

1. КИНЕМАТИКА

1.1. Механическое движение и его виды.

Материальная точка. Траектория

1. Приведите примеры тел, которые движутся вращательно и поступательно.
2. Что общего и чем отличаются друг от друга колебательное и вращательное движения?
3. Чем механическое движение отличается от теплового движения?
4. Почему в лесу легко заблудиться?
5. Экскурсионный автобус едет из Москвы в Ярославль. Приведите примеры тел, относительно которых пассажиры автобуса находятся в состоянии покоя.
6. На парте лежит учебник. Относительно каких тел эта книга покоится? Относительно каких движется?
7. В каких задачах искусственный спутник Земли можно считать материальной точкой? В каких задачах этого делать нельзя?
8. По какой траектории движется броуновская частица?
9. Какую траекторию движения имеет Луна?
10. Мальчик бросил мяч под углом к горизонту. Какую траекторию описывает мяч в полёте?

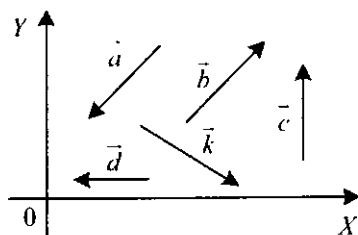
1.2. Путь. Перемещение

1. Стюардесса вышла из кабины пилота, прошла по всему самолёту и вернулась обратно. Чему приблизительно равны путь и модуль перемещения стюардессы в системе отсчёта, связанной с самолётом?
2. Мяч упал с высоты 4 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 2 м. Во сколько раз путь, пройденный мячом, больше модуля перемещения мяча?
3. Турист, двигаясь на восток, прошёл 6 км, затем повернул на юг и прошёл ещё 8 км. Чему равен модуль его перемещения? Определите путь туриста.
4. Человек прошёл по горизонтальному полю 400 м строго на север, затем 100 м на восток и 100 м на юг, затем ещё 300 м на восток. Найдите путь и модуль вектора перемещения?
5. Тело, двигаясь прямолинейно, переместилось из точки с координатами $(-2; 3)$ в точку с координатами $(1; 7)$. Определите модуль вектора перемещения.
6. Турист обошёл круглое озеро, радиус которого 120 м. Чему равен путь, пройденный туристом?

- Конькобежец пробежал на стадионе 5 кругов радиусом 100 м. Определите пройденный путь и модуль перемещения.
- Чему равны путь и модуль перемещения конца минутной стрелки длиной 1 м за 15 мин?
- Тело движется по окружности радиусом 3 м. Найдите пройденный путь и модуль перемещения, если радиус окружности повернулся на 120° .
- Тело, брошенное под углом к горизонту, упало на землю на расстоянии 10 м от точки бросания. Максимальная высота подъёма над землёй в процессе движения составила 5 м. Определите модуль перемещения тела.

1.3. Проекция вектора на оси координат

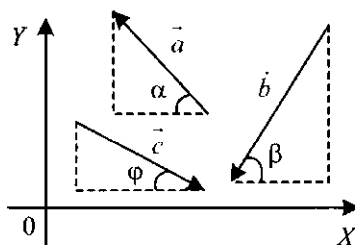
- Определите графически проекции векторов на оси координат. Каким они имеют знаки?



- Зная проекции векторов на оси координат, постройте векторы:

- а) $a_x > 0, a_y = 0$; в) $c_x < 0, c_y < 0$;
 б) $b_x = 0, b_y > 0$; г) $d_x < 0, d_y > 0$.

- Зная углы наклона векторов и их модули, определите проекции векторов на оси координат.



1.4. Равномерное прямолинейное движение

1.4.1. Скорость, путь и время движения при равномерном прямолинейном движении

- Тело, двигаясь прямолинейно и равномерно в плоскости, перемещается из точки А с координатами (0 м; 2 м) в точку В с координатами (4 м; -1 м) за время, равное 10 с. Определите модуль скорости тела.

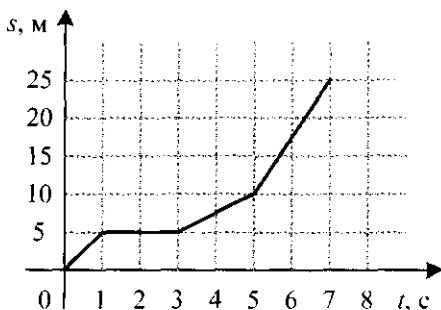
2. Тело, двигаясь прямолинейно и равномерно в плоскости, перемещается из точки А с координатами (1; 2) в точку В с координатами (4; -1) за время, равное 10 с. Каков угол между осью Ox и скоростью тела?
3. Поезд длиной 560 м, двигаясь равномерно, прошёл мост длиной 640 м за 2 мин. Определите скорость поезда.
4. На какой высоте окажется самолёт через 8 с после взлёта с аэродрома, если он взлетает с постоянной скоростью 50 м/с, направленной под углом 45° к горизонту?
5. Газокосилка имеет ширину захвата 80 см. Определите площадь скошенного за 10 мин участка, если скорость косилки 0,1 м/с.
6. В трубопроводе с площадью поперечного сечения 100 см^2 нефть движется со скоростью 1,4 м/с. Какой объём нефти проходит по трубопроводу в течение 8 мин?
7. Вагон шириной 2,4 м, движущийся со скоростью 15 м/с, был пробит пулей, летевшей перпендикулярно направлению движения вагона. Смещение отверстий в стенах вагона относительно друг друга 6 см. Определите скорость пули.

1.4.2. Уравнение координаты при равномерном прямолинейном движении

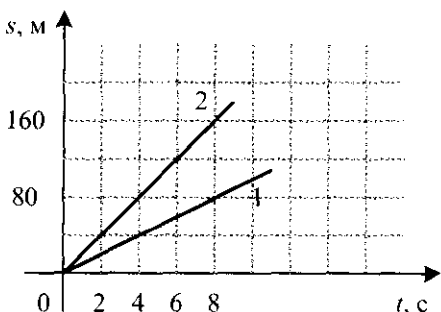
1. Координата материальной точки изменяется с течением времени согласно формуле $x = 9 - 2t$ (м). Определите координату точки через 2 с после начала движения.
2. Координата материальной точки изменяется с течением времени согласно формуле $x = 8 - 3t$ (м). Чему равна проекция скорости материальной точки на ось Ox ?
3. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 10 - 4t$ (м). В какой момент времени координата этого тела будет равна нулю?
4. Тело начало двигаться вдоль оси X с постоянной скоростью 6 м/с из точки, имеющей координату $x_0 = -7$ м. Через сколько секунд координата тела окажется равной 5 м?
5. Даны уравнения координаты для двух материальных точек $x = 2t$ (м) и $x = -8 + 4t$ (м). В какой момент времени вторая точка догонит первую?
6. По оси Ox движутся две точки: первая по закону $x_1 = 10 + 2t$ (м), вторая по закону $x_2 = 4 + 5t$ (м). Определите координату места их встречи.

1.4.3. Графики кинематических величин при равномерном прямолинейном движении

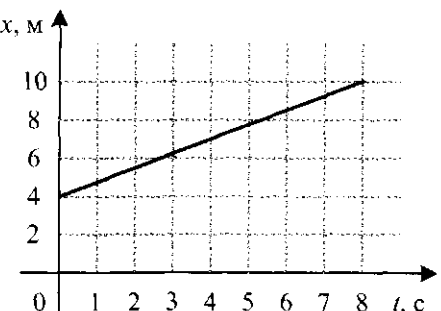
1. На рисунке представлен график зависимости пути s велосипедиста от времени t . Определите скорость велосипедиста в интервале времени от 1 до 3 с и от 3 до 5 с.



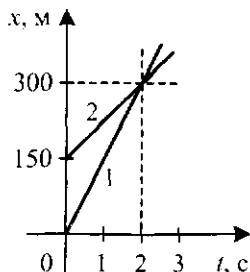
2. На рисунке представлены графики пройденного пути s от времени t для двух тел. На сколько скорость второго тела v_2 больше скорости первого тела v_1 ?



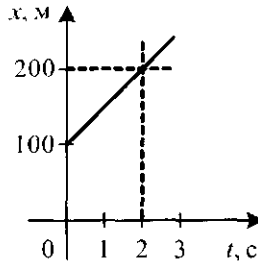
3. На рисунке представлен график движения тела. Определите значение его координаты в момент времени 8 с. Вычислите скорость движения.



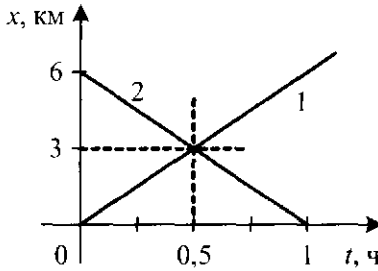
4. По шоссе в одном направлении движутся два автомобиля. Пользуясь графиками зависимости координаты от времени $x(t)$ для этих тел, определите, во сколько раз скорость первого автомобиля больше, чем скорость второго.



5. Пользуясь графиком зависимости координаты тела от времени $x(t)$, определите, в какой момент времени автомобиль проехал мимо светофора, координата которого $x = 500$ м.



6. Из населённых пунктов А и В одновременно навстречу друг другу вышли два пешехода. Первый шёл из пункта А, а второй из пункта В. Определите, пользуясь графиками, на каком расстоянии от пункта А состоится встреча пешеходов.



1.5. Правило сложения скоростей

1. Моторная лодка движется по течению реки со скоростью 5 м/с относительно берега, а в стоячей воде — со скоростью 3 м/с. Чему равна скорость течения реки?
2. Человек бежит со скоростью 5 м/с относительно палубы теплохода в направлении, противоположном направлению движения теплохода. Скорость теплохода относительно пристани 54 км/ч. Определите скорость человека относительно пристани.
3. Между двумя пунктами, расположенными на реке на расстоянии 100 км один от другого, курсирует катер, который, идя по течению, проходит это расстояние за 4 ч, а против — за 10 ч. Определите скорость течения и скорость катера относительно воды.
4. Вертолёт летел на север со скоростью 36 км/ч относительно земли. С какой скоростью относительно земли будет лететь вертолёт, если подует западный ветер со скоростью 15 км/ч?
5. Эскалатор метро движется со скоростью 0,8 м/с. Пассажир, идущий в направлении движения со скоростью 0,4 м/с относительно эскалатора, затратил на весь путь 30 с. Какова длина эскалатора?
6. Скорость движения лодки относительно воды в 3 раза больше скорости течения реки. Во сколько раз больше времени займёт поездка на лодке между двумя пунктами против течения, чем по течению?
7. Катер, переправляясь через реку шириной 800 м, двигался перпендикулярно течению реки со скоростью 4 м/с в системе отсчёта, связан-

- ной с водой. На сколько будет снесён течением катер, если скорость течения реки $1,5 \text{ м/с}$?
8. Моторная лодка развивает скорость 4 м/с . За какое минимальное время лодка может пересечь реку шириной 200 м при скорости течения 3 м/с ?
 9. Наблюдатель видит с берега, что пловец пересекает реку шириной 189 м перпендикулярно берегу. При этом скорость течения реки $1,2 \text{ м/с}$, а скорость пловца относительно воды $1,5 \text{ м/с}$. Определите время переправы.
 10. Самолёт летит из Москвы в Мурманск. Во время полёта дует западный ветер со скоростью 30 м/с относительно земли, при этом самолёт перемещается точно на север со скоростью 250 м/с относительно земли. Определите скорость самолёта относительно воздуха.

1.6. Относительная скорость

1. По двум параллельным железнодорожным путям равномерно движутся два поезда в противоположных направлениях: грузовой — со скоростью 44 км/ч и пассажирский — со скоростью 100 км/ч . Какова величина относительной скорости поездов?
2. По двум параллельным железнодорожным путям равномерно движутся два поезда в одном направлении: грузовой — со скоростью 48 км/ч и пассажирский — со скоростью 102 км/ч . Какова величина относительной скорости поездов?
3. По дорогам, пересекающимся под прямым углом, едут велосипедист и автомобиль. Скорости велосипеда и автомобиля относительно придорожных столбов, соответственно, равны 8 м/с и 15 м/с . Чему равен модуль скорости автомобиля относительно велосипеда?
4. Два поезда идут навстречу друг другу по параллельным путям со скоростями 20 и 15 м/с . Определите время, в течение которого мимо пассажира, находящегося в первом поезде, будет проходить второй поезд, длина которого 175 м .
5. Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, идущего со скоростью 36 км/ч , будет видеть обгоняющий поезд длиной 120 м , движущийся со скоростью 72 км/ч ?
6. Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями 36 и 54 км/ч . Пассажир в первом поезде замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение 8 с . Какова длина второго поезда?
7. Пассажир поезда, идущего со скоростью 72 км/ч , видит в окне грузовой поезд, который движется в том же направлении, в течение 26 с . С какой скоростью едет грузовой поезд, если его длина 130 м ? Скорость грузового поезда меньше скорости пассажирского.

8. В течение какого времени скорый поезд длиной 300 м, идущий со скоростью 54 км/ч, будет проходить мимо встречного товарного поезда длиной 600 м, идущего со скоростью 36 км/ч?
9. В течение какого времени скорый поезд длиной 200 м, идущий со скоростью 66 км/ч, будет проходить мимо попутного товарного поезда длиной 600 м, идущего со скоростью 30 км/ч?
10. Теплоход, имеющий длину 180 м, движется по прямому курсу в неподвижной воде со скоростью 15 м/с. Катер, имеющий скорость 30 м/с, проходит расстояние от кормы движущегося теплохода до его носа. Сколько времени тратит на это катер?

1.7. Средняя скорость

1. Велосипедист за первые 5 с проехал 35 м, за последующие 10 с — 100 м и за последние 5 с — 25 м. Найдите среднюю скорость движения на всём пути.
2. Турист за 25 мин прошёл 1,2 км, затем полчаса отдыхал, а затем пробежал ещё 800 м за 5 мин. Какова была его средняя скорость (в км/ч) на всём пути? Какова была бы его средняя скорость (в км/ч), если бы он не отдыхал?
3. Поезд прошёл 300 км. В течение первого часа он двигался со скоростью 100 км/ч, затем сделал тридцатиминутную остановку. Оставшуюся часть пути он ехал со скоростью 40 км/ч. Какова средняя скорость поезда?
4. Девочка проезжает на карусели 30 кругов за 3 мин. Радиус карусели 4 м. Определите среднюю скалярную и среднюю векторную скорости.
5. Первую половину пути человек шёл со скоростью 4 км/ч, а вторую — бежал со скоростью 10 км/ч. Определите среднюю скорость человека на всём пути.
6. Половину времени автомобиль движется со скоростью 30 км/ч, оставшуюся половину — со скоростью 70 км/ч. Определите среднюю скорость автомобиля.
7. Первую четверть пути автомобиль двигался со скоростью 60 км/ч, остальную путь — со скоростью 20 км/ч. Определите среднюю скорость автомобиля (в км/ч).
8. Тело две трети времени двигалось со скоростью 6 м/с, а одну треть времени — 9 м/с. Определите среднюю скорость движения тела за весь промежуток времени.
9. Тело одну треть пути двигалось со скоростью 5 м/с. Определите среднюю скорость движения на остальной части пути, если средняя скорость на всём пути 7,5 м/с.

10. Первую половину пути автобус шёл со скоростью, в 8 раз большей чем вторую. Средняя скорость автобуса на всём пути равна 16 км/ч. Определите скорость автобуса на второй половине пути (в км/ч).

1.8. Ускорение, время движения, мгновенная скорость при равноускоренном прямолинейном движении

1. Автомобиль, двигаясь равноускоренно, через 10 с после начала движения достиг скорости 54 км/ч. Найдите ускорение автомобиля.
2. За 0,001 с скорость космической ракеты увеличилась на 0,05 м/с. С каким ускорением она двигалась?
3. Лыжник равноускоренно съезжает со снежной горки. Скорость лыжника в конце спуска 15 м/с. Время спуска 30 с. Определите ускорение лыжника. Спуск начинается со скоростью 3 м/с.
4. Скорость поезда за 20 с уменьшилась с 90 до 54 км/ч. Определите модуль ускорения.
5. Какое ускорение имеет автомобиль, если его скорость за 1 мин увеличилась с 3 м/с до 32,4 км/ч?
6. Каково ускорение поезда, подходящего к станции, если за 25 с до остановки он имел скорость 9 км/ч?
7. Четырёхступенчатая ракета-носитель, выведившая спутник «Эксплорер» на орбиту, за 7 мин довела его скорость до 8 км/с. Определите среднее ускорение ракеты, считая, что благодаря вращению Земли спутник ещё на старте имел полезную начальную скорость 300 м/с.
8. Автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, потребовалось срочно остановить. При резком торможении ускорение было равно -5 м/с^2 . Определите время торможения.
9. Велосипедист движется под уклон с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. Какую скорость приобретёт велосипедист через 20 с, если его начальная скорость 4 м/с?
10. Лыжник съезжает с горки, двигаясь равноускоренно. Время спуска равно 12 с, ускорение $1,5 \text{ м/с}^2$. В конце спуска его скорость 25 м/с. Определите начальную скорость лыжника.

1.9. Перемещение и путь при равноускоренном прямолинейном движении

1. Велосипедист, движущийся со скоростью 2 м/с, спускается с горки с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Определите длину горки, если спуск продолжался 8 с.

2. При равноускоренном прямолинейном движении скорость моторной лодки увеличилась за 10 с от 6 до 8 м/с. Какой путь пройден лодкой за это время?
3. При аварийном торможении автомобиль, имеющий начальную скорость 108 км/ч, движется с ускорением 5 м/с^2 . Определите тормозной путь автомобиля.
4. Находящемуся на горизонтальной поверхности стола бруску сообщили скорость 5 м/с. Под действием сил трения брусок движется с ускорением 1 м/с^2 . Чему равен путь, пройденный бруском за 6 с?
5. Какое расстояние пройдёт автомобиль до полной остановки, если шофёр резко тормозит при скорости 60 км/ч, а от начала торможения до остановки проходит 6 с?
6. Тело соскальзывает по наклонной плоскости, проходя за 10 с путь 2 м. Начальная скорость тела равна нулю. Определите модуль ускорения тела.
7. Поезд, отойдя от станции, прошёл путь 562,5 м и развил скорость 27 км/ч. Найдите ускорение поезда.
8. Скорость тела на пути 106,25 м увеличилась на 5 м/с. Определите ускорение тела, если скорость в начале пути 6 м/с.
9. Торможение электропоезда метро должно начаться на расстоянии 250 м от станции. Какое ускорение должен получить электропоезд, движущийся со скоростью 54 км/ч, чтобы остановиться на станции?
10. Сколько времени затратит ракета, движущаяся из состояния покоя с ускорением 6 м/с^2 , на преодоление расстояния 75 м?
11. Тело, двигаясь прямолинейно с ускорением 2 м/с^2 , за время 0,1 мин прошло путь 42 м. Какой была начальная скорость тела?
12. Уклон длиной 100 м лыжник прошёл за 20 с, двигаясь с ускорением $0,3 \text{ м/с}^2$. Какова скорость лыжника в начале и конце уклона?
13. Поезд, двигаясь под уклон, прошёл за 20 с путь 340 м и развил скорость 19 м/с. Какой была скорость в начале уклона и с каким ускорением двигался поезд?
14. На поверхность Марса тело падает с высоты 100 м в течение примерно 7 с. С какой скоростью тело коснётся поверхности Марса, падая с этой высоты?
15. Какую скорость приобретёт ракета, движущаяся из состояния покоя с ускорением 60 м/с^2 на пути 3 км?
16. К. Э. Циолковский в книге «Вне Земли», рассматривая полёт ракеты, пишет: «...через 10 секунд она была от зрителя на расстоянии 5 км». Какую скорость приобрела ракета?

17. Велосипедист подъезжает к краю горки со скоростью 4 м/с . Во время спуска он движется с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Определите скорость велосипедиста у подножия горки, если длина спуска $28,8 \text{ м}$.
18. Тело с начальной скоростью 1 м/с и ускорением -5 см/с^2 прошло путь 10 м . Чему равна конечная скорость?
19. Аварийное торможение автомобиля заняло 4 с и происходило с постоянным ускорением 4 м/с^2 . Найдите тормозной путь.
20. За какое время можно остановить автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч , если при быстром торможении ускорение равно -5 м/с^2 ? Определите тормозной путь.
21. За $2,5 \text{ с}$ прямолинейного равноускоренного движения тело прошло 40 м , увеличив свою скорость в 3 раза. Определите начальную скорость тела.
22. На пути 60 м скорость тела за 20 с уменьшилась в 3 раза. Определите скорость тела в конце пути, считая ускорение постоянным.
23. За одну секунду движения тело прошло путь 10 м , при этом его скорость, не меняя направления, увеличилась в 4 раза по сравнению с первоначальной. Определите ускорение тела.
24. Двигаясь с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, тело на пути 60 м увеличило скорость в 4 раза. Найдите начальную скорость тела.
25. Поезд за 15 с , двигаясь от станции с постоянным ускорением, прошёл 180 м . Определите, какое расстояние преодолел поезд за первые 5 с .

1.10. Путь в n -ю секунду

1. Тело, двигаясь из состояния покоя, за пятую секунду прошло путь 9 м . Определите ускорение тела.
2. Тело, двигаясь из состояния покоя, за пятую секунду прошло путь 18 м . Какую скорость будет иметь тело в конце пятой секунды?
3. Поезд, двигаясь от станции, за вторую секунду проходит путь 1 м . Какой путь пройдёт поезд за 15 с от начала движения?
4. Тело, двигаясь равноускоренно, в течение пятой секунды от начала движения прошло путь 45 м . Какой путь оно пройдёт за 10 с от начала движения?
5. Поезд отошёл от станции и в течение 15 с двигался равноускоренно. Найдите путь, пройденный поездом за это время, если известно, что за десятую секунду он прошёл путь 19 м .
6. При равноускоренном движении из состояния покоя тело за третью секунду проходит путь 10 м . Какой путь пройдёт тело за девятую секунду?

1.11. Уравнение координаты, проекции перемещения и проекции скорости

1. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 5 - 3t + 2t^2$. Чему равна координата этого тела через 5 с после начала движения?
2. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = t^2 + 3t - 18$. В какой момент времени координата тела будет равна нулю?
3. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 6 - 4t + t^2$. Составьте соответствующее уравнение проекции перемещения тела.
4. Чему равна проекция перемещения материальной точки за 2 с, движение которой вдоль оси OX описывается уравнением $x = 12 - 3t + t^2$?
5. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 32 - 8t + 2t^2$. Определите модуль перемещения тела через 3 с.
6. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 20 - 5t + 6t^2$. Составьте соответствующее уравнение проекции скорости тела.
7. Движение тела описывается уравнением $x = 8 - 6t + 0,5t^2$. Определите проекцию скорости тела через 3 с после начала движения.
8. Движение тела описывается уравнением $x = 14 + 2t - 3t^2$. Определите модуль скорости тела через 4 с после начала движения.
9. Зависимость координаты от времени для некоторого тела приведена в уравнении $x = 8t - t^2$. В какой момент времени скорость тела равна нулю?
10. Точка движется по оси X по закону $x = 5 + 4t - 2t^2$. Определите координату, в которой скорость точки обращается в нуль.
11. При прямолинейном движении зависимость пройденного телом пути s от времени t имеет вид: $s = 4t - t^2$. Определите скорость тела в момент времени $t = 2$ с.
12. Материальная точка движется по оси OX по закону $x = 2 + 5t + 10t^2$. Определите проекцию ускорения точки на ось OX .

1.12. Совместное движение двух тел

1. Два автомобиля движутся по шоссе по следующим законам: $x_1 = 6t + 2t^2$ и $x_2 = 37,5 - 4t$. Определите время и место встречи двух автомобилей.
2. По одному направлению из одной точки одновременно начали двигаться два тела: одно равномерно со скоростью 5 м/с, а другое равноускоренно без начальной скорости с ускорением 2 м/с². Через сколько секунд второе тело догонит первое?

1.11. Уравнение координаты, проекции перемещения и проекции скорости

1. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 5 - 3t + 2t^2$. Чему равна координата этого тела через 5 с после начала движения?
2. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = t^2 + 3t - 18$. В какой момент времени координата тела будет равна нулю?
3. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 6 - 4t + t^2$. Составьте соответствующее уравнение проекции перемещения тела.
4. Чему равна проекция перемещения материальной точки за 2 с, движение которой вдоль оси Ox описывается уравнением $x = 12 - 3t + t^2$?
5. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 32 - 8t + 2t^2$. Определите модуль перемещения тела через 3 с.
6. Координата тела изменяется с течением времени согласно формуле $x = 20 - 5t + 6t^2$. Составьте соответствующее уравнение проекции скорости тела.
7. Движение тела описывается уравнением $x = 8 - 6t + 0,5t^2$. Определите проекцию скорости тела через 3 с после начала движения.
8. Движение тела описывается уравнением $x = 14 + 2t - 3t^2$. Определите модуль скорости тела через 4 с после начала движения.
9. Зависимость координаты от времени для некоторого тела приведена в уравнении $x = 8t - t^2$. В какой момент времени скорость тела равна нулю?
10. Точка движется по оси X по закону $x = 5 + 4t - 2t^2$. Определите координату, в которой скорость точки обращается в нуль.
11. При прямолинейном движении зависимость пройденного телом пути s от времени t имеет вид: $s = 4t - t^2$. Определите скорость тела в момент времени $t = 2$ с.
12. Материальная точка движется по оси Ox по закону $x = 2 + 5t + 10t^2$. Определите проекцию ускорения точки на ось Ox .

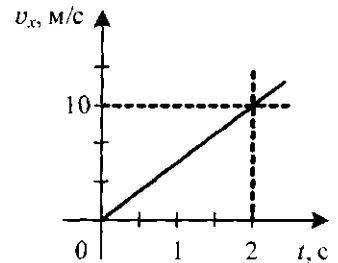
1.12. Совместное движение двух тел

1. Два автомобиля движутся по шоссе по следующим законам: $x_1 = 6t + 2t^2$ и $x_2 = 37,5 - 4t$. Определите время и место встречи двух автомобилей.
2. По одному направлению из одной точки одновременно начали двигаться два тела: одно равномерно со скоростью 5 м/с, а другое равноускоренно без начальной скорости с ускорением 2 м/с². Через сколько секунд второе тело догонит первое?

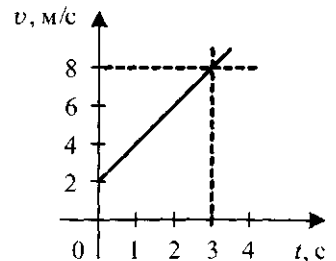
3. По одному направлению из одной точки с интервалом в 10 с начали двигаться два тела: одно равномерно со скоростью 5 м/с, а другое равноускоренно без начальной скорости с ускорением 2 м/с². Через сколько секунд от начала движения первого тела второе тело достигнет первое?
4. Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через 5 с от остановки вдогонку за грузовиком отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с². На каком расстоянии от остановки мотоциклист догонит грузовик?
5. Через 20 с после отхода теплохода вдогонку за ним от той же пристани отправляется катер с постоянным ускорением 1 м/с². Определите, на каком расстоянии от пристани катер догонит теплоход, если теплоход двигался равномерно со скоростью 18 км/ч.

1.13. Графики кинематических величин равноускоренного прямолинейного движения

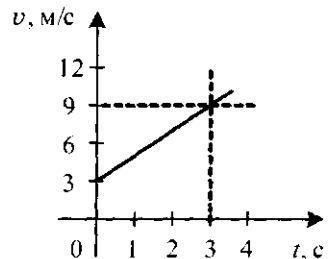
1. Тело начинает движение из начала координат вдоль оси Ox , причём проекция скорости v_x меняется с течением времени по закону, приведённому на графике. Определите ускорение тела.



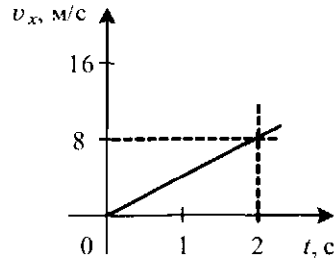
2. По графику зависимости модуля скорости от времени, представленному на рисунке, определите ускорение прямолинейно движущегося тела.



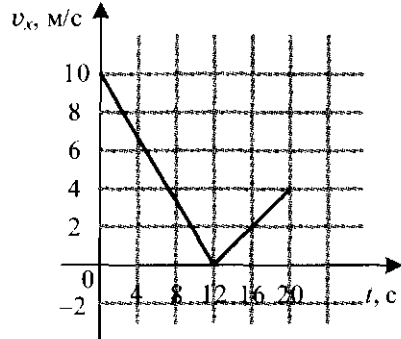
3. По графику зависимости модуля скорости от времени, представленному на рисунке, определите ускорение прямолинейно движущегося тела в момент времени 1 с.



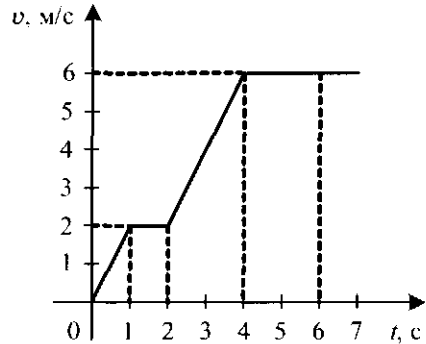
4. Тело движется вдоль оси Ox . Проекция его скорости $v_x(t)$ меняется по закону, приведённому на графике. Определите путь, пройденный телом за 2 с.



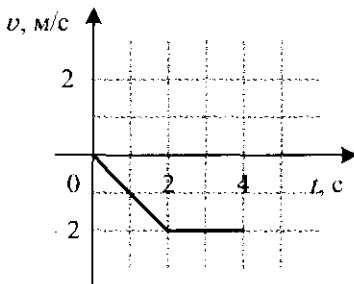
5. Тело движется вдоль оси Ox , причём проекция скорости v_x меняется с течением времени по закону, приведённому на графике. Какой путь прошло тело за время от 0 до 20 с?



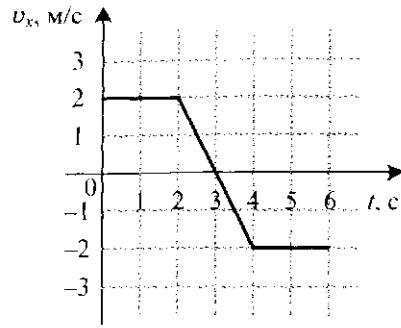
6. По графику зависимости модуля скорости тела от времени, представленному на рисунке, определите путь, пройденный телом за первые 2 с движения и за вторую секунду.



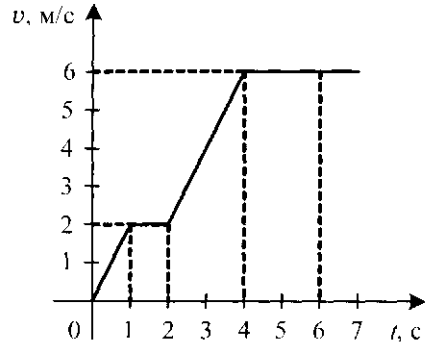
7. На графике показана зависимость скорости тела от времени. Каков путь, пройденный телом к моменту времени $t = 4$ с?



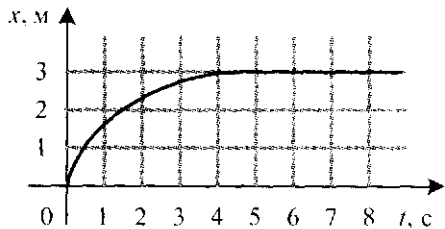
8. На графике изображена зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси OX , от времени. Какой путь прошло тело к моменту времени $t = 6$ с? Определите перемещение тела за 5 с.



9. На рисунке представлен график зависимости модуля v скорости автомобиля от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале от момента времени 0 с до момента времени 5 с после начала движения.



10. На рисунке изображён график изменения координаты тела с течением времени. Как изменялась скорость тела в промежуток времени от 0 до 5 с? В какой промежуток времени скорость тела равна нулю?



1.14. Скорость и перемещение при свободном падении (вертикальный бросок)

1. С высокого отвесного обрыва начинает свободно падать камень. Какую скорость он будет иметь через 5 с после начала падения?
2. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему будет равен модуль скорости камня через 1,5 с после начала движения?
3. Тело свободно падает из состояния покоя. Определите, на сколько увеличивается скорость тела за третью секунду падения.
4. С какой скоростью тело брошено вертикально вверх, если через 0,8 с после броска его скорость при подъёме уменьшилась вдвое?
5. Камень брошен с некоторой высоты вертикально вниз с начальной скоростью 2 м/с. Чему будет равна скорость камня через 0,6 с после броска?

6. Тело брошено вертикально вверх. Через 0,5 с после броска его скорость равна 20 м/с. Какова начальная скорость тела? Сопротивлением воздуха пренебречь.
7. Вертикально вниз брошен камень со скоростью 2 м/с. Во сколько раз увеличится скорость камня через 1 с после броска?
8. С неподвижного воздушного шара сбрасывают балласт, достигающий поверхности земли со скоростью 100 м/с. На какой высоте находится шар?
9. Тело брошено вертикально вверх с поверхности земли со скоростью 20 м/с. На какую максимальную высоту оно поднимется?
10. Г. Галилей, изучая законы свободного падения, бросал без начальной скорости разные предметы с наклонной башни в городе Пиза, высота которой 57,5 м. Сколько времени падали предметы с этой башни?
11. Тело брошено от земли вертикально вверх со скоростью 9 м/с. На какой высоте скорость тела уменьшится в 3 раза?
12. С вертолѐта, находящегося на высоте 30 м, упал камень. Через сколько секунд камень достигнет земли, если вертолѐт при этом опускался со скоростью 5 м/с?
13. Найдите конечную скорость материальной точки при свободном падении с высоты 45 м.
14. С высоты 2,4 м брошен мяч вертикально вниз со скоростью 1 м/с. Чему равна его скорость в момент падения?

1.15. Путь в n -ю секунду свободного падения

1. Какой путь пройдёт свободно падающее тело за третью секунду? Начальная скорость тела равна нулю.
2. Какой путь пройдёт свободно падающее тело за шестую секунду? Начальная скорость тела равна нулю.
3. За какую секунду свободного падения тело проходит путь 15 м? Начальная скорость тела равна нулю.
4. За какую секунду свободного падения тело проходит путь 65 м? Начальная скорость тела равна нулю.
5. Определите, на сколько метров путь, пройденный свободно падающим телом за десятую секунду, больше пути, пройденного в предыдущую секунду. Начальная скорость тела равна нулю.
6. Камень свободно падает без начальной скорости. За какое время он пролетит третий метр своего пути?

1.16. Уравнение скорости и координаты при свободном падении

1. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Через какое время скорость этого тела изменит направление на противоположное и станет равной 10 м/с?

2. С высоты 12 м над землёй без начальной скорости падает тело. На какой высоте окажется тело через 1 с после начала падения?
3. С неподвижного вертолѐта, находящегося на высоте 1000 м, падает бомба, дистанционный взрыватель которой установлен на 14 с. Определите высоту разрыва бомбы над землёй.
4. Тело брошено вертикально вверх с высоты 40 м с начальной скоростью 5 м/с. На какой высоте окажется тело через 2 с?
5. Мяч, брошенный вертикально вверх, упал на землю через 3 с. Определите начальную скорость.
6. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх, упала на землю через 6 с. На какую максимальную высоту поднялась стрела?

1.17. Горизонтальный бросок

1. С башни высотой 45 м горизонтально брошен камень. Через какое время он упадѐт на землю?
2. Тело бросили горизонтально с начальной скоростью 40 м/с. Определите его скорость через 3 с.
3. Камень, брошенный горизонтально со скоростью 15 м/с, упал на землю со скоростью 25 м/с. Сколько времени длился полѐт камня?
4. Тело брошено горизонтально со скоростью 15 м/с. Через какое время от начала движения горизонтальное смещение будет равно вертикальному?
5. В начальный момент времени скорость тела направлена горизонтально и равна 15 м/с. Определите горизонтальное смещение тела к тому моменту времени, когда вертикальное перемещение будет равно 20 м.
6. Глыбу льда сбрасывают с крыши с высоты 25 м горизонтально со скоростью 3 м/с. На каком расстоянии от дома упадѐт глыба?
7. Из окна, расположенного на высоте 5 м от земли, горизонтально брошен камень, упавший на расстоянии 8 м от дома. С какой скоростью брошен камень?
8. Мяч, брошенный с башни горизонтально со скоростью 5 м/с, упал на расстоянии 10 м от её подножия. Чему равна высота башни?
9. Дальность полѐта тела, брошенного горизонтально со скоростью 5 м/с, равна начальной высоте. Определите дальность полѐта.
10. Мальчик ныряет в воду с крутого горизонтального берега высотой 5 м, имея после разбега скорость 6 м/с. С какой скоростью он достигнет поверхности воды?
11. Камень брошен с горы горизонтально со скоростью 15 м/с. Через какое время его скорость будет направлена под углом 45° к горизонту?
12. Камень брошен с башни горизонтально. Через 3 с вектор скорости камня составил угол 45° с горизонтом. Какова начальная скорость камня?

1.18. Бросок под углом к горизонту

1. Мяч бросили с горизонтальной поверхности земли под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Максимальная скорость мяча во время полёта была равна 12 м/с. Чему равна минимальная скорость мяча во время полёта?
2. Спортсмен толкает ядро с начальной скоростью 15 м/с под углом 45° к горизонту. Определите время полёта ядра.
3. Тело брошено под углом 45° к горизонту со скоростью 20 м/с. Определите координаты тела через 1 с после начала движения.
4. Найдите дальность полёта сигнальной ракеты, выпущенной со скоростью 40 м/с под углом 15° к горизонту.
5. Камень бросили с горизонтальной поверхности земли под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Максимальная скорость камня во время полёта была равна 16 м/с. На какую максимальную высоту поднялся камень?
6. При каком значении угла наклона орудия можно добиться наибольшей дальности полёта?
7. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под некоторым углом к горизонту, достиг максимальной высоты 4,05 м. Сколько времени прошло от броска до того момента, когда его скорость была направлена горизонтально?
8. Стрела пущена с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту. На какую максимальную высоту поднялась стрела, если через 1,5 с после броска её скорость была направлена горизонтально?
9. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю в 20 м от места броска. Чему равна скорость камня через 2 с после броска, если в этот момент она была направлена горизонтально?
10. Камень бросили с горизонтальной поверхности земли под углом α к горизонту. Минимальная скорость камня во время полёта была равна 12 м/с, а максимальная — 20 м/с. Через какой промежуток времени камень достигнет максимальной высоты?
11. Мяч бросили с горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту. Минимальная скорость мяча во время полёта была равна 7 м/с, а максимальная — 10 м/с. Через какой промежуток времени мяч упадёт на землю?
12. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом 30° к горизонту, упал обратно на землю в 86,6 м от места броска. Какой максимальной высоты он достиг за время полёта?

13. Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, достиг максимальной высоты 5 м и упал обратно на землю в 20 м от места броска. Чему равна минимальная скорость камня за время полёта?
14. На соревнованиях по лёгкой атлетике спортсмен прыгнул в высоту на 2 м. Минимальная скорость спортсмена в этом прыжке была равна по модулю 1,2 м/с. Пренебрегая силой трения о воздух, определите длину прыжка.

1.19. Движение по окружности с постоянной скоростью

1. Карусели делают 15 об/мин. Определите период и частоту их вращения.
2. Материальная точка за 2 с прошла треть окружности. Определите период и частоту её вращения.
3. Определите линейную скорость колеса, диаметр которого 40 см, а период вращения 2 с.
4. Известно, что Земля вращается вокруг своей оси. Определите линейную скорость точки экватора, если радиус Земли 6400 км.
5. Определите линейную скорость Луны, обусловленную её обращением вокруг Земли. Период вращения Луны 27,3 суток. Расстояние Земля—Луна $3,84 \cdot 10^5$ км.
6. Период обращения Земли вокруг Солнца равен 1 году (365,25 суток), радиус орбиты Земли 150 млн км. Определите скорость движения Земли вокруг Солнца.
7. Линейная скорость конца минутной стрелки Кремлёвских курантов равна 6 мм/с. Определите длину минутной стрелки.
8. Скорость точек рабочей поверхности шлифовального круга не должна превышать 100 м/с. Определите частоту вращения круга, если его диаметр 40 см.
9. Автомобиль движется со скоростью 36 км/ч. Определите скорость верхней и нижней точки колеса относительно поверхности земли.
10. Минутная стрелка часов на 50% длиннее секундной. Во сколько раз линейная скорость конца секундной стрелки больше минутной?
11. Точка равномерно движется по окружности, совершая один оборот за 1,57 с. Определите угловую скорость точки.
12. Точка равномерно движется по окружности, имея частоту вращения 2 Гц. Определите угловую скорость точки.
13. Точка равномерно движется по окружности радиусом 1,5 м с угловой скоростью 3 рад/с. Определите линейную скорость точки.
14. Найдите угловую скорость барабана лебёдки диаметром 16 см при подъёме груза со скоростью 0,4 м/с.

1.20. Центробежное ускорение

1. Каково центробежное ускорение поезда, движущегося по закруглению радиусом 500 м со скоростью 90 км/ч?
2. С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста радиусом 40 м, чтобы центробежное ускорение равнялось ускорению свободного падения?
3. Колесо автомобиля, радиус которого 40 см, имеет угловую скорость 3 рад/с. Определите его центробежное ускорение.
4. Определите ускорение конца секундной стрелки часов, если длина стрелки равна 2 см.
5. Определите центробежное ускорение колеса, диаметр которого 60 см, а частота вращения 0,5 Гц.
6. Как изменится центробежное ускорение точек обода колеса, если линейная скорость уменьшится в 3 раза?
7. Как изменится центробежное ускорение точек обода колеса, если радиус колеса уменьшится в 4 раза?
8. Как изменится центробежное ускорение точек обода колеса, если угловая скорость увеличится в 5 раз?
9. Во сколько раз увеличится центробежное ускорение точек обода колеса, если период обращения колеса уменьшится в 2 раза?
10. Во сколько раз возрастёт линейная скорость вращающегося колеса, если центробежное ускорение увеличится в 4 раза?
11. Во сколько раз и как изменится угловая скорость тела, если центробежное ускорение уменьшится в 9 раз?
12. Что происходит с периодом вращения, если центробежное ускорение тела увеличивается в 4 раза?
13. Что происходит с частотой вращения, если центробежное ускорение уменьшилось в 9 раз?
14. Период вращения первого колеса в 4 раза больше периода вращения второго, а его радиус в 2,5 раза больше радиуса второго колеса. Во сколько раз центробежное ускорение точек обода второго колеса больше первого?

2. ДИНАМИКА

2.1. Инерция. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта

1. Приведите примеры инерции и инерциальных систем отсчёта.
2. Систему отсчёта, связанную с Землёй, можно приближённо считать инерциальной. При каком движении вертолётa относительно Земли связанная с ним система отсчёта также является инерциальной?
3. При каких движениях лифта систему отсчёта, связанную с ним, можно считать инерциальной?

2.2. Инертность

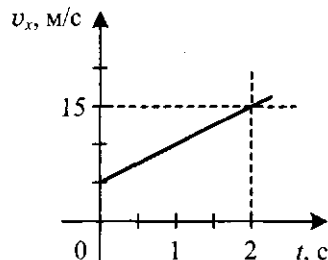
1. Почему бегущий человек, споткнувшись, падает вперёд?
2. При движении экскурсионного автобуса все пассажиры сначала отклонились вправо, а затем резко вперёд. Какие изменения произошли в движении автобуса?
3. Почему перед взлётом или посадкой самолёта все пассажиры должны быть пристёгнуты ремнём безопасности?
4. Почему нельзя перебежать улицу перед близко идущим транспортом?
5. Почему автомобиль с неисправной системой торможения нельзя буксировать с помощью гибкого троса?

2.3. Масса. Плотность

1. Длина стальной проволоки 20 м, площадь сечения 5 мм^2 . Плотность стали 7800 кг/м^3 . Вычислите массу проволоки.
2. Золото можно расплющить до толщины 0,1 мкм. Определите площадь поверхности, которую можно покрыть листком золота массой 2 г. Плотность золота $19\,300 \text{ кг/м}^3$.
3. Размеры оконного стекла 60 см \times 20 см, толщина 5 мм. Какова его масса? Плотность стекла 2500 кг/м^3 .
4. Масса бетонного блока, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда, равна 6 кг. Какой будет масса блока, если первую его сторону увеличить в 2 раза, вторую — в 1,5 раза, а третью уменьшить в 3 раза?
5. Два кубика изготовлены из одинакового материала. Сторона первого кубика в 2 раза больше, чем второго. Сравните массы кубиков.
6. Какую массу будет иметь кубик с площадью поверхности 24 см^2 , если плотность вещества, из которого он изготовлен, $8,7 \text{ г/см}^3$?

2.4. Сила. Второй закон Ньютона

1. Автомобиль массой 1800 кг, двигаясь из состояния покоя по горизонтальному пути, через 10 с достигает скорости 30 м/с. Определите силу тяги двигателя. Сопротивлением движению пренебречь.
2. Пуля массой 9 г движется в пенопласте. За 5 мс её скорость уменьшилась с 250 м/с до 200 м/с. Найдите модуль средней силы сопротивления движению пули.
3. Молоток массой 800 г ударяет по небольшому гвоздю и забивает его в доску. Скорость молотка перед ударом равна 5 м/с, после удара она равна 0, продолжительность удара 0,2 с. Определите среднюю силу удара молотка.
4. Тело массой 400 г движется вдоль оси Ox , причём проекция скорости v_x меняется с течением времени по закону, приведённому на графике. Определите значение силы, действующей на это тело.



5. Скорость автомобиля изменяется по закону $v_x = 0,3t$. Определите силу тяги, действующую на автомобиль, если его масса 1,2 т. Силой трения пренебречь.
6. Поезд массой 2000 т, движущийся со скоростью 36 км/ч, остановился, пройдя путь 400 м. Определите величину тормозящей силы.
7. На два тела действуют равные силы. Первое тело массой 300 г движется с ускорением 2 м/с². Определите массу второго тела, если оно движется с ускорением 10 см/с².
8. Сила 40 Н сообщает телу ускорение 0,8 м/с². Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с²?
9. На тележку массой 500 г действует сила 15 Н. С какой силой нужно действовать на тележку массой 1 кг, чтобы она двигалась с тем же ускорением, что и первая тележка?
10. Порожний грузовой автомобиль массой 5 т начинает движение с ускорением 0,3 м/с². После загрузки при той же силе тяги он трогается с места с ускорением 0,2 м/с². Сколько тонн груза принял автомобиль? Сопротивлением движению пренебречь.

2.5. Принцип суперпозиции сил

1. Какое наибольшее и наименьшее значение результирующей силы можно получить, имея в своём распоряжении две силы 7 Н и 9 Н? Сделайте чертёж.

2. Две силы 5 Н и 6 Н приложены к одному телу. Угол между направлениями сил 90° . Определите модуль равнодействующей этих сил.
3. Определите равнодействующую двух равных сил по 4 Н, направленных под углом 60° друг к другу.
4. Определите равнодействующую двух равных сил по 5 Н, направленных под углом 120° друг к другу.
5. Силы 6 Н и 8 Н приложены к одному телу. Угол между направлениями сил 90° . Масса тела 2 кг. Определите ускорение, с которым движется тело.
6. На тело массой 5 кг действуют две равные силы, направленные под углом 120° друг к другу. С каким ускорением движется тело, если модули сил 15 Н?
7. С каким ускорением движется тело массой 20 кг, на которое действуют три равные силы по 40 Н каждая, лежащие в одной плоскости и направленные под углом 120° друг к другу?
8. Брусок спускается с наклонной плоскости длиной 15 см в течение 0,25 с. Определите равнодействующую всех сил, действующих на брусок во время движения, если его масса 200 г и движение начинается из состояния покоя.
9. Автомобиль массой 1500 кг, двигаясь равноускоренно из состояния покоя по горизонтальному пути под действием равнодействующей силы 1800 Н, приобрёл скорость 54 км/ч. Определите путь, пройденный автомобилем.
10. Снаряд массой 2 кг вылетает из ствола орудия в горизонтальном направлении со скоростью 400 м/с. Определите значение равнодействующей силы, считая её постоянной, если длина ствола 2,5 м.

2.6. Третий закон Ньютона

1. Что можно сказать о природе, направлении и величине сил, возникающих при взаимодействии тел?
2. При столкновении двух тел разной массы какое из них приобретает большее ускорение?
3. Вес кирпича, лежащего на земле, равен 50 Н. С какой силой Земля притягивается к кирпичу во время его свободного падения?
4. Яблоко свободно падает с дерева. В каком направлении действует сила, с которой яблоко притягивает Землю?
5. Силы, возникающие при взаимодействии двух заряженных шариков, направлены по прямой навстречу друг другу. Как заряжены шарики?
6. К лежащему на столе полосовому магниту поднесли другой магнит. Силы, возникающие при взаимодействии, оказались направленными

- по одной прямой друг от друга. Что можно сказать о взаимодействующих полюсах магнитов?
7. На поверхности озера плавают две лодки массой 200 кг каждая, в одной из них сидит человек массой 50 кг. Он подтягивает к себе с помощью верёвки вторую лодку. Сила натяжения верёвки 100 Н. Сила сопротивления воды мала. Какое по модулю ускорение будет у лодки без человека? Определите ускорение лодки с человеком.
 8. Лодку массой 50 кг подтягивают канатом к первоначально покоящемуся теплоходу массой 300 т. Лодка движется с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$. Определите ускорение теплохода.
 9. Два тела, движущиеся по гладкой горизонтальной плоскости, столкнулись друг с другом. Первое тело массой 500 г после столкновения стало двигаться с ускорением 1 м/с^2 , а ускорение второго равно 2 см/с^2 . Определите массу второго тела.

2.7. Сила всемирного тяготения

1. С какой силой притягиваются два вагона массой по 80 т каждый, если расстояние между ними 1000 м?
2. С какой силой Земля притягивает Луну, если масса Земли $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, а масса Луны $7 \cdot 10^{22} \text{ кг}$? Расстояние между их центрами $3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$.
3. Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 10 см друг от друга и притягиваются с силой $6,67 \cdot 10^{-15} \text{ Н}$. Какова масса каждого шарика?
4. На каком расстоянии сила притяжения между двумя телами массой по 1 т каждое будет равна $6,67 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$?
5. Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел увеличить в 6 раз?
6. Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел увеличить в 6 раз, а массу второго уменьшить в 3 раза?
7. Как изменится сила всемирного тяготения, если расстояние между центрами взаимодействующих шаров уменьшить в 3 раза?
8. Как изменится сила всемирного тяготения, если массу одного из взаимодействующих тел уменьшить в 6 раз, а расстояние уменьшить в 2 раза?
9. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между однородным шаром и материальной точкой, соприкасающейся с шаром, если материальную точку удалить от поверхности шара на расстояние, равное двум диаметрам шара?
10. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между двумя одинаковыми однородными шарами, если вначале шары соприкасались друг

с другом, а затем один из шаров отодвинули на расстояние, равно диаметру шаров?

2.8. Сила тяжести

1. С какой силой помогает нам бороться лифт?
2. Птица с огромными крыльями парит в вышине. Действует ли на неё сила тяжести?
3. Почему на Земле есть атмосфера, а на Луне её нет?
4. Мальчик массой 45 кг совершает прыжок в высоту. Определите силу тяжести, действующую на него во время прыжка.
5. На некоторой планете сила тяжести, действующая на тело массой 200 г, равна 1,8 Н. Определите по этим данным ускорение свободного падения на планете.
6. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен 2,5 Н. Какую массу имеет камень?
7. Во сколько раз изменится сила тяжести, действующая на ракету, если она с поверхности планеты поднимется на высоту, равную двум радиусам планеты?
8. Как изменится сила тяжести, действующая на космический корабль, если сначала он был на расстоянии трёх земных радиусов от поверхности планеты, а потом только одного радиуса?
9. Как изменится сила тяжести, действующая на ракету, при её подъёме с поверхности Земли до вывода на околоземную орбиту, радиус которой равен двум радиусам Земли?
10. Как изменится сила тяжести, действующая на космический корабль, если сначала он был на расстоянии трёх земных радиусов от центра планеты, а потом приземлился на космодроме?
11. Космонавт, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 750 Н. С какой приблизительно силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности? Радиус Марса в 2 раза меньше, а масса в 10 раз меньше, чем у Земли.
12. Космонавт, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 600 Н. С какой силой он будет притягиваться к Луне, находясь на её поверхности, если радиус Луны меньше радиуса Земли в 4 раза, а масса Луны меньше массы Земли в 80 раз?
13. У поверхности Луны на космонавта действует сила тяготения 160 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Луны на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Луны на расстоянии двух лунных радиусов от её центра?

2.9. Ускорение свободного падения

1. Определите ускорение свободного падения на поверхности Марса, если его масса $6,43 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус $3,38 \cdot 10^6$ м.
2. Средний радиус планеты Меркурий 2420 км, а ускорение свободного падения $3,72$ м/с². Найдите массу Меркурия.
3. Ускорение свободного падения на поверхности Венеры $8,75$ м/с². Определите радиус Венеры, если её масса $4,88 \cdot 10^{24}$ кг.
4. Каково ускорение свободного падения на высоте, равной половине земного радиуса? Ускорение свободного падения на поверхности Земли считайте равным 10 м/с².
5. Радиус планеты Марс составляет $0,53$ радиуса Земли, а масса — $0,11$ массы Земли. Зная, что ускорение свободного падения на поверхности Земли равно 10 м/с², найдите ускорение свободного падения на Марсе.
6. Определите ускорение свободного падения на планете, масса которой больше массы Земли на 200% , а радиус на 100% больше земного. Ускорение свободного падения на Земле считайте 10 м/с².
7. Предположим, что радиус Земли уменьшился в 3 раза. Как должна измениться её масса, чтобы ускорение свободного падения на поверхности осталось прежним?
8. Как изменится ускорение свободного падения на поверхности планеты, если плотность планеты увеличится в 2 раза, а радиус планеты останется прежним?
9. Как изменится ускорение свободного падения на поверхности планеты, если плотность планеты увеличится в 3 раза, а радиус в 3 раза уменьшится?
10. Зная ускорение свободного падения на поверхности Земли (10 м/с²) и радиус планеты (6400 км), рассчитайте её среднюю плотность.

2.10. Первая космическая скорость

1. Сверхгигант Антарес (α Скорпиона) имеет массу 10^{32} кг, а радиус $2,28 \cdot 10^{11}$ м. Определите первую космическую скорость для спутника Антареса, летающего на небольшой высоте.
2. Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом $30\,000$ км. Масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг. Определите его скорость.
3. Первая космическая скорость для спутника Марса, летающего на небольшой высоте, равна $3,5$ км/с. Определите массу Марса, если радиус планеты $3,38 \cdot 10^6$ м.
4. Первая космическая скорость для спутника Нептуна, летающего на небольшой высоте, равна $17,7$ км/с. Определите радиус Нептуна, если масса планеты $1,04 \cdot 10^{26}$ кг.

5. Как изменилась бы первая космическая скорость, если бы масса планеты увеличилась в 9 раз?
6. Как изменилась бы первая космическая скорость, если бы радиус планеты увеличился в 9 раз?
7. Массу спутника увеличили в 4 раза. Как изменится его первая космическая скорость?
8. Средняя плотность некоторой планеты равна средней плотности планеты Земля, а радиус планеты в 2 раза больше земного радиуса. Определите отношение первой космической скорости на планете к первой космической скорости на Земле $\frac{v_1}{v_3}$.
9. Плотность Меркурия примерно равна плотности Земли, а радиус в 2,63 раза меньше. Определите отношение первой космической скорости на Меркурии к первой космической скорости на Земле $\frac{v_M}{v_3}$.
10. Искусственный спутник обращается по круговой орбите на высоте 600 км от поверхности планеты. Радиус планеты равен 3400 км, ускорение свободного падения на поверхности планеты равно 4 м/с^2 . Какова скорость движения спутника по орбите?

2.11. Период обращения спутника

1. Рассчитайте период обращения спутника Меркурия, летающего на небольшой высоте, если масса планеты $3,26 \cdot 10^{23}$ кг, а радиус $2,42 \cdot 10^6$ м.
2. Каков радиус кольца Сатурна, в котором частицы движутся с периодом, примерно равным периоду вращения Сатурна вокруг своей оси, 10 ч 40 мин? Масса Сатурна равна $5,7 \cdot 10^{26}$ кг.
3. Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, радиус Марса вдвое меньше, чем радиус Земли. Каково отношение периодов обращения $\frac{T_M}{T_3}$ искусственных спутников Марса и Земли, двигающихся по круговым орбитам на небольшой высоте?
4. Среднее расстояние от Солнца до планеты Уран составляет 2875,03 млн км, а до планеты Земля — 149,6 млн км. Чему примерно равен период обращения Урана (в годах) вокруг Солнца, если орбиты обеих планет считать окружностями?
5. Во сколько раз период обращения спутника, движущегося по орбите на расстоянии 21 600 км от поверхности Земли, отличается от периода обращения спутника, движущегося на расстоянии 600 км от её поверхности? Радиус Земли 6400 км.

6. Найдите период обращения спутника Земли, который движется на высоте 600 км. Радиус Земли 6400 км. Ускорение свободного падения на поверхности Земли 10 м/с^2 .
7. Каким должен быть радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли для того, чтобы он всё время находился над одной и той же точкой земной поверхности на экваторе? Радиус Земли 6400 км. Ускорение свободного падения на поверхности Земли 10 м/с^2 .
8. Планета представляет собой однородный шар с плотностью 9000 кг/м^3 . Каков период обращения искусственного спутника планеты, движущегося вблизи её поверхности?
9. Плотность Марса приблизительно равна плотности Земли, а масса в 10 раз меньше. Определите отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Марса по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли.
10. Масса некоторой планеты в 3 раза меньше массы Земли, а период обращения спутника, движущегося вокруг этой планеты по низкой круговой орбите, совпадает с периодом обращения аналогичного спутника Земли. Определите отношение средних плотностей планеты и Земли.

2.12. Сила упругости

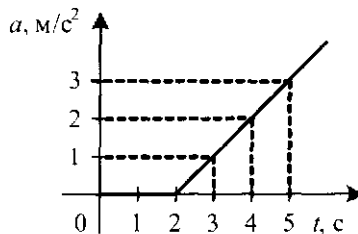
1. Вычислите деформацию пружины жёсткостью 1000 Н/м , растягиваемой двумя противоположно направленными силами по 200 Н каждая.
2. Какие силы надо приложить к концам проволоки, жёсткость которой 20 кН/м , чтобы растянуть её на 1 мм ?
3. К пружине длиной 10 см , жёсткость которой 500 Н/м , подвесили груз массой 2 кг . Какой стала длина пружины?
4. Однородную пружину длиной l и жёсткостью k разрезали пополам. Какова жёсткость половины пружины?
5. Под действием груза проволока удлинилась на 1 см . Этот же груз подвесили к проволоке такой же длины из того же материала, но имеющей в 2 раза большую площадь сечения. Каким будет удлинение проволоки?
6. Определите жёсткость системы пружин при последовательном и параллельном соединениях. Жёсткость первой пружины — 2000 Н/м , а второй — 6000 Н/м .
7. К двум параллельно соединённым пружинам последовательно присоединена третья. Какова жёсткость этой системы, если пружины имеют одинаковую жёсткость, равную 1500 Н/м ?

2.13. Сила трения скольжения

1. У первой грани бруска в форме параллелепипеда площадь в 2 раза больше, чем у второй грани. Как изменится сила трения при переворачивании бруска с первой грани на вторую?
2. У первой грани бруска в форме параллелепипеда площадь и коэффициент трения о стол в 3 раза больше, чем у второй грани. Как изменится сила трения при переворачивании бруска с первой грани на вторую?
3. Тело равномерно движется по горизонтальной плоскости. Сила его давления на плоскость равна 8 Н, сила трения 2 Н. Определите коэффициент трения скольжения.
4. Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Какова сила трения действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?
5. При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 54 кг действует сила трения скольжения 12 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 6 раз, если коэффициент трения не изменится?
6. При движении по горизонтальной поверхности на тело действует сила трения скольжения 14 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 7 раз и увеличения площади его соприкосновения с поверхностью в 2 раза, если коэффициент трения не изменится?
7. Определите коэффициент трения между змеей и землёй, если змея массой 120 г движется равномерно со скоростью 1 м/с, при этом сила трения равна 0,15 Н.
8. На каком минимальном расстоянии от перекрёстка должен начинать тормозить шофёр при красном сигнале светофора, если автомобиль движется со скоростью 90 км/ч? Коэффициент трения между шиной и дорогой равен 0,4.
9. Поезд, подъезжая к станции со скоростью 90 км/ч, начинает равномерно тормозить. Каково наименьшее время торможения поезда до полной остановки, безопасное для спящих на верхних полках пассажиров? Коэффициент трения о полки 0,2. На каком расстоянии до станции необходимо начать тормозить?
10. После удара клюшкой шайба массой 0,15 кг скользит по ледяной площадке. Её скорость при этом меняется в соответствии с уравнением $v = 20 - 3t$. Определите коэффициент трения шайбы о лёд.

2.14. Сила трения покоя

1. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 1 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен $0,25$. Определите силу трения между телом и поверхностью, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы $0,5$ Н.
2. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 5 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен $0,12$. Определите силу трения между телом и поверхностью, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 6 Н.
3. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 3 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен $0,2$. Определите силу трения между телом и поверхностью, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 8 Н.
4. На шероховатой горизонтальной поверхности лежит тело массой 3 кг. Коэффициент трения скольжения тела о поверхность равен $0,2$. Определите равнодействующую силу, которая возникает при действии на тело горизонтальной силы 7 Н.
5. К покоящемуся на шероховатой горизонтальной поверхности телу приложена нарастающая с течением времени сила тяги $F = bt$, где b — постоянная величина. На рисунке представлен график зависимости ускорения тела от времени действия силы. Определите коэффициент трения скольжения.



2.15. Применение второго закона Ньютона

2.15.1. Движение по горизонтали

1. Грузовик взял на буксир легковой автомобиль массой 1 т и, двигаясь равноускоренно, за 50 с проехал 400 м. На сколько при этом удлинится трос, соединяющий автомобили, если его жёсткость 2000 кН/м? Трением колёс можно пренебречь.
2. Тело массой 5 кг движется по горизонтальной поверхности, под действием горизонтально направленной силы 100 Н. Определите уско-

рение тела, если известно, что коэффициент трения между телом и поверхностью 0,2.

3. Электровоз при трогании с места железнодорожного состава развивает максимальную силу тяги 650 кН. Какое ускорение он сообщит составу массой 3250 т, если коэффициент сопротивления равен 0,005?
4. Под действием какой горизонтальной силы вагонетка массой 350 кг движется по горизонтальным рельсам с ускорением $0,15 \text{ м/с}^2$, если сила сопротивления движению 12 Н?
5. Автобус, масса которого с полной нагрузкой 15 т, трогается с места ускорением $0,9 \text{ м/с}^2$. Найдите силу тяги, если коэффициент сопротивления движению равен 0,03.
6. Состав какой массы может вести тепловоз с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$ при коэффициенте трения 0,005, если он развивает максимальное тяговое усилие 300 кН?

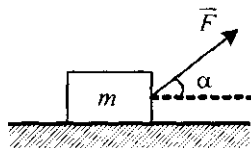
2.15.2. Движение по вертикали с учётом силы тяжести

1. С каким ускорением поднимается лифт, если сила реакции опоры действующая на груз, увеличилась втрое по сравнению с силой реакции опоры, действующей на неподвижный груз?
2. Прочность троса на разрыв составляет 1600 Н. Какой максимальной массы груз можно поднимать этим тросом с ускорением 15 м/с^2 ?
3. При равноускоренном подъёме верёвка выдерживает груз массой 20 кг. Равномерно на этой верёвке можно поднимать груз 30 кг. Какую максимальную массу груза выдержит верёвка при равноускоренном движении вниз? Числовые значения ускорения одинаковы.
4. Груз поднимают на верёвке: один раз равномерно, второй раз с ускорением, равным 20 м/с^2 . Во сколько раз натяжение верёвки будет больше во втором случае, чем в первом?
5. Найдите время падения тела массой 100 г с высоты 20 м, если сила сопротивления 0,2 Н.
6. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с и достигло высшей точки через 2,5 с. Какова сила сопротивления воздуха, действующая на тело во время подъёма, если его масса 4 кг?
7. Парашютист массой 80 кг спускается на парашюте с установившейся скоростью 5 м/с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте будет спускаться мальчик массой 40 кг? Считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости парашюта.
8. Парашютист массой 75 кг спускается на парашюте с установившейся скоростью 6 м/с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте будет спускаться мальчик массой 45 кг? Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости.

9. Брусок массой 0,5 кг прижат к вертикальной стене с силой 10 Н. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,4. Какой величины силу надо приложить к бруску, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?
10. Брусок массой 0,6 кг прижат к вертикальной стене с силой 15 Н. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,3. Какой величины силу надо приложить к бруску, чтобы равномерно опускать его вертикально вниз?
11. Брусок массой 3 кг прижат к вертикальной стене с силой 20 Н. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,2. Какой величины силу надо приложить к бруску, чтобы поднимать его вертикально вверх с ускорением 2 м/с^2 ?

2.15.3. Движение по горизонтали с учётом силы тяги, направленной под углом к горизонту

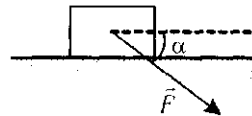
1. Брусок массой m движется равноускоренно по горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} , как показано на рисунке. Определите значение силы реакции опоры.



2. На тело массой 2 кг, находящееся на гладком горизонтальном столе, действует сила 30 Н, направленная вверх под углом 30° к горизонту. С какой силой тело давит на стол?
3. Тело массой 10 кг передвигают вдоль гладкой горизонтальной поверхности, действуя на него силой 40 Н, направленной вверх под углом 60° к горизонту. Найдите ускорение тела.
4. Тело массой 10 кг находится на горизонтальной плоскости. На тело действует сила 50 Н, направленная вверх под углом 30° к горизонту. Определите силу трения, если коэффициент трения 0,2.
5. Брусок массой m движется равноускоренно по горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} , как показано на рисунке к задаче № 1. Коэффициент трения скольжения равен μ . С каким ускорением движется тело?
6. Какое ускорение приобретут санки массой 6 кг, если потянуть за верёвку с силой 20 Н, направленной вверх под углом 30° к горизонту? Коэффициент трения 0,1.
7. Если к телу приложить силу 120 Н под углом 60° к горизонту (см. рисунок к задаче № 1), то тело будет двигаться равномерно. С каким

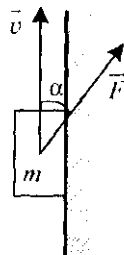
ускорением будет двигаться тело, если ту же силу приложить под углом 30° к горизонту? Масса тела 25 кг.

8. Брусок массой m движется равноускоренно по горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} , как показано на рисунке. Коэффициент трения скольжения равен μ . Выразите модуль силы трения.



9. Тело массой 1 кг движется по горизонтальной плоскости. На тело действует сила 10 Н под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, как показано на рисунке к задаче № 8. Коэффициент трения скольжения равен 0,4. Определите ускорение, с которым движется тело.
10. С какой наименьшей силой нужно толкать перед собой тележку, массой которой 12 кг, для того чтобы сдвинуть её с места? Сила направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, как показано на рисунке к задаче № 8. Коэффициент трения между полом и тележкой 0,4.

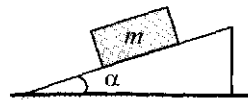
11. Брусок массой m прижат к вертикальной стене силой \vec{F} , направленной под углом α к вертикали (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и стеной равен μ . Определите величину силы \vec{F} , под действием которой брусок будет двигаться по стене вертикально вверх с постоянной скоростью.



12. Брусок массой 2 кг перемещают вверх вдоль вертикальной стены с помощью силы, равной 52 Н и направленной под углом 60° к вертикали. Коэффициент трения бруска о стену равен 0,01. Определите ускорение бруска.
13. Тело массой 1 кг начинает двигаться равноускоренно вверх по вертикальной стене под действием силы 15 Н, направленной под углом 15° к вертикали. Коэффициент трения между телом и стеной равен 0,08. Определите среднюю скорость тела за 2 с движения.

2.16. Наклонная плоскость

1. Брусок массой m покоится на наклонной плоскости с углом наклона α . Коэффициент трения бруска о поверхность равен μ . Определите модуль силы трения, действующей на брусок.



2. Тело массой 80 кг лежит на наклонной плоскости, образующей 30° с горизонтом. Определите силу трения.
3. Тело соскальзывает с наклонной плоскости при отсутствии трения с ускорением 2 м/с^2 . Высота наклонной плоскости 18 м. Найдите длину её ската.
4. Лыжник в начале спуска с горы имел скорость 2 м/с . Спустившись по склону горы, образующей угол 30° с горизонтом, лыжник увеличил свою скорость до 12 м/с . Какое расстояние проехал лыжник под уклон? Трением пренебречь.
5. Шарик катится вверх по гладкой наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом, и проходит до полной остановки путь 40 см. Определите начальную скорость шарика.
6. Тело равномерно движется по наклонной плоскости. На него действуют сила тяжести, равная 25 Н, сила трения 5 Н и сила реакции опоры 20 Н. Определите коэффициент трения.
7. Тело равномерно скользит по наклонной плоскости. Чему равен угол наклона плоскости к горизонту (в градусах), если коэффициент трения тела о плоскость равен 1?
8. Определите коэффициент трения между наклонной плоскостью и движущимся по ней телом, если предельный угол, при котором тело находится в покое на плоскости, 30° .
9. Крыша дома наклонена под углом 25° к горизонту. Каким должно быть значение коэффициента трения между подошвами ботинок рабочего и поверхностью крыши, чтобы он смог пройти вверх по крыше?
10. Тело соскальзывает с наклонной плоскости высотой 3 м и длиной 5 м. Чему равно его ускорение, если коэффициент трения 0,5?
11. Телу толчком сообщили скорость, направленную вверх вдоль наклонной плоскости. Найдите величину ускорения тела, если высота наклонной плоскости 4 м, её длина 5 м, а коэффициент трения 0,5.
12. Груз массой 90 кг поднимают равномерно по наклонной плоскости с углом наклона 30° к горизонту, прикладывая силу, направленную параллельно наклонной плоскости. Найдите эту силу, если коэффициент трения $\sqrt{3}$.
13. Автомобиль массой 4 т движется в гору с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Найдите силу тяги, если синус угла наклона горы равен 0,02, коэффициент трения 0,04.
14. На наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м находится груз массой 50 кг. Коэффициент трения 0,2. Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить к грузу, чтобы втаскивать его с ускорением 1 м/с^2 ?

15. Чему должен быть равен минимальный коэффициент трения между шинами автомобиля и поверхностью дороги с уклоном 30° , чтобы автомобиль мог двигаться по ней вверх с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$?
16. Тело соскальзывает с наклонной плоскости высотой 5 м и длиной 13 м. Коэффициент трения 0,4. Найдите время движения тела вдоль наклонной плоскости.
17. Брусок лежит на доске. Если приподнимать один конец доски, то при угле наклона 30° брусок начинает двигаться. За какое время он соскользнёт с доски длиной 1 м, если угол наклона доски составит 45° ?
18. С вершины наклонной плоскости высотой 5 м и углом наклона к горизонту 45° начинает соскальзывать тело. Определите скорость тела в конце спуска, если коэффициент трения тела о плоскость равен 0,19.
19. Какую начальную скорость надо сообщить телу вверх вдоль наклонной плоскости, чтобы оно достигло её вершины? Высота наклонной плоскости 6 м, её длина 10 м, а коэффициент трения 0,4.
20. Определите путь, пройденный телом до остановки, если его пустили вверх по наклонной плоскости со скоростью 10 м/с. Плоскость наклонена под углом 30° . Коэффициент трения 0,6.

2.17. Вес тела

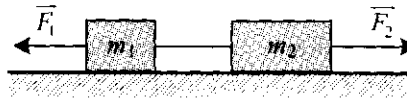
1. Космический корабль стартует с Земли вертикально вверх с ускорением 20 м/с^2 . Определите вес космонавта во время старта, если его масса 60 кг.
2. Человеческий организм сравнительно долго может переносить четырёхкратное увеличение своего веса. Какое максимальное ускорение можно придать космическому кораблю при старте с поверхности Земли, чтобы не превзойти этой нагрузки на организм космонавтов? Старт космического корабля считать вертикальным.
3. Человек массой 70 кг находится в лифте, скорость которого направлена вниз и равна 1,2 м/с. Ускорение лифта направлено вверх и равно 2 м/с^2 . Определите вес человека.
4. Герон романа Жюль Верн «Из пушки на Луну» летели в снаряде. Пушка имела длину ствола 300 м. Учитывая, что для полёта на Луну снаряд при вылете из ствола должен иметь скорость не менее 11,1 км/с, определите, во сколько раз возрастал бы вес пассажиров, считая движение равноускоренным.
5. При раскрытии парашюта скорость парашютиста за 1 с уменьшается с 50 до 10 м/с. Какую перегрузку испытывает парашютист? (Перегрузка — это отношение веса тела в движении к весу тела в покое.)

- Определите вес мальчика массой 30 кг, который проезжает на санках нижнюю точку оврага со скоростью 10 м/с, а радиус оврага 20 м.
- Мальчик массой 40 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сиденье при прохождении среднего положения со скоростью 6 м/с?
- Автомобиль массой 5 т движется с постоянной по модулю скоростью 36 км/ч по выпуклому мосту радиусом 100 м. Определите вес автомобиля в верхней точке моста.
- Автомобиль движется с постоянной скоростью 72 км/ч по выпуклому мосту, имеющему вид дуги окружности. При каком значении радиуса этой окружности водитель в верхней точке моста испытает состояние невесомости?
10. Автомобиль массой 2 т, проходящий по выпуклому мосту радиусом 40 м, имеет вес 15 кН. С какой скоростью движется автомобиль?
11. Определите радиус горбатого мостика, имеющего вид дуги окружности, при условии, что сила давления автомобиля, движущегося со скоростью 90 км/ч, в верхней части мостика уменьшилась вдвое.
12. Лётчик массой 70 кг описывает на самолёте, летящем со скоростью 180 км/ч, «мёртвую петлю» радиусом 100 м. С какой силой прижимается лётчик к сиденью в верхней точке петли?
13. Самолёт выходит из пикирования, описывая в вертикальной плоскости дугу окружности радиусом 800 м, имея скорость в нижней точке 200 м/с. Какую перегрузку испытывает лётчик в нижней точке траектории? (Перегрузка — это отношение веса тела в движении к весу тела в покое.)
14. Камень, привязанный к верёвке длиной 2,5 м, равномерно вращается в вертикальной плоскости. Масса камня 2 кг. При каком значении периода обращения камня его вес в верхней точке траектории станет равен нулю?
15. Сверхзвуковой самолёт со скоростью 2000 км/ч делает поворот в горизонтальной плоскости. При каком радиусе кривизны траектории лётчик будет испытывать пятикратную перегрузку? (Перегрузка — это отношение веса тела в движении к весу тела в покое.)
16. Автомобиль массой 5 т равномерно со скоростью 72 км/ч въезжает на выпуклый мост, по форме представляющий собой дугу окружности радиусом 80 м. Определите, с какой силой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с вертикалью 30° .
17. Автомобиль массой 5 т равномерно со скоростью 54 км/ч въезжает на вогнутый мост, по форме представляющий собой дугу окружности радиусом 100 м. Определите, с какой силой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с вертикалью 60° .

18. Автомобиль массой 3 т равномерно со скоростью 72 км/ч въезжает на вогнутый мост, по форме представляющий собой дугу окружности радиусом 80 м. Определите, с какой силой автомобиль давит на мост в точке, радиус которой составляет с вертикалью 45° .

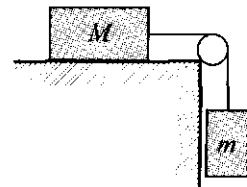
2.18. Движение связанных тел

1. Два мальчика тянут пружину динамометра в противоположные стороны с силой 100 Н каждый. Что покажет динамометр?
2. На гладком столе лежат два связанных нитью груза. Масса левого груза 200 г, масса правого 300 г. К правому грузу приложена сила 0,6 Н, к левому — противоположно направленная сила 0,1 Н. С каким ускорением движутся грузы?

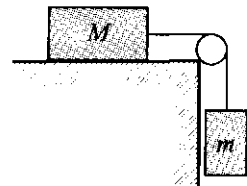


3. Два бруска массой m_1 и m_2 , сцепленные недеформированной пружиной жёсткостью k , находятся на гладком горизонтальном столе. К брускам приложены горизонтальные силы F_1 и F_2 , направленные в противоположные стороны. Определите установившееся удлинение пружины.
4. Два груза массами 2 кг и 4 кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью. Первый груз начинают тянуть с помощью равномерно возрастающей силы. Когда сила достигает значения 12 Н, нить обрывается. Чему равно в этот момент значение силы натяжения?
5. Два груза массами 2 кг и 4 кг, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности, связаны нерастяжимой и невесомой нитью. Когда на первое тело действовали силой 9 Н, а на второе 27 Н, нить оборвалась. Какую максимальную силу натяжения выдерживает нить?
6. Два бруска массами 1 кг и 4 кг, соединённые шнуром, лежат на столе. Ко второму из них приложили силу 20 Н, направленную горизонтально. Чему равна сила натяжения шнура при движении, если коэффициент трения скольжения бруска о стол равен 0,2?
7. Два бруска массами 1 кг и 4 кг, соединённые шнуром, лежат на столе. К первому из них приложили силу 40 Н, направленную горизонтально. С каким ускорением движутся тела, если коэффициент трения скольжения бруска о стол равен 0,2?
8. Вертолёт массой 27,2 т поднимает на тросах вертикально вверх груз массой 15,3 т с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$. Найдите силу тяги вертолётa и силу, действующую со стороны груза на прицепной механизм вертолётa.

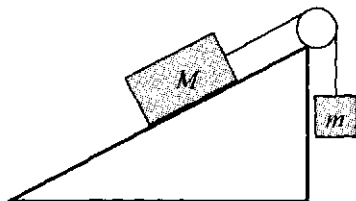
9. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, помещены грузы массами 0,3 кг и 0,2 кг. С каким ускорением движутся грузы? Какова сила натяжения шнура во время движения?
10. Неподвижный блок подвешен к динамометру. Через блок перекинут невесомый шнур, на концах которого укреплены грузы массами 2 кг и 8 кг. Определите показания динамометра при движении грузов. Нить невесома и нерастяжима. Массой блока и трением на блоке пренебречь.
11. Два тела, массы которых различаются в 2 раза, связаны нитью, перекинутой через неподвижный блок. Определите первоначальное расстояние между телами, если они окажутся на одном уровне через 1,2 с после начала движения.
12. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 кг и 0,34 кг. За 2 с после начала движения каждый груз прошёл путь 1,2 м. Найдите ускорение свободного падения, исходя из данных опыта.
13. Через блок перекинута нить, к концу которой подвешены одинаковые гири массой 0,5 кг каждая. Какой дополнительный груз надо положить на одну из гирь, чтобы они стали двигаться с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$? Массой блока и нити можно пренебречь. Нить нерастяжима.
14. К концу нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены два одинаковых груза по 4 кг каждый. На один из грузов положили перегрузок массой 2 кг. Определите силу давления перегрузка на груз.
15. В кабине лифта массой 100 кг лежит груз массой 50 кг. Найдите силу давления груза на пол в то время, когда лифт поднимается с помощью переброшенного через неподвижный блок противовеса массой 200 кг. Массой троса и блока пренебречь.
16. По горизонтальному столу из состояния покоя движется брусок массой $M = 700 \text{ г}$, соединённый с грузом массой $m = 300 \text{ г}$ невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о поверхность стола равен 0,2. Чему равно ускорение бруска?



17. По горизонтальному столу из состояния покоя движется массивный брусок, соединённый с грузом массой $m = 400 \text{ г}$ невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о поверхность стола равен 0,2. Ускорение груза равно 2 м/с^2 . Определите массу бруска.



18. На вершине наклонной плоскости с углом наклона 30° установлен неподвижный блок, через который переброшена нить, к концам нити прикреплены грузы. Груз массой 5 кг скользит по гладкой наклонной плоскости, а другой груз массой 3 кг опускается по вертикали. Определите ускорение, с которым движутся тела.
19. На вершине наклонной плоскости с углом наклона α установлен неподвижный блок, через который переброшена нить, к концам нити прикреплены грузы. Первый груз массой m_1 лежит на наклонной плоскости, а второй груз массой m_2 может двигаться по вертикали. Определите значение коэффициента трения μ , при котором система будет находиться в равновесии.
20. Грузы массами $M = 1\text{ кг}$ и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой M находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту 30° , коэффициент трения 0.3). Чему равно максимальное значение массы m , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя?



2.19. Динамика движения по окружности

- По горизонтальной поверхности гладкого стола скользит шар массой 300 г , описывая окружность. Шар привязан невесомой и нерастяжимой нитью длиной 20 см к гвоздю, вбитому в стол, и движется со скоростью 4 м/с . Определите силу натяжения нити, действующую на шар.
- Диск вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью 3 рад/с . На расстоянии 30 см от оси вращения на диске лежит небольшое тело массой 50 г . Определите силу трения, которая удерживает тело на диске.
- На горизонтальной дороге автомобиль делает разворот радиусом 9 м . Коэффициент трения шин об асфальт 0.4 . Определите, с какой наибольшей скоростью должен двигаться автомобиль, чтобы его не занесло.
- Автомобиль движется со скоростью 40 м/с . Коэффициент трения резины об асфальт 0.4 . Определите наименьший радиус поворота автомобиля.
- Диск вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью 4 рад/с . На расстоянии 50 см от оси вращения на диске лежит не-

- большое тело. При каком минимальном значении коэффициента трения тело ещё не будет сброшено с диска?
6. Диск вращается вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью 2 рад/с . На каком наибольшем расстоянии от оси вращения тело, расположенное на диске, не будет соскальзывать? Коэффициент трения между телом и поверхностью диска $0,2$.
 7. Горизонтально расположенный диск вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр, делая 12 оборотов в минуту. Максимальное расстояние от центра диска, на котором может удерживаться груз на диске, равно 60 см . Найдите значение коэффициента трения между грузом и диском.
 8. Математический маятник равномерно вращается в вертикальной плоскости вокруг точки подвеса. Чему равна масса маятника, если разность между максимальным и минимальным натяжением нити 10 Н ?
 9. В вагоне поезда, идущего равномерно со скоростью 20 м/с по закруглению радиусом 200 м , производится взвешивание груза с помощью динамометра. Масса груза 5 кг . Определите результат взвешивания.
 10. К потолку на нити длиной 1 м прикреплен тяжёлый шарик. Шарик приведён во вращение в горизонтальной плоскости. Нить составляет угол 60° с вертикалью. Найдите период обращения шарика.
 11. Найдите угловую скорость вращения конического маятника на невесомой нерастяжимой нити длиной 5 см , совершающего круговые движения в горизонтальной плоскости. Нить образует с вертикалью угол 60° .
 12. Шарик массой 1 кг , подвешенный на нити L , приведён во вращательное движение в горизонтальной плоскости. Какова должна быть прочность нити, чтобы радиус окружности, по которой движется шарик, стал равен $R = \frac{2L}{\sqrt{5}}$?

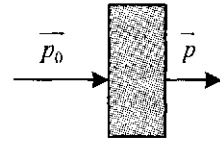
3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

3.1. Импульс тела. Относительный импульс

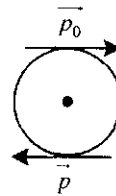
1. Вычислите импульс тела массой 300 г, имеющего скорость 54 км/ч.
2. Определите импульс автомобиля массой 2 т, который движется со скоростью 90 км/ч.
3. В начале спуска лыжник имел скорость 2 м/с, а в конце 10 м/с. Во сколько раз изменился импульс лыжника?
4. При прямолинейном движении зависимость проекции скорости тела v от времени t имеет вид: $v = 4 - 3t$. Определите модуль импульса тела в момент времени $t = 2$ с. Масса тела 5 кг.
5. Скорость тела массой 2 кг изменяется с течением времени в соответствии с уравнением $v_x = 0,5\sin(5\pi t)$. Определите импульс в момент времени 0,1 с.
6. Зависимость координаты x тела от времени t имеет вид $x = 1 + 2t + 3t^2$. Определите импульс тела в момент времени $t = 3$ с. Масса тела 15 кг.
7. Камень массой 200 г свободно падает в ущелье. Каким будет импульс камня через 3 с полёта? Силой сопротивления воздуха пренебречь.
8. Автомобиль массой 1 т начинает движение по дуге окружности радиусом 80 м. Определите импульс автомобиля, если его центростремительное ускорение равно 5 м/с^2 .
9. Масса автобуса в 3 раза больше массы автомобиля. С какой скоростью должен ехать автомобиль, чтобы его импульс был равен импульсу автобуса? Скорость автобуса 36 км/ч.
10. Грузовик массой 3 т ехал со скоростью 72 км/ч. После загрузки его масса увеличилась на 1 т. Во сколько раз изменится импульс грузовика, если он будет возвращаться со скоростью 60 км/ч?
11. Два катера массой m движутся с одинаковыми скоростями v в попутном направлении. Чему равен импульс второго катера в системе отсчёта, связанной с первым катером?
12. Моторная лодка массой m и катер массой $2m$ движутся с одинаковыми скоростями v в попутном направлении. Определите импульс катера в системе отсчёта, связанной с моторной лодкой.
13. Моторная лодка массой m и катер массой $2m$ движутся с одинаковыми скоростями v навстречу друг другу. Определите импульс катера в системе отсчёта, связанной с моторной лодкой.
14. Два одинаковых бильярдных шара массой m движутся с одинаковыми по модулю скоростями v перпендикулярно друг другу. Чему равен импульс первого шара в системе отсчёта, связанной со вторым шаром?

3.2. Изменение импульса тел

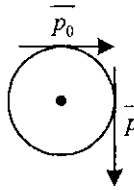
1. На рисунке указаны начальный и конечный импульсы пули, пробившей доску. Постройте вектор изменения пули.



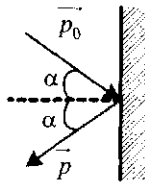
2. Материальная точка движется по окружности с постоянной по модулю скоростью. На рисунке указаны начальный и конечный импульсы точки. Постройте вектор изменения импульса.



3. Материальная точка движется по окружности с постоянной по модулю скоростью. На рисунке указаны начальный и конечный импульсы точки. Постройте вектор изменения импульса.



4. На рисунке указан начальный и конечный импульс мяча, который абсолютно упруго отразился от стены. Постройте вектор изменения импульса мяча.



3.3. Второй закон Ньютона в импульсном виде.

Реактивная сила

1. На покоящееся тело массой 2,5 кг начала действовать постоянная сила. Каким должен быть импульс этой силы, чтобы скорость тела возросла до 4 м/с?
2. Санки съехали с горки и продолжают движение по горизонтальной поверхности. Как изменится модуль импульса санок, если в течение 5 с на них действует сила трения, равная 20 Н?
3. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы за 4 с импульс тела увеличился с 20 кг · м/с до 32 кг · м/с. Чему равен модуль силы?

4. Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы, равной по модулю 10 Н, импульс тела в инерциальной системе отсчёта изменился на $5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Сколько времени потребовалось для этого?
5. Мяч массой 145 г, которому сообщили скорость 35 м/с, отбивается битой и летит обратно со скоростью 50 м/с. Вычислите среднюю силу удара, если время контакта между мячом и битой 0,5 мс.
6. Космический корабль массой $M = 3000 \text{ кг}$ начал разгон в межпланетном пространстве, включив ракетный двигатель. Из сопла двигателя ежесекундно выбрасывается $3 \text{ кг} \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} = 3 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$ горючего газа со скоростью $v = 600 \text{ м/с}$. Через какое время t скорость корабля увеличится на $\Delta v = 12 \text{ м/с}$? Изменением массы корабля за время движения пренебречь. Принять, что поле тяготения в пространстве, в котором движется корабль, пренебрежимо мало.

3.4. Импульс системы тел

1. Грузовой автомобиль массой M и легковой массой m движутся с одинаковыми скоростями v в одном направлении. Чему равен полный импульс этой системы?
2. Грузовой автомобиль массой $3m$ движется со скоростью v , а легковой массой m со скоростью $2v$. Двигутся они навстречу друг другу. Чему равен полный импульс этой системы?
3. Определите полный импульс системы двух материальных точек массой 2 кг каждая, движущихся по взаимно перпендикулярным направлениям со скоростями 3 м/с и 4 м/с.
4. Два одинаковых бильярдных шара массами m движутся один со скоростью v , а другой со скоростью $2v$ в перпендикулярном направлении. Чему равен полный импульс системы?

3.5. Закон сохранения импульса (импульсы тел направлены вдоль одной прямой)

1. Человек массой m прыгает с горизонтальной скоростью v с берега в неподвижную лодку массой M . Каким суммарным импульсом обладают лодка с человеком? Сопротивление воды движению лодки пренебрежимо мало.
2. Молекула массой m , движущаяся со скоростью $2v$, сталкивается с молекулой массой $2m$, движущейся со скоростью v в том же направлении. Каким суммарным импульсом обладают обе молекулы после столкновения?

3. Теннисный мяч массой m , движущийся со скоростью v , сталкивается с таким же мячом, движущимся со скоростью v в противоположном направлении. Каким суммарным импульсом обладают два мяча после столкновения? Столкновение считать упругим, взаимодействие мячей с другими телами пренебрежимо мало.
4. Электровоз массой 180 т, движущийся со скоростью 0,5 м/с, сталкивается с неподвижным вагоном массой 45 т, после чего они движутся вместе. Определите скорость их совместного движения.
5. Пуля массой 10 г попадает в деревянный брусок, неподвижно лежащий на гладкой горизонтальной плоскости, и застревает в нём. Скорость бруска после этого становится равной 8 м/с. Масса бруска в 49 раз больше массы пули. Определите скорость пули до попадания в брусок.
6. Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 5 м/с, сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой 300 г, который движется в том же направлении со скоростью 4 м/с. Найдите скорость шаров после удара.
7. Два неупругих шара массами 6 кг и 4 кг движутся со скоростями 8 м/с и 2 м/с соответственно, направленными вдоль одной прямой. С какой скоростью они будут двигаться после абсолютно неупругого соударения? Шары движутся навстречу друг другу.
8. Установленная на очень гладком льду замёрзшего озера пушка массой 200 кг стреляет в горизонтальном направлении. Масса выстреливаемого ядра 5 кг, его скорость при вылете из ствола 80 м/с. Какова скорость пушки после выстрела?
9. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из охотничьего ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 8 г, а её скорость при вылете равна 700 м/с.
10. Снаряд массой 8 кг в верхней точке траектории разорвался на два осколка. Осколок массой 3 кг полетел в обратном направлении со скоростью 300 м/с. Определите скорость большого осколка, если скорость снаряда во время разрыва 250 м/с.
11. Граната, летевшая горизонтально со скоростью 10 м/с, распадается на две части массами 1 кг и 1,5 кг. Скорость большего осколка осталась горизонтальной и возросла до 25 м/с. Определите скорость и направление полёта меньшего осколка.
12. С лодки массой 200 кг, движущейся со скоростью 1 м/с, ныряет мальчик массой 50 кг, двигаясь в горизонтальном направлении. Какой станет скорость лодки после прыжка мальчика, если он прыгает с носа в направлении движения лодки со скоростью 2 м/с?

13. С лодки массой 200 кг, движущейся со скоростью 1 м/с, ныряет мальчик массой 50 кг, двигаясь в горизонтальном направлении. Какой станет скорость лодки после прыжка мальчика, если он прыгает с носа в направлении движения лодки со скоростью 5 м/с?
14. Тележка движется с постоянной скоростью. Человек, скорость которого в два раза больше, догоняет тележку, вскакивает на неё и остаётся на ней, в результате чего скорость тележки увеличивается на 20%. Во сколько раз тележка тяжелее человека?
15. Два тела движутся равномерно навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями. Определите отношение масс этих тел, если после неупругого соударения их скорость уменьшилась в 3 раза.
16. На неподвижной тележке массой 20 кг стоит человек массой 80 кг. Определить числовое значение скорости, с которой будет двигаться тележка, если человек пойдёт вдоль неё со скоростью 1,5 м/с относительно тележки.
17. Человек массой 70 кг находится на корме лодки. Длина лодки 5 м, масса 280 кг. Человек переходит на нос лодки. На какое расстояние передвинется лодка относительно воды? Силами сопротивления движению пренебречь.

3.6. Закон сохранения импульса в проекциях на оси координат

1. На тележку массой 100 кг, движущуюся равномерно по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью 3 м/с, вертикально падает груз массой 50 кг. С какой скоростью будет двигаться тележка вместе с грузом?
2. На подножку вагонетки, которая движется по рельсам со скоростью 5 м/с, прыгает человек массой 60 кг в направлении, перпендикулярном ходу вагонетки. Масса вагонетки 240 кг. Определите скорость вагонетки вместе с человеком.
3. На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. На сколько при этом уменьшилась скорость вагонетки?
4. Мальчик массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает ядро массой 1 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 2 м/с. Какую скорость приобретает мальчик?
5. Конькобежец массой 63 кг, стоя на коньках на льду, бросает камень массой 2 кг со скоростью 3 м/с под углом 30° к горизонту. Определите скорость конькобежца после броска.

6. Пуля массой 20 г, летящая со скоростью 700 м/с под углом 60° к горизонту, попадает в мешок с песком массой 4 кг, лежащий на гладком горизонтальном столе, и застревает в нём. Определите скорость скольжения мешка по столу.
7. По наклонной плоскости с углом наклона 30° равномерно скользит тело массой 10 кг со скоростью 1 м/с. В тело попадает горизонтально летящая пуля массой 10 г. После этого тело останавливается. Определите скорость пули.
8. В ящик с песком массой 9 кг, соскальзывающий с гладкой наклонной плоскости, попадает горизонтально летящее ядро массой 3 кг и застревает в нём. Найдите скорость ящика сразу после попадания в него ядра, если непосредственно перед попаданием скорость ящика равна 6 м/с, а скорость ядра 12 м/с. Угол наклона плоскости к горизонту 60° .
9. Лягушка массой m сидит на конце доски массой M и длиной l . Доска плавает на поверхности пруда. Лягушка прыгает под углом α к горизонту вдоль доски. Какой должна быть скорость лягушки, чтобы она за один прыжок оказалась точно на другом конце доски?
10. Лягушка массой 100 г сидит на конце доски массой 900 г и длиной 50 см. Доска плавает на поверхности пруда. Лягушка прыгает под углом 15° вдоль доски. Какой должна быть скорость лягушки, чтобы она за один прыжок оказалась точно на другом конце доски?

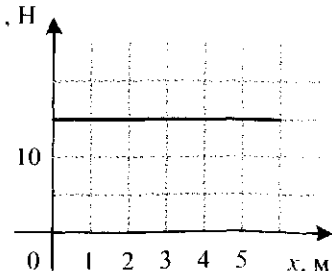
3.7. Закон сохранения импульса в векторном виде

1. При произвольном делении покоившегося ядра химического элемента образовалось три осколка массами: $3m$, $4,5m$, $5m$. Скорости первых двух взаимно перпендикулярны, а их модули равны, соответственно, $4v$ и $2v$. Определите модуль скорости третьего осколка.
2. Снаряд, летящий с некоторой скоростью, разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 50 м/с, а второй — под углом 30° со скоростью 100 м/с. Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

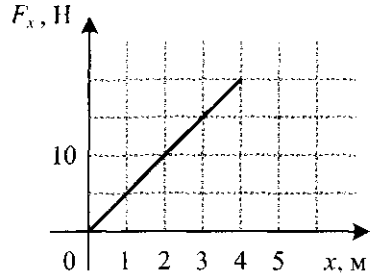
3.8. Работа силы

1. Сплавщик передвигает багром плот, прилагая к нему силу 200 Н. Какую работу совершает сплавщик, переместив плот на 10 м, если угол между направлением силы и направлением перемещения 45° ?
2. Мальчик тянет санки за верёвку с силой 50 Н. Пройдя с санками 100 м, он совершает работу 2500 Дж. Найдите угол между верёвкой и дорогой.

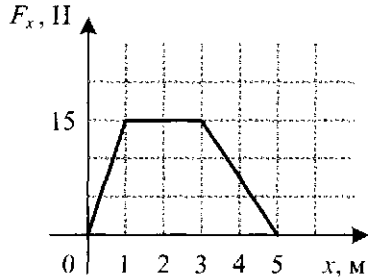
3. Мальчик везёт своего друга на санках по горизонтальной дороге, прикладывая силу 60 Н. Верёвка составляет с горизонталью угол 30° . За некоторое время мальчик совершил механическую работу, равную 6 кДж. Чему равно пройденное расстояние?
4. С помощью динамометра по горизонтальной поверхности равномерно перемещают брусок массой 0,1 кг. Какую работу совершает сила упругости пружины динамометра при перемещении бруска на 20 см? Показания динамометра 0,4 Н.
5. С помощью динамометра, расположенного под углом 30° к горизонтальной поверхности, равномерно перемещают брусок массой 100 г на расстояние, равное 20 см. Определите работу равнодействующей всех сил.
6. Определите работу силы тяжести, которая совершается над искусственным спутником Земли, за время, равное периоду обращения. Спутник движется на высоте равной земному радиусу.
7. Какую работу совершает сила тяжести, действующая на дождевую каплю массой 20 мг при её падении с высоты 2 км?
8. Башенный кран поднимает в горизонтальном положении стальную балку длиной 5 м и сечением 100 см^2 на высоту 12 м. Какую полезную работу совершает кран? Плотность стали 7800 кг/м^3 .
9. Мальчик равномерно тянет санки по дуге окружности радиусом 5 м. При этом на санки действует сила трения 60 Н. Чему равна работа силы тяги за время, необходимое для прохождения половины длины окружности?
10. Ящик тянут по земле за верёвку по горизонтальной окружности диаметром $D = 20$ м с постоянной по модулю скоростью. Работа силы тяги за один оборот по окружности $A = 3$ кДж. Чему равен модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли?
11. Какую работу совершает человек, поднимая груз массой 2 кг на высоту 1,5 м с ускорением 3 м/с^2 ?
12. Автомобиль массой 1000 кг, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, за 10 с отъезжает на 200 м. Определите работу силы тяги, если коэффициент трения равен 0,05.
13. Тело движется вдоль оси Ox под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на рисунке. Чему равна работа силы на пути 5 м?



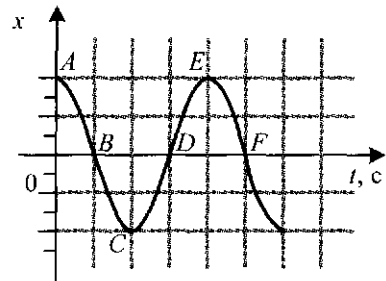
14. Тело движется вдоль оси Ox под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на рисунке. Чему равна работа силы на пути 4 м?



15. Тело движется вдоль оси Ox под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на рисунке. Чему равна работа силы на пути 5 м?



16. Груз колеблется на пружине, двигаясь вдоль оси Ox . На рисунке показан график зависимости координаты груза x от времени t . На каких участках графика сила упругости пружины, приложенная к грузу, совершает положительную работу?



3.9. Мощность

1. Лыжник за 5 с движения совершил работу 4800 Дж. Какую мощность он при этом развил?
2. Какую работу совершит подъёмник мощностью 6 кВт за 30 мин работы?
3. Вентилятор мощностью 400 Вт совершил работу 24 кДж. Какое время он работал?
4. Спортсмен поднял штангу массой 210 кг за 0,5 с на высоту 2 м. Какую мощность он при этом развил?
5. Под действием силы тяги 2000 Н автомобиль движется с постоянной скоростью 72 км/ч. Определите мощность двигателя автомобиля.
6. Самолёт Ил-62 имеет четыре двигателя, сила тяги каждого 100 кН. Какова полезная мощность каждого двигателя при скорости самолёта 240 м/с?

7. Автомобиль массой 3 т движется по горизонтальной дороге со скоростью 36 км/ч. Сила сопротивления движению составляет 0,05 от веса автомобиля. Определите полезную мощность автомобиля.
8. Катер массой 400 кг за 10 секунд после начала движения достигает скорости 18 км/ч. Определите мгновенную мощность в конце десятой секунды.
9. Время разгона автомобиля до 90 км/ч составляет 5 с. Определите мощность двигателя к концу 5-й секунды. Масса автомобиля 1200 кг.
10. Определите мощность трамвая к концу 8-й секунды после начала движения, если он развил к этому моменту скорость 36 км/ч. Масса трамвая 10 т.

3.10. Кинетическая энергия

1. Заяц массой 5 кг может разогнаться до скорости 60 км/ч. Определите кинетическую энергию зайца.
2. Земля массой $5 \cdot 10^{24}$ кг движется вокруг Солнца со скоростью 30 км/с. Определите кинетическую энергию Земли.
3. Мяч обладает кинетической энергией 20 Дж, когда летит со скоростью 36 км/ч. Определите массу мяча.
4. Во сколько раз увеличится импульс тела, если его кинетическая энергия возрастёт на 44%?
5. Чему равна кинетическая энергия тела массой 100 г, брошенного вертикально вверх со скоростью 30 м/с, через 2 с после броска?
6. Определите значение кинетической энергии тела массой 2 кг, брошенного горизонтально с вышки со скоростью 25 м/с, в конце третьей секунды его движения.
7. С некоторой высоты со скоростью 20 м/с горизонтально брошен камень. Через 4 с после броска кинетическая энергия камня стала равна 3000 Дж. Какова масса камня?
8. Пуля массой 20 г выпущена под углом 60° к горизонту с начальной скоростью 600 м/с. Определите кинетическую энергию пули в момент наивысшего подъёма.
9. Мяч брошен под углом 60° к горизонту. Во сколько раз начальная кинетическая энергия мяча больше той, которую он имеет в верхней точке траектории?
10. При бросании тела массой 0,5 кг под углом 15° к горизонту была затрачена энергия 100 Дж. На какое расстояние от точки бросания по горизонтали упадёт тело?

3.11. Теорема о кинетической энергии

1. Скорость свободно падающего тела массой 20 кг на некотором пути увеличилась с 2 до 14 м/с. Найдите работу силы тяжести на этом пути.
2. Автомобиль массой 2 т при торможении уменьшил свою скорость с 90 до 36 км/ч. Какую работу совершила при этом сила трения?
3. Пуля массой 10 г пробила доску. При этом скорость пули уменьшилась с 600 до 200 м/с. Найдите модуль работы силы сопротивления.
4. Шарик массой m движется со скоростью v . После упругого соударения со стенкой он стал двигаться в противоположном направлении, но с такой же по модулю скоростью. Чему равна работа силы упругости, которая подействовала на шарик со стороны стенки?
5. Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, пробивает бревно толщиной 30 см и вылетает из него со скоростью 100 м/с. Определите среднюю величину силы сопротивления движению пули в бревне.
6. Человек массой 60 кг стоит на льду рядом с санками массой 40 кг. Человек толкает санки, сообщая им скорость 3 м/с, а сам откатывается в противоположную сторону. Какую работу при этом совершает человек?

3.12. Потенциальная энергия тела, поднятого над землёй

1. Девочка, масса которой 42 кг, поднялась на второй этаж, который находился на высоте 6 м от поверхности Земли. Определите её потенциальную энергию.
2. Яблоко, висящее на дереве, на высоте 3 м обладает потенциальной энергией 4,5 Дж. Определите массу яблока.
3. На какой высоте сидит голубь, если он обладает потенциальной энергией 70,4 Дж? Масса птицы 400 г.
4. При работе гидроаккумулирующих электростанций ночью за счёт избытка электроэнергии вода закачивается насосами в водоём на возвышенности, а днём вода течёт из водоёма вниз и насосы выполняют роль гидротурбин. На какую высоту необходимо закачать $5 \cdot 10^6$ т воды, чтобы её запаса хватило для выработки $2,5 \cdot 10^{12}$ Дж энергии? Потерями энергии пренебречь.
5. Во сколько раз уменьшается потенциальная энергия монтажника-высотника, когда он спускается с высоты 70 м на высоту 3,5 м?
6. Тело массой 0,1 кг брошено вверх под углом 30° к горизонту со скоростью 4 м/с. Какова потенциальная энергия тела в высшей точке подъёма? Считать, что потенциальная энергия тела равна нулю на поверхности Земли.

3.13. Работа силы тяжести и изменение потенциальной энергии тела

1. Тело массой 1 кг бросили с поверхности Земли со скоростью 6 м/с под углом 30° к горизонту. Какую работу совершила сила тяжести за время полёта тела от броска до наивысшей точки траектории?
2. Тело массой 2 кг брошено с поверхности Земли со скоростью 20 м/с под углом 45° к горизонту. Какую работу совершила сила тяжести за время полёта тела от броска до падения на поверхность Земли?
3. Шарик массой 100 г скатился с горки длиной 3 м, составляющей с горизонталью угол 30° . Определите работу силы тяжести.
4. Санки с ребёнком общей массой 24 кг скатились с горки длиной 25 м, составляющей с горизонталью угол 30° . Определите работу силы тяжести.
5. Тонкий лом длиной 1,5 м и массой 10 кг лежит на горизонтальной поверхности. Какую работу надо совершить, чтобы поставить его в вертикальное положение?
6. Какую работу необходимо совершить, чтобы лежащий на полу однородный стержень, длина которого 1 м и масса 10 кг, расположить под углом 60° к горизонту?
7. Найдите работу, которую надо совершить, чтобы лежащий на полу однородный стержень, масса которого 4 кг и длина 3 м, расположить под углом 30° к горизонтали.
8. Человек взялся за конец лежащего на земле однородного бревна массой 80 кг и длиной 2 м и поднял его так, что бревно оказалось наклонённым к земле под углом 45° . Какую работу совершил при этом человек?
9. На горизонтальной плоскости лежит тонкая цепь длиной 2 м и массой 5 кг. Цепь поднимают за один конец таким образом, что она располагается вертикально и её нижний конец отстоит от плоскости на расстояние, равное длине цепи. Чему равна работа?
10. Какую работу надо произвести, чтобы груз массой 200 кг поднять из шахты глубиной 20 м на тросе массой 20 кг?

3.14. Потенциальная энергия упруго деформированной пружины

1. Пружину с жёсткостью 10 Н/м сжали на 4 см. Какой потенциальной энергией она обладает?
2. При растяжении пружины на 10 см в ней возникает сила упругости, равная 25 Н. Определите потенциальную энергию этой пружины при растяжении её на 6 см.

3. Как изменится потенциальная энергия упруго деформированного тела при уменьшении её деформации в 3 раза?
4. Как изменится потенциальная энергия упруго деформированной пружины при увеличении жёсткости пружины в 4 раза?
5. Растянутая на 1 см стальная пружина обладает потенциальной энергией упругой деформации 10 Дж. На сколько увеличится потенциальная энергия упругой деформации, если пружина будет растянута на 2 см?
6. Первая пружина имеет жёсткость 20 Н/м и растянута на 5 см, а вторая - 60 Н/м и растянута на 4 см. Определите отношение потенциальных энергий пружин $\frac{E_2}{E_1}$.
7. К динамометру вертикально подвесили груз массой 0,4 кг. Пружина динамометра растянулась на 0,1 м, и груз оказался на высоте 1 м от стола. Чему равна потенциальная энергия пружины?

3.15. Работа силы упругости и изменение потенциальной энергии пружины

1. Для растяжения недеформированной пружины на 10 см требуется сила, равная 30 Н. Какую работу необходимо совершить для сжатия такой же недеформированной пружины на 20 см?
2. Пружина удерживает дверь. Для того чтобы приоткрыть дверь, растянув пружину на 3 см, нужно приложить силу, равную 60 Н. Для того, чтобы открыть дверь, нужно растянуть пружину на 8 см. Какую работу необходимо совершить, чтобы открыть закрытую дверь?
3. Для сжатия на 2 см буферной пружины железнодорожного вагона требуется сила 60 кН. Какую работу следует совершить для её дальнейшего сжатия на 5 см?
4. Две невесомые пружины одинаковой длины, имеющие жёсткость 10 Н/см и 20 Н/см, соединены между собой параллельно. Какую работу следует совершить, чтобы растянуть пружины на 3 см?

3.16. Закон сохранения механической энергии

1. С яблони, с высоты 5 м, упало яблоко. Масса яблока 600 г. Определите, какой кинетической энергией обладало яблоко в момент касания поверхности Земли.
2. Камень брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 27 Дж. Какую кинетическую энергию будет иметь камень в верхней точке траектории полёта?

3. Тело массой 500 г брошено с высоты 10 м над поверхностью Земли со скоростью 10 м/с. Какой будет кинетическая энергия тела в момент приземления?
4. Найдите кинетическую энергию тела массой 3 кг, падающего свободно с высоты 5 м, в тот момент, когда тело находится на высоте 2 м от поверхности Земли.
5. С какой скоростью нужно выпустить вертикально вверх стрелу для того, чтобы она поднялась на высоту 20 м? Сопротивлением воздуха пренебречь.
6. Камень брошен с поверхности Земли вертикально вверх со скоростью 10 м/с. На какой высоте кинетическая энергия камня уменьшится в 5 раз по сравнению с начальной?
7. С какой скоростью надо бросить вниз мяч с высоты 3 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 8 м? Удар мяча о землю считать абсолютно упругим.
8. Тело брошено с поверхности Земли под углом к горизонту. Найдите отношение потенциальной энергии тела к его кинетической энергии на высоте 5 м, если его начальная скорость была равна 12,24 м/с.
9. При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх шарик массой 100 г поднимается на высоту 2 м. Какова жёсткость пружины, если до выстрела пружина была сжата на 5 см?
10. Конькобежец, разогнавшись, въезжает на ледяную гору, наклонённую под углом 30° к горизонту, и проезжает до полной остановки 10 м. Какова была скорость конькобежца перед началом подъёма?
11. После удара клюшкой шайба стала скользить вверх по ледяной горке и у её вершины имела скорость 5 м/с. Высота горки 10 м. Определите скорость шайбы сразу после удара. Трением пренебречь.
12. Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту? Трением пренебречь.
13. Снаряд массой 3 кг, выпущенный под углом 45° к горизонту, пролетел по горизонтали расстояние 10 км. Какой будет кинетическая энергия снаряда непосредственно перед его падением на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.
14. Груз массой 200 г привязан к нити длиной 1 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 60° . Чему равна кинетическая энергия груза при прохождении им положения равновесия?

3.17. Закон сохранения энергии и второй закон Ньютона

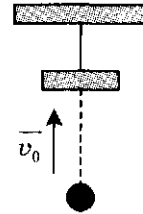
1. Груз массой 50 г привязан к нити длиной 2 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 90° . Каково центростремительное ускорение груза в тот момент, когда груз проходит положение равновесия?
2. Груз массой 100 г привязан к нити длиной 1 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 90° . Каково центростремительное ускорение груза в момент, когда нить образует с вертикалью угол 60° ?
3. Нить маятника длиной $l = 1$ м, к которой подвешен груз массой $m = 0,1$ кг, отклонена на угол α от вертикального положения и отпущена. Сила натяжения нити T в момент прохождения маятником положения равновесия равна 2 Н. Чему равен угол α ?
4. Люстра висит на длинной цепи. Цепь может выдержать натяжение не более 500 Н. Масса люстры 25 кг. На какой максимальный угол от положения равновесия можно отклонить люстру, чтобы при последующих качаниях цепь не оборвалась?
5. Нить длиной 0,63 м с привязанным к ней шариком отклонили на 90° от вертикали и отпустили. На каком наименьшем расстоянии под точкой подвеса по вертикали нужно установить гвоздь, чтобы нить, налетев на него, порвалась? В состоянии покоя нить выдерживает восьмикратный вес шарика.
6. Камень массой 500 г, привязанный к верёвке длиной 50 см, вращается в вертикальной плоскости. Натяжение верёвки в нижней точке окружности 45 Н. На какую высоту, отсчитываемую от нижней точки окружности, поднимется камень, если верёвка оборвётся в тот момент, когда скорость камня направлена вертикально вверх?
7. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарiku, чтобы он сделал полный оборот в вертикальной плоскости, если он висит на жёстком невесомом стержне длиной 90 см?
8. Какую минимальную скорость должен иметь математический маятник, проходя положение устойчивого равновесия, чтобы он мог сделать полный оборот в вертикальной плоскости? Длина нити 98 см.
9. Грузику, висящему на нити длиной 1 м, сообщили горизонтальную скорость 10 м/с. Когда грузик достиг наивысшей точки подъёма, нить пережгли. Как далеко по горизонтали отлетел грузик? Считайте, что высота грузика над полом в начальный момент пренебрежимо мала по сравнению с длиной нити.

10. Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мёртвой петле» радиусом R . С какой силой шарик давит на желоб в нижней точке петли, если масса шарика равна 100 г , а высота, которой его отпускают, равна $4R$?
11. Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мёртвой петле» радиусом R . С какой силой шарик давит на желоб в верхней точке петли, если масса шарика равна 100 г , а высота с которой его отпускают, равна $4R$?
12. Небольшое тело соскальзывает по гладкой наклонной плоскости плавно переходящей в «мёртвую петлю», с высоты $3,5R$. Во сколько раз давление тела на высоте, равной R , больше силы тяжести? Трением пренебрегите.

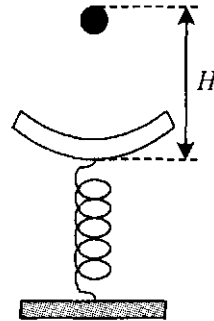
3.18. Закон сохранения импульса и закон сохранения энергии

1. Тело массой $1,8\text{ кг}$ движется горизонтально со скоростью 10 м/с и налетает на другое тело массой $0,7\text{ кг}$, прикрепленное к горизонтально расположенной невесомой пружине, упирающейся в стену. При ударе пружина деформировалась на 20 см . Считая удар абсолютно неупругим, определите коэффициент жёсткости пружины.
2. Пуля массой 50 г попадает в тело массой $1,95\text{ кг}$ и застревает в нём. Определите деформацию пружины жёсткостью 20 кН/м , которая прикрепляет тело к стене. Начальная скорость пули 100 м/с . Силой трения пренебречь.
3. Тело массой 1 кг падает с высоты $1,8\text{ м}$ на горизонтальную пластину массой $0,5\text{ кг}$, укрепленную на пружине, жёсткость которой 10 кН/м . Определите максимальное сжатие пружины, если удар абсолютно неупругий. Массой пружины пренебречь.
4. Брусок массой $m_1 = 500\text{ г}$ соскальзывает по наклонной поверхности с высоты $h = 0,8\text{ м}$ и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 300\text{ г}$. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите общую кинетическую энергию брусков после столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.
5. Пуля, летящая с горизонтальной скоростью 400 м/с , попадает в мешок, набитый поролоном, массой 4 кг , висящий на длинной нити. Высота, на которую поднимется мешок, если пуля застрянет в нём, равна 5 см . Чему равна масса пули? Ответ выразите в граммах.

6. Кусок пластилина массой 200 г кидают вверх с начальной скоростью $v_0 = 9$ м/с. Через 0,3 с свободного полёта пластилин встречает на своём пути висящий на нити брусок массой 200 г (см. рисунок). Чему равна кинетическая энергия бруска с прилипшим к нему пластилином сразу после удара? Удар считать мгновенным, сопротивлением воздуха пренебречь.



7. Кусок липкой замазки массой 100 г с нулевой начальной скоростью роняют с высоты $H = 80$ см (см. рисунок) на чашу массой 100 г, укрепленную на пружине. Чему равна кинетическая энергия чаши вместе с прилипшей к ней замазкой сразу после их взаимодействия? Удар считать мгновенным, сопротивлением воздуха пренебречь.



3.19. Закон сохранения энергии, второй закон Ньютона в импульсном виде

1. Молот массой 1000 кг падает с высоты 1,8 м на наковальню. Длительность удара 0,1 с. Удар неупругий. Определите среднее значение силы удара.
2. Мяч, летящий со скоростью 12 м/с, отбрасывается ударом ракетки в противоположном направлении со скоростью 18 м/с. Изменение его кинетической энергии равно 10 Дж. Найдите среднюю силу удара, если время действия ракетки на мяч равно 0,1 с.
3. Шарик массой $m = 0,1$ кг на нити длиной $L = 0,4$ м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия, на него в течение короткого промежутка времени, равного $t = 0,01$ с, действует сила $F = 0,1$ Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на 60° ?

3.20. Изменения механической энергии

1. Автомобиль массой 1000 кг подъезжает со скоростью 20 м/с к подъёму высотой 5 м. В конце подъёма его скорость уменьшится до 6 м/с. Каково изменение механической энергии автомобиля?
2. Тяжёлый мячик отпустили без начальной скорости с высоты $H = 20$ м, при ударе о землю он потерял часть своей кинетической

энергии и долетел до верхней точки через $t = 3$ с после начала движения. Какая часть кинетической энергии перешла в тепло при ударе? Сопротивлением воздуха пренебречь.

3.21. Изменение механической энергии и работа силы трения (силы сопротивления)

1. Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.
2. Сани с саночниками общей массой 100 кг начинают съезжать с горы высотой 8 м и длиной 100 м. Какова средняя сила сопротивления движению санок, если в конце горы они достигли скорости 10 м/с?
3. С высоты 5 м бросают вертикально вверх тело массой 200 г с начальной скоростью 2 м/с. При падении на землю тело углубляется в грунт на глубину 5 см. Найдите среднюю силу сопротивления грунта движению тела. (Сопротивлением воздуха пренебречь.)
4. Тело начинает скользить вниз по наклонной плоскости высотой 1 м образующей угол 30° с горизонтом, и, выйдя на горизонтальную поверхность, останавливается, пройдя путь, равный длине наклонной плоскости. Определите начальную скорость тела, если коэффициент трения на всех участках одинаков и равен 0,3.

3.22. Превращение механической энергии во внутреннюю энергию (с учётом закона сохранения импульса)

1. Шар массой 3 кг ударяется неупруго о покоящийся шар массой 1 кг. Найдите долю потерянной при этом кинетической энергии.
2. Пуля массой 10 г, летевшая горизонтально, попадает в брусок массой 80 г, подвешенный на длинной нити, и застревает в нём. Какая часть начальной энергии пули превратилась в тепло?
3. Два различных тела движутся равномерно навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями. При неупругом соударении 75% всей первоначальной кинетической энергии этих тел переходит в тепло. Определите, во сколько раз уменьшилась их скорость после неупругого соударения?
4. Два шара массами 3 кг и 5 кг движутся по гладкой горизонтальной поверхности навстречу друг другу со скоростями 4 м/с и 6 м/с соот-

ответственно. Чему равно изменение внутренней энергии шаров после их неупругого столкновения?

5. Конькобежец массой 80 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8 м/с. На какое расстояние откатится при этом конькобежец, если коэффициент трения коньков о лёд равен 0,02.
6. Два шарика массами 70 г и 60 г движутся по поверхности стола во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями 6 м/с и 4 м/с соответственно. Найдите количество теплоты, которое выделится после абсолютно неупругого столкновения.
7. Две частицы массами m и $2m$, имеющие импульсы p и $\frac{p}{2}$ соответственно, движутся во взаимно перпендикулярных направлениях. После соударения частицы обмениваются импульсами. Определите потерю кинетической энергии частиц после соударения.
8. Орудие, масса которого 400 кг, стреляет в горизонтальном направлении. Масса снаряда 8 кг, его начальная скорость 100 м/с. При выстреле орудие откатывается на 50 см. Определите среднее значение силы торможения, развивающейся в противооткатном устройстве орудия.
9. На закреплённом по краям листе бумаги лежит шарик массой 80 г. Снизу вертикально вверх в шарик попадает пуля массой 10 г со скоростью 400 м/с. Пробив шарик, пуля поднимается на высоту 1 км. На какую высоту поднимется шарик?
10. На горизонтальной поверхности стола лежит брусок массой 5 кг. В брусок попадает горизонтально летящая пуля, имеющая массу 9 г и скорость 600 м/с, и застревает в нём. Найдите путь, пройденный бруском после попадания в него пули. Коэффициент трения 0,3.

3.23. Простые механизмы. КПД

- Для чего используют простые механизмы?
- Можно ли получить выигрыш в работе, используя простые механизмы?
- Приведите примеры простых механизмов.
- Для чего можно использовать подвижный и неподвижный блоки?
- С помощью неподвижного блока, закреплённого на потолке, поднимают груз массой 20 кг на высоту 1,5 м. Какую работу при этом совершают, если КПД блока равен 90%?

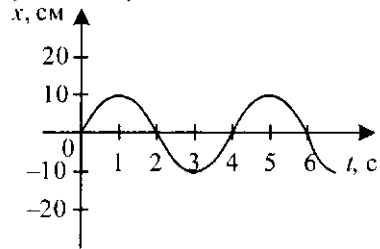
6. С помощью рычага длиной 150 см подняли груз массой 100 кг на высоту 5 см. Какую работу совершили при этом, если КПД устройства 95%?
7. Угол наклона плоскости к горизонту равен 30° . Вверх по этой плоскости тащат ящик массой 90 кг, прилагая к нему силу, направленную параллельно плоскости и равную 600 Н. Определите коэффициент полезного действия наклонной плоскости.
8. Груз перемещают равномерно по наклонной плоскости длиной 2 м. Под действием силы 2,5 Н, направленной вдоль плоскости, груз подняли на высоту 0,4 м. Если полезной считать ту часть работы, которая пошла на увеличение потенциальной энергии груза, то КПД наклонной плоскости в данном процессе равен 40%. Какова масса груза?
9. Двигатель игрушечного автомобиля потребляет мощность 400 Вт. Определите КПД двигателя, если машинка движется со скоростью 4 м/с, а сила сопротивления движению 25 Н.
10. Мотор электровоза при движении со скоростью 72 км/ч потребляет мощность 600 кВт. Определите коэффициент полезного действия силовой установки электровоза, если сила тяги равна 24 кН.
11. Мотор электровоза при движении со скоростью 90 км/ч потребляет мощность 800 кВт. Определите силу тяги мотора, если коэффициент полезного действия силовой установки электровоза равен 0,75.
12. Подъёмный кран равномерно поднимает груз массой 2 т. Мощность двигателя крана 7,4 кВт. Определите скорость подъёма груза, если коэффициент полезного действия крана 60%.

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

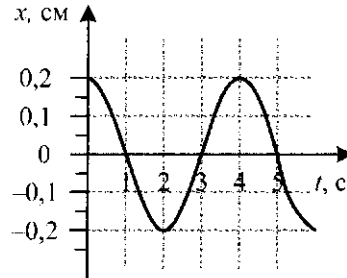
4.1. Гармонические колебания

1. При измерении пульса человека было зафиксировано 75 пульсаций крови за 1 мин. Определите период и частоту сокращения сердечной мышцы.
2. Каков период колебаний поршня двигателя автомобиля, если за 30 с поршень совершает 600 колебаний?
3. Сколько полных колебаний совершит материальная точка за 5 с, если частота колебаний 440 Гц?
4. Тело совершает гармонические колебания по закону $x = 0,2\sin(4\pi t)$. Определите амплитуду и циклическую частоту колебаний.

5. На рисунке представлена зависимость координаты центра шара, подвешенного на пружине, от времени. Чему равен период колебаний?



6. На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Чему равна частота этих колебаний?



7. За какую часть периода T шарик математического маятника проходит путь от крайнего левого положения до положения равновесия?
8. За какую часть периода T шарик математического маятника проходит путь от крайнего левого положения до крайнего правого положения?
9. Амплитуда свободных колебаний тела равна 50 см. Какой путь проходит тело за одно полное колебание?
10. Амплитуда свободных колебаний тела равна 30 см. Какой путь проходит тело за 5 полных колебаний?

4.2. Математический маятник

1. Математический маятник совершил 100 колебаний за 628 с. Чему равна длина нити маятника?
2. Амплитуду колебаний математического маятника уменьшили в 2 раза. Как при этом изменился период колебаний маятника?
3. Длину нити математического маятника уменьшили в 4 раза. Как при этом изменился период колебаний маятника?
4. Длину нити математического маятника уменьшили в 9 раз. Как при этом изменилась частота колебаний маятника?
5. Определите первоначальную длину математического маятника, если известно, что при уменьшении длины маятника на 5 см период колебаний изменился в 1,5 раза.
6. За одно и то же время первый математический маятник совершил 40 колебаний, а второй 60. Определите отношение длины первого маятника к длине второго.
7. Длина первого маятника 1 м, второго 2,25 м. За некоторое время первый маятник совершил 15 колебаний. Сколько колебаний за тот же промежуток времени совершил второй маятник?
8. За один и тот же промежуток времени первый математический маятник совершил 16 колебаний, а второй 10. Определите длину первого маятника, если разность их длин 0,39 м.
9. Первый математический маятник совершает колебания с частотой 6 Гц. Длина нити второго маятника больше длины первого в 3,24 раза. Чему равен период колебаний второго маятника?
10. Секундный маятник перенесли на поверхность Луны. Чему стал равен период колебаний этого маятника? Ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.
11. Математический маятник с длиной нити 7 см находится в лифте, который движется с ускорением 3 м/с^2 , направленным вниз. Рассчитайте период колебаний маятника.
12. Математический маятник с длиной нити 24 см находится в лифте, который движется с ускорением 2 м/с^2 , направленным вверх. Рассчитайте период колебаний маятника.
13. Период колебаний математического маятника в неподвижном лифте 1 с. С каким ускорением, направленным вниз, движется лифт, если период колебаний маятника стал 1,1 с?
14. С каким ускорением двигалась кабина лифта, если секундный маятник, находящийся в ней, совершил 75 колебаний за 100 с? Какое направление имеет ускорение лифта?

15. При какой скорости поезда маятник с длиной нити 1 м, подвешенный в вагоне, раскачивается наиболее сильно? Длина рельса 30 м.
16. Математический маятник длиной 10 см совершает колебания вблизи вертикальной стенки, в которую на расстоянии 6,4 см от точки подвеса по вертикали вбит гвоздь, на который маятник наталкивается. Определите период колебаний такого маятника.

4.3. Пружинный маятник

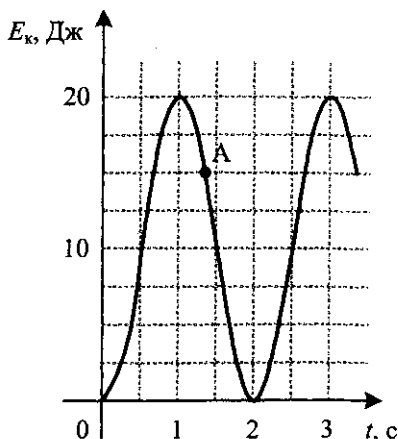
1. К пружине жёсткостью 40 Н/м подвешен груз массой 0,1 кг. Определите период свободных колебаний этого пружинного маятника.
2. К пружине жёсткостью 200 Н/м подвешен груз массой 0,4 кг. Определите частоту свободных колебаний этого пружинного маятника.
3. Груз, подвешенный на пружине жёсткостью 250 Н/м, совершает свободные колебания с циклической частотой 50 с^{-1} . Найдите массу груза.
4. Груз массой 400 г подвешен к пружине и совершает колебания. Как изменится период колебаний, если к той же пружине вместо этого груза подвесить тело массой 0,8 кг?
5. Груз массой 0,16 кг, подвешенный на пружине, совершает свободные гармонические колебания. Какой массы новый груз нужно подвесить вместо первого, чтобы период колебаний увеличился в 2 раза?
6. Амплитуду колебаний и массу пружинного маятника увеличили в 4 раза. Что произойдёт с периодом его колебаний?
7. Груз массой 200 г подвешен к пружине и совершает колебания. Как изменится частота колебаний, если к той же пружине вместо этого груза подвесить тело массой 0,8 кг?
8. Груз массой 0,16 кг, подвешенный на пружине, совершает свободные гармонические колебания. Какой массы новый груз нужно подвесить вместо первого, чтобы частота колебаний увеличилась в 2 раза?
9. Груз, подвешенный к пружине, совершает свободные колебания. Как изменится частота колебаний, если массу груза увеличить в 2 раза, а пружину заменить на другую? Коэффициент жёсткости новой пружины в 2 раза меньше старой.
10. Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 100 Н/м, совершает свободные гармонические колебания. Какой должна быть жёсткость другой пружины, чтобы частота колебаний этого груза увеличилась в 4 раза?
11. Тело массой 300 г подвешено к цепочке из двух параллельных пружин с коэффициентами жёсткости 500 и 250 Н/м. Определите период собственных колебаний системы. *

12. Тело массой 600 г подвешено к цепочке из двух последовательных пружин с коэффициентами жёсткости 500 и 250 Н/м. Определите частоту колебаний системы.
13. Математический маятник длиной 0,4 м и пружинный маятник совершают колебания с одинаковым периодом. Определите массу груза пружинного маятника, если жёсткость пружины 20 Н/м.

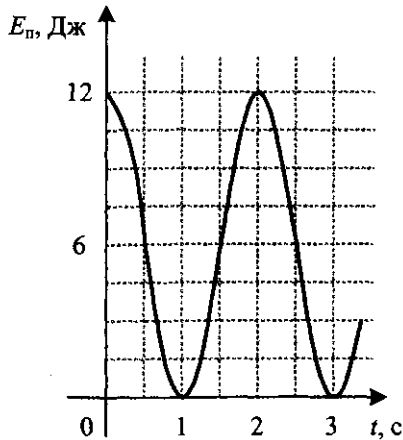
4.4. Закон сохранения механической энергии

1. Сколько раз за одно полное колебание груза на пружине потенциальная энергия пружины принимает своё наибольшее значение?
2. Сколько раз за одно полное колебание пружинного маятника кинетическая энергия груза бывает равна потенциальной энергии пружины?
3. Во сколько раз период колебания потенциальной энергии пружины меньше периода колебаний маятника?
4. Во сколько раз частота колебания кинетической энергии груза пружинного маятника больше частоты колебаний?
5. Амплитуда колебаний пружинного маятника 5 см, жёсткость пружины 40 Н/м. Чему равна максимальная кинетическая энергия груза?
6. Груз массой 2 кг, закреплённый на пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см. Какова максимальная скорость груза?
7. Тело массой 100 г совершает колебания на пружине с амплитудой 5 см. Максимальное значение модуля скорости этого тела равно 5 м/с. Определите коэффициент жёсткости пружины.
8. Пружинный маятник жёсткостью 2000 Н/м совершает гармонические колебания. Масса груза 50 г. Максимальная скорость груза 20 м/с. Определите амплитуду колебаний.

9. На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребёнка, качающегося на качелях. Чему равны его полная механическая и потенциальная энергии в момент, соответствующий точке А на графике?



10. На рисунке представлен график зависимости потенциальной энергии математического маятника (относительно положения его равновесия) от времени. Определите его кинетическую энергию в момент времени $t = 2$ с.



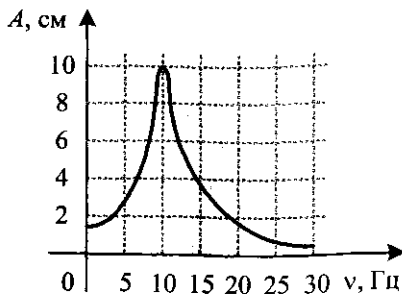
11. Тело массой 5 кг совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см. Максимальная кинетическая энергия колеблющегося тела равна 2,5 Дж. Определите период колебаний.
12. Амплитуда колебаний пружинного маятника 5 см, масса груза 400 г. Максимальная кинетическая энергия груза равна 0,05 Дж. Определите собственную частоту колебательной системы.
13. Тело массой 100 г совершает колебания на пружине с амплитудой 5 см. Максимальное значение модуля скорости этого тела равно 5 м/с. Определите частоту колебаний.
14. Груз массой 2 кг совершает колебания с циклической частотой 5 Гц. Амплитуда колебаний 10 см. Какова максимальная скорость груза?
15. Максимальная кинетическая энергия материальной точки массой 10 г, совершающей гармонические колебания с периодом 2 с, равна 100 мкДж. С какой амплитудой происходят колебания?
16. Математический маятник длиной 1 м отводят от положения равновесия и отпускают. Сколько раз за время 6,3 с кинетическая энергия маятника достигнет максимального значения?

4.5. Вынужденные колебания.

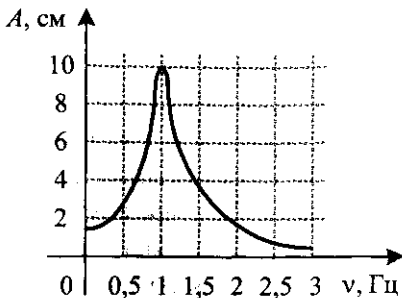
Резонанс

1. В какой колебательной системе (совершающей свободные или вынужденные колебания) может наблюдаться резонанс?
2. При каком условии наступает резонанс?
3. Приведите примеры разрушительного воздействия резонанса.

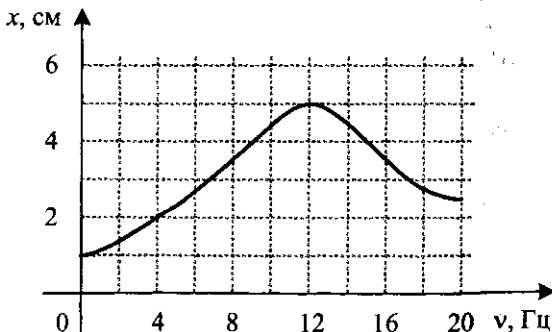
4. На рисунке представлен график зависимости амплитуды A вынужденных колебаний от частоты ν вынуждающей силы. При какой частоте происходит резонанс? Чему равна амплитуда колебаний при резонансе?



5. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Определите отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц.



6. Груз, прикрепленный к пружине жесткостью 40 Н/м, совершает вынужденные колебания. Зависимость амплитуды этих колебаний от частоты воздействия вынуждающей силы представлена на рисунке. Определите полную энергию колебаний груза при резонансе.



4.6. Длина волны

1. Дайте определение механической волны. Каковы условия её возникновения?
2. Какие виды механических волн вы знаете? Приведите примеры.
3. Что можно сказать о скорости распространения волны в твёрдых телах, в жидкостях и газах? В вакууме?

4. Волна с периодом колебаний $0,5$ с распространяется со скоростью 24 м/с. Определите длину этой волны.
5. В океане длина волны равна 250 м, а период колебаний в ней 20 с. С какой скоростью распространяется волна?
6. На поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью 5 м/с. Определите период колебаний бакена, если длина волны 3 м.
7. Расстояние между ближайшими гребнями волн в море 4 м. Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью 3 м/с. С какой частотой волны ударяют о корпус лодки?
8. Как изменится длина волны, если скорость распространения возрастёт в $1,2$ раза, а период колебаний останется без изменений?
9. Как изменится длина волны, если скорость распространения увеличится в 4 раза, а период колебаний уменьшится в 2 раза?
10. Во сколько раз увеличится скорость распространения волны, если длина волны возрастёт в 3 раза, а период колебаний останется без изменений?
11. Как изменится скорость распространения волны, если длину волны и частоту увеличить в 2 раза?
12. Точка струны совершает колебания с частотой 1000 Гц. Какой путь пройдёт эта точка за $1,2$ с, если амплитуда колебаний равна 2 мм?
13. Длина волны 1 м. Найдите разность фаз колебаний двух точек, лежащих на луче и отстоящих друг от друга на расстоянии 2 м.
14. По верёвке бежит волна со скоростью $0,5$ м/с. Красный флажок, закреплённый на верёвке, совершает колебания вверх-вниз с периодом 1 с. Определите разность фаз точек верёвки, находящихся на расстоянии 2 м друг от друга.

4.7. Звуковые волны

1. Какую частоту имеют источники звука?
2. В какой среде звук не может распространяться?
3. Какие изменения отмечает человек в звуке при увеличении амплитуды колебаний в звуковой волне?
4. Какие изменения отмечает человек в звуке при увеличении частоты колебаний в звуковой волне?
5. Источник колебаний с периодом 5 мс вызывает в воде звуковую волну с длиной волны $7,175$ м. Определите скорость звука в воде.
6. Звуковая волна частотой 1 кГц распространяется в стальном стержне со скоростью 5 км/с. Определите длину этой волны.
7. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Длина звуковой волны в воздухе для самого низкого мужского голоса достигает $4,3$ м. Определите частоту колебаний этого голоса.

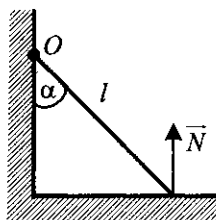
8. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Длина звуковой волны в воздухе для самого высокого женского голоса достигает 25 см. Определите частоту колебаний этого голоса.
9. Через 3 с после вспышки молнии наблюдатель услышал гром. На каком расстоянии от него ударила молния? Скорость звука в воздухе 330 м/с.
10. На расстоянии 400 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Скорость звука в воздухе 340 м/с.
11. На каком расстоянии от корабля находится айсберг, если посланный гидролокатором ультразвуковой сигнал, имеющий скорость 1500 м/с, вернулся назад через 0,4 с?
12. При измерении глубины моря под кораблём при помощи эхолота оказалось, что моменты отправления и приёма ультразвука разделены промежутком времени 0,6 с. Определите глубину моря под кораблём. Скорость звука в воде 1400 м/с.
13. Ультразвуковой сигнал с частотой 50 кГц возвратился после отражения от дна моря на глубине 150 м через 0,2 с. Какова длина ультразвуковой волны?

5. СТАТИКА

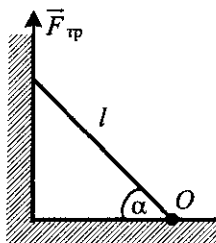
5.1. Плечо силы. Момент силы

1. Ширина входной двери 90 см. Ручку прикрепили на расстоянии 5 см от её края. Определите плечо силы, открывающей дверь.
2. Диаметр велосипедного колеса 60 см. Определите плечо силы трения относительно оси вращения колеса.
3. Груз массой 200 г, привязанный к нити длиной 1 м, совершает колебания. В момент наибольшего отклонения груза от вертикали угол составляет 30° . Чему равно плечо силы тяжести относительно точки подвеса при максимальном отклонении груза?
4. По деревянной лестнице длиной 3 м поднимается человек массой 70 кг. Определите плечо силы тяжести, действующей на человека в тот момент, когда он прошёл треть лестницы. Угол наклона лестницы с полом 60° . Рассмотрите два случая: первый раз ось вращения располагается в месте соприкосновения с полом, а второй раз — со стеной.

5. Однородная лестница массой m и длиной l опирается на стену, образуя с ней угол α (см. рисунок). Найдите плечо силы реакции опоры \bar{N} относительно точки O .



6. Однородная лестница массой m и длиной l опирается на стену, образуя с полом угол α (см. рисунок). Найдите момент силы трения $\bar{F}_{\text{тр}}$ относительно точки O .

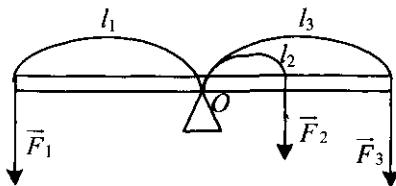


7. Грузик массой 100 г привязан к нити длиной 1 м и вращается в горизонтальной плоскости по окружности радиусом 20 см. Определите момент силы тяжести относительно точки подвеса.
8. К ободу колеса диаметром 60 см приложена касательная тормозящая сила 100 Н. Какой минимальный по величине вращательный момент может заставить колесо вращаться?
9. К маховику приложен вращательный момент $100 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Какое плечо должна иметь тормозящая сила в 500 Н, чтобы маховик не вращался?

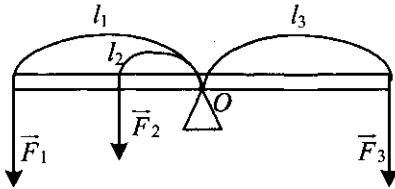
10. На вал с насаженным на него колесом диаметром 20 см относительно оси действует вращающий момент $8 \text{ Н} \cdot \text{м}$. С какой минимальной силой должна быть прижата тормозная колодка к ободу вращающегося колеса, чтобы колесо остановилось? Коэффициент трения 0,8.

5.2. Правило моментов (параллельные силы)

1. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил, первая из которых 4 Н. Определите модуль второй силы, если плечо первой силы 15 см, а второй 10 см.
2. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил, первая из которых 5 Н. Определите модуль второй силы, если плечо первой силы 10 см, а длина рычага 35 см.
3. Труба массой 1,2 т лежит на земле. Какое усилие надо приложить, чтобы приподнять краном трубу за один из её концов?
4. На концах тонкого стержня длиной 60 см закреплены грузы массами 1 кг и 3 кг. Стержень подвешен на нити и расположен горизонтально. Найдите расстояние от первого груза до точки подвеса. Массой стержня пренебречь.
5. Два шара массами 1 кг и 5 кг скреплены невесомым стержнем. Центр первого шара отстоит от центра второго на расстояние 90 см. На каком расстоянии от центра более лёгкого шара находится центр тяжести системы?
6. Два шара массами 1 кг и 2 кг скреплены невесомым стержнем. Центр первого шара отстоит от центра второго на расстояние 60 см. На каком расстоянии от центра более тяжёлого шара находится центр тяжести системы?
7. Два малых по размеру груза массами 4 кг и 2 кг скреплены невесомым стержнем длиной 60 см. Определите, на каком расстоянии от центра стержня находится центр тяжести такой системы.
8. На рычаг, находящийся в равновесии, действуют три силы $F_1 = 6 \text{ Н}$, $F_2 = 2,5 \text{ Н}$ и F_3 . Плечи этих сил, соответственно, равны $l_1 = 50 \text{ см}$, $l_2 = 20 \text{ см}$ и $l_3 = 50 \text{ см}$ (см. рисунок). Определите значение третьей силы, если рычаг находится в равновесии.



9. На рычаг, находящийся в равновесии, действуют три силы $F_1 = 10$ Н, F_2 и $F_3 = 12$ Н. Плечи этих сил, соответственно, равны $l_1 = 40$ см, $l_2 = 20$ см и $l_3 = 40$ см (см. рисунок). Определите значение третьей силы, если рычаг находится в равновесии.

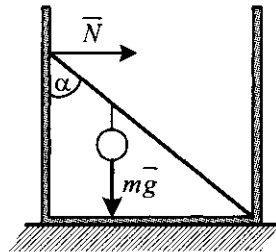


10. Четыре однородных шара массами 1 кг, 5 кг, 7 кг и 3 кг укреплены последовательно на невесомом стержне так, что их центры находятся на оси стержня на равных расстояниях 20 см друг от друга. На каком расстоянии (в см) от центра третьего шара находится центр тяжести системы?

5.3. Правило моментов (непараллельные силы)

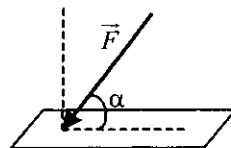
1. К стене прислонена лестница массой 15 кг. Центр тяжести лестницы находится на расстоянии $\frac{1}{3}$ длины от верхнего её конца. Какую силу, направленную горизонтально, надо приложить к середине лестницы, чтобы верхний её конец не оказывал давления на стену? Угол между лестницей и стеной 45° .

2. Невесомый стержень длиной 1 м, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). К стержню на расстоянии 25 см от его левого конца подвешен на нити шар массой 2 кг. Каков модуль N силы, действующей на стержень со стороны левой стенки ящика?

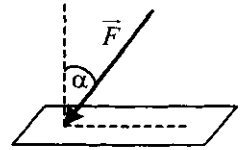


5.4. Давление твёрдого тела

1. На горизонтальную поверхность действует сила \vec{F} , образующая с ней угол α (см. рисунок). По какой формуле можно рассчитать давление, производимое на поверхность?



2. На горизонтальную поверхность действует сила \vec{F} , образующая с вертикалью угол α (см. рисунок). При каком значении угла сила будет оказывать минимальное давление на поверхность?



3. Вода массой 100 кг в водопаде скользит вдоль отвесной скалы, соприкасаясь с поверхностью площадью 3 м^2 . Какое давление оказывает вода на скалу?
4. На стол положили два кубика одинакового размера. Один изготовлен из стали ($\rho_{\text{стали}} = 7800 \text{ кг/м}^3$), а другой из алюминия ($\rho_{\text{алюминия}} = 2700 \text{ кг/м}^3$). Какой кубик оказывает на стол большее давление и во сколько раз?
5. Масса столика на четырёх ножках 1,6 кг. Какое давление оказывает столик на пол, если площадь каждой ножки 4 см^2 ?
6. В мебельном магазине покупатель вначале присел на табурет с тремя ножками, а потом с четырьмя. На сколько процентов уменьшилось давление, оказываемое на пол? Площадь каждой ножки считайте одинаковой.
7. Бетонная плита длиной 2 м и шириной 1,5 м оказывает на грунт давление 3000 Па. Определите массу плиты.
8. Определите силу давления на деталь, если площадь поверхности взаимодействующих частей 20 см^2 , а давление, которое оказывают тиски, 40 кПа.

6. ГИДРОСТАТИКА

6.1. Давление жидкости и газа

1. В открытой цистерне, наполненной до уровня 4 м, находится жидкость. Её давление на дно бочки равно 28 кПа. Определите плотность этой жидкости.
2. Нормальное атмосферное давление 100 кПа. На какой глубине в воде давление в 6 раз больше атмосферного? Плотность воды 1000 кг/м^3 .
3. Эхолотом, установленным на подводной лодке, определили, что расстояние до дна составляет 600 м. Глубина моря в данном месте 2 км. Определите давление морской воды, действующей на подводную лодку. Плотность морской воды 1030 кг/м^3 .
4. На какую высоту необходимо подняться в гору, чтобы давление уменьшилось на 15 925 Па? Плотность воздуха постоянна — $1,3 \text{ кг/м}^3$.
5. В цилиндрическое ведро, площадь дна которого $0,02 \text{ м}^2$, налита вода массой 14 кг. Чему равно давление воды на стенки ведра на расстоянии 0,2 м от дна? Плотность воды 1000 кг/м^3 .

6.2. Сила давления

1. Какую силу испытывает обшивка дна корабля площадью 200 см^2 на глубине 4 м? Плотность воды 1000 кг/м^3 .
2. Ртуть хранится в сосуде, имеющем форму параллелепипеда. С какой силой она давит на его дно размерами $10 \times 15 \text{ см}$, если уровень ртути в сосуде 20 см? Плотность ртути $13\,600 \text{ кг/м}^3$.
3. В подводной части корабля образовалась пробоина площадью 2 см^2 . Отверстие находится ниже уровня воды на глубине 4 м. Какая минимальная сила требуется, чтобы удержать заплату, закрывающую отверстие с внутренней стороны корабля? Атмосферное давление 100 кПа. Плотность воды 1000 кг/м^3 .
4. Канал шириной 10 м и глубиной 5 м наполнен водой и перегороден плотиной. С какой силой вода давит на плотину? Плотность воды 1000 кг/м^3 .
5. Аквариум, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, полностью заполнен водой. С какой силой давит вода на стенку аквариума длиной 50 см, если высота стенок аквариума 30 см? Плотность воды 1000 кг/м^3 .
6. Аквариум наполовину наполнен водой. С какой силой давит вода на стенку аквариума длиной 50 см, если высота стенок аквариума 40 см? Плотность воды 1000 кг/м^3 .