

РАЗБОР ЗАДАНИЙ. КРИТЕРИИ ПРОВЕРКИ

Правильные ответы на теоретические вопросы (задания вида 1.а - 10.а) оцениваются 1 баллом. В пункте «Предполагаемый ответ» указано, что является важным, и что будет оцениваться при проверке.

Критерии оценивания заданий 1.б – 10.б и варианты их решения приведены ниже.

1.Средняя скорость:

1.а.Дать определение средней скорости, пути.

Предполагаемый ответ:

Путь – это длина отрезка траектории, по которой движется тело. Средняя скорость – отношение пути, пройденного телом за какой-то промежуток времени, к этому промежутку.

1.б.Первую половину пути мотоциклист проехал равномерно и прямолинейно со скоростью в два раза большей, чем вторую. Вторую часть пути он также двигался равномерно и прямолинейно. Найти: отношение средней скорости мотоциклиста к скорости на второй половине пути.

РЕШЕНИЕ:

Для решения используется формула для нахождения средней путевой скорости: $V_{cp} = \frac{S}{t}$, где S – полный путь, t – время полного движения.

Сначала рассчитываем время движения

$$t = t_1 + t_2 = \frac{S}{2V_1} + \frac{S}{2V_2}$$

где V_1 и V_2 – скорости на первой и второй половинах пути.

Используя условия задачи: $V_1 = 2V_2$, подставляем это соотношение в уравнение для расчета t . Получаем:

$$t = \frac{3S}{4V_2}$$

Используя это выражение в формуле средней скорости, получаем:

$$V_{cp} = \frac{4}{3} V_2.$$

Из записанного соотношения определим нужное отношение скоростей

$$\frac{V_{cp}}{V_2} = \frac{4}{3} = 1,33.$$

Записано определение средней скорости	1
Времена движения на обоих участках выражены через полный путь и скорости на участках	1
Правильно проведены все преобразования, найдено отношение скоростей	2

2. Сложение скоростей:

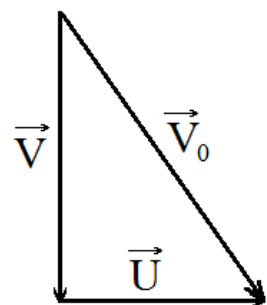
2.а. Самолет движется горизонтально. Собственная скорость самолета (скорость самолета относительно воздуха) равна V и направлена с севера на юг. Дует горизонтальный ветер, направленный на восток. Скорость ветра равна U . Определите скорость самолета относительно земли.

Предполагаемый ответ:

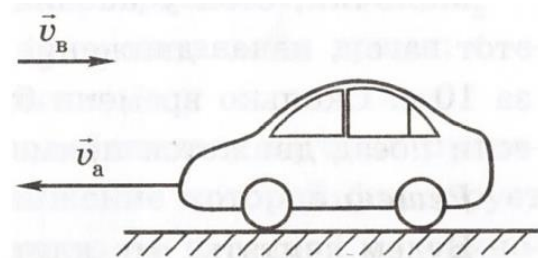
Сделаем рисунок, нарисуем скорости самолета и ветра, воспользуемся законом сложения скоростей и теоремой Пифагора и запишем

$$\vec{V}_0 = \vec{V} + \vec{U};$$

$$V_0^2 = V^2 + U^2.$$



2.б. Определить скорость встречного ветра, если след капли



дождя на боковом стекле автомобиля, движущегося со скоростью 90 км/ч, расположен под углом в 30° к горизонту. Вертикальная составляющая скорости капли равна 20 м/с.

РЕШЕНИЕ:

Считаем, что автомобиль движется равномерно прямолинейно по горизонтальной дороге со скоростью V_a в системе отсчета (СО), связанной с Землей.

Воздух движется в той же СО со скоростью V_b навстречу автомобилю.

Если бы ветра не было, то капли дождя падали бы вертикально вниз со скоростью V_k по отношению к Земле. Для капель, увлекаемых ветром, можно написать относительно Земли уравнение в векторном виде:

$$\vec{V}_k = \vec{V}_e + \vec{V}_{k1}.$$

В СО, связанной с автомобилем, капли имеют скорость:

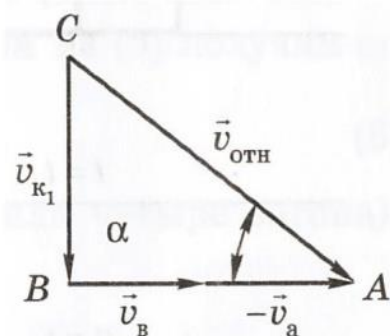
$$\vec{V}_{отн} = -\vec{V}_a + \vec{V}_k = -\vec{V}_a + \vec{V}_e + \vec{V}_{k1}.$$

На рисунке представлены векторы, входящие в эту формулу.

Из прямоугольного треугольника ABC находим:

$$\frac{BC}{BA} = \frac{V_{k1} + V_e}{V_a} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Откуда определяем



$$V_6 = \frac{V_{к1}}{\operatorname{tg} \alpha} - V_a = 9,64 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определена скорость капель относительно земли, есть все рисунки	1
Определена скорость капель относительно автомобиля (эти два пункта могут быть объединены)	1
Правильно проведены все преобразования, найдена скорость ветра	2

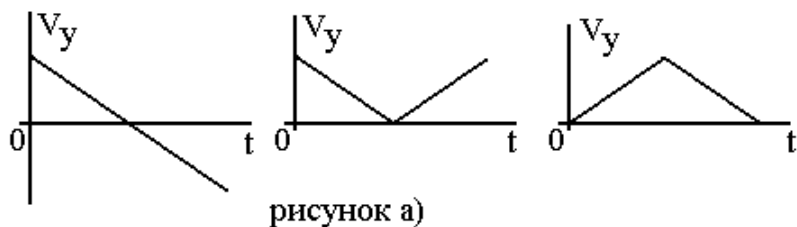


рисунок а)

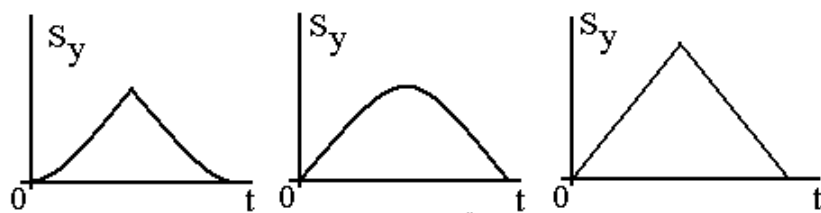


рисунок б)

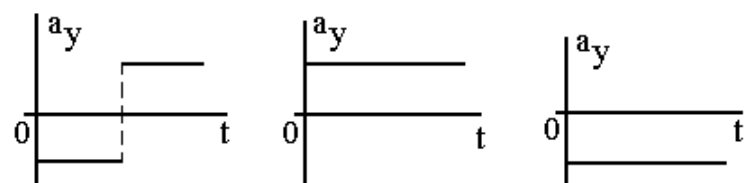


рисунок в)

3. Свободное падение

Тело брошено вертикально вверх с поверхности земли. Начальная скорость тела $V = 30 \text{ м/с}$. Ось Oy направлена вертикально вверх. Начало координат находится на поверхности земли. На рисунках приведены графики зависимости от времени: на рис.а) проекции скорости тела на Ось Oy ; на рис. б) проекции на ось Oy перемещения тела $S_y(t)$; на рис в) проекции ускорения тела на ось Oy .
3.а. Дайте определение свободного падения.

Является ли данное движение свободным падением? Как Вы понимаете фразы «проекция скорости на ось Oy положительна», «проекция скорости на ось Oy отрицательна?», «проекция скорости на ось Oy равна нулю»?

Предполагаемый ответ:

Свободное падение – это движение тела под действием силы тяжести, ускорение тела равно ускорению свободного падения.

Данное движение является случаем свободного падения.

Фраза «проекция скорости на ось Ox положительна» означает, что тело движется в положительном направлении оси Ox (по оси Ox). Отрицательная – против.

3.б. Чему равно время движения тела, описанного в условии задачи, вверх, вниз, полное? На какую высоту поднимется тело над поверхностью земли? Постройте график зависимости пути тела от времени. Какие из графиков, приведённых на рисунках наиболее точно описывают данное движение тела? Наиболее правильные графики с вашей точки зрения графики следует перерисовать в работу, отметить на них единицы измерения по осям, указать значения величин.

РЕШЕНИЕ:

Запишем зависимость проекции скорости тела на ось Oy (ось проведена вертикально вверх, начало координат находится в точке бросания тела)

$$V_x(t) = V_0 - gt.$$

В верхней точке (максимальная высота подъема тела) скорость равна нулю поэтому для времени подъема получим

$$t_{\uparrow} = \frac{V_0}{g};$$

$$t_{\uparrow} = \frac{30}{10} = 3 \text{ с.}$$

Время подъема равно времени спуска, поэтому

$$t_{\downarrow} = t_{\uparrow} = 3 \text{ с.}$$

Полное время полета тела равно

$$T = t_{\uparrow} + t_{\downarrow};$$

$$T = 6 \text{ с.}$$

График зависимости проекции скорости от времени представлен на рисунке ниже.

Зависимость координаты от времени может быть записана следующим образом

$$y(t) = Vt - \frac{g}{2}t^2.$$

Из записанного выражения можно определить максимальную высоту подъема тела

$$H = y(t_{\max}) = Vt_{\max} - \frac{g}{2}t_{\max}^2;$$

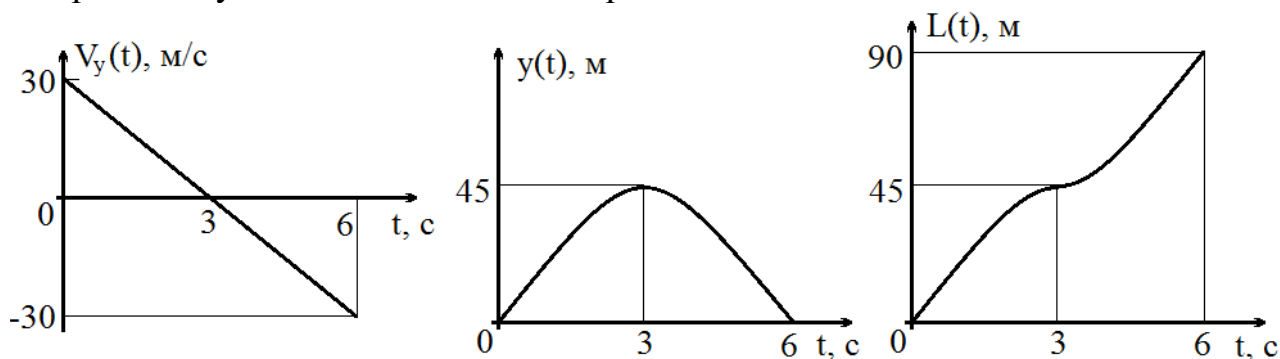
$$H = 45 \text{ м.}$$

Это значение можно получить иначе, вспомнив связь между ускорением, перемещением и квадратом скорости

$$H = \frac{V_0^2}{2g}; \quad H = 45 \text{ м.}$$

Для зависимости перемещения от времени получим график, изображенный на рисунке.

Так как путь с течением времени не может убывать, то график зависимости пути от времени будет выглядеть так – см.рис. ниже.



Записано выражение для проекции скорости на ось ОУ, отмечено каким-то образом, что в верхней точке траектории скорость равна нулю	1
---	---

Найдены все времена (вверх – 0,5 балла, вниз – 0,25 балла, полное 0,25 балла)	1
Найдена высота подъема каким-то способом	1
Построены графики – проекции скорости – 0,25 балла, перемещения – 0,25 балла, пути – 0,5 баллов	1

4. Силы и ускорения.

4.а. Сформулируйте второй закон Ньютона. Всегда ли можно применять второй закон Ньютона? Дайте определения всем величинам, которые Вы будете использовать в своей формулировке, укажите их единицы измерения.

Предполагаемый ответ:

Второй закон Ньютона устанавливает связь между равнодействующей сил, действующих на тело F , массой тела m и ускорением a

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

Сила – векторная физическая величина, характеризующая взаимодействие тел. Сила измеряется в Ньютонах (СИ).

Масса – скалярная физическая величина, являющаяся мерой инертности тела. В системе СИ она измеряется в килограммах.

Ускорение – векторная физическая величина, равная отношению изменения скорости $\Delta\vec{V}$ к промежутку времени Δt , в течение которого это изменение произошло

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}.$$

Вектор ускорения сонаправлен с вектором изменения скорости $\Delta\vec{V}$.

4.б. Сила F_1 сообщает телу массой m ускорение a_1 , а сила F_2 сообщает тому же телу ускорение a_2 . Какое ускорение сообщит телу сила F , равная векторной сумме сил F_1 и F_2 , направленных перпендикулярно друг другу?

РЕШЕНИЕ:

Запишем второй закон Ньютона в векторной форме, затем воспользуемся теоремой Пифагора (силы F_1 и F_2 , а, следовательно, и ускорения a_1 и a_2 , сообщаемые этими силами, перпендикулярны)

$$m\vec{a} = \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2;$$

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} = \sqrt{\frac{F_1^2}{m^2} + \frac{F_2^2}{m^2}} = \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2}}{m}.$$

Записан второй закон Ньютона	1
Найдена равнодействующая двух сил, векторно + теорема Пифагора	1
Правильно определено ускорение	2

5. Сила трения

5.а. Если одно тело движется (пытается двигаться) по поверхности другого тела, то между ними возникает трение. Расскажите, что Вы знаете про силу трения покоя и силу трения скольжения. Как направлена сила трения? Всегда ли сила трения направлена против направления движения тела?

Предполагаемый ответ:

Если между соприкасающимися поверхностями нет жидкости, то трение является сухим.

Пусть тело находится на горизонтальной поверхности, на него действует горизонтально направленная сила F . Если тело покоится, то действие силы F скомпенсировано силой трения покоя

$$\vec{F}_{тр}^{пок} = -\vec{F}; F_{тр}^{пок} = F.$$

При увеличении силы F тело придет в движение, сила трения покоя перейдет в силу трения скольжения. Сила трения покоя имеет максимальное значение, которое равно силе трения скольжения

$$\max F_{тр}^{пок} = F_{тр}^{ск} = kN.$$

Здесь k – коэффициент трения скольжения, он зависит от рода соприкасающихся поверхностей и качества их обработки, N – сила нормальной реакции опоры, в данном случае она равна $N = mg$.

5.б. Два деревянных кубика массами 10 и 30 кг движутся по деревянному полу. Начальные скорости кубиков одинаковы и равны $V_0 = 10$ м/с. Коэффициент трения кубиков об пол равен 0,5. Через какое время остановится каждый из кубиков? Какой путь пройдет каждый из кубиков до остановки?

РЕШЕНИЕ:

При движении на кубик действует единственная горизонтально направленная сила – сила трения скольжения, поэтому ускорение кубика равно

$$ma = F_{тр}^{ск} = kmg;$$

$$a = kg.$$

Мы видим, что ускорение кубиков не зависит от массы, поэтому время движения их до остановки будет равно

$$\Delta t = \frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{kg};$$

$$\Delta t = \frac{10}{0,5 \cdot 10} = 2 \text{ с.}$$

Путь, который пройдет кубики до остановки также будет одинаковым

$$S = \frac{V_0^2}{2a} = \frac{V_0^2}{2kg};$$

$$S = \frac{10^2}{2 \cdot 0,5 \cdot 10} = 10 \text{ м.}$$

Найдено ускорение, оно одинаково для обоих кубиков и не зависит от массы	2
Найдено время движения	1
Найден путь, пройденный кубиками до полной остановки	1

6.Шарики, не знающие законов физики.

6.а. На столе покоящегося вагона лежит шарик. Так как действие силы тяжести скомпенсировано силой реакции стола, то шарик покоится. Внезапно вагон

трогается с места. Шарик почему-то приходит в движение. В каком направлении и почему будет двигаться шарик? Какие силы привели его в движение?

Предполагаемый ответ:

Система отчета, связанная с вагоном, является неинерциальной (относительно земли вагон движется с ускорением), в этой системе на шарик действует сила инерции, равная $\vec{F}_{ин} = -m\vec{a}$, она и вызывает движение шарика назад (против направления движения вагона).

Относительно земли, то есть в инерциальной системе отсчета, движение шарика можно объяснить так: на шарик действуют две вертикально направленные силы – сила тяжести (вниз) и сила натяжения нити (вверх), они скомпенсированы, шарик по вертикали не движется. По горизонтали на шарик силы не действуют, так как он инертен (обладает массой), то стремится сохранить состояние покоя, а вагон уезжает вперед. Поэтому шарик и отклоняется назад.

6.б. В вагоне, движущемся в горизонтально и прямолинейно с ускорением a , на прямой легкой проволоке висит груз шарик m . Определить силу натяжения проволоки, если шарик относительно вагона неподвижен.

РЕШЕНИЕ:

Рассматриваем движение груза M в системе отсчета, связанной с Землей. На этот груз действуют две силы: сила тяжести и сила упругости, можно назвать её силой натяжения нити (см. рисунок).

Запишем второй закон Ньютона для груза в векторном виде:

$$m\vec{g} + \vec{F}_{упр} = m\vec{a}.$$

В проекциях на оси получаем:

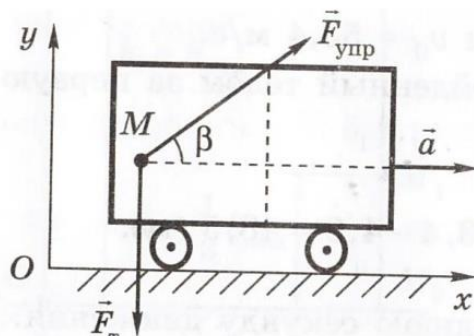
$$ma = F_{упр} \cos \alpha;$$

$$mg = F_{упр} \sin \alpha.$$

Решая эту систему уравнений, получаем:

$$F_{упр} = m\sqrt{a^2 + g^2};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{g}{a}.$$



Сделан рисунок, верно расставлены силы и ускорение	1
Записан второй закон Ньютона векторно и в проекциях	1
Правильно проведены все преобразования, найдено нужное значение силы натяжения проволоки	2

7.Круговое движение.

7.а. Пусть тело равномерно движется по окружности. Дайте определение таким величинам как период вращения и частота.

Предполагаемый ответ:

Период – время, за которое тело совершает полный оборот.

Частота – количество полных оборотов в единицу времени (за 1 секунду в СИ)

7.б. Тело, подвешенное на нерастяжимой нити и совершающее круговое движение в горизонтальной плоскости, называется коническим маятником. Найти период колебаний конического маятника, если расстояние от точки подвеса до плоскости орбиты равно H .

РЕШЕНИЕ:

Согласно второму закону Ньютона, записанному в векторном виде:

$$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}.$$

Проецируя это уравнение на оси, получаем:

$$N \cdot \sin \alpha = m \frac{V^2}{R} = m\omega^2 R,$$

где V – скорость, ω – угловая скорость, а V^2/R – центростремительное ускорение груза.

Кроме того,

$$N \cos \alpha = mg.$$

Из системы уравнений получаем:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\omega^2 R}{g}.$$

Кроме того, из рисунка видим, что $\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{H}$.

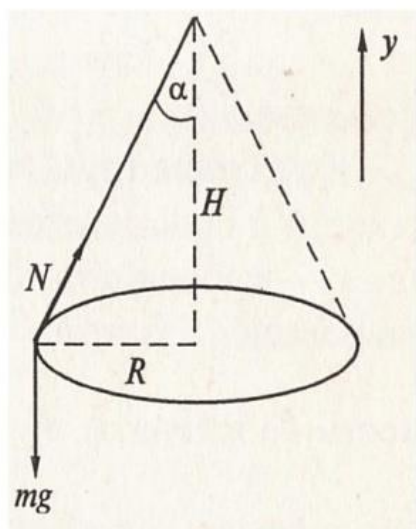
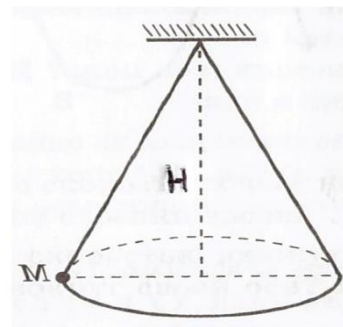
Отсюда записываем соотношения

$$\frac{\omega^2 R}{g} = \frac{R}{H};$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{H}};$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}}.$$

Замечание: те, кто не владеет понятием угловой скорости, могут выражать все через линейную скорость V и прийти к тому же выражению, используя известное выражение $V = 2\pi R/T$, где T - все тот же период вращения (период колебаний).



Сделан рисунок, расставлены силы, указано направление ускорения	1
Второй закон Ньютона в проекциях на оси	1
Записано выражение для центростремительного ускорения	0,5
Найдены нужные соотношения углы - отрезки	0,5
Проведены все преобразования, найден период, если найдена частота, то снимать 0,25 балла	1

8. Сила Архимеда

8.а.Сформулируйте закон Архимеда. Из-за чего возникает выталкивающая сила в жидкостях и газах?

Предполагаемый ответ:

На тело, погруженное в жидкость (газ), действует выталкивающая сила, равная

$$F_{Арх} = \rho g V .$$

Здесь ρ – плотность жидкости, V – объем погруженной в жидкость части тела, g – ускорением свободного падения.

Выталкивающая сила возникает из-за того, что давление жидкости (газа) на нижнюю поверхность тела больше, чем на верхнюю. Верхние слои «давят на тело» вниз, нижние вверх.

8.б.Объём оболочки воздушного шара 200 куб.метров. Шар натягивает трос, которым он прикреплѐн к причальной мачте, с силой 400 Н. После освобождения троса шар парит на некоторой высоте. Какова плотность воздуха на этой высоте? Плотность воздуха вблизи поверхности Земли, где находился шар в начале, равна 1,2 кг/м³.

РЕШЕНИЕ:

Рассмотрим случай, когда шарик вблизи поверхности земли привязан с помощью троса к мачте. Запишем первый закон Ньютона

$$0 = F_{Арх} - mg - T .$$

Выразим из записанного соотношения силу тяжести

$$mg = F_{Арх} - T .$$

На высоте шар парит из-за того, что действие силы тяжести скомпенсировано силой Архимеда

$$mg = F'_{Арх} .$$

Учтем то, что сила Архимеда вблизи поверхности земли равна $F_{Арх} = \rho g V$, а на высоте $F'_{Арх} = \rho' g V$, где ρ и ρ' – плотности воздуха вблизи поверхности земли и на высоте соответственно.

Для плотности ρ' получим

$$\rho' = \rho - \frac{T}{gV};$$

$$\rho' = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} .$$

Записано условие покоя вблизи поверхности земли	1
Записано условие покоя на высоте	1
Правильно проведены все преобразования, найдена плотность	2

9.Законы сохранения.

Представим такую ситуацию: две одинаковые частицы массами m движутся с одинаковыми скоростями, направленными перпендикулярно друг к другу. Скорости частиц по модулю равны V .

Случай 1.Между частицами происходит абсолютно упругий удар.

Случай 2. Между частицами происходит неупругий удар, в результате которого частицы слипаются и начинают двигаться вместе.

9.а. Опишите, какими законами и почему вы будете пользоваться в каждом случае.

Предполагаемый ответ:

В случае абсолютно упругого удара можно пользоваться и законом сохранения импульса и законом сохранения кинетической энергии, так как в этом случае не происходит преобразования кинетической энергии в другие виды – внутреннюю, энергию деформации шаров и т.д.

Если удар неупругий, то после него шарики слипаются вместе и продолжают двигаться как единое целое, поэтому происходит преобразование кинетической энергии в другие виды, например, внутреннюю (тепловую, шары нагреваются) или энергию деформации шаров. В этом случае можно пользоваться законом сохранения импульса.

9.б. Для неупругого удара определите количество теплоты, выделившейся при ударе частиц.

РЕШЕНИЕ:

Обозначим U – скорость слипшихся частиц после удара и запишем закон сохранения энергии

$$m\vec{V}_1 + m\vec{V}_2 = 2m\vec{U};$$

$$U = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \frac{V}{\sqrt{2}}.$$

Запишем закон сохранения энергии, обозначив количество энергии, перешедшей во внутреннюю Q , при этом будем считать, что вся эта энергия пошла на нагревание частиц

$$\frac{mV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} = \frac{2mU^2}{2} + Q.$$

Подставим U , выразим Q и запишем ответ

$$Q = \frac{mV^2}{2}.$$

Записано закон сохранения импульса в векторном виде, с помощью теоремы Пифагора найдена скорость после соударения	1
Верно записан закон сохранения энергии	1
Правильно проведены все преобразования, найдено тепло	2

10. Работа положительная и отрицательная

10.а. Напишите определение работы постоянной силы. В каких случаях работа положительна, отрицательна? Каковы единицы измерения работы?

Предполагаемый ответ:

Работа A постоянной силы F по перемещению тела на величину S равна

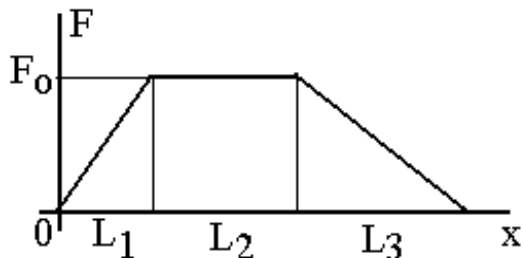
$$A = FS \cos \alpha.$$

Здесь α – угол между силой и перемещением.

Если угол α острый, то есть проекция силы на направление перемещения положительна, то работа силы также положительна. Это означает, что именно эта сила F совершает перемещение тела.

Если угол α тупой, то работа силы отрицательна, то есть данная сила препятствует перемещению тела.

Работа в системе СИ измеряется в Джоулях.



10.б. Сила, действующая на снаряд в стволе орудия, нарастает равномерно от нуля до значения F_0 , затем не меняется и, наконец, равномерно уменьшается до нуля (см. рисунок). Каковую работу совершают пороховые газы по разгону снаряда?

РЕШЕНИЕ:

Проще всего определить работу переменной силы, посчитав площадь под графиком $F(x)$.

Указанная площадь равна

$$A = \frac{L_1}{2} F_0 + L_2 F_0 + \frac{L_3}{2} F_0 = F_0 \left(\frac{L_1 + L_3}{2} + L_2 \right).$$

Каким-то образом – средняя сила, площадь найдена работа на первом участке	1
Найдена работа на втором участке	1
Каким-то образом – средняя сила, площадь найдена работа на третьем участке	1
Найдена вся работа	1