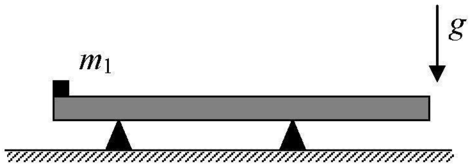
Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика 8 класс

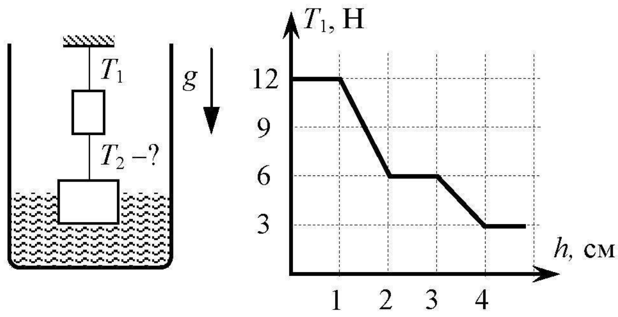
1. Велосипедист, двигаясь вдоль проспекта, заметил, что трамваи, движущиеся ему навстречу, встречаются вдвое чаще, чем обгоняющие его попутные трамваи. Автомобилист, двигаясь по тому же проспекту, также заметил, что встречные трамваи он видит вдвое чаще попутных, которые он периодически обгоняет. Считая скорости велосипеда, автомобиля и трамваев постоянными, а интервалы движения трамваев в обе стороны одинаковыми, определите, во сколько раз автомобиль двигается быстрее велосипеда.

2. Маленький переносной холодильник представляет собой закрытую сумку, стенки которой сделаны из материала с низкой теплопроводностью, с помещённым в неё пакетом со льдом. Температура в холодильнике поднялась до 4°C через 14 часов после того, как лёд начал таять. Через какое время температура в холодильнике поднялась бы до этого значения, если бы изначально почти весь лёд был растаявшим? Теплоёмкость воды — 4,2 кДж/кг·К, теплота плавления льда — 336 кДж/кг. Теплоёмкостью сумки и пакета пренебречь. Мощность поступления тепла внутрь холодильника считать одинаковой и постоянной в этом температурном диапазоне. (Полученный результат даёт представление о соотношении длительностей работы холодильников, использующих фазовый переход и теплоёмкость.)

3. Однородная доска устойчиво покоится на двух опорах, расстояние между которыми равно половине длины доски. Сначала определяют минимальную массу маленького груза m_1, который нужно положить на один край доски, чтобы нарушилось равновесие. Затем груз m_1 убирают и аналогично определяют минимальную массу маленького груза m_2, который нужно положить на другой край доски, чтобы нарушилось равновесие. Определите массу доски, считая величины m_1 и m_2 известными.



4. Внутри высокого вертикального сосуда к неподвижной точке подвешены на нитях два груза одинаковой плотности, имеющих форму прямоугольных параллелепипедов (см. рисунок). Сосуд медленно наполняют жидкостью и измеряют зависимость силы натяжения T_1 верхней нити от уровня жидкости h в сосуде. График этой зависимости представлен на рисунке. Определите силу натяжения T_2 нижней нити в момент, когда вода скроет нижний груз.



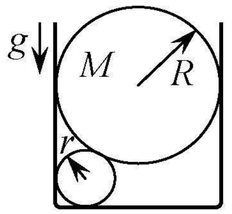
Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успехов!

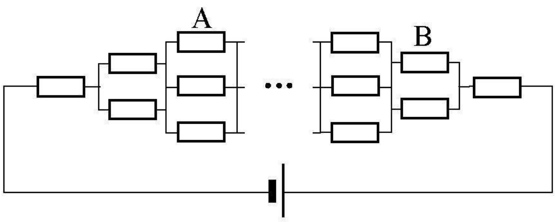
Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика 9 класс

1. Велосипедист, двигаясь вдоль проспекта, заметил, что трамваи, движущиеся ему навстречу, встречаются втрое чаще, чем обгоняющие его попутные трамваи. Автомобилист, двигаясь по тому же проспекту, также заметил, что встречные трамваи он видит втрое чаще попутных, которые он периодически обгоняет. Считая скорости велосипеда, автомобиля и трамваев постоянными, а интервалы движения трамваев в обе стороны одинаковыми, определите, во сколько раз автомобиль двигается быстрее велосипеда.

2. На дно цилиндрического стакана радиуса R положили шарик радиуса r ($r < R$), а сверху на него шар радиуса R и массы M. С какой силой F верхний шар давит на боковую стенку стакана? Трения нет. Ускорение свободного падения g.

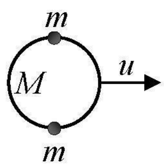


3. По электрической цепи, состоящей из большого числа одинаковых резисторов и источника напряжения (см. рис.), течёт ток. Найти отношение теплоты, которая выделяется на сопротивлении А в единицу времени, к теплоте, выделяющейся на сопротивлении В в единицу времени.



4. Многоступенчатая ракета стартует с поверхности Земли и летит с постоянным ускорением под некоторым постоянным углом к горизонту. Каждая ступень работает одинаковое время, после чего отделяется и падает по баллистической траектории (без двигателей). Первая ступень упала на расстоянии S_1 от места старта. На каком расстоянии упадет вторая ступень? Для полёта на указанные расстояния поверхность Земли считать плоской. Влиянием воздуха пренебречь.

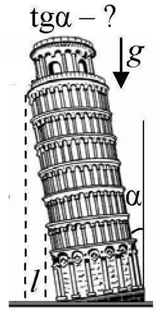
5. На гладкое проволочное кольцо массы M надеты две одинаковые бусинки массой m, которые первоначально находились на противоположных сторонах кольца. Кольцу ударом сообщили скорость u в направлении, перпендикулярном к линии, соединяющей центры бусинок. Найти скорости бусинок к моменту их столкновения. Силой тяжести пренебречь.



Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

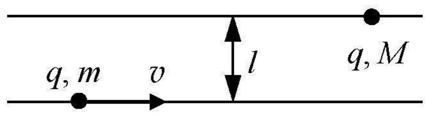
Желаем успехов!

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика   10 класс



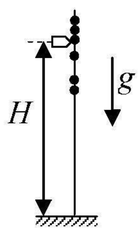
1. Галилей бросил первый камень с вершины Пизанской башни, а второй — с одного из средних этажей. Он бросал камни с нулевой начальной скоростью и измерял время их падения на землю, которое для первого камня оказалось равным t_1, а для второго — t_2. Спустившись на землю, он измерил расстояние l между точками падения камней. Определите тангенс угла наклона Пизанской башни к вертикали. Ускорение свободного падения g. Влиянием воздуха пренебречь.

2. Монгольфьер (аэростат с нерастяжимой открытой снизу оболочкой, наполненной горячим воздухом) совершал горизонтальный полет при атмосферном давлении P_0 и температуре T_0. В результате пересечения атмосферного фронта давление снаружи упало до P_1, а температура до T_1, и монгольфьер начал опускаться. До какой температуры нужно нагреть воздух в монгольфьере, чтобы он перестал опускаться? Первоначально температура воздуха внутри аппарата была равна T.



3. Две бусинки, заряженные одинаковыми зарядами q, нанизаны на две параллельные спицы, расстояние между которыми равно l. Бусинки могут без трения перемещаться вдоль спиц. В сторону верхней покоящейся бусинки массы M, с большого расстояния запускается нижняя бусинка массы m с начальной скоростью v. Найти минимальную скорость v^*, которую следует сообщить нижней бусинке, чтобы она обогнала верхнюю бусинку, а также конечную скорость верхней бусинки после того, как бусинки вновь разлетятся на большое расстояние. Рассмотреть два случая а) $v > v^*$ и б) $v < v^*$.

4. Автомобиль массы m начинает разгоняться с места таким образом, что его двигатель развивает постоянную полезную мощность P. Какая энергия выделится в виде тепла к тому времени, когда прекратится проскальзывание колёс? Считать, что все колёса автомобиля ведущие. Коэффициент трения колёс о дорогу μ, ускорение свободного падения g. Колёса перестают проскальзывать одновременно.



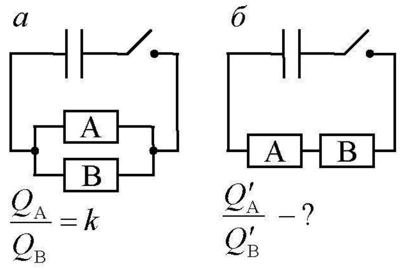
5. С высоты H по вертикальной спице начинают отпускать одинаковые бусинки без начальной скорости. Последнюю бусинку отпустили с высоты H, когда первая опустилась на половину начальной высоты. Через какое время после отпускания последняя бусинка вернётся в начальную точку? Ускорение свободного падения g. Удары бусинок об пол и друг о друга считать упругими, размерами бусинок пренебречь. Трения между бусинками и спицей нет.

Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

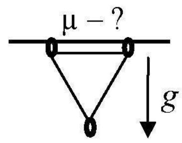
Желаем успехов!

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика 11 класс

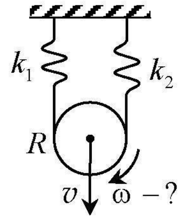
1. Электрическая цепь состоит из конденсатора, ключа и двух сопротивлений A и B, соединённых параллельно (рис. а). В начале эксперимента конденсатор был заряжен, а ключ разомкнут. После того как ключ замкнули на некоторое время, оказалось, что количество теплоты, выделившееся на сопротивлении A, в k раз больше, чем количество теплоты, выделившееся на сопротивлении B. Найдите отношение Q'_A/Q'_B между количествами теплоты, выделившимися на тех же резисторах, когда их соединили последовательно (рис. б) и повторили тот же эксперимент.



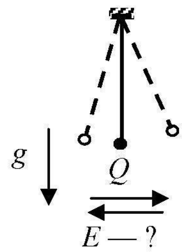
2. Три одинаковых кольца надеты на гладкую нить, замкнутую в петлю. Через два кольца продета жесткая горизонтальная закреплённая спица. Система находится в поле тяжести, а кольца расположены в вершинах равностороннего треугольника, лежащего в вертикальной плоскости. Трения между нитью и кольцами нет. Найти минимальный коэффициент трения между спицей и кольцами, при котором кольца останутся в покое.



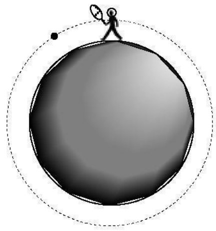
3. Лёгкий шероховатый блок радиуса R подвешен на ремне, прикреплённом к потолку двумя вертикальными пружинами с жёсткостями k_1 и k_2 ($k_1 > k_2$). Ось блока тянут вниз со скоростью v. С какой угловой скоростью вращается блок вокруг своей оси? Проскальзывания между блоком и ремнём нет, трения в оси блока нет.



4. Маятник, состоящий из лёгкой нерастяжимой нити и шарика массой $m = 0{,}1$ кг с зарядом $Q = 10^{-9}$ Кл, находился в состоянии равновесия. После того, как включили однородное горизонтальное электрическое поле неизвестной величины, шарик пришёл в движение. В момент его наибольшего отклонения вправо полярность поля изменили на противоположную. При наибольшем отклонении маятника влево полярность изменили ещё раз, и далее процедуру изменения полярности поля повторяли при всяком наибольшем отклонении маятника. Амплитуда его колебаний всякий раз возрастала. После включения поля и 9 его переключений, маятник стал колебаться так, что максимальный угол его отклонения от вертикали стал равным 30°. Определите величину напряжённости электрического поля. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

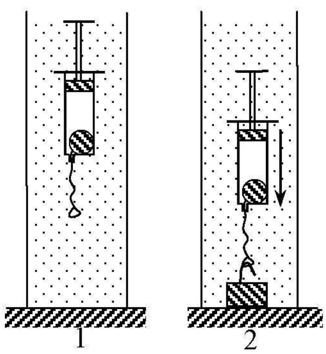


5. Космонавт на малой планете играет сам с собой в теннис. Он бьёт ракеткой по мячу, направляя его над поверхностью планеты, и отбивает его, когда мяч, обогнув планету, прилетает с другой стороны. Оцените, при каком максимальном радиусе планеты это возможно.



Предполагается, что Вы хорошо представляете явление, можете сами задать необходимые для решения задачи величины, выбрать их числовые значения и получить численный результат.

6. *Задача-демонстрация (демонстрируется видеоролик).* К грузу, находящемуся внутри шприца, привязана нить, пропущенная через открытый кончик шприца. Эту конструкцию опускают в сосуд с водой и медленно доливают воду. По мере наполнения сосуда водой шприц всё время поднимается (эксперимент 1). Если же к нижнему концу нити прикрепить дополнительный груз (эксперимент 2), то поведение шприца меняется: шприц вначале поднимается, затем перестаёт подниматься, а затем опускается на дно (при этом дополнительный груз всё время покоится на дне). Объясните наблюдаемое явление.



Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

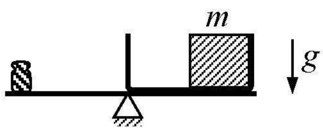
Желаем успехов!

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»
I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика   8 класс, вариант 1

1. В пустое тонкостенное ведёрко, которое плавает в воде, погрузившись на 2/3 своего объёма, начинают медленно наливать воду. В момент, когда в него было налито 100 мл воды, ведёрко утонуло. Чему равна масса ведёрка? Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м^3.

2. Житель новосибирского Академгородка каждый день ездит на работу в центр Новосибирска и затрачивает на дорогу 1 час. В понедельник, проехав 1/3 пути, он заметил горящую лампочку, сигнализирующую о заканчивающемся бензине в бензобаке. Решив заправиться на АЗС, находящейся на 2/3 пути, и предположив, что на заправку ему потребуется 5 минут, он поехал быстрее так, чтобы вовремя успеть на работу. Из-за очереди на АЗС, на заправку ушло 10 минут, и водителю, чтобы приехать на работу вовремя, пришлось поехать ещё быстрее. Во сколько раз автомобиль на последнем участке пути двигался быстрее, чем в начале пути? Автомобиль на всех участках двигался равномерно, временем ускорения и торможения пренебречь.

3. На левой чаше уравновешенных рычажных весов лежит гиря, а на правой — прямоугольная коробка, правая половина которой полностью заполнена льдом массы m. Левый край коробки расположен прямо над точкой опоры рычага весов (см. рис.). Весы удерживают, и в коробку добавляют ещё кусочек льда. Определите массу этого кусочка льда, если известно, что после того, как лёд растаял весы оказались в равновесии.



4. В двух одинаковых теплоизолированных пробирках находится одинаковое количество жидкости при неизвестной, но одинаковой температуре. Эту температуру измеряют термометром с неизвестной теплоёмкостью, который первоначально показывает комнатную температуру T_0. Его опускают сначала в первую пробирку — и он показывает температуру T_1, а затем быстро перекладывают во вторую пробирку, где он показывает температуру T_2. Какую температуру имела жидкость перед измерениями? Во всех случаях показания термометра снимают после наступления теплового равновесия.

Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

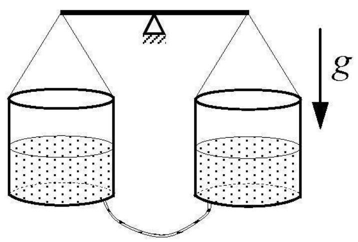
Желаем успехов!

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика 9 класс, вариант 1

1. Первый автомобиль, двигаясь по дороге с постоянной скоростью v, проезжает мимо второго неподвижно стоящего у дороги автомобиля. В этот момент второй автомобиль начинает двигаться с постоянным ускорением a, и после достижения скорости v перестаёт ускоряться, и продолжает движение с постоянной скоростью. Через некоторое время после этого первый автомобиль подъезжает к перекрёстку к моменту включения зелёного света светофора и проезжает перекрёсток без остановки. Как долго должен гореть зелёный свет светофора, чтобы второй автомобиль тоже успел проехать перекрёсток без остановки?

2. Катер сначала проплыл вдоль берега реки, затратив на путь L = 16 км время t_1 = 1 час. Затем он пересёк реку по кратчайшей траектории, перпендикулярной берегам, затратив на это время t_2 = 7,5 мин. Определите скорость течения реки (в км/ч). Ширина реки H = 2,5 км.

3. На двух чашах рычажных весов на одной высоте находятся в равновесии два одинаковых сообщающихся сосуда, соединенных тонкой гибкой трубочкой. В сосуды налита вода и они уравновешены. В левый сосуд положили алюминиевый брусок массы m. Какую массу должен иметь медный брусок, положенный в правый сосуд, чтобы система осталась в равновесии при исходном положении сосудов? Плотность алюминия ρ_1, меди — ρ_2, а воды — ρ.



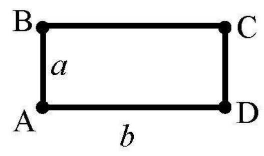
4. Для того, чтобы измерить температуру жидкости в химическом реакторе, небольшое её количество отлили в теплоизолированный пробоотборник, который обладает некоторой теплоёмкостью. Затем половину содержимого пробоотборника перелили в другой такой же прибор. Измерения температуры жидкости показали T_1 в первом пробоотборнике, и T_2 во втором. Первоначально пробоотборники имели комнатную температуру T_0. Определите температуру жидкости в реакторе.

Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

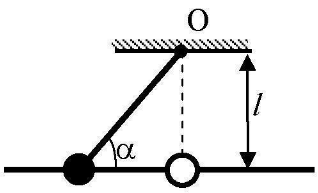
Желаем успехов!

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика 10 класс, вариант 1

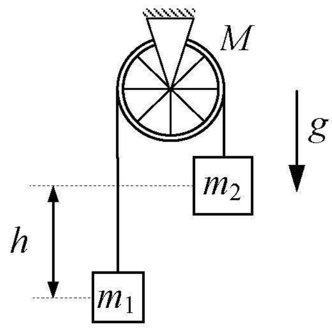
1. Прямоугольник ABCD со сторонами a и b сделан из однородной проволоки. Во сколько раз изменится сопротивление между точками A и C, если точки B и D соединить проводом с нулевым сопротивлением?



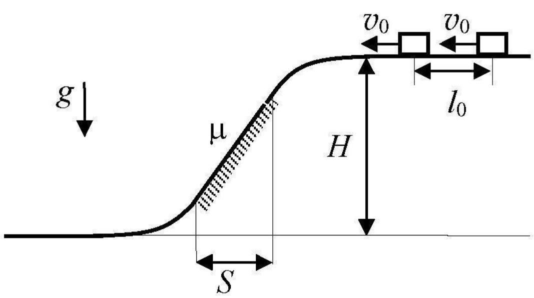
2. Жёсткий закрепленный горизонтальный стержень и т. O находятся в одной вертикальной плоскости. Резиновый шнур жесткости k прикреплен одним концом к т. O, а другим — к бусинке массы m, нанизанной на стержень. Бусинку переместили так, что угол между натянутым шнуром и стержнем стал равен α и отпустили. При этом скорость бусинки в момент, когда она находилась на минимальном расстоянии l от т. O равнялась v. Чему равняется длина нерастянутого шнура l_0, если известно, что $l_0 > l$? Трением бусинки о стержень пренебречь.



3. Через блок, сделанный из велосипедного колеса, состоящего из обода массы M и лёгких спиц, перекинута невесомая нерастяжимая верёвка. Блок может без трения вращаться вокруг неподвижной оси. К концам верёвки прикреплены два груза, первый массой m_1, второй — m_2 ($m_2 > m_1$). В начальный момент грузы удерживают так, что второй груз находится выше первого на h. Затем грузы отпускают. Определите скорости грузов в момент, когда они окажутся на одной высоте. Ускорение свободного падения g.



4. По горизонтальной вершине горки скользят со скоростью v_0 два маленьких одинаковых тела, находясь на расстоянии l_0 друг от друга. Они приближаются к спуску высотой H, который имеет прямой наклонный шероховатый участок, длина горизонтальной проекции которого равна S. Тела соскальзывают по склону и выходят опять на горизонтальный участок. Какое расстояние l установится между телами на нижнем горизонтальном участке, если коэффициент трения на шероховатом участке равен μ, а трением на остальных участках можно пренебречь?



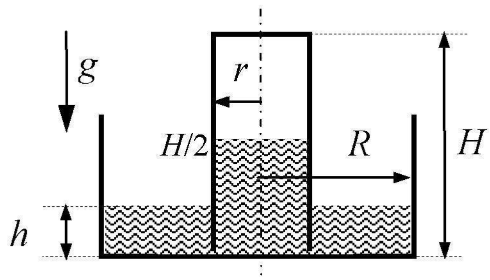
Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успехов!

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика   11 класс, вариант 1

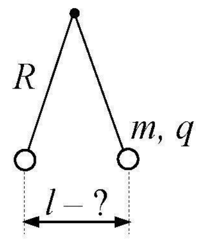
1. Автобус разгоняется, отъезжая от остановки, и тормозит, подъезжая к остановке, с одинаковым ускорением. Остальное время он движется с постоянной, всегда одинаковой, скоростью. Путь S_1 между первой и второй остановкой, он преодолел за время t_1, а путь S_2 между второй и третьей остановкой — за время t_2. Какое время между двумя остановками автобус двигался равноускоренно?

2. Перевернутый тонкостенный цилиндрический стакан стоит в цилиндрической чаше с водой. Дно чаши шероховатое, что обеспечивает свободное подтекание воды в стакан. Уровень воды в стакане — ½ его высоты H, а уровень воды в чаше h. Радиус стакана r, радиус чаши R, плотность воды ρ, давление воздуха вне стакана P. Каким нужно сделать давление воздуха вне стакана, чтобы он начал выходить из стакана? Ускорение свободного падения g. Температура постоянна.



3. На шероховатом столе лежат две одинаковые монеты. Первой монете сообщили некоторую скорость, и она начала скользить по столу. После неупругого центрального столкновения с неподвижной второй монетой, первая монета прошла путь до остановки l_1, а вторая — l_2. Определите, какая энергия выделилась при ударе в виде тепла, если известно, что кинетическая энергия первой монеты непосредственно перед ударом равнялась E_0.

4. Два маленьких шарика одинаковой массы m с одинаковыми зарядами q привязаны нерастяжимыми нитями одинаковой длины R к одной неподвижной точке. На какое расстояние нужно сблизить шарики, чтобы при их разлете нить порвалась, если она выдерживает силу натяжения T? Силой тяжести и влиянием воздуха пренебречь.

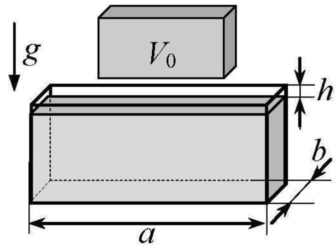


Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

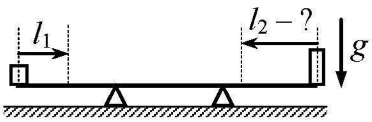
Желаем успехов!

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири» I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год Физика 8 класс, вариант 2

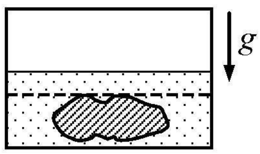
1. Машина проехала из пункта A в пункт B и обратно. Весь путь из A в B и половину обратного пути машина ехала с постоянной скоростью, а затем из-за поломки снизила скорость и проехала остаток обратного пути с постоянной, но меньшей скоростью. Во сколько раз машина снизила скорость, если известно, что её средняя скорость на пути из A в B была втрое больше, чем на обратном пути?



2. Прямоугольный аквариум с размерами прямоугольного дна $a\times b$, наполнен водой плотностью ρ_0. Уровень воды на высоту h ниже края аквариума. Какой объём воды выльется из аквариума, если опустить в него деревянный брусок плотностью ρ и объёмом V_0? Брусок после погружения плавает в воде.



3. Лёгкая линейка длиной l лежит на двух опорах так, что они поделили её на три равные части. На противоположных концах линейки лежат по одному грузу разной массы. Конструкция находится в равновесии. Левый груз начали аккуратно двигать вправо так, что линейка оставалась неподвижной. Когда груз был сдвинут на l_1, конструкция потеряла равновесие и разрушилась. Конструкцию восстановили в её начальном виде и повторили эксперимент, только теперь стали двигать правый груз влево. На какое максимальное расстояние можно сдвинуть груз до того, как разрушится конструкция?



4. В прямоугольном теплоизолированном сосуде, дно которого имеет форму квадрата со стороной 10 см, находятся в тепловом равновесии лёд и вода. Надо льдом закреплена сетка, препятствующая его всплыванию. В сосуд налили 0,9 л горячей воды, имеющей температуру 80°C, так что она полностью покрывает лёд. Насколько изменится уровень воды в сосуде, после того как наступит тепловое равновесие, если известно, что при этом растает часть льда? Теплоёмкость воды — 4,2 кДж/кг·К, её плотность — 1000 кг/м^3, теплота плавления льда — 336 кДж/кг, его плотность — 900 кг/м^3.

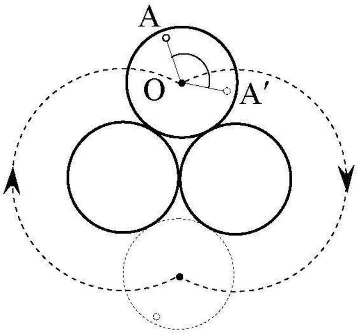
Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успехов!

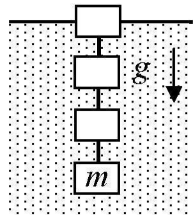
Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири» I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год Физика 9 класс, вариант 2

1. Иван Царевич отправился в путь за путеводным клубком, подаренным ему Бабой Ягой. Первую треть пути, пролегавшему по полю, клубок катился с постоянной скоростью 5 км/ч, а затем углубился в лес, где его скорость упала вдвое. Иван Царевич шёл с непостоянной скоростью вдоль разматывающейся нити по траектории клубка, стараясь не отставать от него. Чему равна средняя скорость Ивана Царевича на всём пути, если в начале пути он находился рядом с клубком, а конечной точки они достигли одновременно?

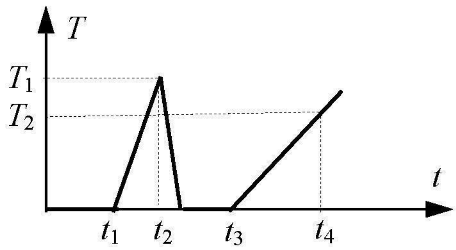
2. На столе лежат три одинаковые монеты. Одну из монет, возле края которой проделано отверстие в точке A (см. рис.), катят без проскальзывания вокруг двух других, плотно прижатых друг к другу закреплённых монет. После того как центр монеты вернулся в исходную точку O, отверстие заняло положение A'. Найти угол $\angle AOA'$.



3. Четыре лёгких контейнера связаны тонкими лёгкими тросами. В нижнем контейнере находится груз массы m, остальные пустые. Найдите силу натяжения верхнего троса. Верхний контейнер погружен в воду наполовину. Ускорение свободного падения g.



4. В колбе над газовой горелкой греют воду со льдом. В некоторый момент времени из морозильника достают новую порцию льда, бросают в колбу и продолжают нагревать. На протяжении всего эксперимента измеряют температуру в колбе. График зависимости температуры от времени приведён на рисунке. Величины T_1, T_2, t_1, t_2, t_3, t_4 измерены и известны. Определить, какой была температура в морозильнике, где находился лёд. Скорость подвода тепла к колбе считать постоянной. Удельная теплоемкость воды c_1, льда — c_2, теплота плавления льда λ.



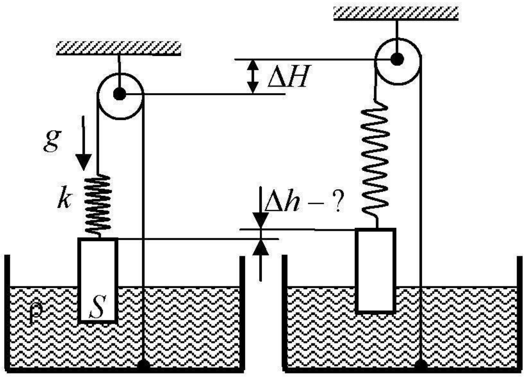
Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успехов!

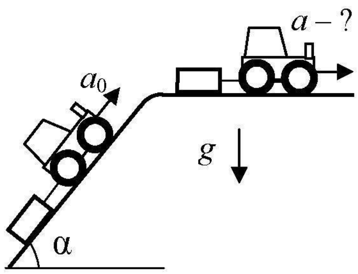
Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика   10 класс, вариант 2

1. Мальчик Петя вышел из дома в школу и шёл с такой постоянной скоростью, что успевал прийти ровно к началу первого урока. Пройдя треть пути он обнаружил, что забыл дома телефон. Во сколько раз Петя должен увеличить свою скорость по сравнению с первоначальной, чтобы вернуться за телефоном и вовремя успеть в школу?

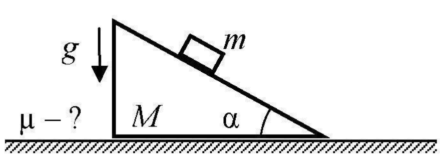
2. К одному концу пружины прикреплён груз цилиндрической формы, а ко второму концу привязана нерастяжимая нить, которая перекинута через блок и закреплена на дне широкого сосуда так, что груз частично опущен в воду. Блок приподняли на высоту ΔH. На какую высоту приподнимется груз? Плотность воды ρ, жёсткость пружины k, площадь основания цилиндрического груза S, ускорение свободного падения g. Плотность груза больше плотности воды.



3. Трактор может тащить волоком груз, соединённый с ним тросом (трос параллелен дороге), в горку с углом наклона α с максимальным ускорением a_0. С каким максимальным ускорением трактор может тащить этот груз по горизонтальному участку? Ускорение свободного падения g. Считать, что оба колеса у трактора ведущие. Коэффициенты трения колёс и груза о дорожное покрытие одинаковы на наклонном и горизонтальном участках. Влиянием воздуха пренебречь.



4. По клину массы M, стоящем на шероховатом полу, соскальзывает брусок массы m. Определите, при каком минимальном коэффициенте трения между столом и клином клин будет покоиться. Угол наклона клина α. Трением между бруском и клином, а также влиянием воздуха пренебречь.



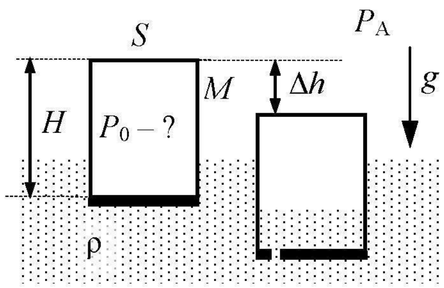
Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успехов!

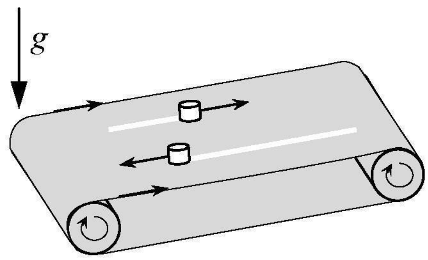
Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»
I (отборочный) этап, 2016–2017 учебный год
Физика 11 класс, вариант 2

1. Мальчик стоял на берегу озера у самой воды и бросал камни в озеро под углом 15° к горизонту. Он заметил, что водяные круги достигают его ног через время T после падения камня. К мальчику подошёл отец и тоже бросил камень в озеро, но под углом 45° и с вдвое большей начальной скоростью, чем это делал мальчик. Через какое время после падения камня, который бросил отец, водяные круги достигнут его ног? Считать, что круги по воде распространяются с постоянной скоростью. Ростом мальчика и его отца, а также влиянием воздуха пренебречь.

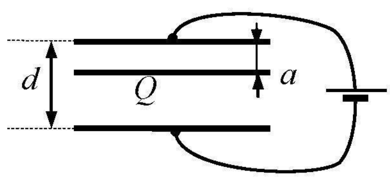
2. Герметичный цилиндрический сосуд массы m, высоты H и сечением S, наполненный воздухом, плавает в вертикальном положении в жидкости плотности ρ. В нижней части сосуда возникла течь, в результате чего сосуд занял новое положение равновесия, опустившись на высоту Δh. Найти начальное давление воздуха в сосуде. Атмосферное давление $P_А$, ускорение свободного падения g. Температура постоянна.



3. Два кусочка мела запустили по движущейся ленте транспортёра, придав им одинаковую начальную скорость относительно неподвижного наблюдателя. При этом первый кусочек запустили по направлению движения ленты, а второй — против. Когда мелки остановились на ленте, оказалось, что след, прочерченный вторым мелком в N раз длиннее, чем след, оставленный первым. Во сколько раз скорость, сообщаемая мелкам, больше по величине скорости ленты?



4. Плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого равно d, подключен к источнику напряжения. Заряд конденсатора равен q_0. Внутрь конденсатора параллельно его обкладкам, на расстоянии a ($a < d$) от одной из них вставили тонкую пластинку, равномерно заряженную зарядом Q. Определите заряд конденсатора q после вставки пластины.



Внимание! Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Желаем успехов!

Решения задач по физике
открытой межвузовской олимпиады школьников СФО «Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2016–2017 учебный год

Каждая правильно решенная задача оценивается в 10 баллов.

Физика 8 класс,

1. Велосипедист, двигаясь вдоль проспекта, заметил, что трамваи, движущиеся ему навстречу, встречаются вдвое чаще, чем обгоняющие его попутные трамваи. Автомобилист, двигаясь по тому же проспекту, также заметил, что встречные трамваи он видит вдвое чаще попутных, которые он периодически обгоняет. Считая скорости велосипеда, автомобиля и трамваев постоянными, а интервалы движения трамваев в обе стороны одинаковыми, определите, во сколько раз автомобиль двигается быстрее велосипеда.

Решение.

Пусть$v_в$, $v_т$, $v_а$— скорости велосипедиста, трамвая и автомобилиста, соответственно. Из условия очевидно, что $v_в < v_т < v_а$. Относительная скорость сближения велосипедиста и автомобилиста со встречными трамваями равна сумме соответствующих скоростей, а с попутными — разности. Условие того, что при одинаковых интервалах движения встречные трамваи встречаются велосипедисту и автомобилисту вдвое чаще попутных, означает, что соответствующие относительные скорости отличаются в 2 раза:

$$\frac{v_т + v_в}{v_т - v_в} = 2, \qquad (1)$$ **(4 б.)**

$$\frac{v_а + v_т}{v_а - v_т} = 2. \qquad (2)$$ **(4 б.)**

Из (1) и (2) найдём уравнения:$v_т/v_в = 3$, $v_а/v_т = 3$. Перемножив эти уравнения, получим

ответ: $v_а/v_в = 9$. **(2 б.)**

2. Маленький переносной холодильник представляет собой закрытую сумку, стенки которой сделаны из материала с низкой теплопроводностью, с помещённым в неё пакетом со льдом. Температура в холодильнике поднялась до 4°C через 14 часов после того, как лёд начал таять. Через какое время температура в холодильнике поднялась бы до этого значения, если бы изначально почти весь лёд был растаявшим? Теплоёмкость воды — 4,2 кДж/кг·К, теплота плавления льда — 336 кДж/кг. Теплоёмкостью сумки и пакета пренебречь. Мощность поступления тепла внутрь холодильника считать одинаковой и постоянной в этом температурном диапазоне. (Полученный результат даёт представление о соотношении длительностей работы холодильников, использующих фазовый переход и теплоёмкость.)

Решение.

Когда лёд начал таять, температура в холодильнике равнялась температуре плавления льда $T_0 = 0°C$ и оставалась такой, пока весь лёд не растаял. Таким образом, в обоих рассматриваемых в задаче случаях температура в холодильнике вначале равнялась T_0. **(2 б.)**

Пусть t_1, t_2 — время работы холодильника в первом и во втором случае, соответственно. Всё тепло, поступившее внутрь холодильника в течение времени t_1 в первом случае, пошло на плавление льда и на нагрев воды:

$$Pt_1 = \lambda m + cm\left(T - T_0\right), \qquad (1)$$ **(2 б.)**

где P — мощность поступления тепла внутрь холодильника, m — масса льда в пакете, λ — теплота плавления льда, c — теплоёмкость воды, T — конечная температура в холодильнике.

Тепло, поступившее внутрь холодильника в течение времени t_2 во втором случае, пошло лишь на нагрев воды (т.к. весь лёд уже расплавился):

$$Pt_2 = cm\left(T - T_0\right). \qquad (2)$$ **(2 б.)**

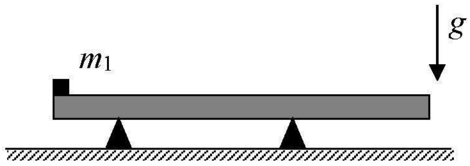
Разделив (2) на (1) и выразив t_2, найдём:

$$t_2 = \frac{c\left(T - T_0\right)}{\lambda + c\left(T - T_0\right)} t_1.$$ **(2 б.)**

Подставив численные значения, получим

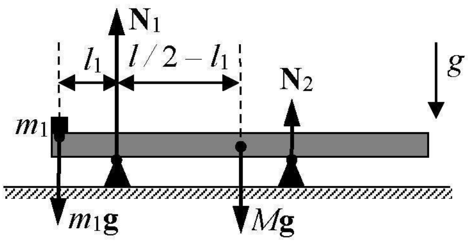
ответ: $t_2 = 40$ мин. **(2 б.)**

3. Однородная доска устойчиво покоится на двух опорах, расстояние между которыми равно половине длины доски. Сначала определяют минимальную массу маленького груза m_1, который нужно положить на один край доски, чтобы нарушилось равновесие. Затем груз m_1 убирают и аналогично определяют минимальную массу маленького груза m_2, который нужно положить на другой край доски, чтобы нарушилось равновесие. Определите массу доски, считая величины m_1 и m_2 известными.



Решение.

Рассмотрим равновесие доски с грузом m_1, лежащим слева. Доска опирается на две опоры, при этом вес доски с грузом перераспределяется между опорами, то есть сумма сил реакции опор N_1 и N_2 в точности уравновешивает силу тяжести, а сумма моментов сил равна нулю. Запишем равенство моментов сил относительно левой опоры:



$$m_1gl_1 = Mg\left(\frac{l}{2}-l_1\right)-N_2\frac{l}{2},$$

где l_1 — расстояние от левого края доски до левой опоры, M — масса доски, l — длина доски, g — ускорение свободного падения. Здесь мы учли, что сила тяжести $M\mathbf{g}$ приложена к центру тяжести доски, который располагается посередине.

Поскольку N_2 не может быть отрицательной, максимальное значение m_1, при котором достижимо равновесие (или минимальное, при котором равновесие нарушается), определяется уравнением

$$m_1l_1 = M\left(\frac{l}{2}-l_1\right). \qquad (1)$$ **(3 б.)**

Аналогичные рассуждения для случая, когда груз массы m_2 находится на правом краю доски, приводят к выражению:

$$m_2l_2 = M\left(\frac{l}{2}-l_2\right), \qquad (2)$$ **(3б.)**

где l_2 — расстояние от правого края доски до правой опоры. Поскольку $l = l_1+l/2+l_2$,

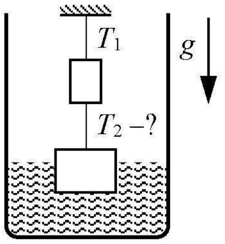
$$\frac{l}{2}-l_1 = l_2; \quad \frac{l}{2}-l_2 = l_1.$$ **(2 б.)***

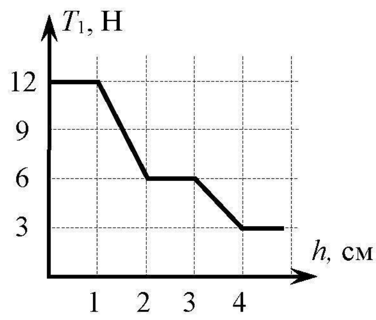
Заменив в соответствии с этими равенствами скобки в (1) и (2), и перемножив получившиеся равенства, найдём:

ответ: $M = \sqrt{m_1m_2}$. **(2 б.)**

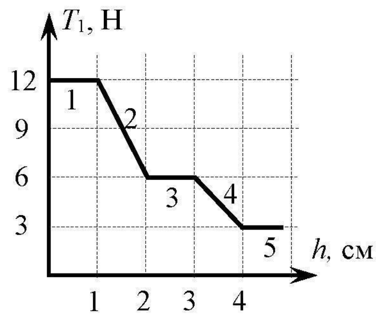
* *Примечание:* любые правильные рассуждения, связывающие плечи сил, оцениваются в 2 б.

4. Внутри высокого вертикального сосуда к неподвижной точке подвешены на нитях два груза одинаковой плотности, имеющих форму прямоугольных параллелепипедов (см. рисунок). Сосуд медленно наполняют жидкостью и измеряют зависимость силы натяжения T_1 верхней нити от уровня жидкости h в сосуде. График этой зависимости представлен на рисунке. Определите силу натяжения T_2 нижней нити в момент, когда вода скроет нижний груз.





Решение.



Сила натяжения T_1 не меняется, если не меняются архимедовы силы, действующие на грузы. Поэтому, горизонтальные участки 1, 3, 5 на графике отвечают случаям, когда уровень жидкости находится ниже нижнего груза, между верхним и нижним, и выше верхнего, соответственно. Наклонные участки 2 и 4 соответствуют частичному погружению нижнего и верхнего грузов. **(1 б.)**

На участке 1 сила натяжения нити T_1 = 12 Н равна сумме весов верхнего P_1 и нижнего P_2 грузов:

$$12\text{ Н} = P_1 + P_2 . \qquad (1)$$ **(1 б.)**

На участке 3 сила натяжения нити T_1 = 6 Нравна сумме P_1 и P_2 за вычетом силы Архимеда F_{A2}, действующей на нижний груз:

$$6\text{ Н} = P_1 + P_2 - F_{A2} . \qquad (2)$$ **(1 б.)**

На участке 5 сила натяжения нити T_1 = 3 Н равна сумме P_1 и P_2 за вычетом сил Архимеда F_{A2} и F_{A1}, действующих на нижний и верхний груз:

$$3\text{ Н} = P_1 + P_2 - F_{A2} - F_{A1} . \qquad (3)$$ **(1 б.)**

Вычтя (2) из (1), получим

$$F_{A2} = 6\text{ Н}.$$

А вычтя (3) из (2), получим

$$F_{A1} = 3\text{ Н}.$$

На 3-м участке графика нижний груз полностью погружен в воду и искомая сила натяжения T_2нижней нити равна разности сил тяжести и Архимеда, действующих на груз:

$$T_2 = P_2 - F_{A2} . \qquad (4)$$ **(2 б.)**

Чтобы найти P_2, заметим, что, так как грузы выполнены из одинакового материала, отношение P_2/P_1 равно отношению их объёмов, а, следовательно, сил Архимеда:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{F_{A2}}{F_{A1}} = 2 . \qquad (5)$$ **(2 б.)***

Из (1) и (5) найдём

$$P_2 = 8 \text{ Н}.$$

Подставив найденные значения P_2 и F_{A2} в (4), получим

ответ: $T_2 = 2\text{ Н}$. **(2 б.)**

**Примечание:* это соотношение можно также получить, сравнивая наклоны кривой на участках 2 и 4 графика. Для этого заметим, что уровень воды на этих участках изменяется одинаково — на 1 см, следовательно, высота обоих грузов одинакова. По мере погружения груза в воду, увеличивается выталкивающая сила Архимеда, и, следовательно, уменьшается сила натяжения нити T_1.При погружении груза на Δh в воду, сила Архимеда увеличивается, а сила натяжения нити уменьшается на $\rho_0 g S\Delta h$, где ρ_0 — плотность воды, g — ускорение свободного падения, S — площадь сечения груза. Учитывая, что наклон 4-го участка вдвое больше наклона 2-го участка, можно заключить, что площадь сечения нижнего груза вдвое больше площади сечения верхнего. Учитывая, что высота грузов одинакова, а площади сечения отличаются вдвое, их объёмы, а следовательно, и силы Архимеда так же отличаются вдвое.

Физика 9 класс

1. Велосипедист, двигаясь вдоль проспекта, заметил, что трамваи, движущиеся ему навстречу, встречаются втрое чаще, чем обгоняющие его попутные трамваи. Автомобилист, двигаясь по тому же проспекту, также заметил, что встречные трамваи он видит втрое чаще попутных, которые он периодически обгоняет. Считая скорости велосипеда, автомобиля и трамваев постоянными, а интервалы движения трамваев в обе стороны одинаковыми, определите, во сколько раз автомобиль двигается быстрее велосипеда.

Решение.

Пусть $v_в$, $v_т$, $v_а$ — скорости велосипедиста, трамвая и автомобилиста, соответственно. Из условия очевидно, что $v_в < v_т < v_а$. Относительная скорость сближения велосипедиста и автомобилиста со встречными трамваями равна сумме соответствующих скоростей, а с попутными — разности. Условие того, что при одинаковых интервалах движения встречные трамваи встречаются велосипедисту и автомобилисту втрое чаще попутных, означает, что соответствующие относительные скорости отличаются в 3 раза:

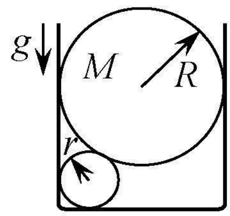
$$\frac{v_т + v_в}{v_т - v_в} = 3, \qquad (1)$$ **(4 б.)**

$$\frac{v_а + v_т}{v_а - v_т} = 3. \qquad (2)$$ **(4 б.)**

Из (1) и (2) найдём уравнения: $v_т/v_в = 2$, $v_а/v_т = 2$. Перемножив эти уравнения, получим

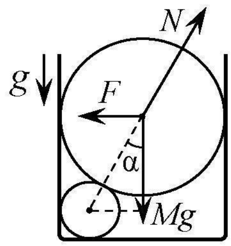
ответ: $v_а/v_в = 4$. **(2 б.)**

2. На дно цилиндрического стакана радиуса R положили шарик радиуса r ($r < R$), а сверху на него шар радиуса R и массы M. С какой силой F верхний шар давит на боковую стенку стакана? Трения нет. Ускорение свободного падения g.



Решение.

На верхний шарик действуют: сила тяжести, направленная вниз, сила реакции F со стороны боковой стенки, направленная горизонтально (равная по третьему закону Ньютона искомой силе), а также сила реакции N со стороны нижнего шара, направленная вдоль линии, соединяющей центры шаров. Запишем условие равновесия верхнего шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:



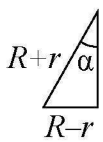
$$N \sin\alpha = F, \qquad (1)$$ **(2 б.)**

$$N \cos\alpha = Mg. \qquad (2)$$ **(2 б.)**

Здесь α — угол между вертикалью и линией, соединяющей центры шаров. Разделив (1) на (2) и выразив F, получим

$$F = Mg \operatorname{tg}\alpha. \qquad (3)$$ **(2 б.)***

Тангенс угла α находим из прямоугольного треугольника с гипотенузой, соединяющей центры шаров, и катетами, направленными горизонтально и вертикально (см. рис.). Длина гипотенузы треугольника равна $R+r$, а длина катета, лежащего напротив угла α равна $R-r$. По теореме Пифагора находим длину второго катета $2\sqrt{Rr}$ и



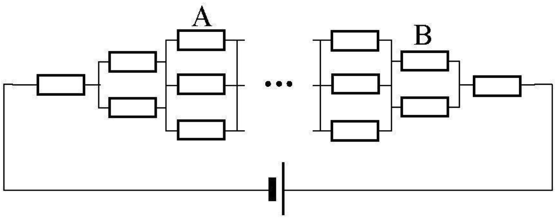
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R-r}{2\sqrt{Rr}}. \qquad (4)$$ **(2 б.)**

Подставив (4) в (3), получим

ответ: $F = Mg\dfrac{R-r}{2\sqrt{Rr}}$. **(2 б.)**

**Примечание:* это уравнение можно также получить из условия равенства моментов сил, действующих на верхний шар, относительно точки касания шаров $FR\cos\alpha = MgR\sin\alpha$.

3. По электрической цепи, состоящей из большого числа одинаковых резисторов и источника напряжения (см. рис.), течёт ток. Найти отношение теплоты, которая выделяется на сопротивлении А в единицу времени, к теплоте, выделяющейся на сопротивлении В в единицу времени.



Решение.

Пусть через источник течёт ток I. Участок цепи, состоящий из трёх параллельно соединённых сопротивлений, включая сопротивление А, включён в цепь последовательно с источником. Поэтому, через него течёт тот же ток I. Поскольку эти три сопротивления одинаковы, через них текут одинаковые токи I_A, сумма которых, по правилу Кирхгофа равна I. Следовательно,

$$I_A = \frac{I}{3}. \qquad (1) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

Рассмотрев аналогично участок цепи, состоящий из двух параллельно соединённых сопротивлений, включая сопротивление В, получим

$$I_B = \frac{I}{2}, \qquad (2) \qquad \textbf{(3 б.)}$$

где I_B — ток, текущий через сопротивление В.

По закону Джоуля — Ленца, при пропускании постоянного тока I на сопротивлении R за промежуток времени Δt выделяется количество теплоты $\Delta Q = I^2 R \Delta t$. Соответственно, количество теплоты, выделяющееся на сопротивлении R в единицу времени, равно

$$W = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = I^2 R.$$

Поскольку все сопротивления одинаковы, отсюда следует, что

$$\frac{W_A}{W_B} = \frac{I_A^2}{I_B^2}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставив сюда (1) и (2), получим

$$\textbf{ответ: } \frac{W_A}{W_B} = \frac{4}{9}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

4. Многоступенчатая ракета стартует с поверхности Земли и летит с постоянным ускорением под некоторым постоянным углом к горизонту. Каждая ступень работает одинаковое время, после чего отделяется и падает по баллистической траектории (без двигателей). Первая ступень упала на расстоянии S_1 от места старта. На каком расстоянии упадет вторая ступень? Для полёта на указанные расстояния поверхность Земли считать плоской. Влиянием воздуха пренебречь.

Решение.

Проще всего решить эту задачу из соображений размерности.

Расстояние S от места старта до точки падения ступени зависит только от четырёх величин: времени t, в течение которого она двигалась в составе ракеты; горизонтальной и вертикальной проекций ускорения ракеты a_x, a_y; и ускорения свободного падения g.

Ускорение имеет размерность [длина]/[время]^2. Следовательно, величину размерности длины можно получить из величин размерности ускорения и времени единственным способом:

$$[\text{длина}] = [\text{время}]^2 \cdot [\text{ускорение}].$$

Поскольку в постановке задачи участвуют три величины a_x, a_y, g размерности ускорения, то в выражение для S могут войти также безразмерные отношения a_x/g, a_y/g этих ускорений. Таким образом, выражение для S должно иметь следующий вид:

$$S = t^2 \cdot g \cdot f\left(\frac{a_x}{g}, \frac{a_y}{g}\right), \qquad (1)$$ **(6 б.)**

где f — некоторая безразмерная функция отношений a_x/g и a_y/g. (конкретный вид этой функции для решения задачи не важен.)

Обозначим время движения первой и второй ступени в составе ракеты t_1 и t_2 соответственно; расстояние от места старта до места падения второй ступени S_2. Тогда, согласно (1),

$$S_1 = t_1^2 \cdot g \cdot f\left(\frac{a_x}{g}, \frac{a_y}{g}\right), \qquad (2)$$

$$S_2 = t_2^2 \cdot g \cdot f\left(\frac{a_x}{g}, \frac{a_y}{g}\right), \qquad (3)$$

откуда

$$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2. \qquad (4)$$ **(2 б.)**

Здесь мы учли, что величины a_x, a_y, g для траекторий обеих ступеней — одни и те же. Так как $t_2/t_1 = 2$ по условию задачи, то из (4) получим

ответ: $S_2 = 4S_1$. **(2 б.)**

Отметим, что с помощью таких же рассуждений можно показать, что расстояние между любыми характерными точками траектории второй ступени в 4 раза больше расстояния между соответствующими точками траектории первой ступени. Иными словами, эти траектории подобны с коэффициентом подобия $k = 4$.

Примечание: возможны и другие решения, которые, на наш взгляд, являются излишне громоздкими. Например, можно вычислить проекции на горизонтальную ось трёх участков ОА, АВ, ВС траектории ступени (см. рисунок):

$$(\mathrm{OA})_x = \frac{a_x t^2}{2}, \qquad \textbf{(1 б.)}$$

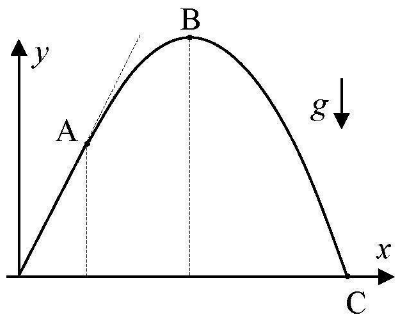
$$(\mathrm{AB})_x = (a_x t)\left(\frac{a_y t}{g}\right), \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$(\mathrm{BC})_x = (a_x t)\sqrt{\frac{2H}{g}}, \qquad \textbf{(1 б.)}$$

где

$$H = \frac{a_y t^2}{2} + \frac{(a_y t)^2}{2g} \text{ —} \qquad \textbf{(1 б.)}$$

высота верхней точки В траектории, сомножитель $(a_x t)$ — горизонтальная скорость на участках АВ и ВС, сомножитель $\left(\frac{a_y t}{g}\right)$ — время движения от А до В, сомножитель $\sqrt{\frac{2H}{g}}$ — время движения от В до С. Таким образом,

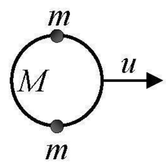


$$S = (\mathrm{OA})_x + (\mathrm{AB})_x + (\mathrm{BC})_x = t^2 \cdot g \cdot \frac{a_x}{g}\left(\frac{1}{2} + \frac{a_y}{g} + \sqrt{\frac{a_y}{g} + \left(\frac{a_y}{g}\right)^2}\right). \qquad (5) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Далее, (4) получается из (5) с помощью тех же рассуждений, которыми мы получили выше (4) из (1). Согласно (5), функция f, фигурирующая в (1) — (3), имеет вид

$$f\left(\frac{a_x}{g}, \frac{a_y}{g}\right) = \frac{a_x}{g}\left[\frac{1}{2} + \frac{a_y}{g} + \sqrt{\frac{a_y}{g} + \left(\frac{a_y}{g}\right)^2}\right].$$

5. На гладкое проволочное кольцо массы M надеты две одинаковые бусинки массой m, которые первоначально находились на противоположных сторонах кольца. Кольцу ударом сообщили скорость u в направлении, перпендикулярном к линии, соединяющей центры бусинок. Найти скорости бусинок к моменту их столкновения. Силой тяжести пренебречь.



Решение.

Пусть $\mathbf{v}$ — искомая скорость одной из бусинок. Её можно представить в виде векторной суммы скорости кольца $\mathbf{v}_\text{к}$, направленной вдоль $\mathbf{u}$, и скорости бусинки относительно кольца $\mathbf{v}'$: $\mathbf{v} = \mathbf{v}_\text{к} + \mathbf{v}'$. Перед соударением $\mathbf{v}'$ направлена по касательной к кольцу, а следовательно, перпендикулярна направлению $\mathbf{u}$. Значит, проекция $\mathbf{v}$ на это направление равна $v_\text{к}$.

Поэтому, согласно закону сохранения импульса, записанному в проекции на направление $\mathbf{u}$,

$$Mu = (M + 2m)v_\text{к}. \qquad (1) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

По закону сохранения энергии,

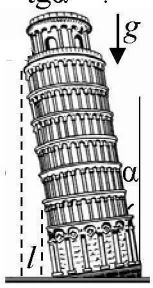
$$\frac{Mu^2}{2} = \frac{Mv_\text{к}^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}. \qquad (2) \qquad \textbf{(4 б.)}$$

Выразив $v_\text{к}$ из (1) и подставив в (2), получим

ответ: $v = \dfrac{\sqrt{2M(M+m)}}{M+2m}u$. **(2 б.)**

Физика 10 класс

1. Галилей бросил первый камень с вершины Пизанской башни, а второй — с одного из средних этажей. Он бросал камни с нулевой начальной скоростью и измерял время их падения на землю, которое для первого камня оказалось равным t_1, а для второго — t_2. Спустившись на землю, он измерил расстояние l между точками падения камней. Определите тангенс угла наклона Пизанской башни к вертикали. Ускорение свободного падения g. Влиянием воздуха пренебречь.



Решение.

При падении с нулевой начальной скоростью время падения камня t и высота H связаны соотношением

$$H = \frac{gt^2}{2}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Расстояние от основания башни до точки падения равно $H\,\mathrm{tg}\,\alpha$, где α — угол наклона Пизанской башни к вертикали.

Расстояние от основания Пизанской башни до точки падения первого камня

$$l_1 = \frac{gt_1^2}{2}\mathrm{tg}\,\alpha, \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Аналогично, расстояние от основания Пизанской башни до точки падения второго камня

$$l_2 = \frac{gt_2^2}{2}\mathrm{tg}\,\alpha. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Тогда расстояние между точками падения камней

$$l = l_1 - l_2 = \frac{g}{2}\left(t_1^2 - t_2^2\right)\mathrm{tg}\,\alpha. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Выражая из этого уравнения тангенс угла наклона Пизанской башни к вертикали, получим

ответ: $\mathrm{tg}\,\alpha = \dfrac{2l}{g\left(t_1^2 - t_2^2\right)}$. **(2 б.)**

2. Монгольфьер (аэростат с нерастяжимой открытой снизу оболочкой, наполненной горячим воздухом) совершал горизонтальный полет при атмосферном давлении P_0 и температуре T_0. В результате пересечения атмосферного фронта давление снаружи упало до P_1, а температура до T_1, и монгольфьер начал опускаться. До какой температуры нужно нагреть воздух в монгольфьере, чтобы он перестал опускаться? Первоначально температура воздуха внутри аппарата была равна T.

Решение.

Так как изначально монгольфьер совершал горизонтальный полёт, то действующая на него сила тяжести $Mg+\rho_{\text{вн}1}Vg$ уравновешивалась силой Архимеда $\rho_{\text{сн}1}Vg$:

$$Mg+\rho_{\text{вн}1}Vg=\rho_{\text{сн}1}Vg, \qquad (1)$$ **(2 б.)**

где M — масса монгольфьера без находящегося внутри воздуха, g — ускорение свободного падения, V — объём монгольфьера, а $\rho_{\text{сн}1}$ и $\rho_{\text{вн}1}$ — плотности воздуха снаружи и внутри монгольфьера до прохождения атмосферного фронта, соответственно. После прохождения атмосферного фронта и соответствующего подогрева воздуха внутри монгольфьера уравнение его равновесия запишется аналогично (1):

$$Mg+\rho_{\text{вн}2}Vg=\rho_{\text{сн}2}Vg, \qquad (2)$$ **(2 б.)**

где $\rho_{\text{сн}2}$ и $\rho_{\text{вн}2}$ — плотности воздуха снаружи и внутри монгольфьера после прохождения атмосферного фронта, соответственно.

Запишем закон Менделеева — Клапейрона для воздуха, считая его идеальным газом:

$$PV=\frac{\rho V}{\mu}RT,$$ **(1 б.)**

где P, V, T, ρ, μ — давление, объём, температура, плотность и молярная масса воздуха, а R — универсальная газовая постоянная. Выразим отсюда плотность воздуха:

$$\rho=\frac{\mu}{R}\frac{P}{T}. \qquad (3)$$ **(1 б.)**

Вычтем из (2) (1), и, сократив одинаковые сомножители, получим:

$$\rho_{\text{вн}2}-\rho_{\text{вн}1}=\rho_{\text{сн}2}-\rho_{\text{сн}1}.$$

Так как оболочка монгольфьера снизу открыта, то давление воздуха внутри монгольфьера такое же, как и снаружи. **(1 б.)**

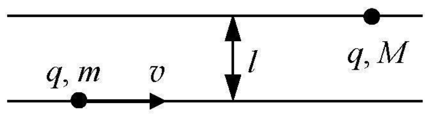
Подставив в предыдущее выражение соответствующие плотности воздуха из (3), использовав необходимые температуры и давления, а также сократив одинаковые сомножители, получим:

$$\frac{P_1}{T_1}-\frac{P_0}{T_0}=\frac{P_1}{T_x}-\frac{P_0}{T},$$ **(1 б.)**

где T_x — искомая температура. Выразив её из предыдущего уравнения, получим

Ответ:. $$T_x=\frac{T_1}{1-\frac{P_0}{P_1}\left(\frac{T_1}{T_0}-\frac{T_1}{T}\right)}.$$ **(2 б.)**

3. Две бусинки, заряженные одинаковыми зарядами q, нанизаны на две параллельные спицы, расстояние между которыми равно l. Бусинки могут без трения перемещаться вдоль спиц. В сторону верхней покоящейся бусинки массы M, с большого расстояния запускается нижняя бусинка массы m с начальной скоростью v. Найти минимальную скорость v^*, которую следует сообщить нижней бусинке, чтобы она обогнала верхнюю бусинку, а также конечную скорость верхней бусинки после того, как бусинки вновь разлетятся на большое расстояние. Рассмотреть два случая а) $v > v^*$ и б) $v < v^*$.



Решение.

Нижняя бусинка обгонит верхнюю, если она достигнет точки их наибольшего сближения, когда расстояние между ними равно l (то есть обе бусинки будут находиться на одной вертикали), и при этом будет иметь скорость большую, чем верхняя. Действительно, в дальнейшем, за счёт силы кулоновского взаимодействия между бусинками, скорость нижней бусинки будет только возрастать, а верхней — только убывать. Минимальной начальной скорости v^*, при которой это произойдёт, соответствует равенство скоростей бусинок в момент их наибольшего сближения. Запишем закон сохранения энергии и закон сохранения импульса для начального момента времени и момента наибольшего сближения, когда скорость обеих бусинок u будет одинаковой:

$$\frac{mv^{*2}}{2} = k\frac{q^2}{l} + \frac{(m+M)u^2}{2}, \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

$$mv^* = (m+M)u. \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Выразив u из (2) и подставив в (1) найдём:

$$v^* = \sqrt{2k\frac{q^2}{l}\frac{(m+M)}{Mm}}. \qquad \textbf{(1 б.)}$$

Запишем законы сохранения энергии и импульса для момента, когда бусинки вновь удалятся на большое расстояние:

$$\frac{mv^2}{2} = m\frac{v_1^2}{2} + M\frac{u_1^2}{2}, \qquad \textbf{(1 б.)}$$

$$mv = mv_1 + Mu_1, \qquad \textbf{(1 б.)}$$

где u_1 скорость верхней бусинки в этом случае, а v_1 — скорость нижней. Решая эту систему из двух уравнений относительно u_1, найдём:

$$u_1\left(u_1 - \frac{2mv}{M+m}\right) = 0. \qquad \textbf{(1 б.)}$$

У этого уравнения есть 2 решения. Первое: $u_1 = \dfrac{2mv}{M+m}$ соответствует $v_1 = \dfrac{m-M}{M+m}v < u_1$ и нижняя бусинка находится слева от верхней. Таким образом, это решение соответствует случаю, когда нижняя бусинка не догонит верхнюю, то есть случаю б).

Второе решение: $u_1 = 0$ соответствует $v_1 = v > u_1$ и верхняя бусинка находится слева от нижней. Таким образом, это решение соответствует случаю, когда нижняя бусинка обгонит верхнюю, то есть случаю а).

Ответ: $v^* = \sqrt{2k\dfrac{q^2}{l}\dfrac{(m+M)}{Mm}}$, а) $u_2 = 0$, б) $u_1 = \dfrac{2mv}{m+M}$. **(2 б.)**

4. Автомобиль массы m начинает разгоняться с места таким образом, что его двигатель развивает постоянную полезную мощность P. Какая энергия выделится в виде тепла к тому времени, когда прекратится проскальзывание колёс? Считать, что все колёса автомобиля ведущие. Коэффициент трения колёс о дорогу μ, ускорение свободного падения g. Колёса перестают проскальзывать одновременно.

Решение.

На автомобиль при разгоне действуют сила тяжести mg, сила реакции опоры N и сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N$. Автомобиль разгоняется за счёт действующей на него силы трения. Распишем второй закон Ньютона для автомобиля в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси:

$$mg = N,$$

$$\mu N = ma,$$

где a — ускорение автомобиля. Из этих уравнений найдём

$$a = \mu g. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Обозначим буквой u скорость, до которой разгонится автомобиль к моменту, когда колёса перестанут проскальзывать. При равноускоренном движении это произойдёт через время

$$t = \frac{u}{a} = \frac{u}{\mu g}. \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Поскольку к этому моменту колёса перестанут проскальзывать, вся мощность двигателя пойдёт на разгон автомобиля, то есть на работу силы трения:

$$P = F_{\text{тр}} \cdot u = \mu m g u. \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

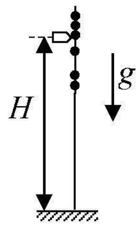
По закону сохранения энергии, за время разгона работа двигателя Pt пойдёт на кинетическую энергию автомобиля $mu^2/2$ и искомое выделившееся тепло Q:

$$Pt = Q + \frac{mu^2}{2}, \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставим (1) в (3), а затем в полученное выражение u, выраженное из (2), найдём

Ответ: $Q = \dfrac{P^2}{2m(\mu g)^2}$. **(2 б.)**

5. С высоты H по вертикальной спице начинают отпускать одинаковые бусинки без начальной скорости. Последнюю бусинку отпустили с высоты H, когда первая опустилась на половину начальной высоты. Через какое время после отпускания последняя бусинка вернётся в начальную точку? Ускорение свободного падения g. Удары бусинок об пол и друг о друга считать упругими, размерами бусинок пренебречь. Трения между бусинками и спицей нет.



Решение.

Как известно, при лобовом упругом столкновении тел одинаковой массы происходит обмен скоростями между ними (это нетрудно показать с помощью соответствующих законов сохранения энергии и импульса). **(2 б.)**

Поскольку, по условию, размер бусинок пренебрежимо мал, такой обмен скоростями между ними можно формально рассматривать как пролёт одной бусинки «сквозь» другую. Очевидно, что в исходную точку первой вернётся последняя бусинка. Следовательно, при описанном выше подходе, при котором бусинки «как бы» пролетают сквозь друг друга, не сталкиваясь, нужно рассмотреть бусинку, которая первой вернётся в исходную точку. Для не сталкивающихся бусинок таковой будет, очевидно, первая отпущенная. Таким образом, искомое время будет равно времени, в течение которого одиночная бусинка, отпущенная из верхней точки, пролетела бы путь от половины высоты до пола и затем наверх в исходную точку. **(3 б.)**

Время свободного падения $t(h)$ с нулевой начальной скоростью, как и время подъёма до исходной точки после упругого отражения от пола, связано с высотой h соотношением $h = gt^2/2$, или

$$t(h) = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$ **(1 б.)**

Время падения с половины высоты

$$\tau_1 = t(H) - t\left(\frac{H}{2}\right) = \sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{H}{g}}. \qquad (1)$$ **(1 б.)**

Время подъёма от пола в исходную точку

$$\tau_2 = t(H) = \sqrt{\frac{2H}{g}}. \qquad (2)$$ **(1 б.)**

Следовательно, искомое время

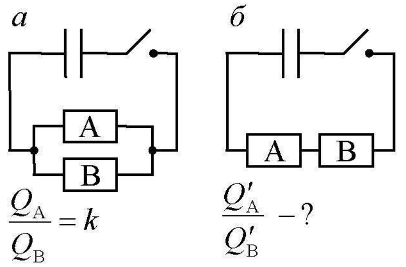
$$\tau = \tau_1 + \tau_2.$$

Подставив сюда (1) и (2), найдём

Ответ: $\tau = \sqrt{\frac{H}{g}}\left(\sqrt{8} - 1\right).$ **(2 б.)**

Физика 11 класс

1. Электрическая цепь состоит из конденсатора, ключа и двух сопротивлений А и В, соединённых параллельно (рис. а). В начале эксперимента конденсатор был заряжен, а ключ разомкнут. После того как ключ замкнули на некоторое время, оказалось, что количество теплоты, выделившееся на сопротивлении А, в k раз больше, чем количество теплоты, выделившееся на сопротивлении В. Найдите отношение Q'_A/Q'_B между количествами теплоты, выделившимися на тех же резисторах, когда их соединили последовательно (рис. б) и повторили тот же эксперимент.



Решение.

Отношение количеств теплоты, выделившихся на резисторах за одинаковое время, равно отношению мощностей (если это отношение не зависит от времени, что, как мы увидим ниже, справедливо):

$$k = \frac{Q_\text{A}}{Q_\text{B}} = \frac{P_\text{A}}{P_\text{B}}; \quad k' = \frac{Q'_\text{A}}{Q'_\text{B}} = \frac{P'_\text{A}}{P'_\text{B}}. \qquad (1)$$ **(2 б.)**

При параллельном соединении напряжения U на обоих резисторах одинаковы, поэтому

$$P_\text{A,B} = \frac{U^2}{R_\text{A,B}} \quad \left(\propto \frac{1}{R_\text{A,B}}\right),$$ **(1 б.)**

где R_A, R_B — сопротивления резисторов (знак «$\propto$» обозначает пропорциональность). Подставив эти выражения в (1), получим:

$$k = \frac{R_\text{B}}{R_\text{A}}. \qquad (2)$$ **(2 б.)**

Как видим, это отношение не зависит от времени. При последовательном соединении ток I через резисторы одинаков, поэтому

$$P'_\text{A,B} = I^2 R_\text{A,B} \quad \left(\propto R_\text{A,B}\right).$$ **(1 б.)**

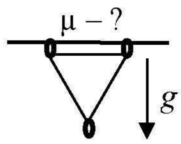
Подставив эти выражения в (1), получим:

$$k' = \frac{R_\text{A}}{R_\text{B}}.$$ **(2 б.)**

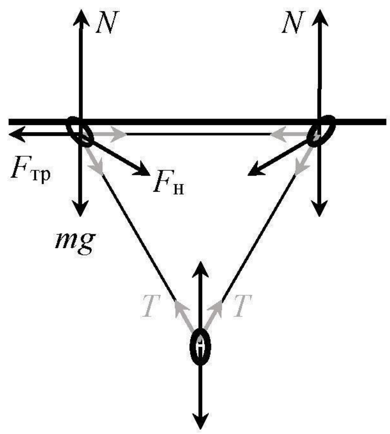
Сравнив это выражение с (2), получим

ответ: $k' = \frac{Q'_\text{A}}{Q'_\text{B}} = \frac{1}{k}.$ **(2 б.)**

2. Три одинаковых кольца надеты на гладкую нить, замкнутую в петлю. Через два кольца продета жесткая горизонтальная закреплённая спица. Система находится в поле тяжести, а кольца расположены в вершинах равностороннего треугольника, лежащего в вертикальной плоскости. Трения между нитью и кольцами нет. Найти минимальный коэффициент трения между спицей и кольцами, при котором кольца останутся в покое.



Решение.



Пусть система находится в равновесии. При однородном натяжении T нити на каждое кольцо действует со стороны нити одинаковая по величине сила $\mathbf{F_н}$, направленная к центру треугольника (эта сила равна геометрической сумме сил натяжения, направленных вдоль двух смежных сторон треугольника). На нижнее кольцо действует также сила тяжести $m\mathbf{g}$, направленная вниз. Поскольку кольцо находится в равновесии, эти силы уравновешивают друг друга:

$$F_н = mg. \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

На каждое из верхних колец помимо силы со стороны нити и силы тяжести действуют также силы со стороны спицы — сила реакции $\mathbf{N}$, направленная вверх, и сила трения $\mathbf{F_{тр}}$, направленная горизонтально вдоль спицы. Запишем равенство внешних сил, действующих на систему из нити и трёх колец, в проекции на вертикальную ось (внутренние силы натяжения можно при этом не учитывать):

$$2N = 3mg. \qquad (2) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Запишем также равенство сил, действующих на одно из верхних колец, в проекции на горизонтальную ось:

$$F_{тр} = F_н \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} F_н. \qquad (3) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Сила трения не может превышать своего максимального значения, равного μN:

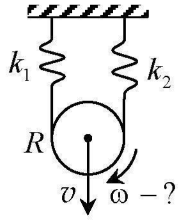
$$F_{тр} < \mu N. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Подставив сюда $F_{тр}$ из (3), N, выраженное из (2), а затем $F_н$ из (1), найдём:

$$\mu > \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Ответ: минимальное значение коэффициента трения равно $\frac{1}{\sqrt{3}}$. **(2 б.)**

3. Лёгкий шероховатый блок радиуса R подвешен на ремне, прикреплённом к потолку двумя вертикальными пружинами с жёсткостями k_1 и k_2 ($k_1 > k_2$). Ось блока тянут вниз со скоростью v. С какой угловой скоростью вращается блок вокруг своей оси? Проскальзывания между блоком и ремнём нет, трения в оси блока нет.



Решение.

Поскольку блок лёгкий и вращается с конечной угловой скоростью, можно считать, что суммарный момент сил, действующих на него, равен нулю. Запишем равенство моментов сил относительно оси блока (момент силы, действующей вниз на ось, при этом равен нулю):

$$k_1 x_1 = k_2 x_2, \quad \textbf{(2 б.)}$$

где x_1 и x_2 — удлинения первой и второй пружины соответственно. Поскольку это равенство справедливо во все моменты времени движения блока, аналогичному уравнению должны удовлетворять и скорости концов пружин (v_1 и v_2, соответственно):

$$k_1 v_1 = k_2 v_2. \quad \textbf{(2 б.)}$$

Так как ремень нерастяжимый, эти скорости совпадают со скоростями соответствующих точек на ободе блока (расположенных на противоположных концах горизонтального диаметра). Эти точки, в свою очередь, участвуют в двух движениях: поступательном со скоростью v вниз и вращательном со скоростью ωR (ω — искомая угловая скорость), направленной вверх слева со стороны первой пружины и вниз справа со стороны второй пружины:

$$v_1 = v - \omega R, \quad \textbf{(2 б.)}$$

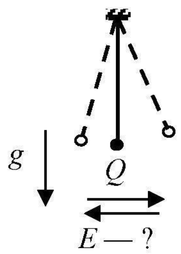
$$v_2 = v + \omega R. \quad \textbf{(2 б.)}$$

Подставив эти выражения для v_1 и v_2 в предыдущее уравнение, найдём

ответ: $$\omega = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}\frac{v}{R}. \quad \textbf{(2 б.)}$$

Отметим, что в некоторых предельных случаях из этого выражения следуют заранее очевидные результаты: $\omega = 0$ при $k_1 = k_2$ или при $v = 0$; $\omega = v/R$ при $k_1 \gg k_2$; $\omega = -v/R$ при $k_2 \gg k_1$.

4. Маятник, состоящий из лёгкой нерастяжимой нити и шарика массой $m = 0{,}1$ кг с зарядом $Q = 10^{-9}$ Кл, находился в состоянии равновесия. После того, как включили однородное горизонтальное электрическое поле неизвестной величины, шарик пришёл в движение. В момент его наибольшего отклонения вправо полярность поля изменили на противоположную. При наибольшем отклонении маятника влево полярность изменили ещё раз, и далее процедуру изменения полярности поля повторяли при всяком наибольшем отклонении маятника. Амплитуда его колебаний всякий раз возрастала. После включения поля и 9 его переключений, маятник стал колебаться так, что максимальный угол его отклонения от вертикали стал равным 30°. Определите величину напряжённости электрического поля. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.



Решение.

В процессе движения на шарик действуют: сила тяжести mg, направленная вниз, сила со стороны электрического поля QE, направленная горизонтально, и сила натяжения нити, направленная вдоль нити. Равновесное положение маятника при включенном электрическом поле соответствует углу отклонения α от вертикали, который можно найти из уравнения равновесия в проекции на ось, перпендикулярную нити:

$$mg\sin\alpha = QE\cos\alpha ,$$

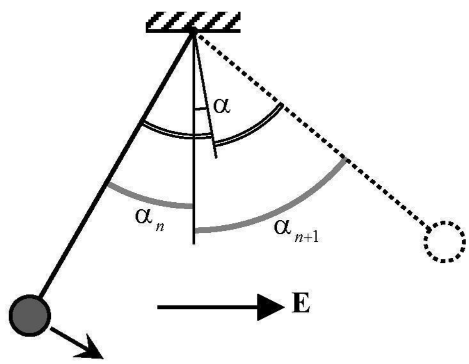
или

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{QE}{mg}. \qquad (1) \qquad \textbf{(2 б.)}$$

При изменении полярности электрического поля угол α также меняет знак. После включения поля начальное положение маятника соответствует нулевому углу отклонения от вертикали, положение равновесия — углу α. Значит, амплитуда колебаний (максимальный угол отклонения от положения равновесия) равна α, а максимальное отклонение от вертикали

$$\alpha_0 = 2\alpha . \qquad (2) \qquad \textbf{(1 б.)}$$

В момент максимального отклонения поле переключают. Пусть после n-го переключения максимальное отклонение равно α_n. Тогда амплитуда колебаний равна $|\alpha_n| - \alpha$ (здесь $\alpha>0$), а после $(n+1)$-го переключения поля становится равной $|\alpha_n| + \alpha$, так как равновесный угол отклонения меняет знак (см. рис., где показано положение маятника сразу после $(n+1)$-го переключения поля). Значит, максимальный угол отклонения станет равным $\alpha + (|\alpha_n| + \alpha) = |\alpha_n| + 2\alpha$. Таким образом,



$$|\alpha_{n+1}| = |\alpha_n| + 2\alpha . \qquad \textbf{(2 б.)}$$

Из этой рекуррентной формулы следует, что после 9-ти переключений поля

$$|\alpha_9| = |\alpha_0| + 9\cdot 2\alpha = 20\alpha .$$

По условию, этот угол равен 30°=π/6. Значит,

$$\alpha = \frac{1}{20}\frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{120}. \qquad \textbf{(2 б.)}$$

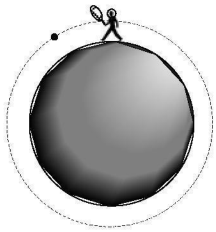
Для таких малых углов при подстановке численных значений с заданной в условии точностью можно считать tg α = α. Подставив полученное значение α в (1) и заменив tg α на α, найдём

$$E = \frac{mg}{Q}\operatorname{tg}\frac{\pi}{120} \approx \frac{\pi}{120}\frac{mg}{Q}, \qquad \textbf{(1 б.)}$$

и после подстановки численных значений получим

ответ: $E = 2{,}6 \cdot 10^{7}\,\text{В/м}$. **(2 б.)**

5. Космонавт на малой планете играет сам с собой в теннис. Он бьёт ракеткой по мячу, направляя его над поверхностью планеты, и отбивает его, когда мяч, обогнув планету, прилетает с другой стороны. Оцените, при каком максимальном радиусе планеты это возможно.



Предполагается, что Вы хорошо представляете явление, можете сами задать необходимые для решения задачи величины, выбрать их числовые значения и получить численный результат.

Решение.

Ускорение свободного падения g на поверхности планеты определяется её радиусом R и массой M:

$$g = \gamma \frac{M}{R^2},$$

где γ— гравитационная постоянная. Если средняя плотность планеты равна ρ, то

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho.$$

Подставив это в предыдущее уравнение, получим:

$$g = \frac{4}{3}\pi\gamma\rho R. \qquad (1)$$ **(3 б.)**

Отсюда следует, что для всех планет с плотностью, равной плотности Земли, ускорение свободного падения пропорционально радиусу:

$$\frac{g}{g_З} = \frac{R}{R_З},$$

где $g_З$ и $R_З$ — ускорение свободного падения на Земле и радиус Земли соответственно. Чтобы мяч двигался по круговой траектории у поверхности планеты, его скорость v должна равняться первой космической, определяемой из условия равенства центростремительного ускорения v^2/R ускорению свободного падения g:

$$g = \frac{v^2}{R}. \qquad (2)$$ **(3 б.)**

Подставив это выражение в предыдущее уравнение и выразив R, найдём

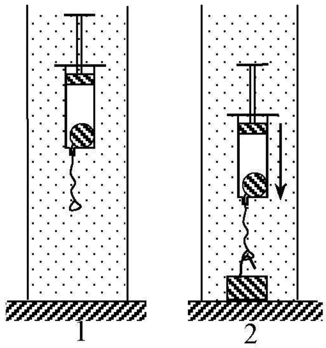
$$R = \sqrt{R_З \frac{v^2}{g_З}}.$$ **(2 б.)***

Подставив численные значения $R_З \approx 6\,400$ км, $g_З \approx 10$ м/с^2, $v \approx 50$ м/с, получим

ответ: $R \approx 40$ км. **(2 б.)**

******Примечание:* Вместо этой формулы можно оценить плотность планеты ρ и выразить радиус планеты $R = \dfrac{v}{\sqrt{\dfrac{4\pi}{3}\gamma\rho}}$ из (1) и (2).

6. *Задача-демонстрация (демонстрируется видеоролик).* К грузу, находящемуся внутри шприца, привязана нить, пропущенная через открытый кончик шприца. Эту конструкцию опускают в сосуд с водой и медленно доливают воду. По мере наполнения сосуда водой шприц всё время поднимается (эксперимент 1). Если же к нижнему концу нити прикрепить дополнительный груз (эксперимент 2), то поведение шприца меняется: шприц вначале поднимается, затем перестаёт подниматься, а затем опускается на дно (при этом дополнительный груз всё время покоится на дне). Объясните наблюдаемое явление.



Решение

Конструкция, состоящая из шприца и груза внутри, оказалась легче воды, т. е. её масса меньше, чем масса вытесняемой ею воды. Поэтому в первом эксперименте шприц всплывает к поверхности воды и тем самым поднимается при доливании воды в сосуд. (При этом шприц в течение всего эксперимента находится в одних и тех же условиях — давление воды в области отверстия внизу шприца постоянно.) **(1 б.)**

В начале второго эксперимента шприц также плавает у поверхности воды, а нить не натянута. Таким образом, шприц находится в тех же условиях, что и в первом эксперименте, и так же движется вверх вместе с уровнем воды при её добавлении. **(1 б.)**

При дальнейшем добавлении воды нить натягивается, и шприц удерживается тяжёлым нижним грузом на постоянной высоте. **(1 б.)**

Однако при этом уровень воды над шприцем, а вместе с ним и давление воды вблизи отверстия внизу шприца увеличивается по мере добавления воды. Поэтому увеличивается и давление воздуха внутри шприца, а следовательно, объём, занимаемый воздухом, уменьшается (вода проникает внутрь шприца). **(4 б.)**

Таким образом, количество вытесняемой шприцем воды уменьшается, а значит, уменьшается и сила Архимеда, действующая на шприц. При некотором уровне воды сила Архимеда становится меньше силы тяжести, действующей на шприц с грузом внутри, и шприц тонет.

(3 б.) *

(Заметим, что в процессе опускания шприца на дно давление воды вблизи его отверстия возрастает с глубиной, соответственно сила Архимеда уменьшается. Поэтому с глубиной увеличивается результирующая сила, действующая на шприц и направленная вниз, и в результате шприц довольно быстро опускается на дно.)

* *Примечание:* можно рассуждать и иначе, рассматривая силы, действующие на систему, состоящую из шприца и всего, что находится внутри него: груза, воздуха и воды, проникшей внутрь шприца через отверстие. При таком способе рассуждения сила Архимеда определяется объёмом шприца и остаётся постоянной, а сила тяжести увеличивается, так как возрастает количество воды внутри шприца. Такие рассуждения также оцениваются в 3 балла.