

РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ ПО ПРЯМОЙ. СЛОЖЕНИЕ СКОРОСТЕЙ.

1. Автобус, идущий из Владимира в Суздаль, сломался, не доехав до цели. Из-за этого группе школьников пришлось оставшийся путь проделать пешком. В результате оказалось, что первую половину времени своего движения из Владимира в Суздаль школьники ехали со скоростью 50 км/ч, а вторую - шли со скоростью 5 км/ч. Какова была средняя скорость школьников ?

Ответ. 27,5 км/ч

2. Какой оказалась бы средняя скорость школьников из предыдущей задачи, если бы автобус сломался, проехав половину пути между городами ?

Ответ. $\approx 9,1$ км/ч

3. Автомобиль проехал половину пути со скоростью 60 км/ч, оставшуюся часть пути он половину времени шел со скоростью 15 км/ч, а последний участок - со скоростью 45 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

Ответ. 40 км/ч

4. Точка движется по прямой, причем за любой интервал времени в 1с она проходит 1м. Значит ли это, что ее движение равномерно ?

Ответ. Нет.

5. Мальчик, стоя на эскалаторе, спускается вниз за минуту, а по неподвижному эскалатору взбежит вверх за 50 секунд. За какое время он взбежит вверх по движущемуся вниз эскалатору ?

Ответ. 5 мин.

6. Два человека находятся на противоположных концах прямой улицы длины l . Точно в середине улицы произошел взрыв. Первый человек услышал звук взрыва через время t_1 , а второй - через $t_2 > t_1$. Найдите скорость ветра, который дует вдоль улицы.

Ответ. $v = \frac{l(t_2 - t_1)}{4t_2t_1}$

7. Колонна войск во время похода движется со скоростью v , растянувшись по дороге на расстояние l . Командир, находящийся в хвосте колонны, посылает велосипедиста с поручением главному отряду. Велосипедист отправляется и едет со скоростью u и, на ходу выполнив поручение, сразу же возвращается обратно с той же скоростью. Через сколько времени после получения поручения он вернется обратно ?

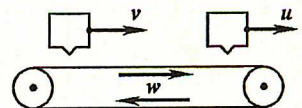
Ответ. $t = \frac{2lu}{u^2 - v^2}$

8. Спортсмены бегут колонной длины l со скоростью v . Навстречу бежит тренер со скоростью $u < v$. Каждый спортсмен, поравнявшись с тренером, разворачивается и начинает бежать назад с той же по модулю скоростью v . Какова будет длина колонны, когда все спортсмены развернутся ?

Ответ. $x = l \frac{v - u}{v + u}$

9. Лента транспортера имеет скорость w . Над лентой движется автомат, выбрасывающий n шариков в единицу времени. Шарик прилипает к ленте. Счетчик шариков с фотоэлементом считает только шарик, прошедший непосредственно под ним. Сколько шариков считает счетчик за единицу времени, если скорость автомата $v < w$, скорость счетчика $u < w$?

Ответ. $m = n \frac{w - u}{w - v}$



РАВНОУСКОРЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ - 2

1. Камень подняли на высоту h над землей и отпустили без начальной скорости.

а) Сколько времени он будет падать?

б) Какую скорость он будет иметь непосредственно перед ударом о землю ?

Ответ. а) $t = \sqrt{2h / g}$; б) $v = \sqrt{2gh}$

2. Камень бросили вертикально вверх с начальной скоростью v_0 . На какую максимальную высоту он поднимется ?

Ответ. $h = v_0^2 / 2g$

3. Мячик бросают вертикально вниз с высоты h . Какую начальную скорость он должен иметь, чтобы после удара подпрыгнуть на высоту $2h$? При ударе о землю мячик отскакивает с той же скоростью, что имел непосредственно перед ударом.

Ответ. $v_0 = \sqrt{2gh}$

4. Тело, свободно падающее без начальной скорости, прошло последние 30 м за время 0,5 с. Найти время падения и высоту, с которой упало тело.

Ответ. $t \approx 6,2$ с; $h \approx 195$ м

5. Тело, свободно падающее без начальной скорости, за последнюю секунду падения прошло 1/3 своего пути. Найти время падения и высоту, с которой упало тело.

Ответ. $t \approx 5,45$ с; $h \approx 145$ м

6. Тело бросают вертикально вверх. В течение полета оно дважды побывало на высоте h , причем промежуток времени между этими двумя событиями оказался равен τ . Найдите начальную скорость тела.

Ответ. $v_0 = \frac{g}{2} \sqrt{\tau^2 + \frac{8h}{g}}$

7. Камень, поднятый над землей, начинает падать без начальной скорости. Одновременно с ним начинает падать кабинка лифта (также без начальной скорости). Как выглядит движение камня с точки зрения человека, находящегося в кабине ?

8. Тот же вопрос, если кабинка начала падать через время t после начала движения камня.

9. Тот же вопрос, если камень начал падать через время t после начала движения кабинки.

10. С каким промежутком времени оторвались от карниза крыши две капли, если спустя две секунды после начала падения второй капли расстояние между ними было 25 м?

Ответ. $\tau \approx 1$ с

11. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью v_0 . Когда оно достигло высшей точки пути, из того же начального пункта с той же скоростью v_0 брошено второе тело. На какой высоте от начального пункта они встретятся?

Ответ. $h = \frac{3v_0^2}{8g}$

12. Камень бросают вертикально вверх. Какой должна быть его начальная скорость, чтобы подъем на высоту 30 м занял ровно 6 с? 3 с?

Ответ. 35 м/с; 25 м/с

13. Объясните удивительный результат, полученный в предыдущей задаче.

РАБОТА. ЭНЕРГИЯ. МОЩНОСТЬ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ.

1. Небольшое тело прикреплено к концу пружины жесткости k . Другой конец пружины закреплен неподвижно. Покажите, что "поле сил упругости пружины", действующих на тело в этих условиях, является потенциальным, и найдите потенциальную энергию тела при его смещении от положения равновесия на расстояние x . Тело смещается вдоль пружины.

2. Маленький брусок, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, попадает на шероховатый участок этой поверхности, который представляет собой полосу ширины L . При какой минимальной начальной скорости, перпендикулярной полосе, он преодолет этот участок? Коэффициент трения μ .

3. Цепь массы m и длины l лежит у границы, разделяющей горизонтальную плоскость на две полуплоскости - гладкую и шероховатую. Найдите минимальную работу, которую необходимо совершить, чтобы передвинуть цепь на вторую полуплоскость. Коэффициент трения цепи о шероховатую полуплоскость равен μ .

4. Действуя постоянной силой $F=200$ Н, поднимают груз массой $M=10$ кг на высоту $h=10$ м. Какую работу совершает сила F ? На сколько изменяется потенциальная энергия груза? При расчетах можно считать $g=10$ м/с.

5. Тело бросили с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту. Найдите высоту верхней точки траектории. (Решите задачу двумя способами - кинематически и через энергию).

6. Грузик массы m прикреплен к концу пружины жесткости k . Другой конец пружины закреплен. Грузик отвели от положения равновесия на расстояние A и отпустили без начальной скорости. Как он будет двигаться после этого? Какова его максимальная скорость?

7. На стоящую вертикально на полу невесомую пружину положили тело массы m . Когда тело остановилось, деформация пружины составила x . Какова стала потенциальная энергия E пружины? Какую работу A совершила сила тяжести? Равны ли E и A ? Поясните.

8. Тело массы m падает с высоты h на стоящую вертикально на полу легкую пружину жесткости k и длины l . Определите максимальную силу давления на пол и максимальную скорость, которую будет иметь шарик при своем движении вниз.

9. Легкий резиновый шнур своими концами прикреплен к стенкам, расстояние между которыми равно $2l$. Недеформированная длина шнура равна расстоянию между стенками. К середине шнура прицепили груз массы m , который затем без толчка отпустили. При возникших колебаниях наибольшее расстояние, на которое опускается груз, равно x_0 . Какова жесткость этого шнура?

10. Грузик, подвешенный на нити длины l , отклонили на угол $\alpha < 90^\circ$ от положения равновесия и отпустили без начальной скорости.

а) Какова его наибольшая скорость?

б) Каково наибольшее натяжение нити и в какой момент оно достигается?

в) Каково натяжение нити, когда она составляет угол $/2$ с вертикалью?

11. Какую минимальную скорость надо сообщить в нижней точке шарика маятника, чтобы он еще мог описывать окружность в вертикальной плоскости? Шарик подвешен на легком стержне длины R .

12. Тот же вопрос, если шарик подвешен на нити той же длины.

13. Тележка массы m скатывается по гладким рельсам, образующим круглую вертикальную петлю радиуса R . С какой силой давит она на рельсы в верхней и в нижней точках вертикальной петли, если она была пущена с высоты H ? С какой минимальной высоты должна скатываться тележка, чтобы не отрываться от рельсов на всем протяжении петли?

14. На каком минимальном расстоянии от места закругления склона должна располагаться стартовая площадка лыжников, чтобы они, достигнув закругления, начали свободный полет? Угол склона α , радиус его закругления R , коэффициент трения между лыжами и снегом $\mu < \operatorname{tg}\alpha$. Стартовой скоростью лыжников пренебречь.

15. Поднимаясь (как всегда, равномерно) из окна Малыша к себе на крышу, Карлсон в тот день, когда его угостили вареньем, затратил на подъем на 4 с. больше, чем обычно. Какова масса съеденного им варенья, если полезная мощность мотора P всегда равна 75 Вт, а высота подъема $H=10$ м?

16. Скатываясь под уклон с углом наклона α , автомобиль массы m разгоняется при выключенной передаче до максимальной скорости v , после чего его движение становится равномерным. Какую мощность развивает двигатель автомобиля при подъеме с той же скоростью по той же дороге?

17. Тела массы m_1 и m_2 связаны недеформированной пружиной жесткости k . Определите наименьшую скорость, которую необходимо сообщить телу m_1 , чтобы пружина сжалась на величину x . Какими будут скорости тел, когда пружина снова окажется недеформированной?

18. На горизонтальной плоскости покоится гладкая горка высоты h и массы m_1 . Горка плавно переходит в плоскость. Какую наименьшую скорость должно иметь небольшое тело массы m_2 , налетающее на горку, чтобы перевалить через ее вершину? Горка может двигаться по плоскости без трения.

19. Подставка массы m_1 с полусферической выемкой радиуса R стоит на гладком горизонтальном столе. Тело массы m_2 кладут на край выемки и отпускают. Найдите скорость тела и подставки в момент, когда тело проходит нижнюю точку полусферы. С какой силой оно давит на подставку в этой точке? Трением пренебречь.

20. Изображенную на рисунке систему приводит в движение центральный груз, расположенный точно посередине между блоками. Определите максимальное удаление груза от его начального положения. Все грузы первоначально покоятся, их массы равны m . Размеры блоков малы, расстояние между ними $2l$.

21. Веревка привязана к санкам и переброшена через перекладину ворот высоты h . Мальчик, сидящий в санках, начинает выбирать веревку, натягивая ее с силой T . Какую скорость он приобретет, проезжая под перекладиной? Начальная длина натянутой части веревки $2l$, масса мальчика с санками m . Трением пренебречь.

ИМПУЛЬС. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА. ЦЕНТР МАСС.

1. Покажите, что при столкновении двух шариков, движущихся навстречу друг другу по гладкому горизонтальному желобу, их суммарный импульс сохраняется.

2. Частица массы m движется со скоростью v , а частица массы $2m$ движется со скоростью $2v$ в направлении, перпендикулярном направлению движения первой частицы. На каждую частицу начинают действовать одинаковые силы. После прекращения действия сил первая частица движется со скоростью $2v$ в направлении, обратном первоначальному. Определите скорость второй частицы.

3. Космический корабль должен, изменив курс, двигаться с прежним по модулю импульсом p под углом α к первоначальному направлению. На какое наименьшее время нужно включить двигатель с силой тяги F и как при этом нужно ориентировать ось двигателя?

4. Частица массы m_1 , имеющая скорость v , налетела на покоящееся тело массы m_2 и отскочила от него со скоростью u под прямым углом к направлению первоначального движения. Найдите скорость, которую приобрело тело массы m_2 .

5. Протон с начальной скоростью v летит прямо на первоначально покоящееся ядро гелия. Какова скорость частиц при наибольшем их сближении? Масса ядра гелия примерно в четыре раза больше массы протона.

6. Однородный массивный диск вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр. Чему равен полный импульс диска?

7* Человек стоит на резиновой ленте, натянутой на двух роликах, трения в осях которых нет. Может ли он убежать с ленты, двигаясь вдоль неё? (На первый взгляд кажется, что это невозможно: человек не может передать импульс ни ленте, ни роликам, так как их полный импульс всегда равен нулю (покажите это). Следует ли отсюда, что человек останется на месте?)

8. Где находится центр масс:

а) гантели из двух шариков одинаковой массы

б) гантели из двух шариков массой m_1 и m_2

в) однородного прута, согнутого посередине под прямым углом

г) гардеробного номерка в виде диска с круглым отверстием, смещенным от центра.

9. Космонавт массы m_1 приближается к космическому кораблю массы m_2 с помощью лёгкого троса. Первоначально корабль и космонавт неподвижны, а расстояние между ними равно l . Какое расстояние пройдут корабль и космонавт до встречи?

10. Человек начинает идти вдоль первоначально покоившейся железнодорожной платформы, стоящей на гладких горизонтальных рельсах. Пройдя по платформе расстояние l , он останавливается. На какое расстояние при этом сместится платформа относительно земли? Масса человека m , платформы - M .

11. Снаряд разрывается в наивысшей точке траектории на расстоянии L от пушки на два одинаковых осколка. Один из них вернулся к пушке по первоначальной траектории снаряда. Где упал второй осколок?

12. Снаряд зенитного орудия при взрыве в воздухе разлетается на два осколка массами m_1 и m_2 , причем скорость первого равна v и направлена вверх под углом α к горизонту. Какую минимальную скорость может иметь второй осколок и куда направлена эта минимальная скорость, если перед разрывом снаряд летел горизонтально?

13. Два тела массы m_1 и m_2 связаны натянутой нитью длины l и движутся по гладкой горизонтальной поверхности. В некоторый момент оказалось, что скорость первого тела равна нулю, а скорость второго равна v и перпендикулярна нити. Определите силу натяжения нити.

14. На чаше весов прыгает N шариков массы m каждый. Какова средняя сила, действующая на чашу весов, если скорость шариков при ударе не меняется по модулю?

15. Струя воды площадью поперечного сечения S , летящая со скоростью v , разбивается о перпендикулярную ей стену, причем вода растекается вдоль стены (не разбрызгиваясь назад). Найдите силу давления струи на стену. Плотность воды ρ .

16. С какой силой давит на землю кобра, когда она, готовясь к прыжку, поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью v ? Масса змеи m , ее длина l .

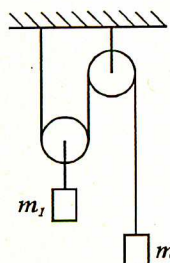
17. На чаше весов стоят песочные часы. Когда песок внизу, весы показывают вес $2P_0$. Вес песка равен P_0 . Часы переворачивают. Нарисуйте график зависимости показаний весов от времени. Время падения каждой песчинки t_0 , время протекания песка T .

18* В сосуде, наполненном водой плотности ρ и стоящем на весах, с ускорением a всплывает пузырек воздуха объемом V . Какой вес показывают весы? Масса сосуда вместе с водой равна m .

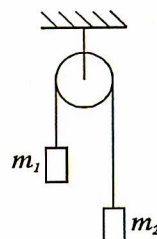
ДВИЖЕНИЕ СО СВЯЗЯМИ

Общее замечание. Во всех задачах нити можно считать невесомыми и нерастяжимыми, блоки - невесомыми и вращающимися без трения (если не сказано обратного).

1. Найдите ускорения грузов в системе, изображенной на рисунке. Массы грузов m_1 и m_2 .

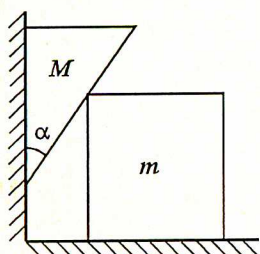
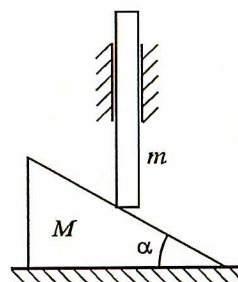


2. Тот же вопрос для системы, изображенной на рисунке. Участки нити, не огибающие блоки, идут вертикально.



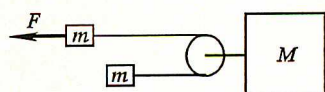
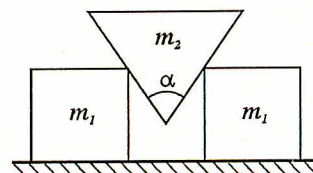
3. Как изменится ответ в задаче 1 (качественно), если
а) блок имеет массу
б) блок вращается на оси с трением.

4. Клин массы M с углом α при вершине лежит на горизонтальной поверхности. На него опирается вертикальный стержень массы m , пропущенный через втулку, которая не дает ему поворачиваться, но позволяет свободно двигаться в вертикальном направлении. Под собственным весом стержень опускается, заставляя клин скользить по плоскости. Найдите ускорения стержня и клина. Трения нигде нет.



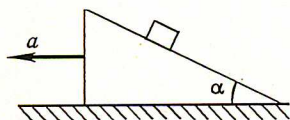
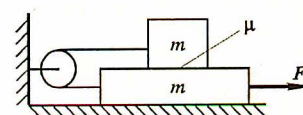
5. Клин массы M с углом α при вершине плотно прилегает к вертикальной стенке и опирается на брусок массы m , находящийся на горизонтальной плоскости. Под собственным весом клин начинает опускаться, двигая брусок. Найдите ускорения бруска и клина. Трения нигде нет. Брусок и клин не опрокидываются.

6. Между двумя одинаковыми гладкими брусками массы m_1 каждый вставлен клин массы m_2 с углом α . Определите ускорения тел.



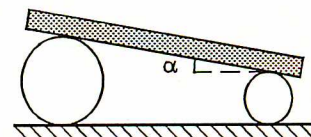
7. Найдите ускорения тел системы, изображенной на рисунке. Сила F приложена по направлению нити к одному из тел массы m . Участки нити по обе стороны от блока, прикрепленного к телу массы M , параллельны. Силы тяжести нет.

8. В системе, изображенной на рисунке, доска и лежащий на ней груз имеют одинаковые массы m . Доска лежит на гладкой горизонтальной поверхности, а коэффициент трения между ней и грузом равен μ . Сила F приложена к доске горизонтально.



9. Клин с углом α движется по горизонтальной поверхности с ускорением a . С него без трения соскальзывает небольшой грузик. Найдите величину и направление ускорения грузика. (Ускорение клина определяется внешними силами и от грузика не зависит)

10. На два катка разного радиуса положили тяжелую плиту. Она образует угол α с горизонтом. Найдите ускорение этой плиты. Проскальзывания нет нигде. Массой катков пренебречь.



КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ.

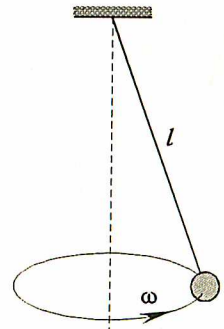
1. Тяжелый автомобиль на большой скорости проезжает по мостам - плоскому, вогнутому и выпуклому. На какой из мостов он давит сильнее всего? Слабее всего?

2. Камень массы M связан веревкой длины l с осью, вокруг которой он вращается с угловой скоростью ω . Найдите силу натяжения веревки. Размеры камня малы, тяготения нет.

3. Пусть в предыдущей задаче веревка (однородная) имеет массу m , а камня нет вообще. Найдите силу натяжения веревки на расстоянии x от оси вращения.

Указание. Рассмотрите силы, действующие на маленький кусочек веревки.

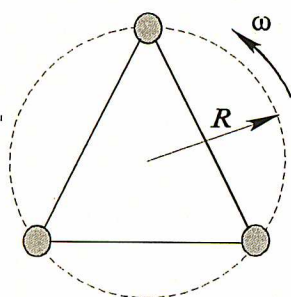
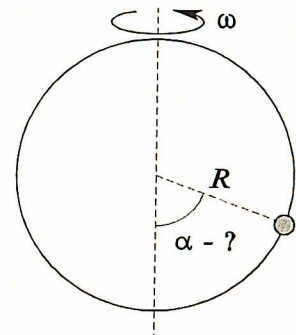
4. Конический маятник. Маленький шарик, подвешенный на нити длины l , движется по окружности в горизонтальной плоскости со скоростью v , так, что угол между нитью и вертикалью остается постоянным. Найдите этот угол.



5. Электроны, движущиеся по окружности любого радиуса вокруг заряженной нити, имеют одну и ту же скорость v . Как зависит сила притяжения, действующая со стороны нити на электрон, от расстояния между электроном и нитью? Опишите качественно начальный отрезок траектории, по которой будет двигаться электрон, если скорость его при движении по окружности станет вдруг чуть меньше v ; чуть больше v .

6. Груз массы m , прикрепленный пружиной жесткости k к оси, движется вокруг этой оси по окружности радиуса R с угловой скоростью ω . Какова длина недеформированной пружины?

7. На гладкое проволочное кольцо радиуса R , расположенное вертикально, надета маленькая бусинка. Кольцо вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей по диаметру кольца. Где находится бусинка?



8. Три одинаковых маленьких шарика массы m связаны одинаковыми нерастяжимыми нитями так, что радиус проходящей через них окружности равен R . Вся система вращается с угловой скоростью ω . Найдите силу натяжения нитей. Силой тяжести пренебречь.

9. Тот же вопрос, если шариков N .

10. Кольцо радиуса R из однородной веревки массы m вращается с угловой скоростью ω . Найдите силу натяжения веревки.

Указание. Рассмотрите силы, действующие на маленький кусочек веревки.

11* Кольцевая цепочка массы m надета на горизонтальный диск радиуса R . Сила натяжения надетой цепочки G . Найдите коэффициент трения между диском и цепочкой, если при вращении диска с угловой скоростью, равной или превышающей ω , цепочка с него спадает.

12. Самолет совершает вираж, двигаясь по горизонтальной окружности радиуса R с постоянной скоростью v . Какой угол составляет плоскость крыльев самолета с горизонтом?

13. С какой максимальной скоростью может ехать по горизонтальной плоскости мотоциклист, описывая круг радиуса R , если коэффициент трения равен μ ?

14. Горизонтальный диск начинают раскручивать вокруг его оси с линейно возрастающей со временем угловой скоростью $\omega = bt$. При какой угловой скорости тело, расположенное на расстоянии r от оси диска, начнет соскальзывать с него, если коэффициент трения между ними равен μ ?