Практический семинар «Подготовка к решению задач части 1 и 2 ЕГЭ по физике. Механика».

Рабочий лист.

Примеры заданий по разделу «Механика», вызвавших наибольшие затруднения у учащихся

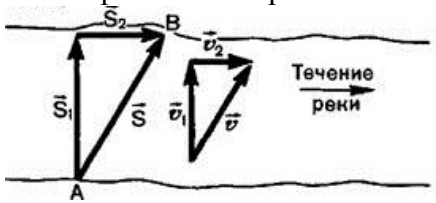
«Кинематика»

Пример 1.

Лодка должна попасть на противоположный берег реки по кратчайшему пути в системе отсчёта, связанной с берегом. Скорость течения реки $\vec{u}$, скорость лодки относительно воды $\vec{v}$. Модуль скорости лодки относительно берега равен:

1) $v+u$; 2) $v-u$; 3) $\sqrt{v^2+u^2}$; **4)** $\sqrt{v^2-u^2}$.

Ситуация «за кратчайшее время»

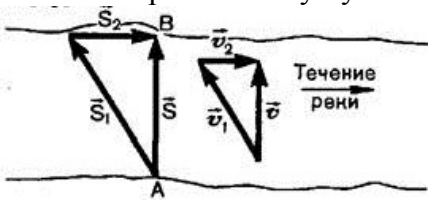


$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_1 + \vec{\upsilon}_2$

$\upsilon = \sqrt{\upsilon^2{}_1 + \upsilon^2{}_2}$

$s = \sqrt{s^2{}_1 + s^2{}_2}$

Ситуация «по кратчайшему пути»



$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$

$\upsilon = \sqrt{\upsilon^2{}_1 - \upsilon^2{}_2}$

$s = \sqrt{s^2{}_1 - s^2{}_2}$

Пример 2.

Четыре тела движутся вдоль оси x. На рис. 1.1 изображены графики зависимости проекций скоростей υ_x от времени t для этих тел. Определите для тела 4 проекцию ускорения на ось x.

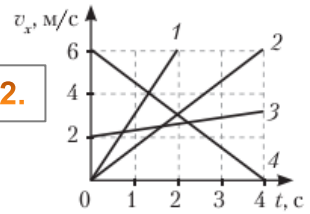
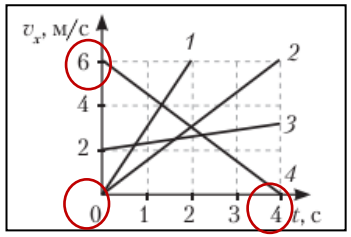


Рис. 1.1

1) 1,5 м/с²;
2) −1,5 м/с²;
3) 3 м/с²;
4) −0,25 м/с².



$$\alpha_x = \frac{\upsilon_x - \upsilon_{0x}}{t}$$

$$\alpha_x = \frac{0 - 6\frac{м}{с}}{4с} = -1{,}5\frac{м}{с^2}$$

Пример 3.

Зависимость перемещения от времени для прямолинейно движущегося тела имеет вид: $s(t) = 2t + 3t^2$, где все величины выражены в СИ. Ускорение тела равно:

1) 1 м/с²; 2) 2 м/с²; 3) 3 м/с²; **4)** 6 м/с².

При выполнении этого задания необходимо вспомнить, что об ускорении говорит коэффициент при t^2, и он равен половине ускорения.

$$S_x = \upsilon_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \qquad S_x = 2t + 3t^2$$

$$\frac{a_x}{2} = +3$$

Пример 4.

На графике (рис. 1.2) изображена зависимость проекции скорости тела, движущегося вдоль оси x, от времени. Какой путь прошло тело к моменту времени $t = 6$ с?

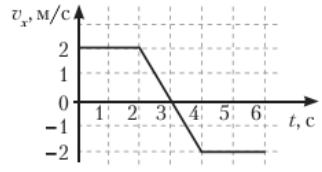
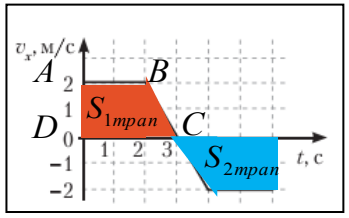


Рис. 1.2

1) 0; 2) 5 м; 3) 6 м; **4)** 10 м.



$$s_{1x} = S_{1mpan} = \frac{AB + CD}{2} \cdot AD$$

$$S_{2mpan} = S_{1mpan}$$

$$\ell = |s_{1x}| + |s_{2x}|$$

«Динамика»

Пример 5

Парашютист спускается по вертикали с постоянной скоростью 2 м/с. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считают инерциальной. В этом случае:

1) на парашютиста не действуют никакие силы;

2) сила тяжести, действующая на парашютиста, равна нулю;

3) сумма сил, приложенных к парашютисту, равна нулю;

4) сумма всех сил, действующих на парашютиста, постоянна и не равна нулю.

$B \quad ИСО:$

$\upsilon = const$

$\Sigma \vec{F} = 0$

Пример 6.

На рис. 1.3, *а* представлены вектор скорости тела в некоторой инерциальной системе отсчёта и вектор равнодействующей всех сил, действующих на тело. Какой из четырёх векторов на рис. 1.3, *б* указывает направление вектора ускорения этого тела в этой системе отсчёта?

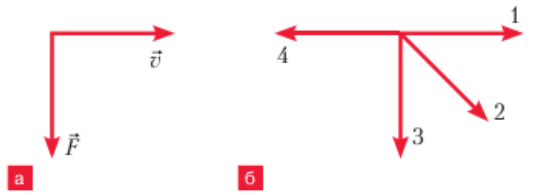


Рис. 1.3

1) 1; 2) 2; **3)** 3; 4) 4.

$\vec{F} = m\vec{a}$

$\vec{F} \uparrow\uparrow \vec{a}$

Пример 7.

Полосовой магнит массой m поднесли к массивной стальной плите массой M. Сравните силу действия магнита на плиту $\vec{F}_1$ с силой действия плиты на магнит $\vec{F}_2$.

1) $F_1 = F_2$; 2) $F_1 > F_2$;

3) $F_1 < F_2$; 4) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m}{M}$.

$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

$F_1 = F_2$

Пример 8.

Подъёмный кран поднимает груз с постоянным ускорением. На груз со стороны каната действует сила, равная $8 \cdot 10^3$ Н. На канат со стороны груза действует сила:

1) меньше $8 \cdot 10^3$ Н;

2) больше $8 \cdot 10^3$ Н;

3) равная $8 \cdot 10^3$ Н;

4) равная силе тяжести, действующей на груз.

$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

$F_1 = F_2$

Пример 9.

Груз, привязанный к нити, двигался по окружности с центростремительным ускорением 4 м/с^2. С каким ускорением будет двигаться груз сразу после обрыва нити?

1) 4 м/с^2; 2) 14 м/с^2;

3) 10 м/с^2; 4) $\sqrt{10^2 + 4^2}$ м/с^2.

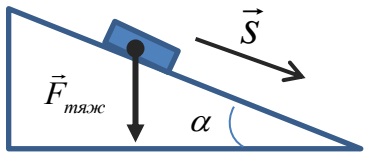
Пример 11.

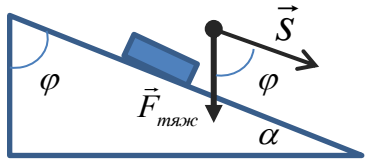
Пример 1.12

Шайба массой 100 г съезжает с горки длиной 2 м, составляющей с горизонталью угол 30°. Определите работу силы тяжести. Трением пренебречь.

1) 1 Дж; 2) $\sqrt{3}$ Дж; 3) 2 Дж; 4) $2\sqrt{3}$ Дж.

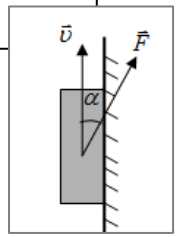
$A = F \cdot s \cdot \cos\varphi$





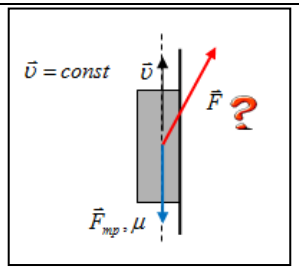
Пример 10.

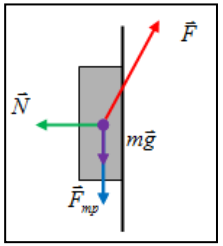
Брусок массой m прижат к вертикальной стене силой F, направленной под углом α к вертикали (см. рисунок). Коэффициент трения между стеной и бруском равен μ. При какой величине силы F брусок будет двигаться по стене вертикально вверх с постоянной скоростью?

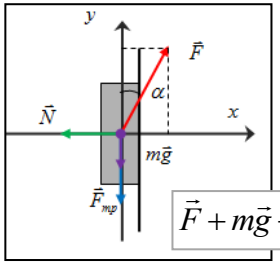


$$\begin{cases} F_{тр} = \mu \cdot N \\ F\sin\alpha - N = 0 \\ F\cos\alpha - mg - F_{тр} = 0 \end{cases} \Rightarrow F\cos\alpha - mg - \mu F\sin\alpha = 0$$

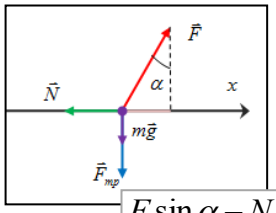
$$F = \frac{mg}{\cos\alpha - \mu\sin\alpha}$$



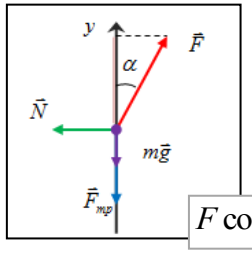




$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{тр} + \vec{N} = 0$$



$$F\sin\alpha - N = 0$$



$$F\cos\alpha - mg - F_{тр} = 0$$

«Законы сохранения в механике»

Пример 12.

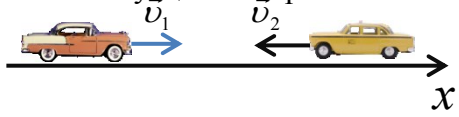
Два автомобиля одинаковой массы m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчёта, связанной с первым автомобилем?

1) $3mv$; 2) $2mv$; 3) mv; 4) 0.

$$\vec{\upsilon}_{12} = \vec{\upsilon}_1 - \vec{\upsilon}_2$$

$$\vec{\upsilon}_{21} = \vec{\upsilon}_2 - \vec{\upsilon}_1$$

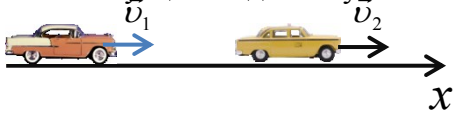
Ситуация «Встреча»



$$\upsilon_{12} = \upsilon_1 - (-\upsilon_2)$$

$$\upsilon_{21} = -\upsilon_2 - (+\upsilon_1)$$

Ситуация «Вдогонку»



$$\upsilon_{12} = \upsilon_1 - (+\upsilon_2)$$

$$\upsilon_{21} = \upsilon_2 - (+\upsilon_1)$$

Пример 13.

Камень бросали с балкона три раза. В первый раз вектор скорости камня был направлен вертикально вверх, во второй раз – горизонтально, в третий раз – вертикально вниз. Величина начальной скорости камня во всех случаях одинакова. Если сопротивлением воздуха можно пренебречь, то модуль скорости камня при подлёте к земле будет:

1) больше в первом случае;
2) больше во втором случае;
3) больше в третьем случае;
4) одинаков во всех случаях.

Закон сохранения механической энергии:

$$E_{к1} + E_{p_1} = E_{к2} + E_{p2}$$

$$\frac{m \cdot \upsilon_0^{\,2}}{2} + mgh = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2}$$

«Статика». «Колебания и волны».

Пример 14.

Первоначальное удлинение пружины равно Δl. Как изменится потенциальная энергия пружины, если её удлинение станет вдвое больше? (*В скобках указана доля указавших этот ответ как верный.*)

1) увеличится в 2 раза (35%);
2) увеличится в 4 раза (51%);
3) уменьшится в 2 раза (14%);
4) уменьшится в 4 раза (14%).

$$E_p = \frac{k \cdot \Delta \ell^2}{2}$$

Пример 15.

Однородный куб опирается одним ребром на пол, другим – на вертикальную стену (рис. 1.6). Плечо силы трения $\vec{F}_{тр}$ относительно точки O равно:

1) 0; 2) O_1O;
3) OA; 4) O_1A.

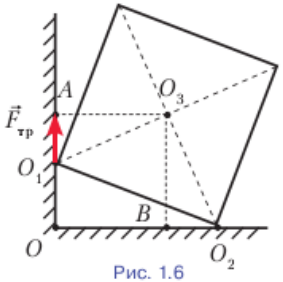
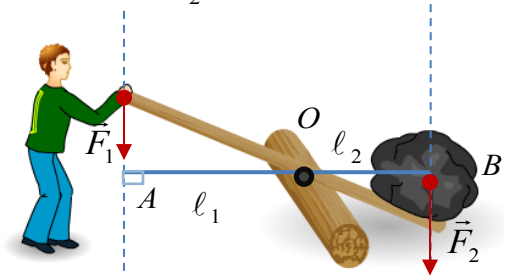


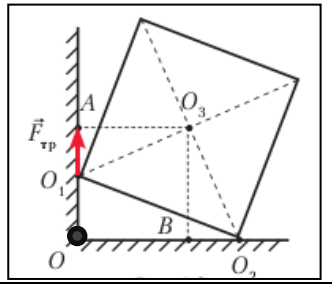
Рис. 1.6

$\ell_1 = OA \quad M_1 = F_1 \cdot \ell_1$

$\ell_2 = OB \quad M_2 = F_2 \cdot \ell_2$

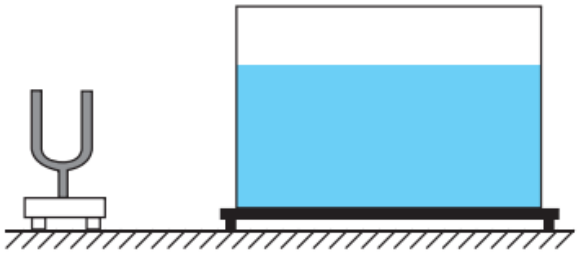


$\ell = 0 \quad M = F_{mp} \cdot \ell = 0$



Пример 17.

На демонстрационном столе в кабинете физики стоят камертон на 440 Гц и аквариум с водой (рис. 1.10). Учитель ударил молоточком по ножке камертона. Как изменятся скорость звуковой волны, частота колебаний и длина волны при переходе звука из воздуха в воду?


Рис. 1.10

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится.
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

$\nu = const$

$\uparrow \lambda = \frac{\upsilon}{\nu} \uparrow$

Скорость звуковой волны	Частота колебаний	Длина волны
1	3	1

Пример 16.

В широкую U-образную трубку с вертикальными прямыми коленами налиты неизвестная жидкость плотностью ρ_1 и вода плотностью $\rho_2 = 1{,}0 \cdot 10^3$ кг/м^3 (рис. 1.8). Жидкости не смешиваются. На рисунке b = 10 см, h = 24 см, H = 30 см. Плотность жидкости ρ_1 равна:

1) $0{,}6 \cdot 10^3$ кг/м^3; **2)** $0{,}7 \cdot 10^3$ кг/м^3;
3) $0{,}8 \cdot 10^3$ кг/м^3; 4) $0{,}9 \cdot 10^3$ кг/м^3.

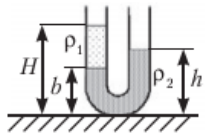
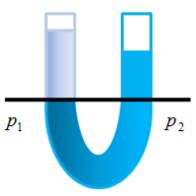
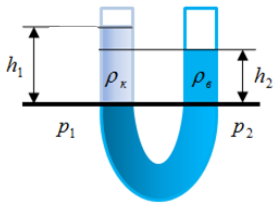


Рис. 1.8





$p_1 = p_2$

$h_1 = H - b \quad h_2 = h - b$

$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2$

Пример 18.

Если и длину математического маятника, и массу его груза увеличить в 4 раза, то период свободных гармонических колебаний маятника:

1) увеличится в 2 раза;
2) увеличится в 4 раза;
3) уменьшится в 4 раза;
4) уменьшится в 2 раза.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Пример 19.

Если на некоторой планете период колебаний секундного земного математического маятника окажется равным 2 с, то ускорение свободного падения на этой планете примерно равно:

1) 2,5 м/с²; 2) 5 м/с²;
3) 20 м/с²; 4) 40 м/с².

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{g_2}{g_1}} \Rightarrow \left(\frac{T_1}{T_2} \cdot \sqrt{g_1}\right)^2 = g_2 \Rightarrow g_2 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \cdot g_1 = \frac{1}{4} g_1$$

Пример 20.

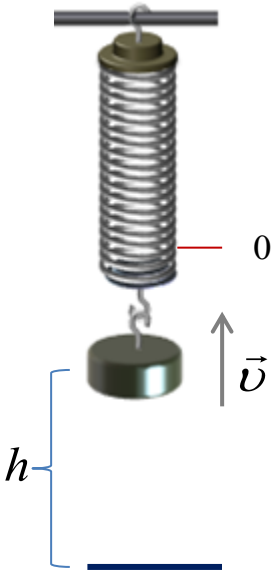
Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой.

Как ведут себя потенциальная энергия пружины, кинетическая энергия груза, его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вверх к положению равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза	Потенциальная энергия груза
2	1	1



$$\Delta\ell \downarrow \qquad \upsilon \uparrow \qquad h \uparrow$$

$$E_p = \frac{k \cdot \Delta\ell^2}{2} \qquad E_к = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2} \qquad E_p = mgh$$

Пример 21.

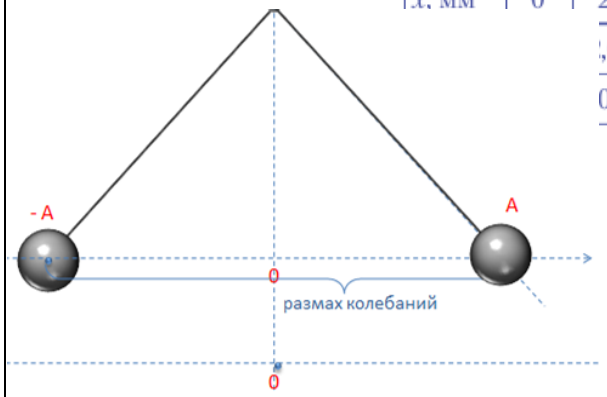
В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося вдоль оси x, в различные моменты времени.

t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
x, мм	0	2	5	10	13	15	13	10
t, с	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
x, мм	2	0	−2	−5	−10	−13	−15	−13

Каков период колебаний шарика?

1) 3,2 с; 2) 1 с; 3) 2 с; **4)** 4 с.

t, с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
x, мм	0	2	5	10	13	15	13	10
	,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0		3,2
	0	−2	−5	−10	−13	−15		−13



$$\frac{1}{2}T = \Delta t = 3{,}0 - 1{,}0 = 2c$$

$$T = 4c$$

«Решение расчетных задач».

Пример 22.

На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых h и $5/2\ h$ (рис. 1.17). На правой вершине горки находится шайба. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Скорость шайбы относительно стола на левой вершине горки оказалась равной u. Найдите отношение масс шайбы и горки.

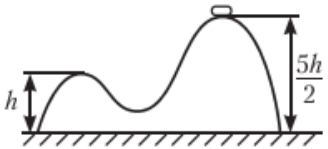
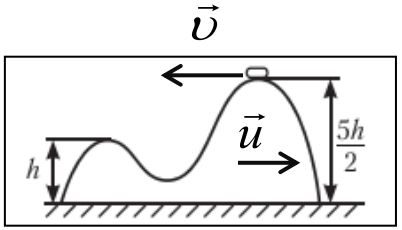


Рис. 1.17

Система тел «шайба – горка»



Закон сохранения импульса и энергии

$$\begin{cases} 0 = Mu - m\upsilon \\ \dfrac{5}{2}mgh = \dfrac{m\cdot\upsilon^2}{2} + \dfrac{Mu^2}{2} + mgh \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{m}{M} = \frac{3gh}{\upsilon^2} - 1$$

Пример 23.

Два груза одинаковой массы M, связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся прямолинейно по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы $\vec{F}$, приложенной к одному из грузов (рис. 1.19). Нить обрывается, если модуль силы равен 12 Н. При какой силе натяжения нить обрывается?

1) 3 Н; 2) 12 Н; 3) 24 Н; **4)** 6 Н.

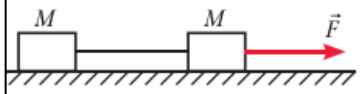
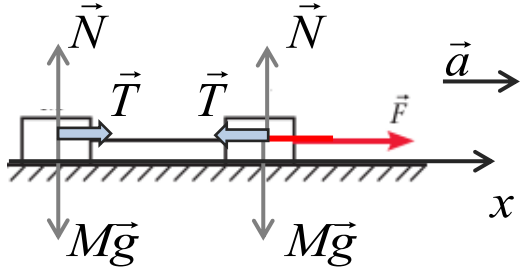


Рис. 1.19



2 закон Ньютона для 1-го тела:

$$\vec{F} + M\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} = M\vec{a}$$

$$x: F - T = Ma \quad (1)$$

2 закон Ньютона для 2-го тела

$$M\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} = M\vec{a}$$

$$x: T = Ma \quad (2)$$

$$\begin{cases} F - T = Ma \\ T = Ma \end{cases} \Rightarrow F - T = T \Rightarrow T = \frac{F}{2} = 6\text{Н}$$

Пример 24.

Небольшая шайба после толчка приобретает скорость $v = 2$ м/с и скользит по внутренней поверхности гладкого закреплённого кольца радиусом $R = 0{,}14$ м (рис. 1.20). На какой высоте h шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать?

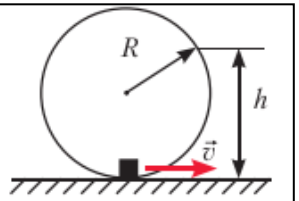
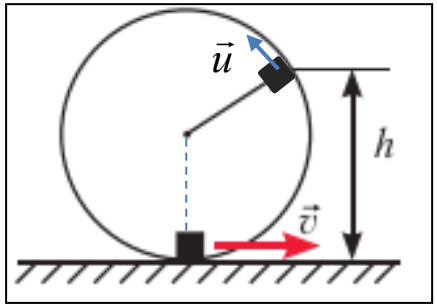


Рис. 1.20

Закон сохранения энергии

$$\frac{m\cdot\upsilon^2}{2}=\frac{mu^2}{2}+mgh$$

$$\upsilon^2=u^2+2gh \quad (1)$$

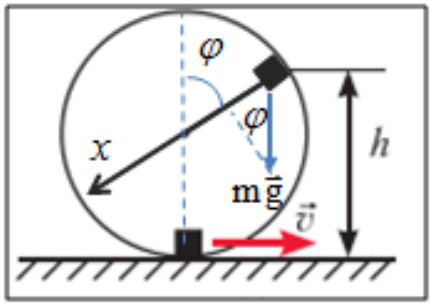


В момент отрыва $N=0$

$$\vec{F}_{тяж}=m\vec{a}$$

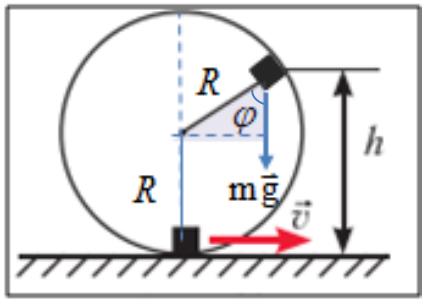
$$x: mg\cdot\cos\varphi=m\cdot\frac{u^2}{R}$$

$$g\cdot\cos\varphi=\frac{u^2}{R} \quad (2)$$



Выражение для $\cos\varphi$

$$\cos\varphi=\frac{h-R}{R} \quad (3)$$



Подставим (3) во (2)

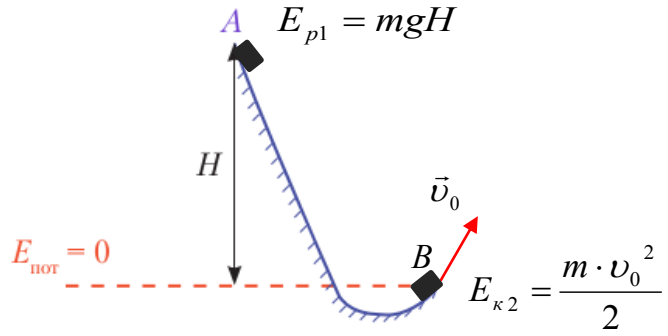
$$g\cdot\frac{h-R}{R}=\frac{u^2}{R} \quad\rightarrow\quad g(h-R)=u^2 \quad (4)$$

Подставим (4) в (1):

$$\upsilon^2=g(h-R)+2gh \;\rightarrow\; h=\frac{\upsilon^2+gR}{3g} \qquad h=0{,}18м$$

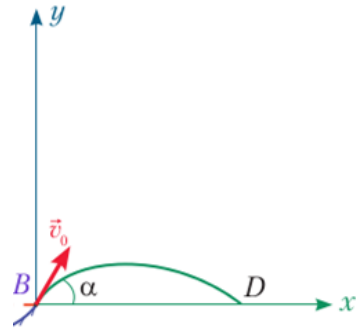
Пример 25.

Шайба массой m начинает скольжение по жёлобу AB из состояния покоя (точка A), которая расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по жёлобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на 2 Дж. В точке B шайба вылетает из жёлоба под углом $\alpha = 15°$ к горизонту и падает на землю в точке D, находящейся на одной горизонтали с ней, $BD = 4$ м. Найдите массу шайбы m. Сопротивлением воздуха пренебречь.



По закону сохранения механической энергии, учитывая переход части механической энергии в тепло, получим:

$$mgH = \frac{mv_0^2}{2} + Q.$$



Из кинематических уравнений движения тел...

$$\begin{cases} y = v_0 \sin\alpha \cdot t - \dfrac{gt^2}{2}, \\ x = v_0 \cos\alpha \cdot t \end{cases}$$

для точки падения ($x = D$, $y = 0$) получают выражение для дальности полёта $BD = L = \dfrac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$, а затем находят массу шайбы: $m = \dfrac{Q}{g\left(H - \dfrac{L}{2\sin 2\alpha}\right)} = 0{,}1$ кг.

Пример 26.

Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой AB (рис. 1.22). Угол между плоскостями $\alpha = 30°$. Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки A с начальной скоростью $v_0 = 2$ м/с под углом $\beta = 60°$ к прямой AB. В ходе движения шайба съезжает на прямую AB в точке B. Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние AB.

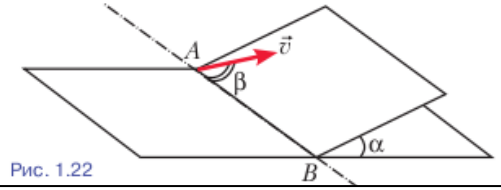


Рис. 1.22

Возможное решение

Выбор системы координат: ось x направлена по прямой AB, ось y – вверх по наклонной плоскости перпендикулярно линии AB (рис. 1.23).

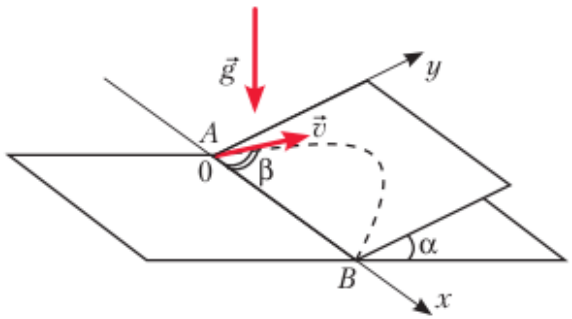


Рис. 1.23

Проекции вектора ускорения свободного падения $\vec{g}$: $g_x = 0$, $g_y = -g \cdot \sin\alpha$ (рис. 1.24).

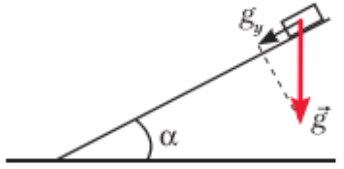


Рис. 1.24

Движение по наклонной плоскости эквивалентно движению тела, брошенного под углом β к горизонту, в поле силы тяжести с ускорением g_y.

Уравнения движения вдоль осей x и y:

$$v_x(t) = v_0 \cos\beta;\ x(t) = v_0 \cos\beta \cdot t;$$

$$v_y(t) = v_0 \sin\beta - g\sin\alpha \cdot t;$$

$$y(t) = v_0 \sin\beta \cdot t - \frac{g\sin\alpha}{2} \cdot t^2.$$

В момент времени t, соответствующий концу движения, $y(t) = 0$ и $x(t) = AB$. Используя это условие для решения системы уравнений, получаем:

$$AB = \frac{2v_0^2 \sin\beta\cos\beta}{g\sin\alpha} = \frac{2 \cdot 4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0{,}5}{10 \cdot 0{,}5 \cdot 2} = \frac{4\sqrt{3}}{10} \approx 0{,}68 (\text{м}).$$