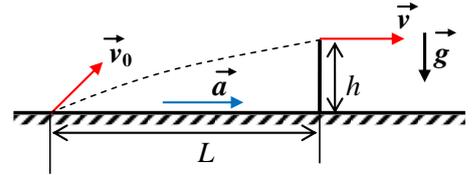


Вариант: 1

**Задача 1** (8 баллов). Мяч бросают с поверхности Земли под некоторым углом к горизонту. Сразу после броска и все дальнейшее время полета дует попутный ветер, сообщая мячу постоянное горизонтальное ускорение  $a$  (см. рисунок). Мяч перелетает через забор высотой  $h = 5$  м, находящийся на расстоянии  $L = 10$  м от точки броска. При этом в точке касания забора мяч имеет горизонтально направленную скорость  $v$ , модуль которой равен начальной скорости  $v_0$ . Чему равны начальная скорость  $v_0$  мяча и величина горизонтального ускорения  $a$ ? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Задача 2** (8 баллов). Вокруг планеты Пандора, на которой обнаружены пригодные для жизни условия, вращаются в плоскости экватора по круговым орбитам два искусственных спутника, необходимых для связи с базовой станцией, находящейся на экваторе планеты. Один спутник вращается по «геостационарной» орбите, радиус которой  $R$ , т.е. этот спутник «висит» все время над базовой станцией. Второй спутник движется в направлении вращения Пандоры (спутник все время обгоняет планету), при этом раз в сутки в одно и то же время он пролетает над базовой станцией. Какое минимальное расстояние может быть между этими двумя спутниками? Сутки на планете такие же, как на Земле.

**Задача 3** (14 баллов). Собрана механическая конструкция, состоящая из четырех кубиков, одинаковых по объему, но различающихся по массам. Кубики расположены на гладкой горизонтальной поверхности, как показано на рисунке 3а. Между двумя верхними кубиками натянута невесомая нерастяжимая нить, выдерживающая максимальную силу натяжения  $T_0 = 10$  Н. Коэффициент трения между кубиками равен  $\mu = 0,5$ . На верхний кубик массой  $2m$  в момент  $t = 0$  начинает действовать горизонтально направленная сила  $F$ , величина которой зависит от времени  $t$ , как показано на рисунке 3б. Считая  $m = 1$  кг, определите, в какой момент времени данная конструкция начнет разрушаться? График  $F(t)$  продолжает повторяться и при  $t > 12$  с, т.е. каждые две секунды сила линейно увеличивается с одним и тем же угловым коэффициентом, затем каждые четыре секунды она не изменяется, и т.д. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

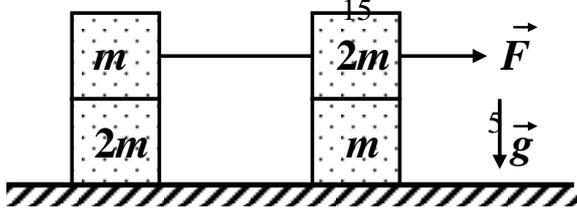


Рис. 3а

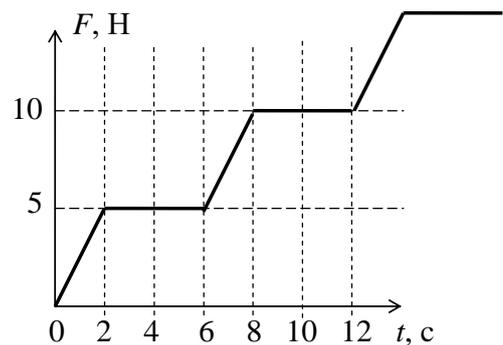


Рис. 3б

**Задача 4 (14 баллов).** Горизонтально расположенный цилиндрический сосуд с поршнем находится в вакууме. Закрепленная с одной стороны пружина упирается в поршень. Вначале поршень расположен почти вплотную к левому основанию цилиндра, пружина при этом не деформирована (см. рисунок 4а). В сосуде открывается клапан К, через который в него впускают некоторое количество инертного газа аргона из присоединенного к сосуду баллона, после чего клапан закрывается, и баллон убирают от сосуда. После установления теплового равновесия в сосуде, поршень оказался смещенным на  $\Delta L = 5$  см от левого основания (рисунок 4б). Затем газ в сосуде начинают медленно нагревать, в результате чего поршень сдвигается еще (дополнительно) на 5 см, при этом аргон совершает работу  $A = 1,5$  кДж. Какое количество тепла было передано газу при нагревании? Трение между поршнем и боковой поверхностью сосуда отсутствует. Теплоемкостью сосуда, поршня и пружины пренебречь.

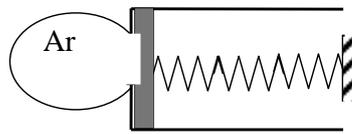


Рис. 4а

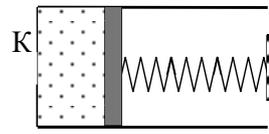
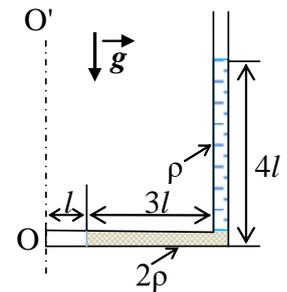


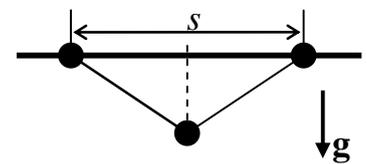
Рис. 4б

**Задача 5 (18 баллов).** Тонкая изогнутая и запаянная с одного конца трубка содержит горизонтальный столбик воздуха длиной  $l$ . С другой стороны столбик воздуха граничит с жидкостью плотности  $2\rho$ , которая заполняет оставшуюся горизонтальную часть трубки длиной  $3l$ , в вертикальной части трубки находится столб жидкости плотности  $\rho$  высотой  $4l$  (см. рисунок). Вертикальное колено трубки открыто, снаружи его – вакуум. С какой угловой скоростью  $\omega$  нужно вращать трубку вокруг вертикальной оси  $OO'$ , чтобы жидкости в трубке сместились на  $l$ ?



В процессе вращения жидкости не выливаются из трубки, не разрываются на отдельные части, и не перемешиваются друг с другом и с воздухом. Давлением паров жидкостей пренебречь, эффекты, связанные с поверхностным натяжением жидкостей, не учитывать. Температура воздуха и жидкостей в трубке не меняется в процессе вращения.

**Задача 6 (18 баллов).** Две одинаковые маленькие бусинки могут двигаться без трения по гладкому горизонтальному стержню. Бусинки связаны легкой нерастяжимой нитью длиной  $l = 1,5$  м. К середине нити прикреплена еще одна такая же бусинка. Вначале эту (среднюю) бусинку удерживают так, что нить



не натянута, но практически не провисает, затем бусинку отпускают, в результате система начинает двигаться без рывков. Найдите скорости всех бусинок в момент, когда расстояние между крайними бусинками равно  $s = 1,2$  м (см. рисунок). Массы всех трех бусинок одинаковы. Считая массу бусинки  $m = 0,1$  кг, определите, чему равна сила натяжения нити в этот момент времени?

**Ситуационные задачи**

**10 класс**

**Вариант 1**

Нанокристаллические оксиды металлов, размеры кристаллов которых составляют менее 100 нм, обладают рядом ценных свойств, отсутствующих у материалов, находящихся в макрокристаллическом состоянии. Для лабораторного изготовления нанодисперсной окиси алюминия применяется метод сжигания нанопорошка алюминия в среде чистого кислорода при пониженном давлении. В ходе химической реакции алюминий реагирует с кислородом с образованием конденсированного продукта; выделяющаяся при этом тепловая энергия идет на нагрев оставшегося кислорода и поддержание распространения фронта реакции.

Объем камеры сгорания составляет 1 литр. Начальное давление кислорода равно 0,5 атм, начальная температура равна 293 К.

Определите массу оксида алюминия, если после сгорания в камере должна остаться половина массы кислорода.

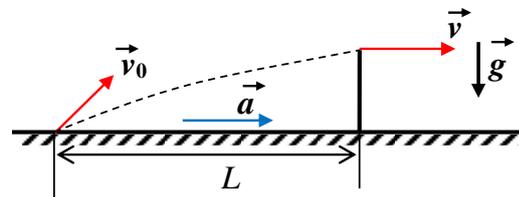
Определите максимальное давление в камере, соответствующее концу процесса горения, если в этот момент достигается тепловое равновесие между конечным материалом и оставшимся кислородом. Диссоциацией молекул кислорода при нагревании пренебречь.

Удельную теплоемкость кислорода принять равной 1000 Дж/(кг · К). Удельную теплоемкость оксида алюминия - 1200 Дж/(кг · К). Температура образующегося при окислении алюминия вещества – 2300 К.



Профиль: Физика («Профессор Жуковский»)  
Вариант: 2 Класс: 10

**Задача 1** (8 баллов) Мяч бросают с поверхности Земли под некоторым углом к горизонту. Сразу после броска и все дальнейшее время полета дует попутный ветер, сообщая мячу постоянное горизонтальное ускорение  $a$  (см. рисунок).



Спустя время  $t = 0,8$  с мяч перелетает через забор, находящийся на расстоянии  $L = 6,4$  м от точки броска. При этом в точке касания забора мяч имеет горизонтально направленную скорость  $v$ , модуль которой равен начальной скорости  $v_0$ . Чему равны начальная скорость  $v_0$  мяча и величина горизонтального ускорения  $a$ ? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**Задача 2** (8 баллов) Вокруг планеты Пандора, на которой обнаружены пригодные для жизни условия, вращаются в плоскости экватора по круговым орбитам два искусственных спутника, необходимых для связи с базовой станцией, находящейся на экваторе планеты. Один спутник вращается по «геостационарной» орбите, т.е. этот спутник «висит» все время над базовой станцией. Второй спутник движется по орбите радиуса  $r$  в направлении вращения Пандоры (спутник все время обгоняет планету), при этом два раза в сутки в одно и то же время он пролетает над базовой станцией. Какое минимальное расстояние может быть между этими двумя спутниками? Сутки на планете такие же, как на Земле.

**Задача 3** (14 баллов) Собрана механическая конструкция, состоящая из четырех кубиков, одинаковых по объему, но различающихся по массам. Кубики расположены на гладкой горизонтальной поверхности, как показано на рисунке 3а. Между двумя верхними кубиками натянута невесомая нерастяжимая нить, выдерживающая максимальную силу натяжения  $T_0 = 10$  Н. Коэффициент трения между кубиками равен  $\mu = 0,5$ . На нижний кубик массой  $2m$  в момент  $t = 0$  начинает действовать горизонтально направленная сила  $F$ , величина которой зависит от времени  $t$ , как показано на рисунке 3б. Считая  $m = 2$  кг, определите, в какой момент времени данная конструкция начнет разрушаться? График  $F(t)$  продолжает повторяться и при  $t > 12$  с, т.е. каждые две секунды сила линейно увеличивается с одним и тем же угловым коэффициентом, затем каждые четыре секунды она не изменяется, и т.д. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

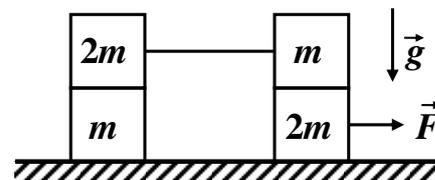


Рис. 3а

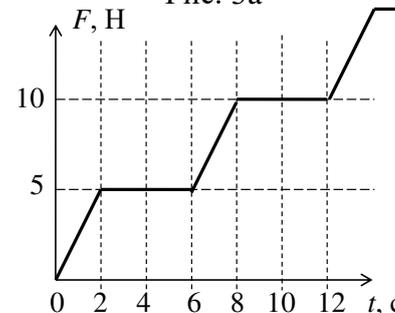


Рис. 3б

**Задача 4** (14 баллов). Горизонтально расположенный цилиндрический сосуд с поршнем находится в вакууме. Закрепленная с одной стороны пружина упирается в поршень. Вначале поршень расположен почти вплотную к левому основанию цилиндра, пружина при этом не деформирована (рисунок 4а). В сосуде открывается клапан К, через который в него впускают некоторое количество инертного газа неона из присоединенного к сосуду баллона, после чего клапан закрывается, и баллон убирают от сосуда. После установления теплового равновесия в сосуде, поршень оказался смещенным на  $\Delta L = 5$  см от левого основания (рисунок 4б).

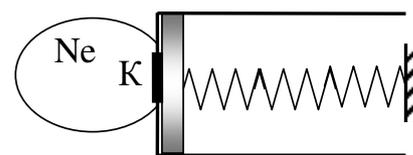


Рис. 4а

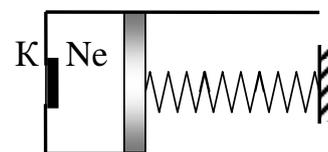


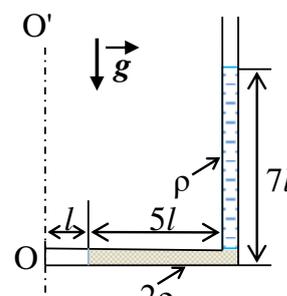
Рис. 4б

Продолжение билета см. на обороте.



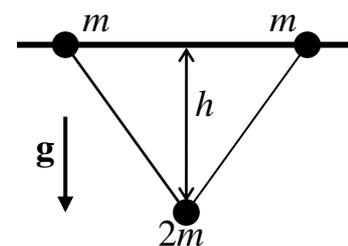
Затем газ в сосуде начинают медленно нагревать, в результате чего поршень сдвигается еще (дополнительно) на  $2\Delta L = 10$  см, при этом неону было передано количество теплоты  $Q = 12$  кДж. Какую работу совершил газ при нагревании? Трение между поршнем и боковой поверхностью сосуда отсутствует. Теплоемкостью сосуда, поршня и пружины пренебречь.

**Задача 5** (18 баллов). Тонкая изогнутая и запаянная с одного конца трубка содержит горизонтальный столбик воздуха длиной  $l$ . С другой стороны, столбик воздуха граничит с жидкостью плотности  $2\rho$ , которая заполняет оставшуюся горизонтальную часть трубки длиной  $5l$ , в вертикальной части трубки находится столб жидкости плотности  $\rho$  высотой  $7l$  (см. рисунок). Вертикальное колено трубки открыто, снаружи его – вакуум. С какой угловой скоростью  $\omega$  нужно вращать трубку вокруг вертикальной оси  $OO'$ , чтобы жидкости в трубке сместились на  $l$ ?



В процессе вращения жидкости не выливаются из трубки, не разрываются на отдельные части, и не перемешиваются друг с другом и с воздухом. Давлением паров жидкостей пренебречь, эффекты, связанные с поверхностным натяжением жидкостей, не учитывать. Температура воздуха и жидкостей в трубке не меняется в процессе вращения.

**Задача 6** (18 баллов). Две одинаковые маленькие бусинки массой  $m$  каждая могут двигаться без трения по гладкому горизонтальному стержню. Бусинки связаны легкой нерастяжимой нитью длиной  $l = 1,5$  м. К середине нити прикреплена еще одна похожая бусинка массой  $2m$ . Вначале эту бусинку удерживают так, что нить не натянута, но практически не провисает, затем бусинку отпускают, в результате система начинает двигаться без рывков. Найдите скорости бусинок в момент, когда средняя бусинка опустилась по вертикали на расстояние  $h = 0,45$  м от первоначального положения (см. рисунок). Считая  $m = 0,1$  кг, определите, чему равна сила натяжения нити в этот момент времени?



**Ситуационная задача** (20 баллов) Нанокристаллические оксиды металлов, размеры кристаллов которых составляют менее 100 нм, обладают рядом ценных свойств, отсутствующих у материалов, находящихся в макрокристаллическом состоянии. Для лабораторного изготовления нанодисперсной окиси алюминия применяется метод сжигания нанопорошка алюминия в среде чистого кислорода при пониженном давлении. В ходе химической реакции алюминий реагирует с кислородом с образованием конденсированного продукта; выделяющаяся при этом тепловая энергия идет на нагрев оставшегося кислорода и поддержание распространения фронта реакции.

Объем камеры сгорания составляет 1 литр. В камере в начальный момент содержится 0,72 г кислорода при температуре 293 К.

Определите максимально допустимую массу алюминия, если после сгорания в камере должна остаться половина массы кислорода.

Определите максимальное давление в камере, соответствующее концу процесса горения, если в этот момент достигается тепловое равновесие между конечным материалом и оставшимся кислородом, 1/5 часть массы которого перешла в атомарное состояние.

Удельную теплоемкость кислорода принять равной 1000 Дж/(кг·К). Удельную теплоемкость оксида алюминия - 1200 Дж/(кг·К). Температура образующегося при окислении алюминия вещества – 2300 К. Энергия диссоциации молекулы кислорода на атомы равна 495 кДж/моль.