

Дополнительный отборочный (заочный) этап Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике

25.12.2021-15.01.2022

Задачи 10 класса

Возможные решения. Максимальный балл за задачу – 10.

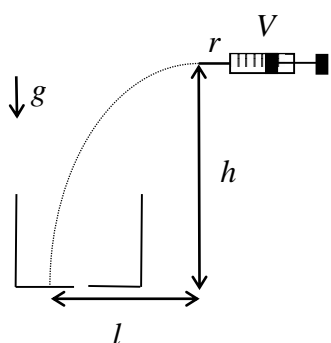
Задача оценивается в 10 баллов при полном решении и правильном ответе в указанных в условии единицах. Если требуется найти несколько величин, то их значения приводятся в ответе через точку с запятой. Числовой ответ, если иное не оговорено в условии, округляется до трёх значащих цифр. Например, полученное расчетом число 328,51 округляется до 329; 2,003 – до 2,00; 5,0081 – до 5,01; 0,60135 – до 0,601, 0,0012345 – до 0,00123 и т.д. Желательно указать наименование единиц, в которых измерена соответствующая физическая величина. Если в условии задачи нет специальных указаний, ответ приводится в единицах системы СИ. Ответ (округлённый) нужно внести в таблицу. При невыполнении любого из требований за задачу ставится 0 баллов. Без представления таблицы работа не проверяется.

1. На наклонной плоскости чередуются шероховатые и гладкие участки в виде горизонтальных полос равной ширины. Небольшое тело положили у верхнего края гладкого участка и отпустили. К концу этого участка оно приобрело скорость $v = 3$ м/с. К началу второго гладкого участка его скорость была $u = 4$ м/с. Какой будет скорость тела в конце второго гладкого участка? Трение на всех шероховатых участках одинаковое, а на гладких оно отсутствует.

Возможное решение

Допустим, что на шероховатом участке над телом совершается работа A_1 , а на гладком - A_2 . В таком случае $\frac{mv^2}{2} = A_1$ и $\frac{mu^2}{2} = A_1 + A_2$. Искомая величина $\frac{mv_1^2}{2} = A_1 + A_2 + A_1 = \frac{m(v^2 + u^2)}{2}$. В итоге $v_1 = \sqrt{v^2 + u^2} = 5$ м/с.

Ответ: 5 м/с или 5

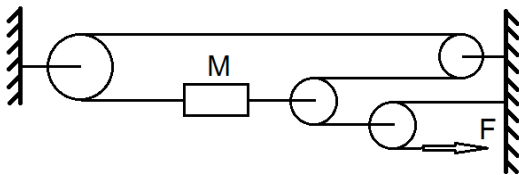


2. Содержимое заполненного на объем $V = 0,5$ мл шприца сливают в раковину. Шприц расположен горизонтально, вся жидкость попадает в одну точку на расстоянии $l = 1$ м по горизонтали и на высоту $h = 0,8$ м ниже конца иглы. Внутренний радиус иглы $r = 0,15$ мм, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Определите, сколько времени уходит на опустошение одного шприца. Сопротивлением воздуха и объёмом жидкости внутри иглы пренебречь. Ответ привести с точностью двух значащих цифр.

Возможное решение

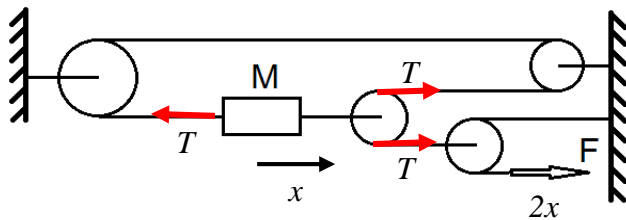
Т. к. вся жидкость попадает в одну точку, значит скорость вылета жидкости из иглы постоянна, обозначим её u . Пусть время полёта капельки жидкости равно t . Тогда $l = ut$, $h = gt^2/2$, откуда $u = \sqrt{\frac{gl^2}{2h}}$. Объем вытекшей из иглы шприца за время τ жидкости $uS\tau$, где $S = \pi r^2$ - площадь сечения иглы шприца. Он равен объему жидкости в шприце $u\pi r^2\tau = V$. Искомое время движения поршня $\tau = \frac{V}{Sv} = \frac{V}{\pi r^2 l} \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 2,8$ с

Ответ: 2,8 с или 2,8



3. С каким ускорением движется кончик веревки, за который тянут с силой $F = 1$ Н? Блоки невесомые, нити невесомые и нерастяжимые, трения и силы тяжести нет. Масса груза $M = 1$ кг.

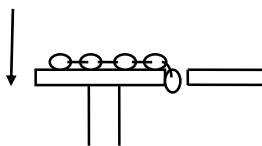
Возможное решение



На груз действует удвоенная сила натяжения веревки $2T$, вправо и аналогичная сила T влево (см. рисунок), и он испытывает ускорение $a = T/M$. Сила $T = 2F$. Далее можно рассуждать двумя путями. Поскольку результатом работы сил является только кинетическая энергия

груза, то при перемещении груза на x и конца веревки на y работа $Fy = Tx$, откуда $y = 2x$. К этому же выводу можно прийти из условия неизменности длины веревки. Из соотношения перемещений следует, что скорость и ускорение конца веревки в 2 раза больше скорости и ускорения груза. Таким образом, искомое ускорение $a_1 = 2a = 2T/M = 4F/M = 4$ м/с².

Ответ: 4 м/с² или 4



4. Однородная цепочка массой $m = 100$ г с мелкими звеньями начинает проскальзывать без начальной скорости в отверстие горизонтального стола. Какое натяжение она должна выдерживать, чтобы не произошел ее разрыв во время движения? Трением пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

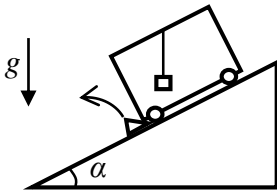
Возможное решение

Рассмотрим некоторый момент времени, когда масса свисающей части равна m_2 , а масса горизонтального участка - m_1 . Натяжение цепочки T является функцией от m_2 и будет максимальным в точке ее перегиба. Так как цепь нерастяжима, то ускорения обеих частей равны. Второй закон Ньютона для каждой из частей цепочки, а также уравнение, связывающее массы m_1 и m_2 с общей массой цепочки m , дают систему уравнений:

$$\begin{cases} m_2 a = m_2 g - T \\ m_1 a = T \\ m = m_1 + m_2 \end{cases}$$

Решая систему уравнений, находим, что $T = m_2 g - \frac{m_2^2 g}{m}$. Функция $T(m_2)$ есть парабола, у которой ветви вниз. Поэтому максимальное значение натяжения цепочки наблюдается при массе свисающей части, равной $m_2 = \frac{m}{2}$. Подставляя это значение в уравнение для T , находим искомую величину $T = \frac{mg}{4} = 0,25$.

Ответ: 0,25



5. Груз подвешен на канате внутри вагона и находится в равновесии. Вагон, подпертый башмаком, стоит на пути на склоне под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту. Башмак убирают, и вагон приходит в движение. Во сколько раз уменьшится сила натяжения каната сразу после того, как башмак уберут? Канат нерастяжимый и невесомый, масса вагона много больше массы груза, трения нет.

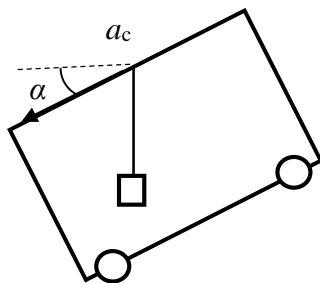
Возможное решение

Переход в неинерциальную систему отсчета осуществляется следующим образом. Ускорение тела \vec{a} представляется в виде $\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}'$, где \vec{a}_c – ускорение неинерциальной системы, а \vec{a}' – ускорение тела в неинерциальной системе отсчета. Тогда II закон Ньютона в инерциальной системе можно записать в виде

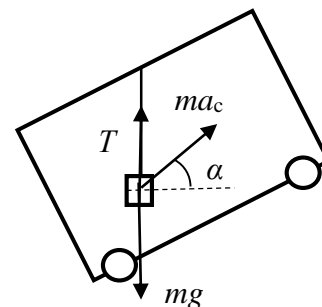
$$\sum_i \vec{F}_i - \vec{a}_c m = \vec{a}' m$$

Это есть искомая запись в неинерциальной системе II закона Ньютона. Слагаемое $(-\vec{a}_c m)$ является эффективной силой (силой инерции), которая не связана ни с каким взаимодействием тел.

Рассмотрим точку подвеса каната в вагоне. В инерциальной системе отсчета (т.е. Земли) она имеет ускорение вагона, когда башмак уберут. В системе вагона эта точка не движется. Поскольку канат нерастяжимый и не имеет скорости, то проекция ускорения груза вдоль каната также равна нулю.



относительно Земли



относительно вагона

$T + ma_c \sin \alpha - mg = 0$, где $a_c = g \sin \alpha$. Так как в состоянии покоя вагона начальное натяжение каната T_0 есть $T_0 = mg$, то

$$\frac{T}{T_0} = 1 - \sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha = \frac{3}{4}$$

Ответ: 0,75

№ задачи	Ответ
1	5 м/с или 5
2	2,8 с или 2,8
3	4 м/с ² или 4
4	0,25
5	0,75