

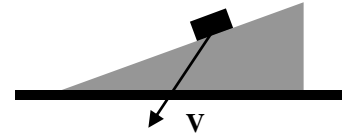


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 1 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу стоит гладкий клин. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (\mathbf{V}). В некоторый момент времени он имеет следующие компоненты: горизонтальная $V_x = 12$ см/с, вертикальная $V_y = 16$ см/с. В этот момент его скорость скольжения по клину равна $V_K = 34$ см/с. Найти отношение m/M масс бруска (m) и клина (M).



Ответ: $m/M = 3/2$.

ЗАДАЧА № 2

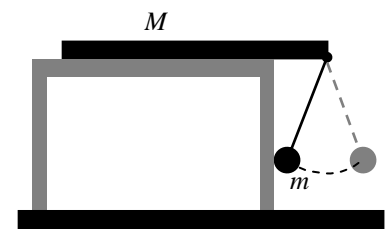
На шероховатом столе лежат два бруска, сцепленные пружиной. Их массы $m_1 = 400$ г и $m_2 = 600$ г. Первый брусок пытаются сдвинуть с места, толкая на него через пружину второй брусок горизонтальной силой F , как это показано на рисунке. Минимальная сила, необходимая для этого, равна $F_{min} = 2$ Н. Определить Коэффициент трения (μ) между брусками и столом.



Ответ: $\mu = F/g(m_2 + m_1/2) = 0,25$.

ЗАДАЧА № 3

На массивный шероховатый стол положили однородную доску массой $M = 3$ кг так, что часть ее длиной $d = 40$ см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной $l = 50$ см привязали маленький тяжелый шар массой $m = 500$ г. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_0 , равной длине свисающей части доски ($x_0 = d = 40$ см), как это представлено на рисунке. Какая минимальная длина доски (L_{min}) позволит ей удержаться на столе? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.



Ответ: $L_{min} = 104$ см.

ЗАДАЧА № 4

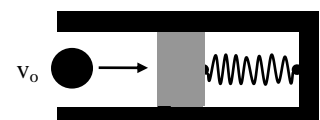
Рыбаку на моторной лодке нужно попасть в пункт, находящийся прямо напротив него на противоположном берегу реки. Ширина реки $H = 144$ м. Скорость течения реки $V_p = 3,0$ м/с, скорость лодки $V_{л} = 1,8$ м/с. В любом случае лодка не сможет прямо попасть в пункт назначения, т.к. ее обязательно снесет вниз по течению на некоторое расстояние L от цели. Рыбак был человеком грамотным и взял такой курс, при котором величина этого смещения (L) окажется наименьшей из всех возможных (L_{min}).

Найти величину этого минимального смещения (L_{min}) и время (T^*), которое займет эта переправа.

Ответ: $L_{min} = 192$ м; $T^* = 100$ с.

ЗАДАЧА № 5

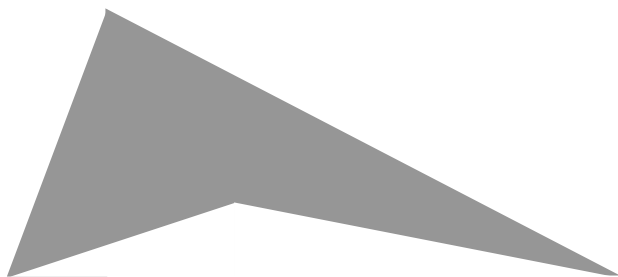
В цилиндрическом стакане массой M может без трения перемещаться поршень массой m . Поршень связан с дном стакана посредством



пружины жесткостью k и длиной l_0 в ненапряженном состоянии. Изначально вся система находится в покое. В некоторый момент по оси цилиндра извне на поршень налетает со скоростью v_0 шар равной ему массы (m) и наносит **абсолютно неупругий** центральный удар (см. рисунок). Определить минимальную длину пружины (l_{min}) и скорость (V^*), которую будет иметь стакан в этот момент. Массой пружины и гравитацией пренебречь.

Ответ: $l_{min} = [mM(v_0)^2/2(2m+M)k]^{1/2}$; $V^* = v_0m/(2m+M)$.

ЗАДАЧА № 6



Из картона вырезан **невыпуклый** четырехугольник с произвольным соотношением сторон (например, как на рисунке, или любой другой). У него **построением** нужно найти центр масс, пользуясь для этого **только** карандашом, циркулем и линейкой (без делений) и **не прибегая** к измерениям и расчетам. Дать общий алгоритм построения.

Ответ:

Продолжением одной из сторон четырехугольника, образующих «внутренний» угол, разбиваем фигуру на 2 треугольника и строим у них медианы. Центр масс каждого из треугольников находится на пересечении его медиан. Соединяем центры масс этих двух треугольников линией АВ. Центр масс четырехугольника находится где-то на этой линии. Всю эту процедуру повторяем с другой «внутренней» стороной четырехугольника и соединяем центры масс двух новых треугольников аналогичной линией CD. Центр масс четырехугольника находится на пересечении этих двух линий АВ и CD.

ЗАДАЧА № 7

Пружина длиной $l_0=20$ см и жесткостью $k=500$ Н/м одним концом подвешена к потолку. К другому ее концу подвесили шар из пластика, плотность которого $\rho = 1500$ кг/м³. При этом длина пружины стала равной $l_1=26$ см. Затем к подвешенному шару начали снизу подводить ведро, до краев заполненное водой. Какой станет длина (l_2) пружины после полного погружения шара? Сколько литров воды (V) выльется при этом на пол?

Ответ: $l_2 = 22$ см ; $V = 2$ л.

Задача № 8

На столе стоят две одинаковые цилиндрические мензурки. В дне каждой из них имеется отверстие, через которое их объемы могут сообщаться посредством тонкого шланга. Когда этот соединительный шланг был **открыт**, сначала в одну из мензурок (№1) налили воду ($\rho_1=1000$ кг/м³), а затем в другую (№2) керосин ($\rho_2=800$ кг/м³). Верхние уровни жидкостей над столом в обеих мензурках оказались разными и составили, соответственно, $H_1 = 66$ см (для №1) и $H_2 = 80$ см (для №2). В какой мензурке (№1 или №2) и на каком уровне над столом (h_0) находится граница раздела двух жидкостей? Толщиной дна мензурок пренебречь.

Ответ: $h_0 = 10$ см в мензурке №1.

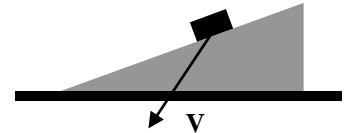


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 2 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу стоит гладкий клин массой $M = 6,4$ кг. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (\mathbf{V}). В некоторый момент времени он имеет следующие компоненты: горизонтальная $V_x = 32$ см/с, вертикальная $V_y = 24$ см/с. В этот момент его скорость скольжения по клину равна $V_K = 51$ см/с. Найти массу бруска (m).



Ответ: $m = 2,6$ кг.

ЗАДАЧА № 2

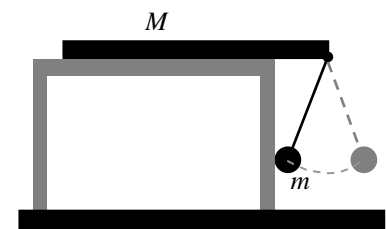
На столе лежат два бруска, сцепленные пружиной (см. рисунок). Их массы $m_1 = 200$ г и $m_2 = 300$ г. Коэффициент трения между ними и столом $\mu = 0,4$. С какой *минимальной горизонтальной* силой (F^*) нужно тянуть первый брусок, чтобы сдвинуть второй с места?



Ответ: $F = \mu g(m_1 + m_2/2) = 1,4$ Н.

ЗАДАЧА № 3

На массивный шероховатый стол положили однородную доску длиной $L = 2$ м и массой $M = 2,4$ кг так, что часть ее длиной $d = 40$ см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной $l = 50$ см привязали маленький тяжелый шар. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_0 , равной длине свисающей части доски ($x_0 = d = 40$ см), как это представлено на рисунке. При какой максимальной массе шара (m_{max}) доска удержится на столе? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.



Ответ: $m_{max} = 2$ кг.

ЗАДАЧА № 4

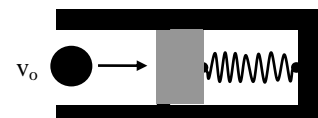
Рыбаку на моторной лодке нужно попасть в пункт, находящийся прямо напротив него на противоположном берегу реки. Ширина реки $H = 240$ м. Скорость течения реки $V_P = 2,5$ м/с, скорость лодки $V_L = 1,5$ м/с. В любом случае лодка не сможет прямо попасть в пункт назначения, т.к. ее обязательно снесет вниз по течению на некоторое расстояние L от цели. Рыбак был человеком грамотным и взял такой курс, при котором величина этого смещения (L) окажется наименьшей из всех возможных (L_{min}).

Найти величину этого минимального смещения (L_{min}) и время (T^*), которое займет эта переправа.

Ответ: $L_{min} = 320$ м; $T^* = 200$ с.

ЗАДАЧА № 5

В цилиндрическом стакане массой M может без трения перемещаться поршень массой m . Поршень связан с дном стакана посредством пружины жесткостью k и длиной l_0 в ненапряженном состоянии. Изначально вся система находится в покое. В некоторый момент по оси цилиндра извне на



поршень налетает со скоростью v_0 шар равной ему массы (m) и наносит **абсолютно упругий** центральный удар (см. рисунок). Определить минимальную длину пружины (l_{min}) и скорость (V^*), которую будет иметь стакан в этот момент. Массой пружины и гравитацией пренебречь.

Ответ: $l_{min} = [mM(v_0)^2 / (m+M)k]^{1/2}$; $V^* = v_0 m / (m+M)$.

ЗАДАЧА № 6



Из картона вырезан **выпуклый** четырехугольник с произвольным соотношением сторон (например, как на рисунке, или любой другой). У него **построением** нужно найти центр масс, пользуясь для этого **только** карандашом, циркулем и линейкой (без делений) и **не прибегая** к измерениям и расчетам. Дать общий алгоритм построения.

Ответ:

Диагональю разбиваем четырехугольник на 2 треугольника и строим у них медианы. Центр масс каждого из треугольников находится на пересечении его медиан. Соединяем центры масс этих двух треугольников линией АВ. Центр масс четырехугольника находится где-то на этой линии. Всю эту процедуру повторяем с другой диагональю четырехугольника и соединяем центры масс двух новых треугольников аналогичной линией CD. Центр масс четырехугольника находится на пересечении этих двух линий АВ и CD.

ЗАДАЧА № 7

Пружина длиной $l_0=30$ см и жесткостью $k=400$ Н/м одним концом подвешена к потолку. К другому ее концу подвесили шар из пластика, плотность которого $\rho = 1200$ кг/м³. При этом длина пружины стала равной $l_1=36$ см. Затем к подвешенному шару начали снизу подводить ведро, до краев заполненное водой. Какой станет длина (l_2) пружины после полного погружения шара? Сколько литров воды (V) выльется при этом на пол?

Ответ: $l_2 = 31$ см ; $V = 2$ л.

Задача № 8

На столе стоят две одинаковые цилиндрические мензурки. В дне каждой из них имеется отверстие, через которое их объемы могут сообщаться посредством тонкого шланга. Когда этот соединительный шланг был **открыт**, сначала в одну из мензурок (№1) налили воду ($\rho_1=1000$ кг/м³), а затем в другую (№2) масло ($\rho_2=900$ кг/м³). Верхние уровни жидкостей над столом в обеих мензурках оказались разными и составили, соответственно, $H_1 = 64$ см (для №1) и $H_2 = 70$ см (для №2). В какой мензурке (№1 или №2) и на каком уровне над столом (h_0) находится граница раздела двух жидкостей? Толщиной дна мензурок пренебречь.

Ответ: $h_0 = 10$ см в мензурке №1.

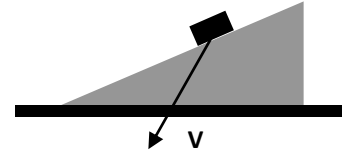


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 3 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

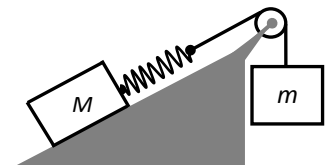
На полу стоит гладкий клин. Его наклонная плоскость образует с полом угол φ . В верхней точке наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (\mathbf{V}). В некоторый момент времени он имеет следующие компоненты: горизонтальная $V_x = 10$ см/с, вертикальная $V_y = 24$ см/с. Найти отношение m/M масс бруска (m) и клина (M), если $\operatorname{tg} \varphi = 4/3$.



ЗАДАЧА № 2

На наклонной плоскости тяжелого клина лежит брусок M массой 500г и удерживается на ней силой трения. Это возможно из-за соотношения между углом наклона плоскости (α) и коэффициентом трения (μ) бруска о плоскость ($\operatorname{tg} \alpha = 7/24 < \mu = 0,5$).

К бруску через пружину подвешивают на легком нерастяжимом тросе, перекинутом через блок, груз m (см. рисунок) и удерживают его некоторое время в исходном положении, когда пружина не напряжена. Затем быстро отпускают. В итоге брусок M сдвигается со своего места. Какой минимальной массой должен обладать груз m , чтобы сдвинуть таким способом брусок M с места?



ЗАДАЧА № 3

Самолет делает в вертикальной плоскости «мертвую петлю». Пилот ($m = 100$ кг) пристегнут к креслу ремнями и в верхней точке находится в положении «вниз головой». При этом он, в зависимости от параметров траектории, может либо висеть на ремнях, либо быть вдавленным в кресло, либо находиться в состоянии невесомости. Найти величину реакции опоры (N) и ее тип (кресло или ремни) в верхней точке, если скорость там $V = 360$ км/ч, а радиус петли $R = 800$ м. Считать $g = 10$ м/с².

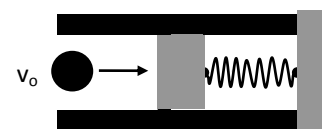
ЗАДАЧА № 4

Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а ускорение свободного падения на ее поверхности в 3 раза больше. Во сколько раз радиус планеты (R^*) больше земного радиуса R_0 ?

ЗАДАЧА № 5

В цилиндре массой M может без трения перемещаться поршень массой m . Цилиндр закрыт с одного конца легкой жесткой крышкой, приклеенной к его торцу). Поршень связан с крышкой посредством легкой пружины жесткостью k . Изначально вся система находится в покое (см. рисунок).

В некоторый момент на поршень извне со скоростью v_0 налетает шар равной ему массы (m) и наносит **абсолютно неупругий** центральный удар. Какой минимальной прочностью на разрыв (F_{min}) должна обладать склейка, чтобы крышка удержалась? Какой окажется скорость цилиндра (V^*) в момент максимальной нагрузки на крышку? Силами гравитации пренебречь.



ЗАДАЧА № 6

Из картона вырезан прямоугольник с произвольным соотношением сторон. Двумя взаимно перпендикулярными разрезами, параллельными его сторонам, из него вырезан прямоугольник меньшего размера также с произвольным соотношением сторон (например, как на рисунке). Построением нужно найти центр масс получившейся фигуры, пользуясь для этого только карандашом, и линейкой (без делений) и не прибегая к измерениям и расчетам. Дать общий алгоритм построения.



ЗАДАЧА № 7

С потолка свешиваются два легких троса длиной $l_1 = 40$ см и $l_2 = 75$ см. Их точки подвеса на потолке находятся на расстоянии $l_0 = 85$ см друг от друга. Свисающие концы сводят друг с другом, связывают в тонкий узел и к нему подцепляют груз весом $P = 17$ Н. Найти натяжение каждого из тросов.

Задача № 8

Шайбу со скоростью V_1 толкнули вверх по длинной доске, наклоненной под углом α к горизонту. Если коэффициент трения о доску $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, шайба остановится в некоторой точке и начнет съезжать обратно. Какую скорость (V_2) будет иметь шайба, оказавшись снова у нижнего края доски? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $V_1 = 1,8$ м/с, $\operatorname{tg} \alpha = 8/15$, $\mu = 8/25$.

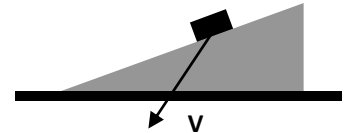


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 4 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

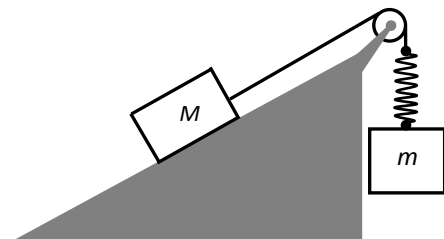
На полу стоит гладкий клин массой $M = 12,8 \text{ кг}$. Его наклонная плоскость образует с полом угол φ . В верхней точке наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (\mathbf{V}). В некоторый момент времени его модуль $|\mathbf{V}| = 68 \text{ см/с}$, а вертикальная компонента $V_y = 60 \text{ см/с}$. Найти массу бруска (m), если $\text{tg } \varphi = 4/3$.



ЗАДАЧА № 2

На наклонной плоскости тяжелого клина лежит брусок массой M и удерживается на ней силой трения. Это возможно из-за соотношения между углом наклона плоскости к горизонту (α) и коэффициентом трения (μ) бруска о плоскость ($\text{tg } \alpha = 3/4 < \mu = 4/5$).

С помощью легкого нерастяжимого троса, перекинутого через блок, к бруску на пружине подвешивают груз массой m (см. рисунок) и удерживают его некоторое время в исходном положении, когда пружина не напряжена. Затем груз m быстро отпускают. В итоге брусок M сдвигается со своего места. Однако, это происходит только при условии $m > 310 \text{ г}$. В противном случае брусок M остается на месте. Определить массу бруска M . (на рисунке трос параллелен наклонной плоскости)



ЗАДАЧА № 3

Самолет делает в вертикальной плоскости «мертвую петлю». Пилот ($m = 100 \text{ кг}$) пристегнут к креслу ремнями и в верхней точке находится в положении «вниз головой». При этом он, в зависимости от параметров траектории, может либо висеть на ремнях, либо быть вдавленным в кресло, либо находиться в состоянии невесомости. Найти величину реакции опоры (N) и ее тип (кресло или ремни) в верхней точке, если скорость там $V = 180 \text{ км/ч}$, а радиус петли $R = 200 \text{ м}$. Считать $g = 10 \text{ м/с}^2$.

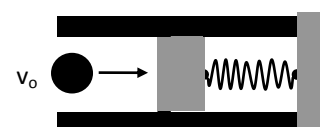
ЗАДАЧА № 4

Средняя плотность планеты в 2 раза меньше, чем у Земли, а радиус ее в 4 раза больше. Во сколько раз ускорение свободного падения на поверхности планеты (g^*) отличается от земного g_0 ?

ЗАДАЧА № 5

В цилиндре массой M может без трения перемещаться поршень массой m . Цилиндр закрыт с одного конца легкой жесткой крышкой, приклеенной к его торцу). Поршень связан с крышкой посредством легкой пружины жесткостью k . Изначально вся система находится в покое (см. рисунок).

В некоторый момент на поршень извне налетает шар равной ему массы (m) и наносит **абсолютно неупругий** центральный удар, в результате которого склейка рвется и крышка отрывается от цилиндра. Какой минимальной скоростью (v_0) должен для этого обладать шар, если склейка может выдержать максимальное усилие на отрыв F_0 ? Какой



при этом окажется скорость цилиндра (V^*) в момент отрыва крышки? Силами гравитации пренебречь.

ЗАДАЧА № 6

Из картона вырезан прямоугольник с произвольным соотношением сторон. Двумя взаимно перпендикулярными разрезами, параллельными его сторонам, из него вырезан прямоугольник меньшего размера также с произвольным соотношением сторон (например, как на рисунке). Построением нужно найти центр масс получившейся фигуры, пользуясь для этого только карандашом, и линейкой (без делений) и не прибегая к измерениям и расчетам. Дать общий алгоритм построения.



ЗАДАЧА № 7

С потолка свешиваются два легких троса длиной $l_1 = 25$ см и $l_2 = 60$ см. Их точки подвеса на потолке находятся на расстоянии $l_0 = 65$ см друг от друга. Свисающие концы сводят друг с другом, связывают в тонкий узел и к нему подцепляют груз весом $P = 13$ Н. Найти натяжение каждого из тросов

Задача № 8

Шайбу со скоростью V_1 толкнули вверх по длинной доске, наклоненной под углом α к горизонту. Если коэффициент трения о доску $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, шайба остановится в некоторой точке и начнет съезжать обратно. Какую скорость (V_2) будет иметь шайба, оказавшись снова у нижнего края доски? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая $V_1 = 1,2$ м/с, $\operatorname{tg} \alpha = 3/4$, $\mu = 3/5$.

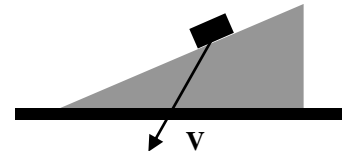


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 5 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

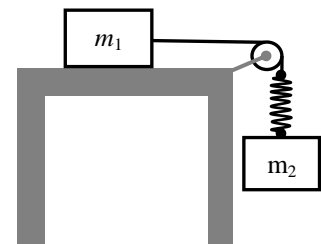
На полу стоит гладкий клин. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (\mathbf{V}). В некоторый момент времени его модуль $|\mathbf{V}| = 25$ см/с, а горизонтальная компонента $V_x = 20$ см/с. В этот момент скорость скольжения бруска по клину равна $V_K = 39$ см/с. Найти отношение m/M масс бруска (m) и клина (M).



Ответ: $m/M = 4/5$

ЗАДАЧА № 2

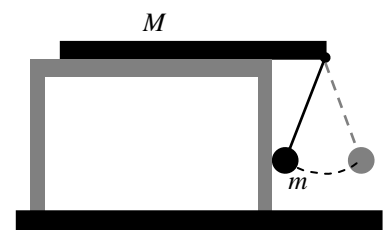
На шероховатом столе лежит брусок массы $m_1 = 400$ г. Коэффициент трения между ними $\mu = 0,25$. К бруску на легком нерастяжимом горизонтальном тросе через блок подвешивают пружину, а к ней прикрепляют второй груз (см. рисунок). Этот груз удерживают некоторое время в исходном положении, когда пружина не напряжена, и затем быстро отпускают. Какой минимальной массой должен обладать второй груз (m_2), чтобы в итоге сдвинуть таким способом брусок m_1 с места?



Ответ: $m_2 = \mu m_1 / 2 = 50$ г.

ЗАДАЧА № 3

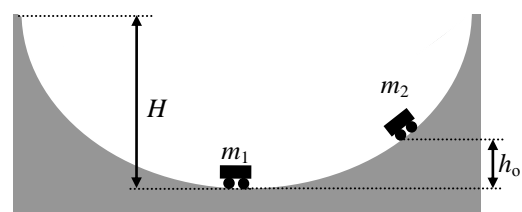
На массивный шероховатый стол положили однородную доску массой $M = 2,4$ кг и длиной $L = 2$ м так, что часть ее длиной $d = 40$ см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной l привязали маленький шар массой $m = 2$ кг. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_0 , равной длине свисающей части доски ($x_0 = d = 40$ см), как это представлено на рисунке. При какой минимальной длине нити (l_{min}) доска удержится на столе без опрокидывания? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.



Ответ: $l_{min} = 50$ см.

ЗАДАЧА № 4

Желеб для скейтбординга имеет глубину H , края его стенок направлены вертикально. На его дне стоит тележка массой m_1 . На скате желоба на высоте $h_0 = 4H/9$ от дна ставят вторую тележку массой m_2 и отпускают (см. рисунок). На дне желоба происходит абсолютно упругое столкновение тележек, в результате которого первая тележка достигает верхнего края желоба с нулевой скоростью. Определить соотношение масс тележек (m_1/m_2). На какую высоту от дна (h^*) подлетит первая тележка при условии $m_1 \ll m_2$? Диссипативными силами и размерами тележек пренебречь.



Ответ: $m_1 / m_2 = (4h_0 / H)^{1/2} - 1 = 1/3$; $h^* = 4h_0 = 16H/9$.

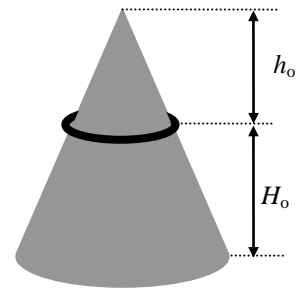
ЗАДАЧА № 5

В открытом космосе вдали от всех планет со скоростью V_0 летит космический корабль. Внезапно возникает необходимость сменить курс на 90° и продолжить движение с прежней скоростью. Сделать это нужно как можно быстрее, но ускорение не должно превышать по модулю $a_0 = 5g = 50 \text{ м/с}^2$. Пилот избрал оптимальную стратегию маневра, дающую минимальное время поворота. Оно оказалось равным $T_{\min} = 792 \text{ с}$. Чему равна скорость (V_0) корабля?

Ответ: включить двигатель с тягой $5g$ и поддерживать ее под углом 135° к исходному курсу;
 $V_0 = 5g T_{\min} / \sqrt{2} = 42 \text{ км/с}$.

ЗАДАЧА № 6

На столе стоит медный конус. На конус свободно надето тонкое алюминиевое кольцо так, что его плоскость параллельна плоскости стола (см. рисунок). При температуре $T_0 = 0^\circ \text{C}$ расстояние от плоскости кольца до вершины конуса равно $h_0 = 50 \text{ см}$. На какую величину (Δh) и с каким знаком (\pm) изменится это расстояние при температуре $T_1 = +100^\circ \text{C}$? Каким должно быть расстояние между столом и плоскостью кольца (H_0), чтобы оно не зависело от температуры? Линейные коэффициенты теплового расширения меди и алюминия равны: $\alpha_{Cu} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_{Al} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Трением пренебречь.



Ответ: $\Delta T = T_1 = 100^\circ \text{C}$; $\Delta h = h_0 \Delta T \alpha_{Al} = 3,4 \text{ мм}$; $H_0 = h_0 [(\alpha_{Al} / \alpha_{Cu}) - 1] \approx 206 \text{ мм}$.

ЗАДАЧА № 7

В сосуд из кварцевого стекла до краев налита вода и опущен электрический кипятильник. После включения кипятильника вода из сосуда начала вытекать с интенсивностью $[v] = 100 \text{ мм}^3/\text{с}$. Определить мощность кипятильника (W). Возможно, для ответа вам потребуются следующие параметры воды:

Объемный коэффициент теплового расширения $\beta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, удельная теплоемкость $C = 4 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}$, плотность $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$. Поверхностными явлениями и тепловым расширением сосуда пренебречь.

Ответ: $W = Cv / \beta \rho = 2 \text{ кВт}$.

ЗАДАЧА № 8

Имеются два стандартных электрокипятильника (т.е., они рассчитаны на работу от городской электросети и их сопротивление практически не зависит от температуры). Один кипятильник, включенный в сеть, доводит воду в стакане до кипения за время $T_1 = 25 \text{ с}$. Другому для этого требуется время $T_2 = 100 \text{ с}$. Сколько времени займет кипячение ($T_{1/2}$), если использовать оба кипятильника, одновременно включив их в сеть параллельно друг другу? Каким будет время кипячения (T_{1-2}) при их последовательном соединении? Теплотерями пренебречь.

Ответ: $T_{1/2} = T_1 \cdot T_2 / (T_1 + T_2) = 20 \text{ с}$; $T_{1-2} = T_1 + T_2 = 125 \text{ с}$.



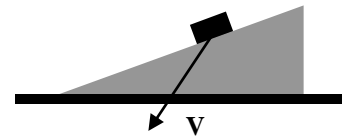
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 6 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу стоит гладкий клин массой $M = 16$ кг. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (\mathbf{V}). В некоторый момент времени его модуль $|\mathbf{V}| = 68$ см/с, а вертикальная компонента $V_y = 60$ см/с. В этот момент его скорость скольжения по клину равна $V_K = 75$ см/с. Найти массу бруска (m).

Ответ: $m = 6,5$ кг.

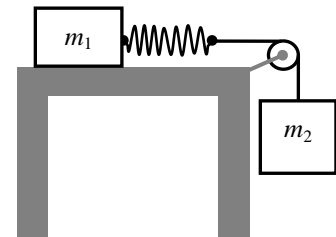


ЗАДАЧА № 2

На шероховатом столе лежит брусок массой $m_1 = 400$ г. К нему через пружину подвешивают на легком нерастяжимом тросе, перекинутом через блок, груз массой m_2 (см. рисунок, на котором пружина занимает горизонтальное положение).

Этот груз удерживают некоторое время в исходном положении, когда пружина не напряжена, и затем быстро отпускают. В итоге брусок m_1 сдвигается со своего места. Но этот сдвиг происходит только при условии $m_2 > 300$ г. В противном случае брусок m_1 остается на месте. Определить коэффициент трения (μ) между столом и бруском.

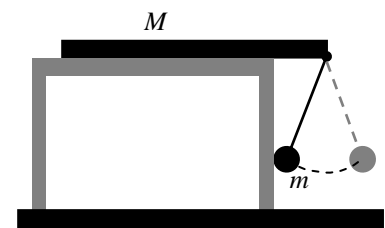
Ответ: $\mu = 2m_2/m_1 = 1,5$.



ЗАДАЧА № 3

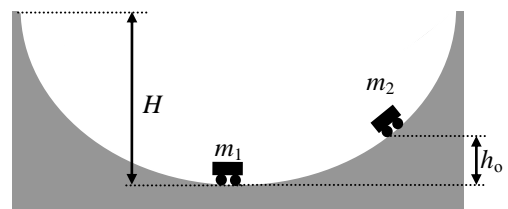
На массивный шероховатый стол положили однородную доску длиной $L = 2$ м так, что часть ее длиной $d = 40$ см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной $l = 50$ см привязали маленький тяжелый шар массой (m_{max}) = 2 кг. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_0 , равной длине свисающей части доски ($x_0 = d = 40$ см), как это представлено на рисунке. При какой минимальной массе доски (M_{min}) она удержится на столе? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.

Ответ: $m = 2,4$ кг



ЗАДАЧА №4

Желоб для скейтбординга имеет глубину H , края его стенок направлены вертикально. На его дне стоит тележка массой m_1 . На скате желоба на некоторой высоте от дна ставят вторую тележку массой $m_2 = 3m_1$ и отпускают (см. рисунок). На дне желоба происходит абсолютно упругое столкновение тележек, в результате которого первая тележка достигает верхнего края желоба с нулевой скоростью. Определить начальную высоту второй тележки (h_0). На какую высоту от дна (h^*) подлетит первая тележка, если вторую тележку отпустить с верхнего края желоба? Диссипативными силами и размерами тележек пренебречь.



Ответ: $h_0 = 4H/9$; $h^* = 16H/9$.

ЗАДАЧА № 5

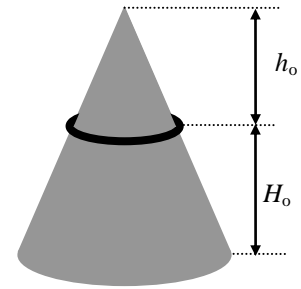
В открытом космосе вдали от всех планет летит космический корабль. Его скорость $V_0 = 42$ км/с. Внезапно возникает необходимость сменить курс на 90° и продолжить движение с прежней скоростью. Сделать это нужно как можно быстрее, но ускорение не должно превышать по модулю $a_0 = 5g = 50 \text{ м/с}^2$. Какова стратегия этого маневра, дающая минимальное время поворота. Чему это время (T_{\min}) равно?

Ответ: включить двигатель с тягой $5g$ и поддерживать ее под углом 135° к исходному курсу;

$$T_{\min} = V_0 \sqrt{2} / 5g = 1188 \text{ с.}$$

ЗАДАЧА № 6

На столе стоит стальной конус. На конус свободно надето тонкое алюминиевое кольцо так, что его плоскость параллельна плоскости стола (см. рисунок). При температуре $T_0 = 0^\circ\text{C}$ расстояние от плоскости кольца до вершины конуса равно $h_0 = 50$ см. На какую величину (Δh) и с каким знаком (\pm) изменится это расстояние при температуре $T_1 = +200^\circ\text{C}$? Каким должно быть расстояние между столом и плоскостью кольца (H_0), чтобы оно не зависело от температуры? Линейные коэффициенты теплового расширения стали и алюминия равны: $\alpha_{cm} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_{Al} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Трением пренебречь.



Ответ: $\Delta T = T_1 = 200^\circ\text{C}$; $\Delta h = h_0 \Delta T \alpha_{Al} = 6,8$ мм; $H_0 = h_0 [(\alpha_{Al}/\alpha_{cm}) - 1] \approx 500$ мм.

ЗАДАЧА № 7

В сосуд из кварцевого стекла до краев налита вода и опущен электрический кипятильник мощностью $W = 1$ кВт. Сколько кубических миллиметров воды (v) будет вытекать из сосуда за каждую секунду после включения кипятильника? Подчеркнем, что размерность ответа $[v] = \text{мм}^3/\text{с}$. Возможно, для ответа вам потребуются следующие параметры воды:

Объемный коэффициент теплового расширения $\beta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, удельная теплоемкость $C = 4 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}\cdot\text{K}$, плотность $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$. Поверхностными явлениями и тепловым расширением сосуда пренебречь.

Ответ: $v = \beta \rho W / C = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} = 50 \text{ мм}^3/\text{с}$.

ЗАДАЧА № 8

Имеются два стандартных электрокипятильника (т.е., они рассчитаны на работу от городской электросети и их сопротивление практически не зависит от температуры). Один кипятильник, включенный в сеть, доводит воду в стакане до кипения за время $T_1 = 120$ с. Другому для этого требуется время $T_2 = 40$ с. Сколько времени займет кипячение ($T_{1/2}$), если использовать оба кипятильника, одновременно включив их в сеть параллельно друг другу? Каким будет время кипячения (T_{1-2}) при их последовательном соединении? Теплотерями пренебречь.

Ответ: $T_{1/2} = T_1 \cdot T_2 / (T_1 + T_2) = 30$ с; $T_{1-2} = T_1 + T_2 = 160$ с.

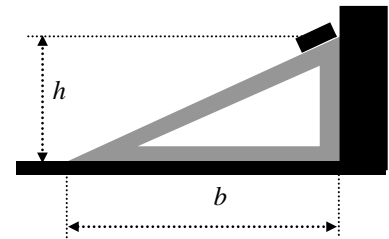


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 7 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу, прижатый к стене, стоит гладкий клин высотой $h=50\text{см}$ и основанием $b=120\text{см}$. Масса клина $M=560\text{г}$. В верхней части его наклонной поверхности удерживается кирпич длиной $l=25\text{см}$ и массой $m=1,69\text{кг}$, также прижатый к стене (см. рисунок). Кирпич отпускают, и он начинает скользить без трения вниз по плоскости.



Определить силу давления клина на стену (N) и на пол (P) во время спуска. Через сколько секунд (t) после начала спуска кирпич коснется пола?

Ответ: $N=mg \sin\alpha \cdot \cos\alpha = 6\text{Н}$; $P=g(M+m\cos^2\alpha) = 20\text{Н}$; $t = 0,74\text{с}$.

ЗАДАЧА № 2

На столе лежат два бруска, сцепленные пружиной (см. рисунок). Их массы $m_1=200\text{г}$ и $m_2=300\text{г}$. Коэффициент трения между ними и столом $\mu=0,4$. С какой *минимальной горизонтальной* силой (F^*) нужно тянуть первый брусок, чтобы сдвинуть второй с места?



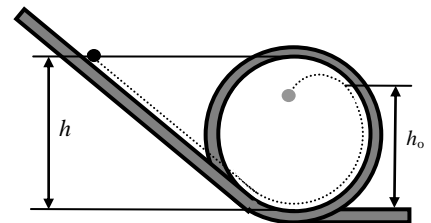
Ответ: $F_{\min} = \mu g \cdot (m_1 + m_2 / 2) = 1,4\text{Н}$.

ЗАДАЧА № 3

Установка для демонстрации «мертвой петли» представляет собой гладкий желоб, изогнутый в виде петли в вертикальной плоскости. Петля (см. рисунок) состоит из прямой наклонной части, которая плавно (по касательной) переходит в окружность радиуса R , а та, в свою очередь, также плавно переходит в горизонтальный прямой участок. Для того, чтобы скользящий по желобу (без трения) шарик совершил «мертвую петлю», то есть проскользил по круглому участку без отрыва от желоба, его надо пустить по наклонному участку с высоты H , большей диаметра петли.

Наименьшая высота, позволяющая шарик совершить «мертвую петлю», равна $H_{\min}=150\text{см}$. Найти величину радиуса петли R . Размерами шарика пренебречь.

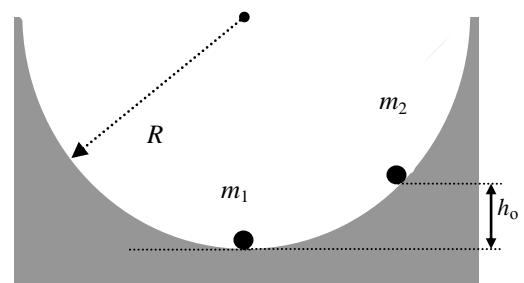
Если же шарик пустить с чуть меньшей высоты, то он, не закончив «мертвой петли», оторвется от желоба и некоторое время будет находиться в свободном полете (см. рисунок, на котором пунктиром показана его примерная траектория). На какой высоте (h_0) произойдет отрыв шарика от желоба, если пустить его с высоты h , равной диаметру петли ($h=2R$)?



Ответ: $R=0,4H_{\min} = 60\text{см}$; $h_0 = 4R/3 = 80\text{см}$.

ЗАДАЧА № 4

Желоб для скейтбординга имеет в разрезе профиль полуцилиндра радиусом $R=4\text{м}$. На его дне лежит шар массой m_1 . На скате желоба на высоте $h_0=0,05R$ от дна ставят второй шар массой $m_2 = \frac{1}{3}m_1$ и отпускают (см. рисунок). Через какое время после этого (T_1) произойдет столкновение шаров. Считая это столкновение центральным и абсолютно упругим, найти высоту подъема каждого из шаров (h_1 и, соответственно h_2), после столкновения. Найти временной интервал (T_2) между первым и вторым столкнове-



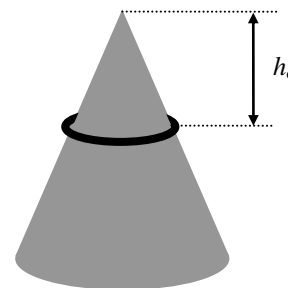
ниями шаров. Определить высоту подъема шаров (H_1 и, соответственно H_2) после второго столкновения. Шары считать материальными точками. Трением пренебречь.

Ответ: $T_1=0,5\text{с}; h_1=5\text{см}; h_2=5\text{см}; T_2=1,0\text{с}; H_1=0; H_2=h_0=20\text{см}.$

ЗАДАЧА № 5

На столе стоит медный конус высотой $H=60\text{см}$ и радиусом основания $R=10\text{см}$. При температуре $T_0=0^\circ\text{C}$ на конус свободно надели тонкое алюминиевое кольцо. Его плоскость горизонтальна и отстоит от вершины конуса на величину $h_0=500,0\text{мм}$ (см. рисунок). Всю систему нагревают до некоторой температуры (T^*) и затем начинают медленно охлаждать. Когда температура достигает исходного значения $T_0=0^\circ\text{C}$, кольцо разрывается. Вопросы:

- До какой температуры (T^*) нагрели конус с кольцом?
- Есть ли ограничения (и какие) для коэффициента трения (μ) между конусом и кольцом, или этот эффект (разрыв кольца) возможен при любом его значении?
- На какую величину (Δh) и с каким знаком (\pm) изменится по сравнению с исходным значением (h_0) расстояние между вершиной конуса и плоскостью кольца при максимальной температуре нагрева T^* ?



Линейный коэффициент теплового расширения меди $\alpha_{Cu}=17\cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$, алюминия $\alpha_{Al}=24\cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$. Проволока, из которой сделано кольцо, разрывается от растягивающего механического усилия, при котором ее удлинение (Δl^*) достигает величины 0,2% от исходной длины ($\Delta l^*/l_0=0,002$).

Ответ: $T^*=\Delta T=(\Delta l^*/l_0)/(\alpha_{Al}-\alpha_{Cu})\approx 286^\circ\text{C}; \mu\geq R/H=1/6; \Delta h=h_0\Delta T\alpha_{Al}=3,4\text{мм}.$

ЗАДАЧА № 6

Оценить первую (V_I) и вторую (V_{II}) космические скорости для Луны (V_{II}). Радиус Луны $R=1,7$ тысяч км, ускорение свободного падения на Луне составляет 1/6 от земного.

Ответ: $V_I=(gR)^{1/2}\approx 1650\text{м/с}; V_{II}=(2gR)^{1/2}\approx 2330\text{м/с}.$

ЗАДАЧА № 7

В ведре, доверху заполненном водой, плавает пустая тарелка. На дне ведра лежит шар объемом $V=0,8$ литра и плотностью $\rho=3\text{г/см}^3$. Ведро подвешено на пружинных весах, которые показывают общий вес P_0 . Шар аккуратно достают со дна и кладут в тарелку, которая остается на плаву. Какими теперь будут показания весов (P^*)? Плотность воды $\rho_0=1\text{г/см}^3$.

Ответ: $P^*=P_0-V\cdot(\rho-\rho_0)=P_0-1,6\text{кг}.$

ЗАДАЧА № 8

Имеются два стандартных электрокипятильника (т.е., они рассчитаны на работу от городской электросети и их сопротивление практически не зависит от температуры). Один кипятильник, включенный в сеть, доводит воду в стакане до кипения за время $t_1=30\text{с}$. Другому для этого требуется время $t_2=60\text{с}$.

Взяли два стакана с водой и опустили в них эти кипятильники (каждый в свой стакан). Затем оба кипятильника соединили последовательно и включили в сеть. Сколько времени в этом случае потребуется на кипячение первому (T_1) и второму (T_2) кипятильнику? Теплопотерями пренебречь.

Ответ: $T_1=(t_1+t_2)^2/t_1=270\text{с}; T_2=(t_1+t_2)^2/t_2=135\text{с}.$

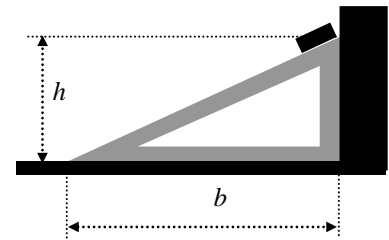


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 8 (9 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу, прижатый к стене, стоит гладкий клин высотой $h = 40$ см и основанием $b = 75$ см. Масса клина $M = 775$ г. В верхней части его наклонной поверхности удерживается брусок длиной $l = 25$ см и массой $m = 289$ г, также прижатый к стене (см. рисунок). Брусок отпускают, и он начинает скользить без трения вниз по плоскости.



Определить силу давления клина на стену (N) и на пол (P) во время спуска. Через сколько секунд (t) после начала спуска брусок коснется пола?

Ответ: $N = mg \sin \alpha \cdot \cos \alpha = 1,2$ Н; $P = g(M + m \cos^2 \alpha) = 10$ Н; $t = 0,5$ с.

ЗАДАЧА № 2

На шероховатом столе лежат два бруска, сцепленные пружиной. Их массы $m_1 = 400$ г и $m_2 = 600$ г. Первый брусок пытаются сдвинуть с места, толкая на него через пружину второй брусок горизонтальной силой F , как это показано на рисунке. Минимальная сила, необходимая для сдвига, равна $F_{min} = 2$ Н. Определить Коэффициент трения (μ) между брусками и столом.



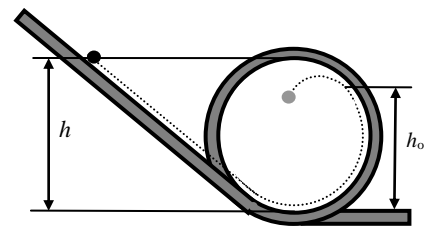
Ответ: $\mu = F_{min} / g \cdot (m_1 + m_2 / 2) = 0,25$.

ЗАДАЧА № 3

Установка для демонстрации «мертвой петли» представляет собой гладкий желоб, изогнутый в виде петли в вертикальной плоскости. Петля (см. рисунок) состоит из прямой наклонной части, которая плавно (по касательной) переходит в окружность радиуса $R = 60$ см, а та, в свою очередь, также плавно переходит в горизонтальный прямой участок.

Для того, чтобы скользящий по желобу (без трения) шарик совершил «мертвую петлю», то есть проскользил по круглому участку без отрыва от желоба, его надо пустить по наклонному участку с высоты H , большей диаметра петли. Пренебрегая размерами шарика, найти наименьшее значение этой высоты (H_{min}), позволяющее шарикку совершить «мертвую петлю».

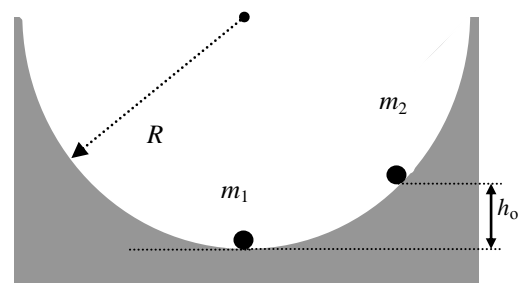
Если же шарик пустить с чуть меньшей высоты, то он, не закончив «мертвой петли», оторвется от желоба и некоторое время будет находиться в свободном полете (см. рисунок, на котором пунктиром показана его примерная траектория). На какой высоте (h_0) произойдет отрыв шарика от желоба, если пустить его с высоты h , равной диаметру петли ($h = 2R = 120$ см)?



Ответ: $H_{min} = 2,5 R = 150$ см; $h_0 = 4R/3 = 80$ см.

ЗАДАЧА № 4

Желоб для скейтбординга имеет в разрезе профиль полуцилиндра радиусом $R = 5$ м. На его дне лежит шар массой m_1 . На скате желоба на высоте $h_0 = 0,09R$ от дна ставят второй шар массой $m_2 = \frac{1}{2} m_1$ и отпускают (см. рисунок). Через какое время после этого (T_1) произойдет столкновение шаров. Считая это столкновение центральным и абсолютно упругим, найти высоту подъема каждого из шаров (h_1 и, соответственно h_2), после столкновения. Найти временной интервал (T_2) между первым и вторым столкнове-

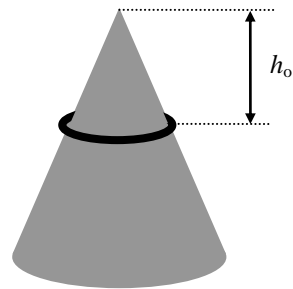


ниями шаров. Определить высоту подъема шаров (H_1 и, соответственно H_2) после второго столкновения. Шары считать материальными точками. Трением пренебречь.

Ответ: $T_1=1,11$; $h_1=20$ см; $h_2=5$ см; $T_2=2,22$ с; $H_1=0$; $H_2=h_0=45$ см.

ЗАДАЧА № 5

На столе стоит стальной конус высотой $H=80$ см и радиусом основания $R=12$ см. При температуре $T_0=0^\circ\text{C}$ на конус свободно надели тонкое алюминиевое кольцо. Его плоскость горизонтальна и отстоит от вершины конуса на величину $h_0=500,0$ мм (см. рисунок). Всю систему нагревают до некоторой температуры (T^*) и затем начинают медленно охлаждать. Когда температура достигает исходного значения $T_0=0^\circ\text{C}$, кольцо разрывается. Вопросы:



- До какой температуры (T^*) нагрели конус с кольцом?
- Есть ли ограничения (и какие) для коэффициента трения (μ) между конусом и кольцом, или этот эффект (разрыв кольца) возможен при любом его значении?
- На какую величину (Δh) и с каким знаком (\pm) изменится по сравнению с исходным значением (h_0) расстояние между вершиной конуса и плоскостью кольца при максимальной температуре нагрева T^* ?

Линейный коэффициент теплового расширения стали $\alpha_{\text{Ст}}=12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, алюминия $\alpha_{\text{Al}}=24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Проволока, из которой сделано кольцо, разрывается от растягивающего механического усилия, при котором ее удлинение (Δl^*) достигает величины 0,2% от исходной длины ($\Delta l^*/l_0 = 0,002$).

Ответ: $T^*=\Delta T = (\Delta l^*/l_0)/(\alpha_{\text{Al}}-\alpha_{\text{Ст}}) \approx 167^\circ\text{C}$; $\mu \geq R/H = 0,15$; $\Delta h = h_0 \Delta T \alpha_{\text{Al}} = 2,0$ мм.

ЗАДАЧА № 6

Оценить первую (V_I) и вторую (V_{II}) космические скорости для Марса. Радиус Марса $R=3,4$ тысяч км, ускорение свободного падения на поверхности Марса составляет 0,4 от земного.

Ответ: $V_I=(gR)^{1/2} \approx 3680$ м/с; $V_{II}=(2gR)^{1/2} \approx 5200$ м/с.

ЗАДАЧА № 7

В ведре, доверху заполненном водой, плавает пустая тарелка. На дне ведра лежит шар массой $m=1,8$ кг и плотностью $\rho=3$ г/см³. Ведро подвешено на пружинных весах, которые показывают общий вес P_0 . Шар аккуратно достают со дна и кладут в тарелку, которая остается на плаву. Какими теперь будут показания весов (P^*)? Плотность воды $\rho_0=1$ г/см³.

Ответ: $P^* = P_0 - m \cdot (\rho - \rho_0) / \rho = P_0 - 1,2$ кг.

ЗАДАЧА № 8

Имеются два стандартных электрокипятильника (т.е., они рассчитаны на работу от городской электросети и их сопротивление практически не зависит от температуры). Один кипятильник, включенный в сеть, доводит воду в стакане до кипения за время $t_1=54$ с. Другому для этого требуется время $t_2=18$ с.

Взяли два стакана с водой и опустили в них эти кипятильники (каждый в свой стакан). Затем оба кипятильника соединили последовательно и включили в сеть. Сколько времени в этом случае потребуются на кипячение первому (T_1) и второму (T_2) кипятильнику? Теплопотерями пренебречь.

Ответ: $T_1 = (t_1 + t_2)^2 / t_1 = 96$ с; $T_2 = (t_1 + t_2)^2 / t_2 = 288$ с.