул 10^{10} см⁻³. Найдите среднюю энергию поступательного движения молекулы этого газа.
- 24.15. Сравните кинетическую энергию, приходящуюся в среднем на одну степень свободы молекулы азота при температурах 300 и 1000°С.

- 24.16. Определите среднюю кинетическую энергию поступательного и вращательного движения молекулы аргона при температуре 1,8 кК.
- 24.17. Определите среднее значение полной кинетической энергии молекулы гелия, при температуре 2000 К.
- 24.18. Давление газа равно 1 мПа, концентрация его молекул равна 10^{10} см^{-3} . Определите среднюю энергию поступательного движения молекул газа.
- 24.19. Водород массой 50 г находится при температуре 800°C . При этом 30% его молекул диссоциированы на атомы. Найдите суммарную кинетическую энергию атомов.
- 24.20. Определите суммарную кинетическую энергию поступательного движения молекул, содержащихся в 0,5 кг углеводорода при температуре 300°C .

Задание 25. Скорость движения молекул

- 25.1. Найдите среднюю квадратичную скорость молекул водорода при температуре кипения (20 К).
- 25.2. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул углекислого газа равна первой космической скорости вблизи поверхности Земли?
- 25.3. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул кислорода при температуре 300 К.
- 25.4. При какой температуре средняя арифметическая скорость молекул гелия равна второй космической скорости вблизи поверхности Земли?
- 25.5. При давлении 20 кПа в 1 дм находится 5 г кислорода. Найдите среднюю арифметическую скорость движения его молекул?
- 25.6. Найдите наиболее вероятную скорость молекул азота при температуре 6000 К, когда все молекулы диссоциированы на атомы.
- 25.7. При какой температуре молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, что и молекулы водорода при 100 К?
- 25.8. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, если средняя арифметическая скорость их движения равна 1 км/с.
- 25.9. Во сколько раз среднеквадратичная скорость молекул водорода больше среднеквадратичной скорости молекул кислорода при той же температуре?
- 25.10. При давлении 80 кПа в 1 см^3 находится $5 \cdot 10^{19}$ молекул азота. Найдите наиболее вероятную скорость их движения.
- 25.11. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул кислорода при 0°C .
- 25.12. Найдите температуру, при которой средняя арифметическая скорость молекул азота равна первой космической скорости вблизи поверхности Земли.
- 25.13. Найти среднюю арифметическую скорость молекул аргона при 1000 К.
- 25.14. При какой температуре наиболее вероятная скорость молекул газа хлора равна второй космической скорости вблизи поверхности Земли?
- 25.15. В 1 м^3 при атмосферном давлении находится 500 г азота. Найдите среднюю квадратичную скорость их движения.

- 25.16. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул кислорода при температуре 5000 К, когда все молекулы диссоциированы на атомы.
- 25.17. Найдите температуру, при которой молекулы аргона имеют такую же среднюю арифметическую скорость, что и молекулы гелия при 300 К.
- 25.18. Найдите среднюю арифметическую скорость молекул газа, если наиболее вероятная скорость их движения равна 600 м/с.
- 25.19. Во сколько раз средняя арифметическая скорость молекул гелия больше средней арифметической скорости молекул аргона при той же температуре?
- 25.20. При давлении 30 кПа концентрация молекул пропана $5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$. Найдите наиболее вероятную скорость их движения.

Задание 26. Барометрическая формула. Распределение Больцмана

- 26.1. Во сколько раз изменится атмосферное давление 100 кПа при подъеме наблюдателя над поверхность Земли на высоту 356 м? Считайте, что температура воздуха равна 22 °С и не изменяется с высотой.
- 26.2. Определите высоту горы, если атмосферное давление на ее вершине равно половине давления на уровне моря. Температуру атмосферы считать постоянной и равной 0°С.
- 26.3. 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 °С.
- 26.4. 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 °С.
- 26.5. Какое изменение высоты соответствует изменению давления на 100 Па вблизи поверхности Земли при постоянной температуре 290 К? Давление на поверхности Земли равно 100 кПа.
- 26.6. Найдите давление и концентрацию молекул воздуха на высоте 2 км над уровнем моря, если на уровне моря давление равно 101 кПа, а температура 10°С. Изменением температуры с высотой пренебречь.
- 26.7. Потолок высоты полета самого быстрого самолета в мире МиГ-25 равен 37 км. Найдите показания бортового барометра на этой высоте при температуре – 56,3 °С. Изменением температуры с высотой пренебречь.
- 26.8. Барометр в кабине летящего самолета все время показывает одинаковое давление 80 кПа. За это время температура воздуха на высоте полета изменилась на 1 К. Считая давление у поверхности Земли равным 101 кПа, найдите ошибку в определении высоты по этому барометру.
- 26.9. 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.

- 26.10. 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 °С.
- 26.11. 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.
- 26.12. 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.
- 26.13. 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.
- 26.14. 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.
- 26.15. На сколько изменится атмосферное давление 100 кПа при подъеме наблюдателя над поверхность Земли на высоту 100 м? Считайте, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.
- 26.16. 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, равное 2,71. Температуру считать одинаковой и равной 300 К.
- 26.17. На какой высоте над поверхностью Земли давление вдвое меньше, чем на ее поверхности? Температура воздуха 290 К и не изменяется с высотой.
- 26.18. 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.
- 26.19. 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.
- 26.20. 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 27. Смеси газов. Закон Дальтона

Рассчитать давление и молярную массу смеси газов:

- 1) 4 мг гелия, 70 мг азота и $5 \cdot 10^{21}$ молекул водорода, находящихся в колбе объемом 3 дм³ при температуре 280 К;
- 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;

- 3) 2 молей аргона и 4 молей гелия, находящихся в сосуде объемом 500 см^3 при температуре 200 К ;
- 4) 10 г паров воды и 100 г паров ртути, находящихся в объеме 3 м^3 при температуре 290 К ;
- 5) 10^{25} молекул кислорода и $2 \cdot 10^{25}$ молекул азота, находящихся в комнате объемом 30 м^3 при температуре 300 К ;
- 6) 5 молей метана и 2 моля пропана, находящихся в сосуде объемом 50 литров при температуре 310 К ;
- 7) 4 г ацетилен и 70 г кислорода, находящихся в колбе объемом 3 л при температуре 280 К ;
- 8) $3 \cdot 10^{26}$ молекул кислорода и 6 молей углекислого газа, находящихся в помещении объемом 1000 м^3 при температуре 0°С ;
- 9) 20 молей угарного газа и 40 молей углекислого газа, находящихся в камере объемом 500 м^3 при температуре 500 К ;
- 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 ;
- 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 ;
- 12) 0,2 молей водорода и 0,4 молей кислорода, находящихся в сосуде объемом 500 см^3 при температуре 290 К ;
- 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 ;
- 14) 30 молей ацетилен и 60 молей углекислого газа, находящихся в камере объемом 30 м^3 при температуре 290 К ;
- 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 9 молей кислорода и 3 молей гелия, находящихся в сосуде объемом 300 см^3 при 700 К ;
- 16) 32 моля аргона и 50 молей углекислого газа, находящихся в камере объемом 400 м^3 при температуре 500 К ;
- 17) 50 г паров хлора и 100 г водорода, находящихся в объеме 5 м^3 при температуре 390 К ;
- 18) 6 мг гелия, 90 мг озона и $5 \cdot 10^{24}$ молекул водорода, находящихся в оболочке воздушного шара объемом 7 м^3 при температуре 360 К ;
- 19) $7 \cdot 10^{24}$ молекул паров фтора и $0,6 \cdot 10^{24}$ молекул паров ртути, находящихся в реакторе объемом 70 м^3 при температуре 1800 К .

ТЕРМОДИНАМИКА

Задание 28. Первый закон термодинамики

- 28.1. Водород массой 4 кг занимает объем 3 м^3 и находится под давлением $0,9 \text{ МПа}$. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема 8 м^3 ,

- а затем при постоянном объеме до 10 МПа. Постройте график процесса. Найдите совершенную газом работу.
- 28.2. Азот массой 2 кг был нагрет на 150 К при постоянном объеме. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и совершенную газом работу.
- 28.3. 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 совершенную газом работу.
- 28.4. Водород массой 5 кг, нагретый на 250 К, сохранил неизменный объем. Найдите работу, совершенную газом.
- 28.5. Баллон емкостью 20 л содержит водород при температуре 300 К и давлении 0,4 МПа. Как изменится температура и давление газа, если ему сообщить количество теплоты 6 кДж?
- 28.6. Кислород был нагрет при постоянном давлении 80 кПа. При этом его объем изменился от 1 до 3 м. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и совершенную газом работу.
- 28.7. Азоту при постоянном давлении сообщено количество теплоты 21 кДж. Найдите изменение его внутренней энергии и совершенную газом работу.
- 28.8. Гелий массой 1 г был нагрет на 100 К при постоянном давлении. Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и совершенную газом работу.
- 28.9. Кислород массой 160 г был нагрет на 12 К. Для этого ему было сообщено количество теплоты 1,76 кДж. Как протекал процесс: при постоянном давлении или при постоянном объеме?
- 28.10. Азот массой 600 г при температуре 560 К занимал объем $1,2 \text{ м}^3$. В результате изотермического расширения объем газа увеличился на 3 м^3 . Найдите количество теплоты, сообщенное газу, изменение его внутренней энергии и совершенную газом работу.
- 28.11. Кислород массой 2 кг занимает объем 1 м^3 и находится под давлением 0,2 МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема 3 м^3 , а затем при постоянном объеме до 0,5 МПа. Постройте график процесса. Найдите изменение внутренней энергии газа.
- 28.12. Кислород, занимавший объем 1 л при давлении 1,2 МПа, адиабатически расширился в 10 раз. Найдите совершенную газом работу.
- 28.13. Азот, массой 2 кг, имел температуру 300 К. В результате адиабатического сжатия его объем уменьшился в 5 раз. Найдите конечную температуру газа и совершенную газом работу.
- 28.14. Расширяясь, водород совершил работу 1 кДж. Какое количество теплоты было сообщено газу, если газ расширялся изобарически?
- 28.15. Кислород массой 10 кг, нагретый на 200 К, сохранил неизменный объем. Найдите изменение внутренней энергии и количество теплоты, сообщенное газу.

- 28.16. Из баллона, содержащего водород под давлением 100 кПа и температуре 300 К, выпустили половину газа. Найдите конечную температуру газа и совершенную газом работу.
- 28.17. 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.
- 28.18. Расширяясь, азот совершил работу 6 кДж. Какое количество теплоты было сообщено газу, если газ расширялся изотермически.
- 28.19. Азот массой 5 кг, нагретый на 150 К, сохранил неизменный объем. Найдите количество теплоты, сообщенное газу.
- 28.20. Неон массой 6 кг занимает объем 4 м³ и находится под давлением 1 МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема 10 м³, а затем при постоянном объеме до 5 МПа. Постройте график процесса. Найдите количество теплоты, переданное газу.

Задание 29. Теплоемкость газа

29.1. Рассчитайте молярную и удельную теплоемкости идеальных газов при постоянном объеме:

- | | | |
|----------------------|------------------|-------------------|
| 1) водорода; | 5) оксида азота; | 9) угарного газа; |
| 2) гелия; | 6) аргона; | 10) паров хлора; |
| 3) углекислого газа; | 7) кислорода; | 11) паров ртути; |
| 4) азота; | 8) метана; | 12) паров брома. |

29.2. Рассчитайте молярную и удельную теплоемкости идеальных газов при постоянном давлении:

- | | | | |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| 1) водорода; | 3) углекислого | 5) оксида азо- | 7) кислорода; |
| 2) гелия; | газа; | та; | 8) метана. |
| | 4) азота; | 6) аргона; | |

Задание 30. Длина свободного пробега

- 30.1. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул азота при давлении 10 Па и температуре $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 30.2. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 1 м, если температура газа $27\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- 30.3. Баллон емкостью 10 л содержит водород массой 1 г. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул.
- 30.4. Как измениться средняя длина свободного пробега молекул кислорода массой 32 г при изменении объема газа от 50 до 25 литров?
- 30.5. Определите плотность водорода, если средняя длина свободного пробега его молекул равна 10 см.
- 30.6. Как измениться средняя длина свободного пробега молекул двухатомного газа при изотермическом расширении, если объем увеличился в два раза?

- 30.7. Найдите среднюю продолжительность свободного пробега молекул кислорода при температуре 250 К и давлении 100 Па.
- 30.8. Найдите среднее число столкновений, испытываемых молекулой водорода за 1 секунду при нормальных условиях.
- 30.9. Найдите общее число всех соударений, которые происходят в течении одной минуты со всеми молекулами кислорода, заключенного в 1 мм^3 при нормальных условиях.
- 30.10. В межзвездном пространстве на каждую молекулу приходится 15 см^3 . Считая эту молекулу молекулой водорода, найдите среднюю длину ее свободного пробега.
- 30.11. Средняя длина свободного пробега молекул азота при нормальных условиях 62,1 нм. Определите среднюю длину свободного пробега этих молекул при давлении 1 мм ртутного столба. Температуру считать постоянной.
- 30.12. Определите среднюю квадратичную скорость молекул азота при давлении 0,1 МПа, если средняя длина свободного пробега его молекул 0,1 мкм.
- 30.13. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул двухатомного газа при адиабатическом сжатии, если температура увеличилась в два раза.
- 30.14. Найдите среднее значение промежутка времени между двумя последовательными столкновениями молекул водорода при давлении 13,3 Па и температуре 100 °С.
- 30.15. 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 секунду.
- 30.16. Как изменится средняя длина свободного пробега молекул двухатомного газа при изотермическом сжатии, если давление увеличилось в три раза?
- 30.17. Баллон емкостью 30 л содержит кислород массой 7 г. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул.
- 30.18. Определите плотность гелия, если средняя длина свободного пробега его молекул равна 20 см.
- 30.19. Найдите среднее число столкновений, испытываемых молекулой азота за 0,3 секунду при нормальных условиях.
- 30.20. Найдите среднюю продолжительность свободного пробега молекул озона при температуре 290 К и давлении 1000 Па.

Задание 31. Явления переноса

- 31.1. Средняя длина свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях равна 180 нм. Определите коэффициенты диффузии, внутреннего трения и теплопроводность гелия.
- 31.2. Коэффициент диффузии кислорода при температуре 0 °С равен $0,19 \text{ см}^2/\text{с}$. Определите среднюю длину свободного пробега молекул кислорода.
- 31.3. При нормальных условиях динамическая вязкость азота равна $17 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$. Определите среднюю длину свободного пробега молекул азота.
- 31.4. При нормальных условиях коэффициент диффузии водорода равен $0,91 \text{ см}^2/\text{с}$. Определите теплопроводность этого газа.

- 31.5. Определите коэффициент диффузии, теплопроводность и динамическую вязкость кислорода при нормальных условиях.
- 31.6. Определите коэффициент диффузии водорода при некоторых условиях, если коэффициент диффузии гелия при этих условиях равен $92 \text{ мм}^2/\text{с}$.
- 31.7. Коэффициент диффузии кислорода при нормальных условиях равен $14,1 \text{ мм}^2/\text{с}$. Определите этот коэффициент при температуре $50 \text{ }^\circ\text{C}$, если нагревание газа происходило при постоянном объеме.
- 31.8. Во сколько раз изменится коэффициент диффузии двухатомного газа при уменьшении давления в 2 раза в результате изотермического расширения?
- 31.9. Коэффициент диффузии углекислого газа при нормальных условиях равен $10 \text{ мм}^2/\text{с}$. Определите коэффициент внутреннего трения углекислого газа при этих условиях.
- 31.10. Во сколько раз изменится коэффициент диффузии двухатомного газа при увеличении давления в 2 раза в результате адиабатического сжатия?
- 31.11. Вычислите коэффициенты диффузии и внутреннего трения азота при давлении $0,1 \text{ МПа}$ и температуре $7 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 31.12. Коэффициент внутреннего трения гелия при температуре $0 \text{ }^\circ\text{C}$ равен $16,3 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$. Определите эффективный диаметр его молекул.
- 31.13. Определите коэффициент внутреннего трения воздуха при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 200 кПа , если при нормальных условиях он равен $17,2 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$.
- 31.14. При какой температуре коэффициент внутреннего трения азота равен коэффициенту внутреннего трения водорода при температуре $19 \text{ }^\circ\text{C}$?
- 31.15. Определите теплопроводность азота при нормальных условиях.
- 31.16. Определите теплопроводность хлора, если его коэффициент внутреннего трения равен $12,9 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$.
- 31.17. Вычислите коэффициенты диффузии и внутреннего трения водорода при давлении $0,1 \text{ МПа}$ и температуре $7 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 31.18. Во сколько раз изменится коэффициент диффузии одноатомного газа при увеличении давления в 4 раза в результате адиабатического сжатия?
- 31.19. Определите коэффициент диффузии кислорода при некоторых условиях, если коэффициент диффузии водорода при этих условиях равен $72 \text{ мм}^2/\text{с}$.
- 31.20. Коэффициент диффузии углекислого газа при нормальных условиях равен $10 \text{ мм}^2/\text{с}$. Определите среднюю длину свободного пробега молекул кислорода.