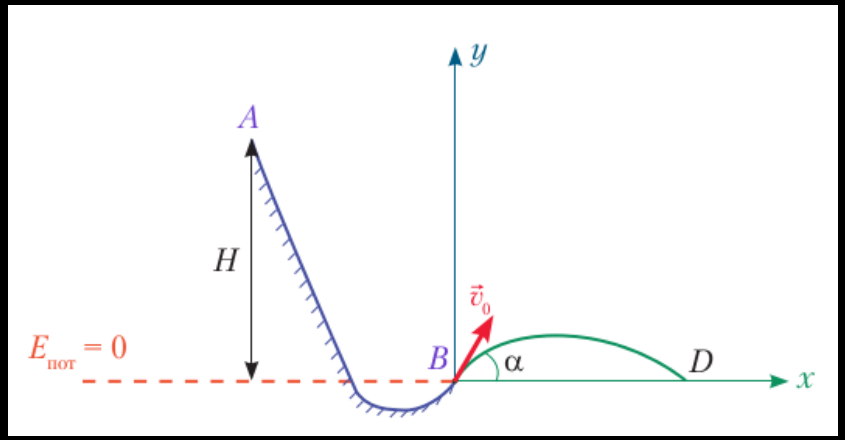
25.09.2019



ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ЧАСТИ 1 И 2 ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ.

МЕХАНИКА

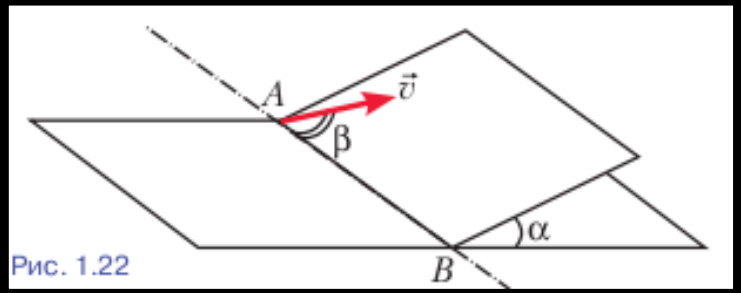


Рис. 1.22

Панченко Марина Николаевна,
учитель физики МБОУ «Гимназии №36»
методист по физике МКУ информационно-аналитического центра образования г. Ростова-на-Дону.
(u-235_u-238@mail.ru)

«Кинематика» • понятие материальной точки, радиус-вектора точки, её траектории, перемещения, скорости, ускорения, пути • виды механического движения; определение характера движения (равномерное, равноускоренное и так далее) по таблицам или графикам • расчёт пути и модуля перемещения, их отличия • относительность движения в случае тел, движущихся вдоль одной оси и по взаимно перпендикулярным прямым • расчёт пути и скорости при равномерном движении (в том числе и по графикам) • равноускоренное движение, выражение для перемещения при прямолинейном равноускоренном движении • расчёт скорости и ускорения при равноускоренном движении (в том числе и по графикам) • свободное падение, ускорение свободного падения • описание движения тела, брошенного под углом к горизонту • движение по окружности с постоянной скоростью, частота, период обращения, центростремительное ускорение.

Понятийный аппарат по разделу «Механика» («Кинематика»)

«Кинематика»

В заданиях на относительное движение наибольшие затруднения вызывают задания на определение относительной скорости в случае движения тел под углом 90° друг к другу. Для их выполнения следует повторить правила сложения векторов и помнить геометрические соотношения для прямоугольного треугольника.

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

Пример 1.

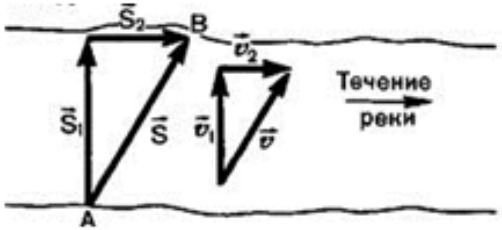
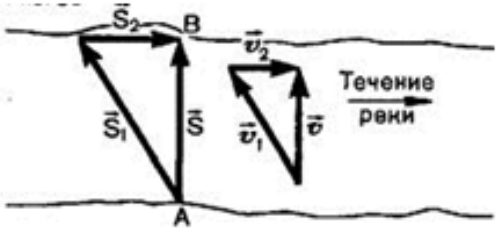
Лодка должна попасть на противоположный берег реки по кратчайшему пути в системе отсчёта, связанной с берегом. Скорость течения реки $\vec{u}$, скорость лодки относительно воды $\vec{v}$. Модуль скорости лодки относительно берега равен:

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

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»	Ситуация «по кратчайшему пути»
	
$\vec{v}=\vec{v}_1+\vec{v}_2$	$\vec{s}=\vec{s}_1+\vec{s}_2$
$v=\sqrt{v^2_1+v^2_2}$	$v=\sqrt{v^2_1-v^2_2}$
$s=\sqrt{s^2_1+s^2_2}$	$s=\sqrt{s^2_1-s^2_2}$

В заданиях на определение скорости и ускорения по графикам основные затруднения вызывает сравнение модулей величин и их проекций на соответствующие оси. Наибольшие сложности вызывает нахождение проекций, которые имеют отрицательное значение.

Пример 2.

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

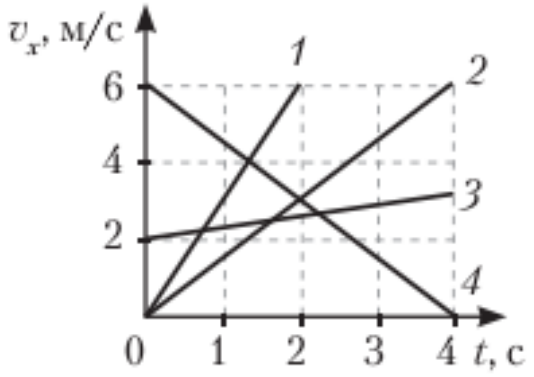


Рис. 1.1

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

Пример 2.

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

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

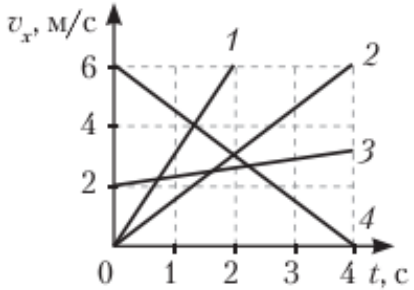
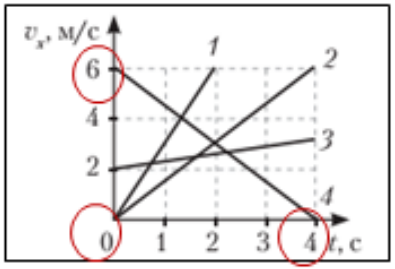


Рис. 1.1



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

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

«Кинематика»

В заданиях по кинематике используются разные способы задания характера движения тел, поэтому нужно уметь читать как уравнения, отражающие зависимость скорости или пути от времени, так и соответствующие графики.

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:

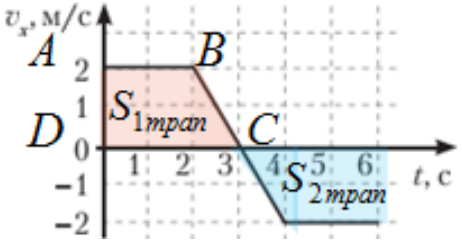
1) 1 м/с^2; 2) 2 м/с^2; 3) 3 м/с^2; **4)** 6 м/с^2.

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

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

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

При выполнении заданий с использованием графиков следует сначала определить вид движения (равномерное или равноускоренное), а уже затем делать вычисления, используя соответствующие формулы.



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

$$S_{2трап} = S_{1трап}$$

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

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?

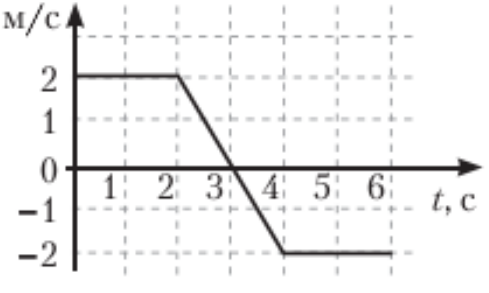


Рис. 1.2

1) 0; 2) 5 м; 3) 6 м; **4)** 10 м.

Эта задача решается графически. Но здесь необходимо обратить внимание на то, что искомой величиной является путь, который равен 10 м, а не перемещение (чтобы не попасться в ловушку первого ответа – он равен 0).

1.2.2. Динамика: • 1-й закон Ньютона и понимание того, в каком случае систему отсчёта можно считать инерциальной (ИСО) • 2-й закон Ньютона, в частности, тот факт, что ускорение вызывается равнодействующей приложенных к телу сил и всегда сонаправлено с ней • 3-й закон Ньютона и понимание того, что рассматриваемые силы приложены к разным телам • принцип суперпозиции сил, нахождение равнодействующей приложенных к телу сил (важным элементом является правильное выполнение операций сложения и вычитания векторов) • закон всемирного тяготения; понятие веса тела; условие невесомости тел • закон Гука • сила трения скольжения и сила трения покоя; взаимосвязь модуля силы трения с модулем нормальной составляющей силы реакции опоры; коэффициент трения; независимость силы трения от площади опоры.

Понятийный аппарат по разделу «Механика» («Динамика»)

При выполнении заданий на понимание законов Ньютона затруднения вызывают задания на сонаправленность ускорения тела и равнодействующей приложенных к телу сил, а также задания на равенство модулей сил взаимодействия между телами.

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

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.

«Динамика»

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?

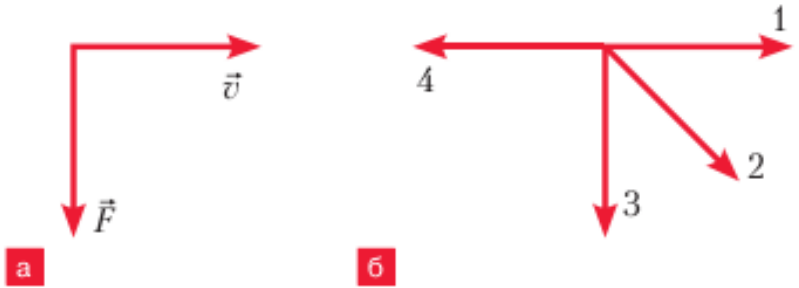


Рис. 1.3

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

Несмотря на фундаментальность проверяемого элемента содержания, с заданиями такого типа справляется не более 60% экзаменуемых.

Примерно столько же освоили равенство модулей сил при взаимодействии тел. Знание этого свойства сил взаимодействия проверялось с использованием заданий следующего типа:

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) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{m}{M}$.

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.

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.

При выполнении заданий на проверку знания свойств силы трения скольжения нужно учитывать, что сила трения скольжения не зависит от площади опоры. Другими словами, если в задании брусок равномерно движется по одной и той же поверхности и при этом опирается на неё по очереди разными гранями, то сила трения скольжения при этом не меняется.

Модуль силы трения скольжения связан равенством $F = \mu N$ с модулем нормальной составляющей силы реакции опоры. Поэтому в задачах нельзя автоматически использовать формулу $F = \mu mg$, а нужно сначала определить модуль нормальной составляющей силы реакции опоры, а затем уже вычислять силу трения. Например, в случае скольжения груза под действием силы, направленной так, как изображено на рис. 1.4, сила трения из-за действия силы $\vec{F}$ увеличивается и равна по величине $\mu(mg + F\sin\alpha)$.

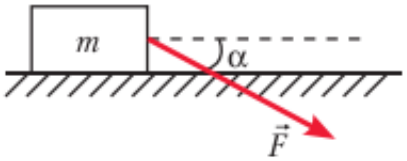
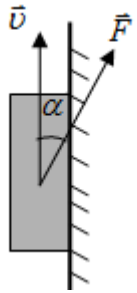
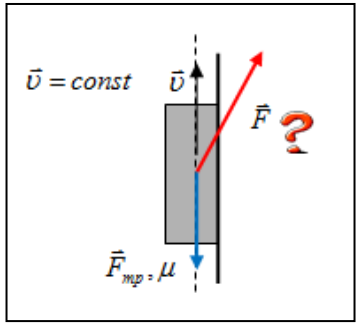


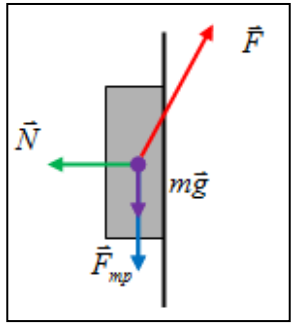
Рис. 1.4

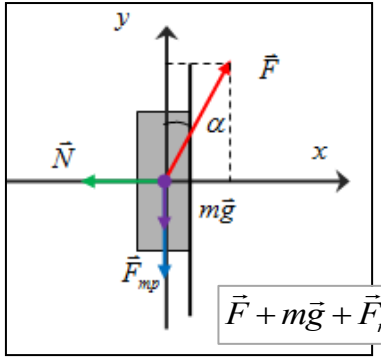
Пример 10.

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?

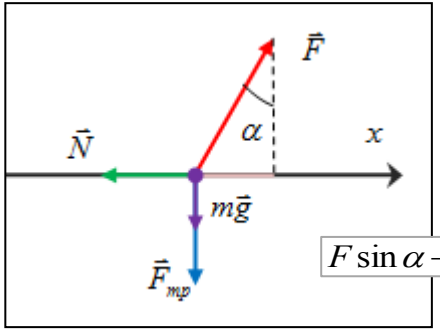




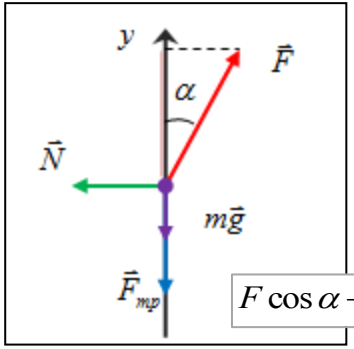




$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{mp} + \vec{N} = 0$$



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



$$F\cos\alpha - mg - F_{mp} = 0$$

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

$$F\cos\alpha - mg - \mu F\sin\alpha = 0$$

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

Понятийный аппарат по разделу «Механика» («Законы сохранения в механике»)

Законы сохранения в механике: • работа силы; мощность • импульс тела и импульс системы тел; закон сохранения импульса • кинетическая энергия; потенциальная энергия • закон сохранения механической энергии.

Для успешного выполнения заданий по теме «Работа силы» нужно всегда помнить, о работе какой силы идёт речь.

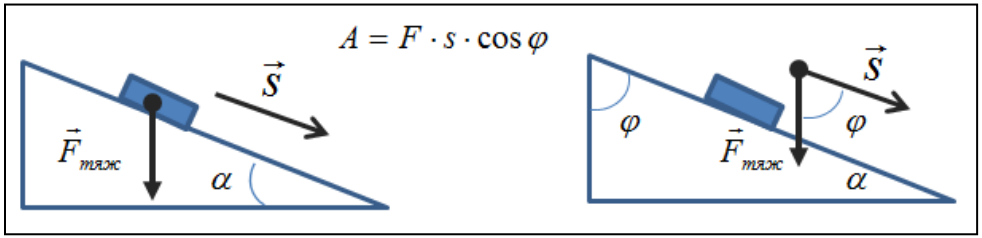
Примеры заданий по разделу «Механика», вызвавших наибольшие затруднения у учащихся

«Законы сохранения в механике»

Пример 11.

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.



Наиболее простое решение получается, если помнить, что работа силы тяжести не зависит от формы пути. Значит, $A = mgh = mgL\sin\alpha = 1$ Дж.

Пример 12.

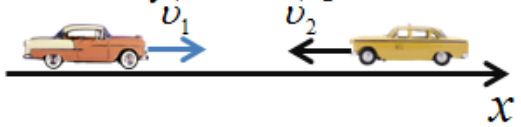
Два автомобиля одинаковой массы m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчёта, связанной с первым автомобилем?

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»



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

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

Сложными оказываются задания на применение закона сохранения механической энергии.

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:

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

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

Бóльшая часть учеников выбирает неверный ответ (3) чисто интуитивно, не решая задачу (он кажется очевидным). Применение же закона сохранения механической энергии: $mgh + mv^2/2 = mu^2/2$ сразу даёт ответ $u = \sqrt{v^2 + 2gh}$, из которого ясно, что искомая скорость не зависит от угла бросания камня, а полностью определяется модулем начальной скорости v и начальной высотой h.

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%).

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

Понятийный аппарат по разделу «Механика» («Законы сохранения в механике»)

1.2.4. Статика: • определение момента силы • условия равновесия твёрдого тела; применение правила моментов к рычагам • давление твёрдых тел (формула), сила давления • закон Паскаля; гидростатическое давление столба жидкости • равновесие разнородных жидкостей в сообщающихся сосудах • сила Архимеда; условия плавания тел • простые механизмы, КПД простых механизмов.

Большая часть материала этой темы является содержанием курса физики основной школы. Поэтому при подготовке к экзамену их обязательно нужно повторить. Ниже приведено типовое задание, проверяющее умение определять плечо силы.

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.

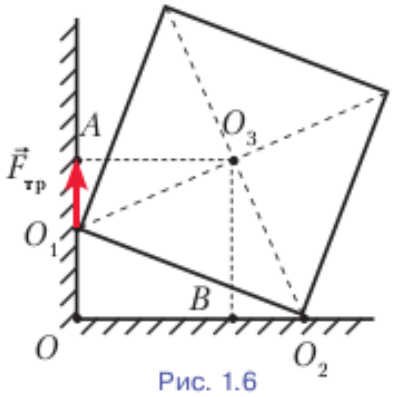


Рис. 1.6

С такими заданиями справляется в среднем не более половины участников экзамена. Особое внимание надо обратить на те случаи, где плечо силы, а, следовательно, и её момент относительно заданной точки (рис. 1.7), равен 0.

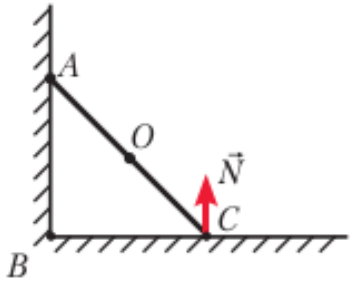


Рис. 1.7. Момент силы $\vec{N}$ относительно точки C равен 0

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

«Статика»

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.

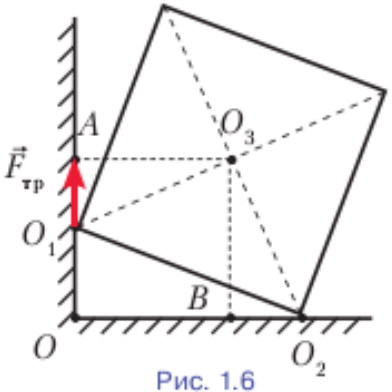
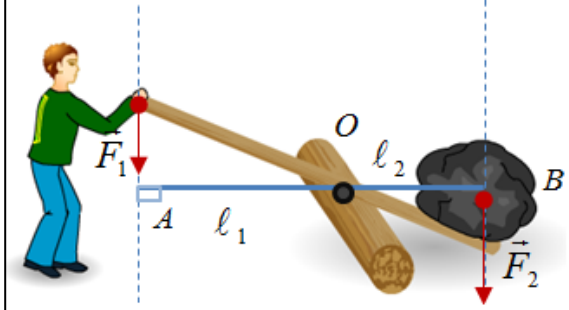


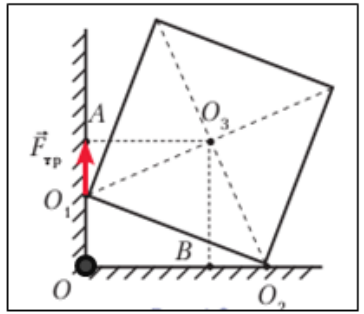
Рис. 1.6

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

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



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



«Статика»

При выполнении заданий на равновесие жидкостей в сообщающихся сосудах нужно правильно выбирать тот уровень, относительно которого будет записываться условие равновесия жидкостей (равенство гидростатических давлений).

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:

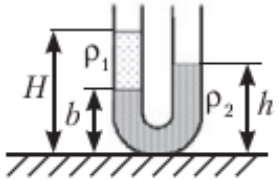
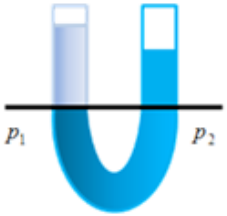
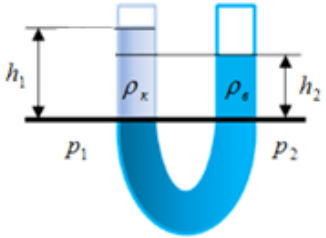


Рис. 1.8

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.





$$p_1 = p_2$$

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

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

Понятийный аппарат по разделу «Механика» («Колебания и волны»)

Колебания и волны: • гармонические колебания, закон движения (кинематика) гармонических колебаний • амплитуда, частота, период и фаза колебаний • уравнение гармонических колебаний (2-й закон Ньютона) • математический маятник, период и частота малых колебаний математического маятника • пружинный маятник, период и частота колебаний пружинного маятника • вынужденные колебания, резонанс • поперечные и продольные

В этой теме следует обратить внимание на умение записывать закон движения в случае гармонических колебаний по заданным амплитуде, периоду и начальной фазе колебаний и на обратную задачу – определять параметры гармонических колебаний (амплитуду, частоту, период, начальную фазу) по заданному закону движения. Кроме того, нужно уметь находить параметры колебаний по заданному графику зависимости координаты от времени или, например, по графику зависимости амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). В случае, приведённом на рис. 1.9, амплитуда колебаний 0,2 см, период 4 мс, частота 250 Гц. Те же умения проверяются в вариантах ЕГЭ и для волн.

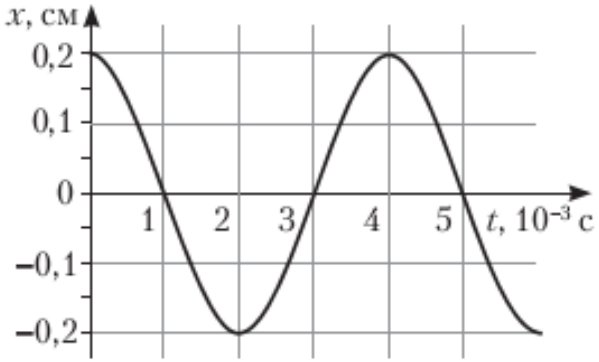


Рис. 1.9

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

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?

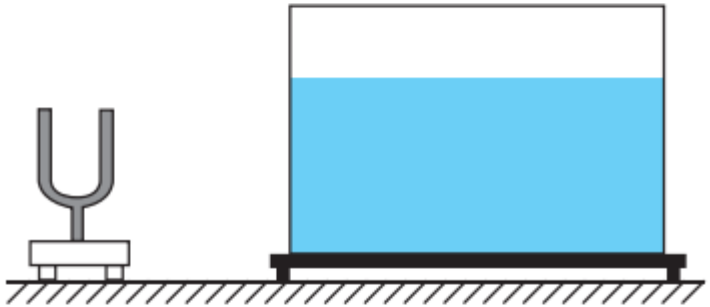


Рис. 1.10

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.

«Колебания и волны»

Скорость звуковой волны	Частота колебаний	Длина волны
1	3	1

$$\nu = const$$

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

В этом задании основная сложность приходится на понимание того, что частота при переходе из одной среды в другую не изменяется, а скорость и длина волны изменяются. Причём характер изменения скорости нужно себе представлять заранее, а изменение длины волны можно определить, исходя из известного соотношения для длины волны, её скорости и периода колебаний.

В случае математического и пружинного маятников следует чётко представлять, от каких величин зависит период их колебаний, а от каких – нет. Например, следующее задание – на зависимость периода малых колебаний математического маятника от длины нити и его независимость от массы груза – выполняют лишь около 55% учащихся.

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.

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

Сложными оказываются задания, в которых изменяется ускорение свободного падения (маятник поднимают на гору, опускают в шахту и тому подобное и спрашивают, как изменится ход маятниковых часов). При этом следует помнить, что, если период колебаний увеличится, то ход часов замедлится, и они будут отставать.

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/с^2; 2) 5 м/с^2;
3) 20 м/с^2; 4) 40 м/с^2.

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

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

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?

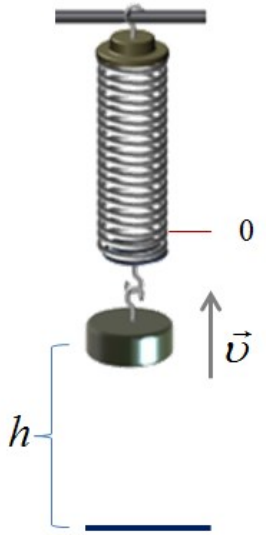
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется.

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

«Колебания и волны»

Для правильного ответа нужно помнить, что пружина всё время остаётся растянутой в процессе колебаний, следовательно, минимальное значение потенциальная энергия пружины имеет в верхней точке.



Пример 21.

Также снижает результаты выполнения задания представление информации в виде таблицы. Это положение хорошо иллюстрирует приведённое ниже задание.

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

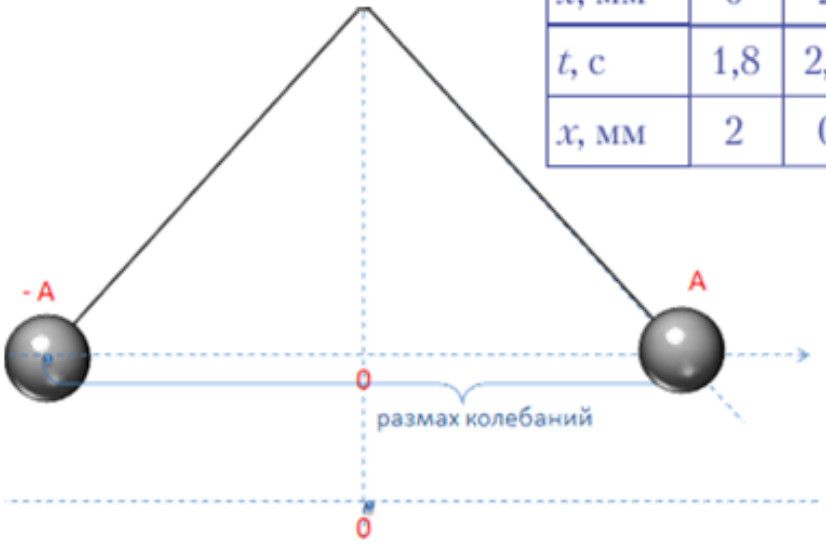
Каков период колебаний шарика?

1) 3,2 с; 2) 1 с; 3) 2 с; **4)** 4 с.

Здесь лишь около 40% учащихся верно определили период колебаний (кстати, негармонических), а ещё столько же выбрали ответ 2 с, равный половине периода.

Пример 21.

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



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

$$T = 4c$$

«Решение расчетных задач»

Расчётные задачи по механике выполняются экзаменуемыми в среднем лучше, чем аналогичные по экспертной сложности задачи из других разделов курса физики. Что касается задач повышенного уровня сложности, то здесь больше всего затруднений вызывают задачи по статике, задачи на движение связанных тел, задачи на применение законов сохранения импульса и энергии, а также задачи на движение спутников.

Приведём пример задачи на применение закона сохранения импульса и формулы для кинетической энергии, которая вызвала существенные затруднения: средний процент выполнения этой серии задач составляет лишь 28%.

Аналогичные затруднения вызывают и задачи высокого уровня сложности. Ниже приведён пример задачи, которая оказалась доступной для решения лишь выпускникам с высоким уровнем подготовки.

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 v. Найдите отношение масс шайбы и горки.

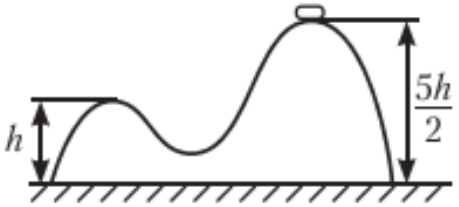


Рис. 1.17

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.

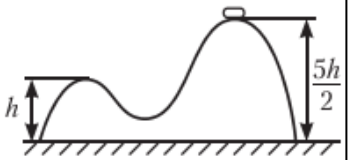
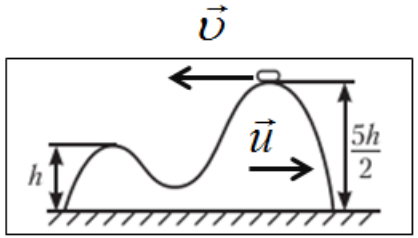


Рис. 1.17

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?

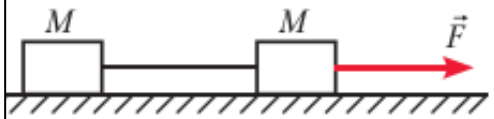


Рис. 1.19

1) 3 Н; 2) 12 Н; 3) 24 Н; **4)** 6 Н.

Здесь почти половина экзаменуемых выбрали ответ 12 Н. Если бы у школьников на уроках было время разобраться в динамике, они бы пришли к правильному ответу даже без решения, только рассуждениями: система грузов движется с ускорением, направленным вправо, поэтому сила натяжения нити меньше F; далее, поскольку массы грузов одинаковы, то и равнодействующие приложенных к ним сил при одном и том же ускорении тоже одинаковы. Видим, что подходит только 6 Н.

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?

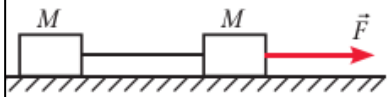
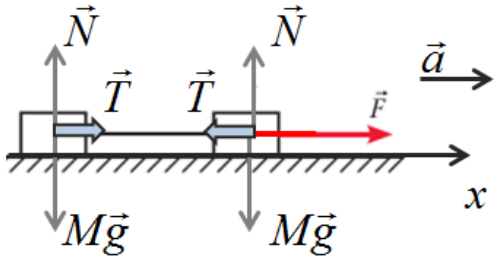


Рис. 1.19

1) 3 Н; 2) 12 Н; 3) 24 Н; **4)** 6 Н.



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

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

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

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

Следует остановиться ещё на одной характерной ошибке при решении задач по динамике. В задачах на «отрыв» тел от опоры в процессе движения экзаменуемые неверно записывают условие отрыва, а оно выглядит так: сила реакции опоры становится равной 0. Ниже приведён пример одной из таких задач.

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?

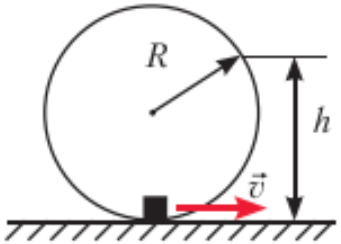


Рис. 1.20

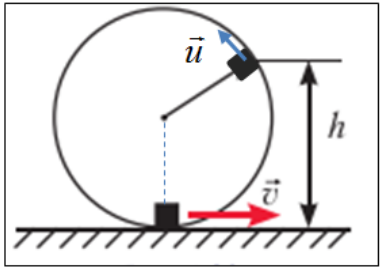
Аналоги этой задачи известны более полусотни лет и широко представлены в различных школьных задачниках. Решили эту задачу, получив за работу 2 или 3 балла, лишь 7% участников экзамена. Анализ работ показывает, что основных ошибок здесь две: 1) не учитывалось условие равенства нулю силы реакции опоры в момент отрыва шайбы от кольца и 2) участники не понимали, что в момент отрыва шайба имела ненулевую скорость.

Пример 24.

Закон сохранения энергии

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

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

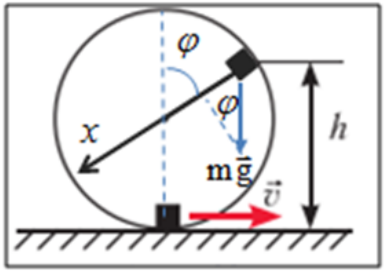


В момент отрыва $N=0$

$$\vec{F}_{тяж}=m\vec{a}$$

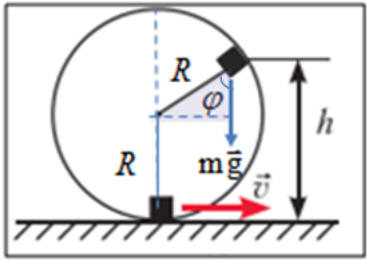
$$x: mg\cdot\cos\varphi=m\cdot\frac{u^2}{R}$$

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



Выражение для $\cos\varphi$

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



Подставим (3) во (2)

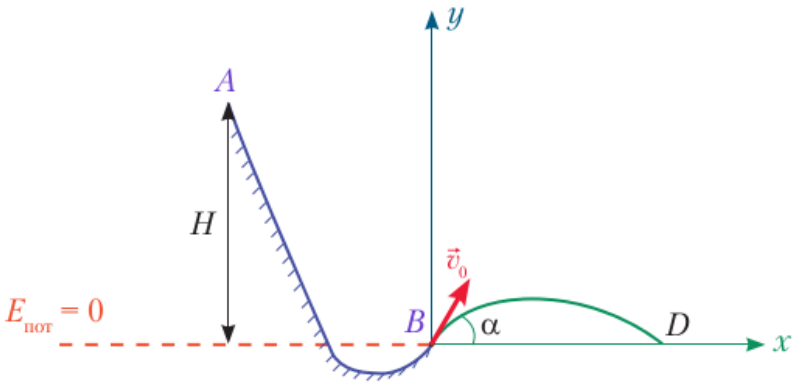
$$g\cdot\frac{h-R}{R}=\frac{u^2}{R} \quad \rightarrow \quad g(h-R)=u^2 \ (4)$$

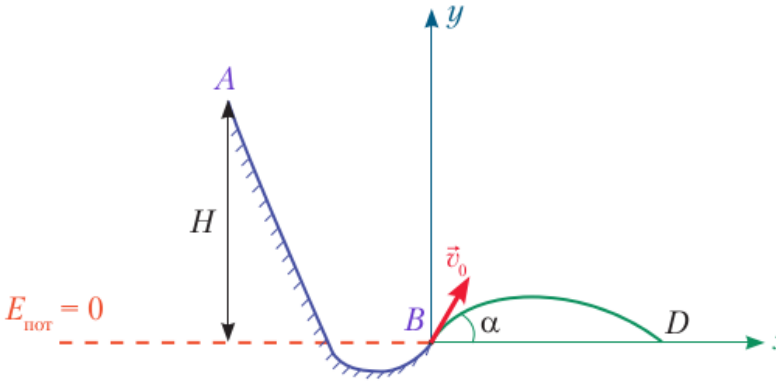
Подставим (4) в (1):

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

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.





Перед выполнением задания педагог в беседе с учениками должен выяснить, какие уже известные фрагменты можно выделить в данной физической ситуации. Учащиеся разбивают задачу на две части: нахождение скорости тела v_0 (в точке B) при движении по шероховатой поверхности и на нахождение дальности полёта тела под углом к горизонту. Затем, учитывая закон сохранения полной энергии и переход части механической энергии в тепло, приходят к решению: $mgH = \frac{mv_0^2}{2} + Q$.

Из кинематических уравнений движения тела

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

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

Требования, предъявляемые к решению расчетной задачи высокого уровня сложности

В расчётных задачах высокого уровня для получения максимального балла необходимо в решении выполнить все требования, предъявляемые к полному правильному решению:

1. Записать все физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. Эксперт оценивает возможность решения конкретной задачи тем способом, который выбрал экзаменуемый. Если ход решения учащегося допустим, то эксперт оценивает полноту и правильность этого решения на основании того списка основных законов, формул или утверждений, которые соответствуют выбранному способу решения.

2. Описать все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин. Это относится только к вновь вводимым в процессе решения величинам, а те, что указаны в условии задачи, считаются уже известными и описанными.

3. Провести необходимые математические преобразования и расчёты. Здесь эксперт должен увидеть в преобразованиях все необходимые логические шаги.

4. Получить правильный числовой ответ (или ответ в общем виде, если в задаче нет числовых данных). Правильным ответом в задачах по физике считается значение физической величины, то есть число с её единицами. Ошибка в числе или ошибка в указании единиц (в том числе и их отсутствие в записи ответа) считаются неверным ответом. В этом случае выставляется 2 балла.

5. В задачах по механике часто требуется дополнительно сделать рисунок с указанием сил, действующих на тело. В этом случае в описание полного правильного ответа включается требование к правильности рисунка. Если в рисунке допущена ошибка, то выставляется 2 балла. Наличие только правильного рисунка при полностью неверном решении никаких баллов не принесёт.

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.

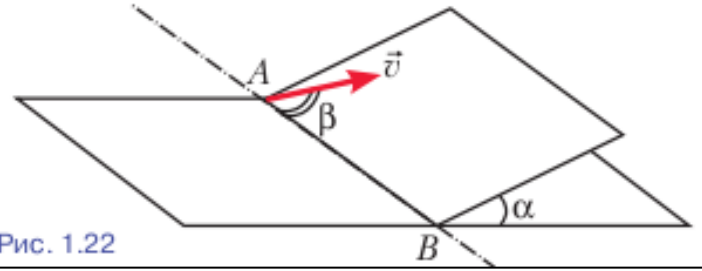


Рис. 1.22

Возможное решение

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

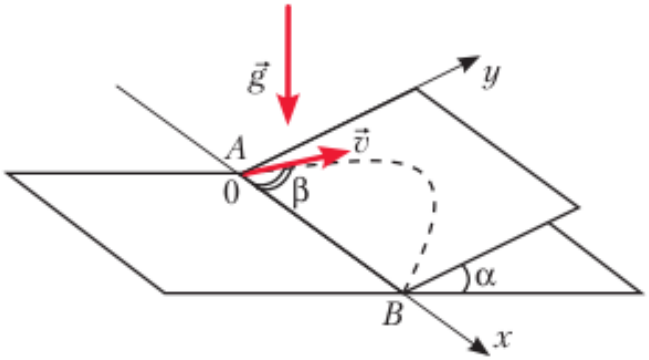


Рис. 1.23

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

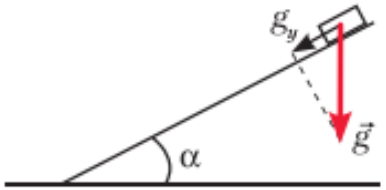


Рис. 1.24

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:

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

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Панченко Марина Николаевна,
учитель физики МБОУ «Гимназии №36»
методист по физике МКУ информационно-аналитического центра образования г. Ростова-на-Дону.
(u-235_u-238@mail.ru)