

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЗАДАЧ.

0. Прочитать условие задачи.
1. Прочитать условие задачи еще раз.
2. Записать поле с данными:
 - Указать, какие величины даны.
 - Указать, что требуется найти.
 - Оставить место для записи обозначений вспомогательных величин и переменных.
3. Придумать модель.
 - Не забыть все несущественные детали.
 - Не бояться использовать величины, отсутствующие в условии.
 - Модель должна соответствовать условию задачи.
4. Сделать рисунок.
 - Рисунок должен соответствовать придуманной модели (и, соответственно, условию задачи).
 - Рисунок должен содержать величины, записанные в поле данных (и наоборот).
 - Декоративные элементы рисунка не должны мешать пониманию.
5. Записать уравнения.
 - Уравнения должны отражать связи между величинами в соответствии с придуманной моделью и физическими законами.
 - К уравнениям должны быть указаны краткие комментарии.
6. Решить полученные уравнения и/или систему уравнений.
7. Проанализировать полученный результат.
 - Проверить размерность.
 - Проверить разумность возможных значений.
8. Записать ответ в соответствии с условием задачи.

1. КИНЕМАТИКА

Кинематика изучает движение как таковое и отвечает на вопрос "Как?". В задачах по кинематике нас не интересует, почему и зачем движутся тела.

Для того, чтобы знать как движется тело, вводят систему отсчета, состоящую из тела отсчета, связанной с ним системы координат и часов, которые запускаются в выбранный нами момент времени и постоянно тикают.

Очень часто оказывается удобно использовать модель "материальной точки": тела, размерами и формой которого в данной задаче можно пренебречь. Если выбрать систему отсчета и знать, как меняются со временем координаты точки $x=x(t)$, $y=y(t)$ и $z=z(t)$, то значит знать о движении всё. Действительно, эти зависимости позволяют нам определить, где находится тело в тот или иной момент времени и как оно движется.

Движения могут быть очень разнообразны. Наиболее простые:

1. *Равномерное прямолинейное движение.*

Если тело движется прямолинейно с некоторой постоянной скоростью v , то, задав ось Ox , совпадающую с направлением движения тела и x_0 - координату тела в момент времени $t=0$, получим, что с течением времени координата x меняется в соответствии с уравнением $x(t)=x_0+vt$.

2. *Равноускоренное движение.*

В этом случае скорость тела равномерно меняется и координата тела $x(t)=x_0+v_0t+at^2/2$, где x_0 - все еще начальная координата, v_0 - начальная скорость, a - ускорение тела. При этом зависимость скорости от времени выглядит следующим образом: $v(t)=v_0+at$.

Часто оказывается, что тело совершает одновременно несколько типов движения. Например, брошенный камень движется в горизонтальном направлении (с постоянной скоростью) и равноускоренно в вертикальном. В этом случае удобно воспользоваться

принципом независимости движения: если тело участвует одновременно в нескольких движениях, то каждое из них совершается независимо от остальных. У нас движение камня вдоль горизонтали не зависит от движения вдоль вертикали.

При решении задач часто сложное и запутанное движение становится простым, если перейти в подходящую систему отсчета. При этом выполняется правило преобразования скоростей (преобразования Галилея): если в системе отсчета K скорость тела равна v , то в системе отсчета K' , движущейся относительно K со скоростью u , его скорость выражается соотношением $v' = v - u$. Здесь v' , v и u – векторы.

Задачи

1.1. Велосипедист и пешеход одновременно отправились из Академгородка в Бердск. Доехав до Бердска, велосипедист развернулся и поехал в обратном направлении, пока не встретил пешехода. После этого он снова развернулся и опять поехал в Бердск. Так велосипедист "челночил", пока пешеход не пришел в Бердск. Сколько километров проехал велосипедист, если его скорость 20 км/час, скорость пешехода 5 км/час, а расстояние между Академгородком и Бердском 10 км?

1.2. Скорость конца нити в некоторый момент равна U . определить скорость груза V .

1.3. Учащийся ЛШ Иван с некоторого расстояния наблюдает за колоколом, язык которого совершает один удар в секунду. При этом школьник одновременно видит и слышит удар. На каком минимальном расстоянии от колокола находится школьник? Скорость звука принять равной 300 м/с. Для скорости света рассмотреть 2 случая: бесконечная и $3 \cdot 10^8$ м/с.

1.4. Два тела движутся навстречу друг другу и расстояние между ними уменьшается на S_1 за каждый интервал времени t_1 . Если эти тела с такими же скоростями движутся в одну сторону, то расстояние между ними увеличивается на S_2 за каждый интервал времени t_2 . Найти скорость каждого тела.

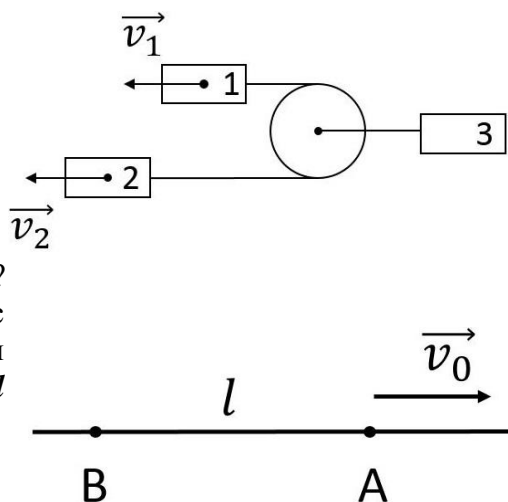
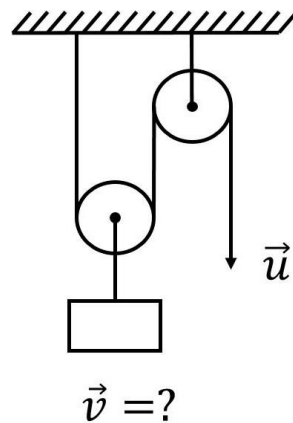
1.5. Двое велосипедистов стартовали одновременно. Первый проехал 2 км, а затем еще 4 км прошел пешком. Второй велосипедист все это расстояние проехал. Конечной точки они достигли вместе. Если скорость езды первого велосипедиста в 4 раз больше скорости его ходьбы, то во сколько раз скорость езды первого велосипедиста больше скорости второго?

1.6. Красная Шапочка выдвинулась к бабушке со скоростью v_1 и планировала успеть до заката. В некоторый момент времени пошел дождь и Красной Шапочке пришлось снизить скорость до v_2 . Когда до дома бабушки оставалось расстояние S , дождь прекратился и Красная Шапочка увеличила скорость до v_3 и успела добраться до бабушки как раз в запланированное время. Какое время шел дождь?

1.7. Система, состоящая из трёх тел, блока и нерастяжимых нитей, равномерно движется по прямой. Скорости 1-го и 2-го тела равны V_1 и V_2 соответственно. Найти скорость 3-го тела.

1.8. На тележке, движущейся со скоростью V , стоит человек. Идет дождь, и капли падают вертикально со скоростью V_0 . Как нужно держать зонт, чтобы наилучшим образом укрыться от дождя?

1.9. Муха Бяка начинает двигаться из точки А с начальной скоростью V_0 . И через некоторое время оказывается в точке В, находящейся на расстоянии l



(см. рисунок). Какой путь проползла Бяка, если она двигалась с ускорением, численно равным a ?

1.10. Гном на вагонетке заезжает, двигаясь по инерции, на длинную горку с уклоном 30 градусов к горизонтали с начальной скоростью 10 м/с. Какой путь проедет вагонетка к моменту когда гном увидит на спидометре скорость 6 м/с. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с².

1.11. Муха Бяка начинает движение из точки С без начальной скорости и движется сначала равноускоренно в течение времени t_0 , затем – с тем же по модулю ускорением - равнозамедленно. Через какое время от начала движения муха вернется в точку С? Нарисовать графики ускорения, скорости и координаты мухи от времени.

1.12. Первый вагон поезда проехал мимо мухи Бяки, сидящей на платформе за время t_1 , а второй – за t_2 . Длина вагона l . Найти ускорение поезда и его скорость в начале наблюдения.

1.13. Поезду, двигавшемуся со скоростью v , понадобилось расстояние S , чтобы полностью остановиться. На каком расстоянии от места остановки находился поезд в тот момент, когда его скорость была $v/3$? Считать движение поезда равноускоренным.

1.14. Воздушный шар начинает подниматься с поверхности Земли вертикально вверх с ускорением a . Через время t от начала движения из корзины выпадает яблоко. Через сколько времени яблоко упадет на Землю?

1.15. От движущегося поезда отцепляют последний вагон. Поезд продолжает двигаться с прежней скоростью V_0 , а вагон начинает двигаться равнозамедленно. Найти отношение путей, пройденных поездом и вагоном к моменту остановки вагона.

1.16. Начальная скорость брошенного камня $V_0 = 10$ м/с, а спустя $t = 0,5$ с скорость камня $V = 7$ м/с. На какую максимальную высоту над начальным уровнем поднимется камень?

1.17. ЛШата Миша и Илья играют в мяч, бросая его друг другу. Какой наибольшей высоты достигает мяч во время игры, если он летит от одного ЛШонка к другому 2 с?

1.18. Под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту брошено тело с начальной скоростью $V = 20$ м/с. Через какое время t оно будет двигаться под углом $\beta = 45^\circ$ к горизонту.

1.19. С дерева с высоты H начинает свободно падать ботинок. Под каким углом к горизонту ЛШонку, находящемуся на расстоянии L от дерева, нужно одновременно с этим бросить тыкву с начальной скоростью V_0 так, чтобы попасть в ботинок?

1.20. Человек, находящийся на крыше дома высотой H , бросает камень со скоростью V_0 . Под каким углом нужно бросить камень, чтобы он упал на максимальном расстоянии от дома? Чему равно это расстояние? Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения g .

2. ДИНАМИКА

Движение тел подчиняется законам Ньютона:

1. Существуют такие системы отсчета, в которых всякое тело, невзаимодействующее с другими, будет неограниченно долго находиться в состоянии покоя или двигаться с постоянной скоростью.

2. Ускорение тела прямо пропорционально силе, действующей на него, и обратно пропорционально массе этого тела: $a = F/m$, причем ускорение и сила - векторные величины

3. При взаимодействии двух тел сила, действующая со стороны первого тела на второе равна по модулю силе, действующей со стороны второго на первое и противоположна по направлению.

Перечислим основные типы сил, которые будут встречаться в задачах.

Сила тяжести $F = mg$, m – масса тела, g – ускорение свободного падения.

Реакции опоры N – возникает из-за взаимодействия соприкасающихся тел, направлена от поверхности тела и перпендикулярно ей.

Сила натяжения нити T . Если на нить не действуют никакие продольные силы, то сила натяжения остается постоянной по всей длине.

□ Сила трения: скольжения $F = \mu N$, где μ – коэффициент трения, N – реакция опоры (см. также задачи 2.4 и 2.5).

□ Сила упругости $F_{\text{упр}} = -kx$, k – коэффициент жесткости, x – смещение именно из положения равновесия.

При решении задачи необходимо (как и всегда) сделать рисунок, на котором указать все силы, действующие на все тела. Если тел несколько, можно для удобства сделать дополнительные рисунки для каждого тела. Ввести систему координат, а еще лучше – удобную систему координат или системы (Для всех тел в системе совершенно необязательно использовать одну и ту же систему координат.). Указать на рисунке направления ускорений. После чего можно приступить к записи второго закона Ньютона в проекциях на выбранные оси. Не забыть, что ускорения некоторых тел иногда бывают связаны друг с другом условиями задачи и здравым смыслом (ускорение человека в автомобиле обычно не больше ускорения самого автомобиля, а ускорение косточки в летящей вишенке равно ускорению вишенки), выразить эту связь в виде математически соотношений. Решить получившуюся систему уравнений.

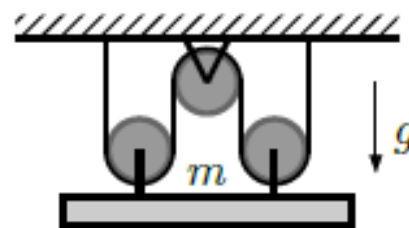
Задачи

2.1. Человек массой m стоит в лифте, движущимся с ускорением a , направленным вверх. Ускорение свободного падения g . Найти силу реакции опоры, действующую со стороны лифта на человека. Найти вес человека.

2.2. Два груза разной массы, связанные невесомой нерастяжимой нитью, движутся по гладкой поверхности под действием силы, приложенной к одному из них. Когда сила $F = 100$ Н была приложена к правому грузу, натяжение нити было равно $T = 30$ Н. Каким будет натяжение нити, если приложить эту силу к левому грузу?

2.3. Ракета имеет 4 одинаковых двигателей. Если работают сразу все, то ракета движется вертикально вверх с ускорением $3g$ относительно Земли. С каким ускорением будет подниматься ракета, если один из двигателей перестанет работать?

2.4. Балка массой m удерживается системой из одного неподвижного блока, двух подвижных и невесомой нерастяжимой нити, как показано на рисунке. Найти силу натяжения нити. Блоки гладкие, ускорение свободного падения g .



2.5. Два одинаковых бруска массой M подвешены на невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок. На один из них положен грузик массой m . Определить силу давления грузика на брусок M . И силу, действующую на ось блока.

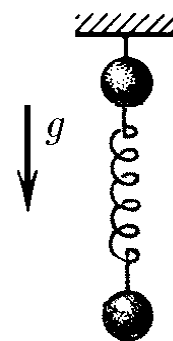
2.6. Веревка выдерживает груз с массой 30 кг при подъеме его с ускорением по вертикали и груз массой 120 кг при опускании его с таким же ускорением. Какова максимальная масса, которую можно поднять с помощью этой веревки?

2.7. Тело массой $m = 1$ кг лежит на горизонтальной плоскости. Коэффициент трения $\mu = 0,1$. На тело действует горизонтальная сила F . Определить силу трения для двух случаев $F = 0,5$ Н и $F = 2$ Н.

2.8. Брусок массой $m = 2$ кг находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения при скольжении бруска равен $\mu = 0,2$. Изобразить графически зависимость силы трения от силы тяги, приложенной к бруску вдоль плоскости скольжения. Явлением застоя пренебречь.

2.9. Брусок находится на плоскости, угол наклона которой может меняться от 0° до 90° . Построить график зависимости силы трения бруска о плоскость от угла наклона плоскости к горизонту. Явлением застоя пренебречь.

2.10. Система из двух шаров массами m_1 и m_2 , скрепленных пружиной, висит на нити. Нить пережигают. Найти ускорение шаров сразу после пережигания нити.

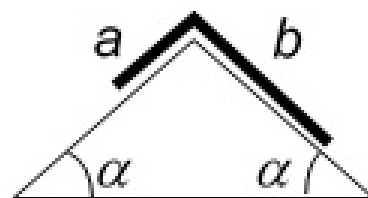


2.11. К двум одинаковым пружинам, соединенным один раз последовательно, а другой - параллельно, подвешивают один и тот же груз массой m . Найти удлинение x пружин в обоих случаях, если жесткость каждой пружины k . Будет ли одинаковым в обоих случаях расстояние l , на которое опустится груз?

2.12. Если к пружине поочередно подвешивать грузы с массами m_1 и m_2 , то ее длина оказывается равна соответственно l_1 и l_2 . Определить жесткость пружины и ее собственную длину.

2.13. На подставке лежит тело, подвешенное к потолку с помощью пружины. В начальный момент пружина не растянута. Подставку начинают опускать вниз с ускорением a . Через какое время t тело оторвется от подставки? Жесткость пружины k , масса тела m .

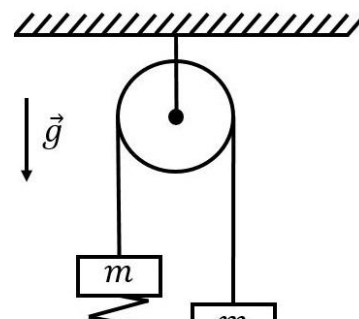
2.14. За какое время t тело соскользнет с наклонной плоскости высотой h , наклоненной под углом α к горизонту, если по наклонной плоскости с углом наклона β оно движется равномерно?



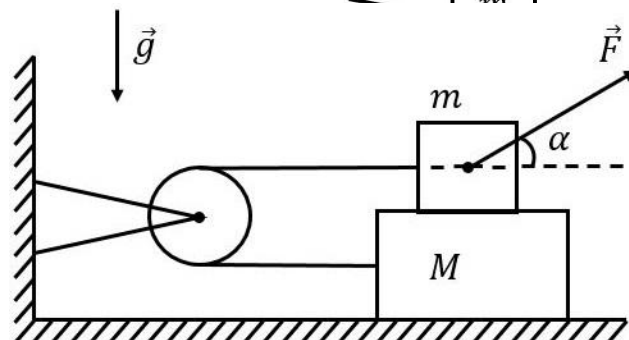
2.15. Из одной точки на длинной наклонной плоскости одновременно пускают два тела с одинаковыми скоростями: первое вверх вдоль плоскости, второе - вниз. Найти отношение расстояний, пройденных телами к моменту остановки первого тела. Трения нет, сопротивлением воздуха пренебречь.

2.16. Брусок массы m находится на наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом. На брусок действует горизонтальная сила F , прижимающая его к плоскости. При каких значениях F брусок будет покоиться? Коэффициент трения $\mu = 0,5$.

2.17. Два одинаковых груза массы m соединены невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный невесомый блок, как показано на рисунке. Расстояние между грузами по вертикали равно h . К грузам присоединены пружины жесткости k_1 и k_2 . Пружины изначально не деформированы. Левый груз опускают вниз так, что оба груза оказываются на одной высоте. И затем без толчка отпускают. Найти ускорения грузов сразу после того, как его отпустили.



2.18. На гладком горизонтальном столе лежит брусок массы M , на котором находится брусок массы m . Оба бруска соединены легкой нитью, перекинутой через невесомый блок, как показано на рисунке. С какими ускорениями будут двигаться бруски, если к верхнему бруску приложили силу F ? Коэффициент трения между брусками μ . Трением между нижним бруском и столом пренебречь.



2.19. На гладкой наклонной поверхности с углом наклоном α к горизонтали находится доска массой M , на которой лежит брусок массой m . Коэффициент трения между бруском и доской μ . С какой минимальной силой надо действовать на брусок, чтобы доска не двигалась?

2.20. На тело массой m , лежащее на горизонтальной шероховатой поверхности с коэффициентом трения μ , в некоторый момент времени начинает действовать под углом α

к горизонту сила, пропорциональная времени: $F=A \cdot t$. Определите скорость движения тела через время t .

3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Если на тело не действуют никакие силы или сумма сил равна нулю, то импульс тела остается постоянным. Что вполне логично, так как в данной ситуации согласно второму закону Ньютона ускорение тела равно нулю и его скорость (и импульс соответственно) не может меняться. Более того, остается неизменной и каждая отдельная компонента вектора импульса тела. И, если на тело действует сила F в некотором направлении, например, вдоль оси Ox , то в плоскости, перпендикулярной этому направлению, импульс будет сохраняться. Тогда как компонента вектора импульса P_x , разумеется, будет меняться.

В случае, когда мы имеем дело не с одним телом, а сразу с несколькими - с системой тел (например, смотри задачу 3.1), получается все примерно так же: если тела взаимодействуют друг с другом и не взаимодействуют с другими телами (такая система называется замкнутой), то суммарный импульс системы сохраняется. Так же суммарный импульс системы тел будет сохраняться, если действие внешних сил скомпенсировано.

Работа - величина, равная скалярному произведению векторов силы и перемещения тела $A = F \cdot S$. Работа - скалярная величина. Стоит не забывать о направлениях: если, например, сила направлена перпендикулярно перемещению, её работа будет равна нулю.

В механике рассматривают два вида энергии: кинетическую и потенциальную. Кинетическая энергия тела зависит от его массы и скорости и выражается формулой $E_k = m \cdot v^2 / 2$. Потенциальная энергия в поле тяжести Земли равна $U = mgh$ (см. задачу 3.5). Потенциальная энергия сжатой пружины описывается выражением $U = k \cdot x^2 / 2$ (см. задачу 3.7).

Сумма кинетической и потенциальной энергии называется полной механической энергией. Если мы рассматриваем систему, на которую не действуют внешние силы, то её полная механическая энергия будет оставаться неизменной (при этом подразумевается, что энергия не уходит в другие виды и не приходит: например, в или из тепла). То же выполняется, если работа внешних сил равна нулю.

При соударениях тел происходит перераспределение кинетических энергий и импульсов взаимодействующих тел. При этом суммарный импульс тел после соударения равен суммарному импульсу до столкновения. Для упругих соударений кинетическая энергия также не меняется. Но если соударение неупругое, то часть кинетической энергии переходит в тепло.

Задачи

3.1. В далекой-далекой галактике находятся два тела массами m и M и соответствующими скоростями U и V , направленными вдоль одной прямой в одну сторону. Изначально на эти тела не действуют никакие силы, но в некоторый момент времени они начинают взаимодействовать между собой с силой F . Найти начальный суммарный импульс системы, скорости тел через время t и суммарный импульс системы в конце.

3.2. На тело массы m в течение времени t действует сила F . Найти, на сколько изменилась скорость тела. Найти изменение импульса.

3.3. Частица массы m движется со скоростью v , а частица массы $2m$ движется со скоростью $2v$ в направлении, перпендикулярном направлению 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.

3.4. Тележка массы M вместе с человеком массы m движется со скоростью U . Человек начинает идти с постоянной скоростью по тележке в том же направлении. При какой

скорости V человека относительно тележки она остановится? Трением колес тележки о землю пренебречь.

3.5. Космический корабль летит с постоянной скоростью в облаке микрометеорных частиц, которые испытывают с ним абсолютно неупругие соударения. Во сколько раз нужно увеличить силу тяги двигателя, чтобы скорость корабля увеличить в три раза? Во сколько раз нужно увеличить силу тяги двигателя, чтобы при попадании в область частиц с плотностью в три раза большей скорость корабля не изменилась?

3.6. Тело массы M переместилось из точки A в точку C (расстояния даны на рисунке). Найти работу, которую при этом совершила сила тяжести.

3.7. Тело массы M под действием силы F начинает движение из состояния покоя. Какую работу совершит сила F к тому моменту, когда у тела будет скорость V .

3.8. Тело прикреплено к нерастянутой пружине жесткости k . Тело перемещают на небольшое расстояние x . Чему при этом равна работа, совершенная пружиной?

3.9. С горы высотой h и основанием b съезжают санки, которые затем останавливаются, пройдя по горизонтали путь l от основания горы. Найти коэффициент трения.

3.10. Чему равна работа по подъему цепи массы m , взятой за один конец и лежащей на плоскости на высоту, равную ее длине L ?

3.11. Цепь массой m и длиной l лежит у границы двух соприкасающихся полуплоскостей из разных материалов. Какую работу надо совершить, чтобы передвинуть цепь на вторую полуплоскость? Коэффициенты трения полуплоскостей с цепью соответственно равны k_1 и k_2 .

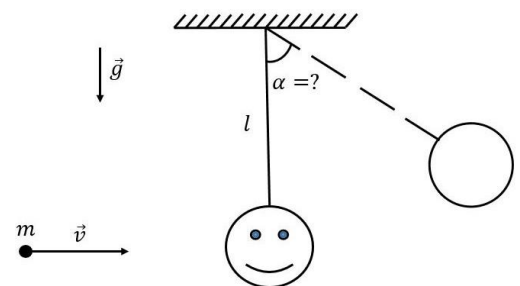
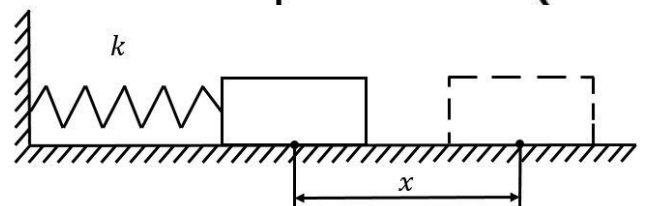
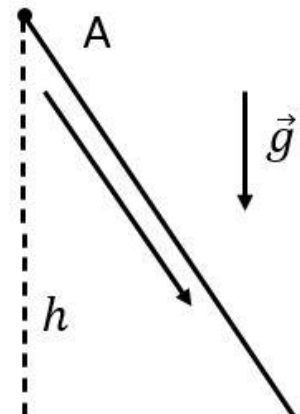
3.12. Снаряд разрывается в верхней точке траектории на высоте H на две одинаковые части. Через время t после взрыва одна часть падает на Землю под тем местом, где произошел взрыв. На каком расстоянии от места выстрела упадет вторая часть снаряда, если первая упала на расстоянии S .

3.13. На невесомой нерастяжимой нити висит белочка массой M . На нее горизонтально летит орешек массой m со скоростью v . Жадная белочка хватается (его). Найти угол, на который отклонится нить от вертикали.

3.14. Тело массы m , летящее со скоростью V , налетает на покоящееся тело массы M и застревает в нем. Найти скорость тел U сразу после столкновения и количество выделившейся теплоты Q . Построить график зависимости Q от M .

3.15. Детская пружинная пушка (массы M) закреплена на краю стола. Из нее производят горизонтальный выстрел шариком – снарядом массы m . До удара о пол шарик пролетает расстояние L_0 по горизонтали. Какое расстояние L по горизонтали пролетит шарик при повторном выстреле, если пушку поставить на колеса и вновь поместить на край стола? Влиянием воздуха пренебречь.

3.16. На подставке лежит тело, подвешенное к потолку с помощью пружины. В начальный момент пружина не растянута. Подставку начинают опускать вниз с ускорением a . Чему равно удлинение пружины в момент отрыва тела от подставки? Чему равно максимальное удлинение пружины? Жесткость пружины k , масса тела m .

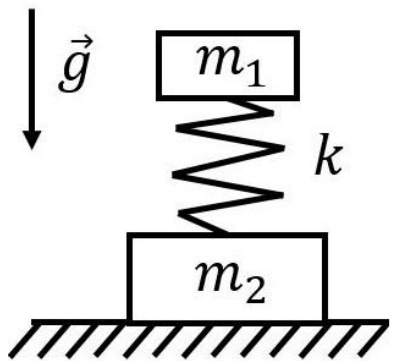


3.17. На какое минимальное расстояние сблизятся два шарика массами m , соединенные пружиной жесткости k , если одному из них в некоторый момент времени сообщили скорость V ? Первоначальная длина пружины L .



3.18. В нижней части пещеры на рельсах стоят две пустые, не сцепленные между собой, вагонетки массы m . С горки высоты H спускают вагонетку, нагруженную рудой. Какую массу руды нужно загрузить в вагонетку, чтобы хотя бы одна из пустых вагонеток после столкновений въехала на горку высоты $2H$? На какую максимальную высоту может въехать вагонетка? Считать удары между вагонетками упругими.

3.19. С какой силой нужно надавить на верхний груз массы m_1 , чтобы нижний груз массы m_2 , соединенный с верхним пружиной, оторвался от пола после прекращения действия этой силы? Ускорение свободного падения равно g .



3.20. На длинной доске массы M находится шайба массы m . Шайбе щелчком сообщают скорость v_0 . Какое расстояние по доске пролетит шайба, если коэффициент ее трения о доску равен μ , а доска может скользить по поверхности без трения? Какую работу совершает сила трения?

Составители раздела: Киприянов А.А., Сатонкина Н.П.
Редакция 2016 года: Мухутдинов О.Т.