

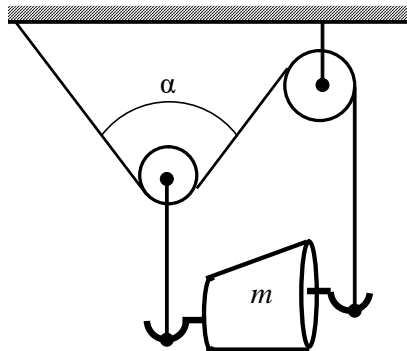
Олимпиада школьников «Шаг в будущее»

Заключительный этап

Вариант: 1

Класс: 10

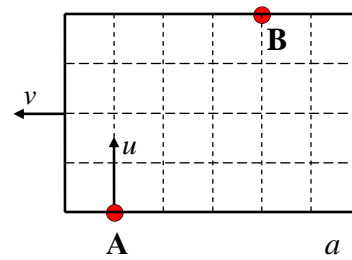
**Задача 1** (8 баллов). Деревянную заготовку подвесили на легких нитях через систему блоков к горизонтальному потолку (см. рисунок). Нити привязаны к крючкам, которые вбиты в противоположные концы заготовки. Правая часть длинной нити вертикальна, а между двумя наклонными отрезками этой нити угол  $\alpha = 120^\circ$ . Масса заготовки с крючками  $m = 2$  кг. Считая блоки невесомыми, и пренебрегая трением нитей о блоки, найдите силы натяжения нитей.



**Задача 2** (8 баллов). Сферическая оболочка воздушного шара изготовлена из материала, масса которого на единицу площади составляет  $\rho = 1$  кг/м<sup>2</sup>. Шар заполняют гелием. При каком минимальном радиусе шар поднимется в воздух? Давление снаружи и внутри шара  $p = 10^5$  Па, температура гелия внутри шара и температура окружающего воздуха одинаковы и равны  $t = 27^\circ\text{C}$ . Молярная масса воздуха  $\mu = 29$  г/моль. Площадь  $S$  поверхности и объём  $V$  шара радиусом

$r$  вычисляются по формулам  $S = 4\pi r^2$ ,  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .

**Задача 3 (14 баллов).** По горизонтальной поверхности стола движется с постоянной скоростью  $v$  доска с квадратными клетками; сторона одной клетки  $a = 5$  см (см. рисунок). Из точки А доски запустили кусочек цветного мелка, который остановился в точке В доски.

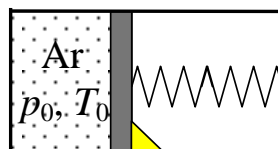


В начальный момент скорость мелка  $u$  относительно стола направлена перпендикулярно вектору скорости  $v$ . Определите модуль скорости доски  $v$ , если коэффициент трения между доской и мелком  $\mu = 0,2$ . Векторы  $v$  и  $u$  на рисунке изображены без соблюдения масштаба между ними.

**Задача 4 (14 баллов).** Где-то во Вселенной четыре точечных тела одинаковой массы  $m$  движутся с постоянными по модулю скоростями  $v$ . В процессе движения тела остаются все время в вершинах квадрата, лежащего в одной и той же плоскости. Чему равна длина стороны этого квадрата? Считайте, что в этой области Вселенной на данные точечные тела не действуют никакие другие силы, кроме сил собственного гравитационного притяжения.

**Задача 5 (18 баллов).** Однородный металлический тонкий обруч катится без проскальзывания по наклонной плоскости с ускорением  $a_1 = 3$  м/с<sup>2</sup>. С каким ускорением  $a_2$  будет скользить по этой же наклонной плоскости металлический брусок, если коэффициент трения между плоскостью и бруском равен  $\mu = 0,25$ ?

**Задача 6 (18 баллов).** Горизонтально расположенный теплоизолированный цилиндр разделен поршнем на две части: слева от поршня находится один моль аргона при давлении  $p_0$  и абсолютной температуре  $T_0$ , а справа – вакуум (см. рисунок). Поршень закреплен с помощью упора и соединен с правой стенкой легкой пружиной, которая находится в недеформированном состоянии. После того как поршень освободили от упора, то в новом положении равновесия объем, занимаемый аргоном, увеличился в 1,5 раза. Найдите температуру и давление аргона в конечном состоянии. Теплоемкостью цилиндра, поршня и пружины пренебречь. Трение между поршнем и боковой поверхностью цилиндра отсутствует.



### Задача 7 - Ситуационная задача

Подводный самолет – аппарат с положительной плавучестью, способный погружаться при движении за счет небольших крыльев, создающих направленную вниз силу.

Аппарат имеет сухую массу 1000 кг, вытесняет объем воды 1,55 м<sup>3</sup>, в том числе, 0,65 м<sup>3</sup> в виде воздушного пузыря, свободно сообщающегося с окружающей средой.

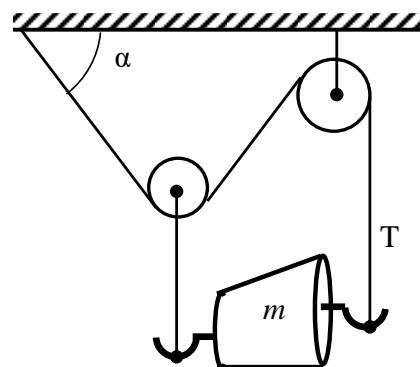
Определите глубину, на которой плавучесть аппарата станет нулевой (предельную глубину, с которой возможно всплытие при отказе двигателя). Температуру газа в воздушном пузыре считать постоянной и равной 20°C. Молярная масса воздуха  $\mu = 29$  г/моль, площадь крыльев составляет 0,1 м<sup>2</sup>, а коэффициент подъемной силы 0,8.

Подъемная сила определяется соотношением

$$F_{\text{пд}} = C_y S_{\text{крыла}} \frac{\rho U^2}{2}$$

$C_y$  – коэффициент подъемной силы,  $S_{\text{крыла}}$  – площадь крыльев,  $\rho$  – плотность воды,  $U$  – скорость движения аппарата относительно воды.

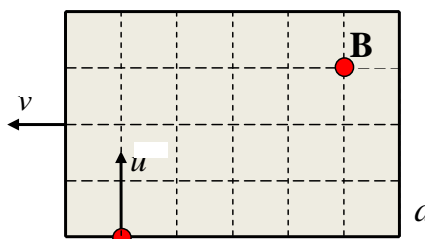
**Задача 1** (8 баллов). Деревянную заготовку подвесили на легких нитях через систему блоков к горизонтальному потолку (см. рисунок). Нити привязаны к крючкам, которые вбиты в противоположные концы заготовки. Правая часть длинной нити вертикальна и натянута с силой  $T = 20$  Н, а левый наклонный отрезок этой нити составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с потолком. Считая блоки невесомыми, и пренебрегая трением нитей о блоки, найдите массу заготовки с крючками.



**Задача 2** (8 баллов). На дне сосуда, заполненного воздухом, лежит груз массой  $m = 30$  г, к которому привязан воздушный шарик радиусом  $r = 10$  см. Шарик заполнен гелием. При каком минимальном давлении внутри сосуда воздушный шарик сможет поднять груз? Температуры гелия внутри шара и воздуха в сосуде одинаковы и равны  $t = 27^\circ\text{C}$ . Молярная масса воздуха  $\mu = 29$  г/моль. Считайте, что масса оболочки шарика гораздо меньше массы груза. Давления снаружи и внутри шарика одинаковы. Объем шара радиусом  $r$  вычисляется по формуле

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3.$$

**Задача 3** (14 баллов). По горизонтальной поверхности стола движется с постоянной скоростью  $v$  прямоугольная доска с квадратными клетками; сторона одной клетки  $a = 5$  см (см. рисунок). Из точки А доски запустили кусочек цветного мелка, который остановился в точке В доски.

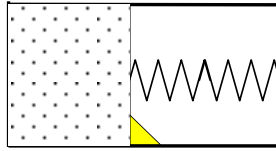


В начальный момент скорость мелка  $u$  относительно стола направлена перпендикулярно вектору скорости  $v$ . Определите коэффициент трения между мелком и доской, если скорость доски  $v = 0.9$  м/с. Векторы  $v$  и  $u$  на рисунке изображены без соблюдения масштаба между ними.

**Задача 4** (14 баллов). Где-то во Вселенной четыре точечных тела одинаковой массы  $m$  движутся с постоянными по модулю скоростями. В процессе движения тела остаются все время в вершинах квадрата со стороной  $a$ , лежащего в одной и той же плоскости. С какой скоростью движутся эти четыре тела? Считайте, что в этой области Вселенной на данные точечные тела не действуют никакие другие силы, кроме сил собственного гравитационного притяжения.

**Задача 5** (18 баллов). Однородный тонкий обруч катится без проскальзывания по наклонной плоскости с ускорением  $a_1 = 4$  м/с<sup>2</sup>. Если обруч заклинить, чтобы он не вращался, то он будет скользить по той же самой наклонной плоскости, с ускорением  $a_2 = 5$  м/с<sup>2</sup>, при этом обруч в процессе скольжения остается в вертикальной плоскости. Чему равен коэффициент трения  $\mu$  между обручем и поверхностью наклонной плоскости?

**Задача 6 (18 баллов).** Горизонтально расположенный теплоизолированный цилиндр разделен поршнем на две части: слева от поршня находятся два моля гелия при давлении  $p_0$  и абсолютной температуре  $T_0$ , а справа – вакуум (см. рисунок). Поршень закреплен с помощью упора и соединен с правой стенкой легкой пружиной, которая находится в недеформированном состоянии. После того как поршень освободили от упора, то в новом положении равновесия объем, занимаемый гелием, увеличился вдвое. Найдите температуру и давление гелия в конечном состоянии. Теплоемкостью цилиндра, поршня и пружины пренебречь. Трение между поршнем и боковой поверхностью цилиндра отсутствует.



### Задача 7 - Ситуационная задача

Подводный самолет – аппарат с положительной плавучестью, способный погружаться при движении за счет небольших крыльев, создающих направленную вниз силу.

Аппарат имеет сухую массу 1000 кг. Находясь на глубине 200 м, вытесняет объем воды  $0,9 \text{ м}^3$  и еще дополнительно  $24 \text{ дм}^3$  в виде воздушного пузыря, свободно сообщающегося с окружающей средой.

Температуру газа в воздушном пузыре считать постоянной и равной  $20^\circ\text{C}$ . Молярная масса воздуха  $\mu = 29 \text{ г/моль}$ . Определите необходимую скорость движения аппарата для погружения у поверхности, если площадь крыльев составляет  $0,1 \text{ м}^2$ , а коэффициент подъемной силы  $0,8$ .

Подъемная сила определяется соотношением

$$F_{\text{пд}} = C_y S_{\text{крыла}} \frac{\rho U^2}{2}$$

$C_y$  – коэффициент подъемной силы,  $S_{\text{крыла}}$  – площадь крыльев,  $\rho$  – плотность воды,  $U$  – скорость движения аппарата относительно воды.