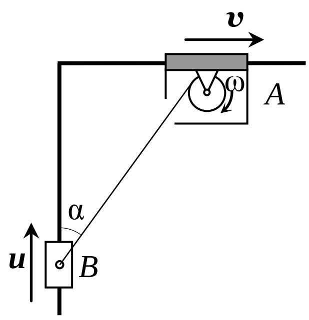
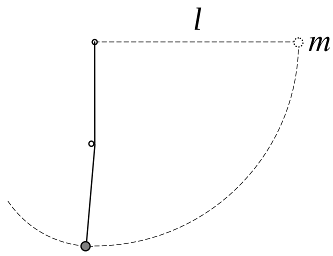
Отборочный тест по физике в 10 класс Заочной школы

1. Начальная скорость гранаты, выпущенной подствольным гранатомётом ГП-25, по величине равна v_0 = 76 *м/с.* Можно ли из этого гранатомёта поразить свободно падающую торпеду, сброшенную с вертолёта, который «завис» на высоте h = 300 *м* над уровнем моря на расстоянии s = 350 *м* (по горизонтали) от стрелка? Сопротивлением воздуха пренебречь. В качестве ответа укажите: да или нет.

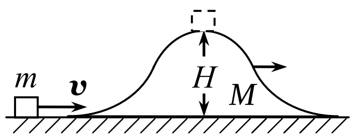


2. На два взаимно перпендикулярных жёстких стержня насажены муфты, могущие легко по ним скользить. Внутри полой муфты *A* расположена лебёдка, барабан которой имеет радиус r = 15 *см* и вращается с угловой скоростью ω = 50 c^{-1}. На барабан наматывается нерастяжимая нить, другой конец которой прикреплён к муфте *B.* При этом муфта *A* движется вправо со скоростью v = 10 *м/с.* Найдите величину u скорости муфты *B*, если нить образует с вертикалью угол α = 60°. Ответ выразите в единицах СИ и округлите до десятых.

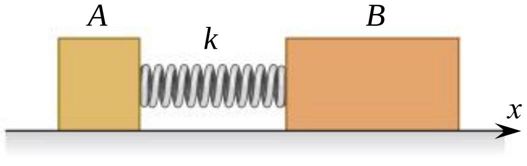
3. В вертикальную стену наполовину забиты два гвоздя, один строго под другим. К верхнему привязывают нить длиной l с шариком массой *m=10 кг,* образующие математический маятник. Маятник отклоняют в горизонтальное положение и отпускают без начальной скорости, так чтобы, двигаясь, он не касался стены. Найдите силы $\boldsymbol{F}_1$ и $\boldsymbol{F}_2$, с которыми нить действует соответственно на верхний и нижний гвозди сразу после её касания нижнего гвоздя, если расстояние между гвоздями равно l/2, а коэффициент трения между нитью и нижним гвоздём равен μ. Ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2. Ответы выразите в единицах СИ, округлите до целых и запишите через точку с запятой (вначале для $\boldsymbol{F}_1$; затем для $\boldsymbol{F}_2$).



4. На гладкой горизонтальной поверхности находится подвижная колоколообразная «горка» массой *M=40 кг* и высотой *H=1 м*. В начальный момент «горка» покоится. Небольшому кубику массой *m=10 кг* сообщается горизонтальная начальная скорость *v=10 м/с*, такая, что кубик въезжает на горку и останавливается на её вершине. Какую работу $A_{тр}$ совершит при этом сила трения, если коэффициент трения кубик — горка равен μ? Ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2. Ответ выразите в единицах СИ и округлите до целых.



5. Два бруска *A* и *B* массами соответственно *m=1 кг* и 2*m* лежат на гладкой горизонтальной плоскости. Между ними вставлена однородная пружина жёсткостью k = 600 Н/м, сжатая на величину *x=10 см*. Какую проекцию v_x скорости на горизонтальную ось x будет иметь центр пружины сразу после того, когда она освободится? Массой пружины по сравнению с массами брусков пренебречь. Ответ выразите в единицах СИ и округлите до сотых.



Решения

1. Чтобы успеть подорвать торпеду в полёте, нужно, очевидно, сделать выстрел как можно раньше, т. е. практически одновременно с её выбросом из вертолёта. Тогда в «падающей» с ускорением $\boldsymbol{g}$ без начальной скорости системе координат торпеда будет всё время неподвижна, а граната полетит прямолинейно с постоянной скоростью $\boldsymbol{v}_0$, направленной на неподвижную торпеду. Торпеда будет подбита, если время движения гранаты $\tau_1 = \dfrac{\sqrt{h^2+s^2}}{v_0} \approx 6{,}07\ c$ будет не больше времени падения торпеды $\tau_2 = \sqrt{\dfrac{2h}{g}} \approx 7{,}82\ c$. Поскольку $\tau_1 < \tau_2$, торпеду поразить можно. Этот же ответ можно получить, если исходя из времени τ_2 падения торпеды с данной высоты оценить минимальную начальную скорость гранаты $v_{min} = \sqrt{\dfrac{s^2+h^2}{h}\dfrac{g}{2}} \approx 58{,}9\ м/с < v_0$ (и сравнить её с v_0), либо, задав v_0, найти наименьшую высоту $h_{min} = \dfrac{g}{2}\dfrac{s^2+h^2}{v_0^2} \approx 180м < h$, падая с которой торпеда может быть подорвана выстрелом с расстояния s из данного гранатомёта.

2. Ввиду нерастяжимости нити проекции скоростей её концов на направление нити должны быть равны:

$$u\cos\alpha = \omega r + v\sin\alpha, \text{ откуда } u = \frac{\omega r}{\cos\alpha} + v\,\mathrm{tg}\alpha = 32{,}2 \text{ (м/с)}.$$

3. В любой момент времени геометрическая сумма сил, приложенных к нити (ввиду её невесомости), очевидно, должна быть равна нулю. В момент касания на нить действуют две силы, приложенные к её концам со стороны шарика и верхнего гвоздя и *направленные вдоль нити*, и сила реакции со стороны нижнего гвоздя. Поскольку силы натяжения действуют вертикально, они не могут уравновесить горизонтальную силу нормального давления нижнего гвоздя. Стало быть, последняя должна быть равна нулю; нулевой, следовательно, оказывается и сила трения.

Когда шарик находится в нижней точке траектории, её радиус скачком уменьшается с l до $\dfrac{l}{2}$ и натяжение нижней половины нити, очевидно, становится равным $T = \dfrac{mv^2}{l/2} + mg$, где $v = \sqrt{2gl}$ — скорость шарика. Поскольку сила трения со стороны нижнего гвоздя отсутствует, таким же оказывается натяжение и верхней половины нити, действующее на верхний гвоздь. Значит, $\boldsymbol{F}_1 = 5m\boldsymbol{g}$, $F_2 = 0$. Ответ: 500;0 (Н).

4. Из закона изменения механической энергии $E_2 - E_1 = W_2 + mgH - W_1 = A_{тр}$, где W_1 и W_2 — соответственно начальная и конечная кинетические энергии системы. Поскольку, далее, описанное взаимодействие фактически является неупругим ударом, потери кинетической энергии при этом даются известным выражением $W_1 - W_2 = \dfrac{m_{пр}v_{отн}^2}{2}$ ($\dfrac{1}{m_{пр}} = \dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{M}$, $\boldsymbol{v}_{отн} = \boldsymbol{v}_m - \boldsymbol{v}_M = \boldsymbol{v}$). Стало быть, искомая работа $A_{тр} = -\left(\dfrac{mM}{m+M}\dfrac{v^2}{2} - mgH\right) = -300$ Дж.

5. Из ЗСЭ $\dfrac{p^2}{2m_A} + \dfrac{p^2}{2m_B} = \dfrac{kx^2}{2}$, откуда $p^2 = m_{пр}kx^2$. Стало быть,

$$v_x = \frac{v_{xA}+v_{xB}}{2} = \frac{1}{2}\left(-\frac{p}{m_A} + \frac{p}{m_B}\right) = -\frac{1}{2}\left(\frac{1}{m_A} - \frac{1}{m_B}\right)\sqrt{m_{пр}k}\,x = -\sqrt{\frac{k}{6m}}\frac{x}{2} = -0.50 \text{ м/с}.$$