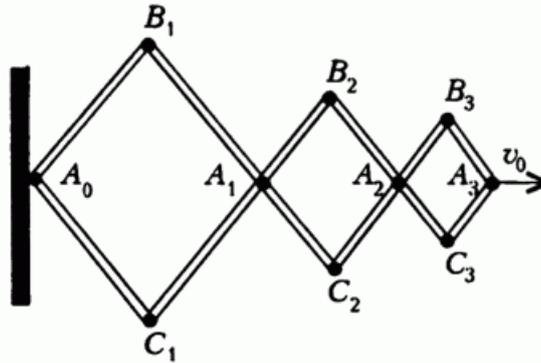


*Возможные решения и разбалловка***Задача 1. Шарнирная конструкция.**

Шарнирная конструкция состоит из трех ромбов, стороны которых относятся, как 3:2:1. Вершина A_3 перемещается горизонтально со скоростью v_0 . Определить скорости вершин A_1, A_2, B_1 в тот момент, когда все углы конструкции прямые.

**Решение:**

Прежде всего найдем скорости v_1 и v_2 точек A_1 и A_2 . Так как все ромбы, образуемые стержнями, подобны, то отношение их диагоналей равно отношению длин сторон:

$$A_0A_1 : A_1A_2 : A_2A_3 = 3:2:1. \quad (1)$$

Таково же отношение изменений длин этих диагоналей. Если длина диагонали A_2A_3 изменится на Δl , то длина диагонали A_1A_2 изменится на $2\Delta l$, а длина диагонали A_0A_1 – на $3\Delta l$. При этом расстояние между точками A_0 и A_3 изменится на $\Delta L = \Delta l + 2\Delta l + 3\Delta l = 6\Delta l$. С другой стороны, $\Delta L = v_0 \Delta t$. Следовательно, $6\Delta l = v_0 \Delta t$, отсюда $\Delta l = v_0 \Delta t / 6$. Тогда скорость точки A_1 равна:

$$v_1 = 3\Delta l / \Delta t = v_0 / 2. \quad (2)$$

Скорость точки A_2 , соответственно:

$$v_2 = (3\Delta l + 2\Delta l) / \Delta t = 5v_0 / 6. \quad (3)$$

Теперь найдем скорость u_1 точки B_1 . Точка B_1 движется по окружности радиусом A_0B_1 с центром в точке A_0 . Следовательно, скорость u_1 перпендикулярна A_0B_1 . Так как стержень B_1A_1 нерастяжим, то проекции скоростей точек B_1 и A_1 на направление стержня должны быть одинаковыми. В интересующий нас момент скорость v_1 точки A_1 направлена

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике

10 класс, 2018/2019 учебный год.

Длительность 3 часа 30 минут.

Возможные решения и разбалловка

горизонтально, скорость u_1 точки B_1 направлена вдоль линии B_1A_1 , приравняем проекции скоростей точек B_1 и A_1 на направление стержня, получим: $v_1 \cdot \cos(45^\circ) = u_1$, тогда

$$u_1 = \frac{v_0 \sqrt{2}}{4}.$$

Разбалловка:

Найдено соотношение между длинами диагоналей или длинами отрезков $A_0A_1 : A_0A_2 : A_0A_3 = 3:5:6$ 2 балла

Найдена скорость точки A_1 2 балла

Найдена скорость точки A_2 2 балла

Обосновано и сформулировано утверждение, что проекции скоростей точек B_1 и A_1 на направление стержня должны быть одинаковыми.....2 балла

Найдена скорость точки B_1 2 балла

Задача 2. Аквариумные рыбки.

В школьном кружке по биологии решили разводить аквариумных рыбок. Оказалось, что при разведении теплолюбивых рыб для поддержания необходимой температуры воды 25°C в их аквариуме используется электрический нагреватель, мощность которого 100 Вт. Для хладолюбивых рыбок температура в их аквариуме должна быть 12°C . Чтобы обеспечить им тепловой режим, через погруженный в аквариум теплообменник (длинную медную трубку) пропускают водопроводную воду, температура которой 8°C . Эффективность теплообменника настолько высока, что вытекающая из трубки вода находится в тепловом равновесии с водой аквариума.

Предполагая, что мощность теплообмена между аквариумом и окружающей средой пропорциональна разности температур между ними, определите минимальный расход воды ($\Delta m / \Delta t$) для поддержания заданного теплового режима. Комнатная температура постоянна и равна 20°C . Удельная теплоемкость воды $4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·°C).

Как изменится ответ, если в аквариуме будут разводить рыб, предпочитающих температуру 16°C ?

Возможные решения и разбалловка

Решение:

В аквариуме с теплолюбивыми рыбами энергия, поступающая от нагревателя, в конечном счете полностью передается окружающей среде. Условие теплового равновесия при этом имеет вид:

$$P_0 = \alpha(t_T - t_0), \text{ где } P_0 \text{ – мощность теплообмена, } \alpha \text{ – коэффициент пропорциональности, } t_T = 25^\circ\text{C}, t_0 = 20^\circ\text{C}. \quad (1)$$

Для аквариума с хладолюбивыми рыбами уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$P_1 = \alpha(t_0 - t_x), \text{ где } P_1 \text{ – мощность, подводимая к воде аквариума из окружающего воздуха, } t_x = 12^\circ\text{C}. \quad (2)$$

Эта же мощность должна отводиться водопроводной водой:

$$P_1 \Delta\tau = c \Delta m (t_x - t_1), \text{ где } t_1 = 8^\circ\text{C}, \Delta\tau \text{ – промежуток времени, } c \text{ – удельная теплоемкость воды, } \Delta m \text{ – масса воды, прошедшей через теплообменник за это время.} \quad (3)$$

Тогда:

$$\frac{\Delta m}{\Delta\tau} = \frac{P_1}{c(t_x - t_1)}. \quad (4)$$

Поскольку

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{(t_0 - t_x)}{(t_T - t_0)},$$

то получим:

$$\frac{\Delta m}{\Delta\tau} = \frac{P_0(t_0 - t_x)}{c(t_x - t_1)(t_T - t_0)} \approx 9,5 \text{ г/с}. \quad (5)$$

Расход воды для аквариума с менее хладолюбивыми рыбками равен:

$$\frac{\Delta m}{\Delta\tau} = \frac{P_0(t_0 - t_{x1})}{c(t_{x1} - t_1)(t_T - t_0)} \approx 2,4 \text{ г/с}. \quad (6)$$

Как мы видим, разводить рыб, предпочитающих температуру 16°C , в 4 раза экономичнее.

Разбалловка:

Записано условие теплового равновесия (1) или аналогичное 2 балла

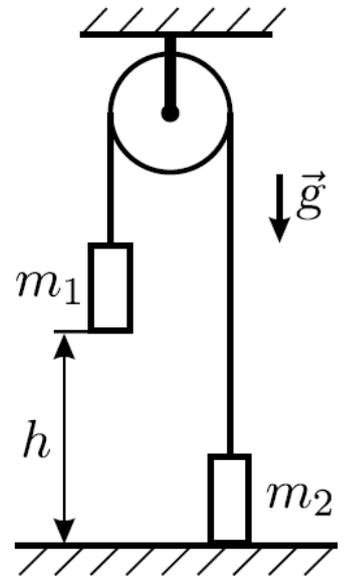
Записано условие теплового равновесия (2) или аналогичное 2 балла

Возможные решения и разбалловка

Записано, какая мощность должна отводиться водопроводной водой (3)	2 балла
Получено выражение для расхода воды (5)	2 балла
Получен численный ответ	1 балл
Рассчитан расход воды для менее хладолюбивых рыб	1 балл

Задача 3. Блок, грузы и неупругие удары.

В установке, показанной на рисунке, массы грузов равны m_1 и m_2 , блок и нить невесомы, трение отсутствует. Вначале более тяжёлый груз m_1 удерживают на высоте h над горизонтальной плоскостью, а груз m_2 стоит на этой плоскости, причём отрезки нити, не лежащие на блоке, вертикальны. Затем грузы отпускают без начальной скорости. Найдите, на какую максимальную высоту поднимется груз m_1 после абсолютно неупругого удара о плоскость, если нить можно считать гибкой, неупругой и практически нерастяжимой. Ускорение свободного падения равно g , блок находится достаточно далеко от грузов.

**Решение:**

Так как нить нерастяжима, то величины ускорений обоих грузов одинаковы. Поскольку блок и нить невесомы и трение отсутствует, то сила натяжения T вдоль всей нити одинакова. Направим координатную ось вниз и запишем уравнения движения грузов с учётом того, что $m_1 > m_2$:

$$\begin{aligned} m_1 a &= m_1 g - T, \\ -m_2 a &= m_2 g - T. \end{aligned} \quad (1)$$

Отсюда следует, что ускорение равно:

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g. \quad (2)$$

В момент касания первого груза с плоскостью оба груза разгонятся до скорости:

Возможные решения и разбалловка

$$v = \sqrt{2ah} = \sqrt{2gh \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}}. \quad (3)$$

После этого груз m_1 остановится (так как удар о плоскость абсолютно неупругий), а груз m_2 полетит вверх со скоростью v и ускорением g , направленным вниз. Через некоторое время, достигнув максимальной высоты, груз m_2 начнёт падать с ускорением g и снова натянет нить. В этот момент его скорость будет по величине той же, что и в начале полёта, но направлена она будет уже вниз. (4)

Поскольку нить неупругая, а блок невесомый, скорости обоих грузов после рывка выровняются:

$$m_2 v = (m_1 + m_2) v_1, \quad (5)$$

откуда начальная скорость движения груза m_1 вверх (а груза m_2 – вниз) будет равна:

$$v_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} v = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gh \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}}. \quad (6)$$

Ускорение грузов при дальнейшем их движении будет прежним, равным

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g,$$

а максимальная высота подъема груза m_1 составит:

$$h_1 = \frac{v_1^2}{2a} = \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 \cdot 2gh \cdot \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} \cdot \frac{(m_1 + m_2)}{2g(m_1 - m_2)} = \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2} \right)^2 h. \quad (7)$$

При дальнейшем движении в системе будут происходить те же процессы, но после каждого следующего удара о плоскость высота подъёма первого груза будет уменьшаться в $(1 + (m_1/m_2))^2$ раз, так что h_1 действительно является искомой максимальной высотой подъёма. (8)

Разбалловка:

Верно записаны уравнения динамики для грузов (1) 1 балл

Найдено ускорение грузов (2) 1 балл

Найдена скорость грузов перед ударом (3) 2 балла

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике

10 класс, 2018/2019 учебный год.

Длительность 3 часа 30 минут.

Возможные решения и разбалловка

Верно описаны процессы, происходящие далее (4)	1 балл
Записан закон сохранения импульса (5)	1 балл
Найдена скорость v_1 (6)	1 балл
Найдена максимальная высота (7)	2 балла
Объяснено, почему эта высота будет максимальной (8)	1 балл

Задача 4. Последовательное включение вольтметра.

Вольтметр, включенный последовательно с сопротивлением 7000 Ом, показывает напряжение 50 В при напряжении в цепи 120 В. Какое показание дает при этом же напряжении в цепи вольтметр, если включить его последовательно с сопротивлением 35 000 Ом?

Решение:

При последовательном включении вольтметр показывает напряжение на самом себе. В данном случае вольтметр является неидеальным, так как если бы он был идеальным (его сопротивление было бы бесконечным), он в обоих случаях показывал бы напряжение 120 В.

Обозначим сопротивление вольтметра R_v , тогда в первом случае общее сопротивление цепи $R_1 + R_v$, общий ток $I_1 = U / (R_1 + R_v)$, а вольтметр показывает напряжение

$$U_1 = I_1 R_v = UR_v / (R_1 + R_v). \quad (1)$$

Аналогично во втором случае $U_2 = I_2 R_v = UR_v / (R_2 + R_v)$.

Найдем из (1) сопротивление вольтметра: $U_1 R_1 + U_1 R_v = UR_v$,

$$R_v = U_1 R_1 / (U - U_1) = 50 \cdot 7000 / 70 = 5000 \text{ Ом.}$$

Тогда показания вольтметра во втором случае равны:

$$U_2 = 120 \cdot 5000 / 40000 = 15 \text{ В.}$$

Разбалловка:

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике

10 класс, 2018/2019 учебный год.

Длительность 3 часа 30 минут.

Возможные решения и разбалловка

- Сделан вывод о том, что вольтметр нельзя считать идеальным, а также о том, что он показывает напряжение на самом себе 2 балла
- Записан закон Ома для первого случая, получено выражение для показаний вольтметра при первом подключении 3 балла
- Найдено сопротивление вольтметра 2 балла
- Записан закон Ома для второго случая, получено выражение для показаний вольтметра при втором подключении 2 балла
- Верно найдено численное значение показаний вольтметра во втором случае 1 балл

Задача 5. Нетерпеливый пешеход.

Не дождавшись автобуса, пешеход пошёл пешком к следующей автобусной остановке, павильон которой был виден вдали. Через некоторое время он обнаружил, что кажущаяся высота этого павильона в $k = 1,5$ раза меньше кажущейся высоты павильона, от которого он отошёл. Пройдя ещё $L = 100$ метров, пешеход заметил, что, наоборот, павильон впереди кажется ему в $k = 1,5$ раза выше павильона позади. Найдите расстояние между остановками. Считайте, что кажущийся размер предмета обратно пропорционален расстоянию до него. Остановочные павильоны одинаковы, пешеход идёт по соединяющей их прямой.

Решение:

Для решения задачи сделаем чертеж. Обозначим на нём буквами A и B начальную и конечную автобусные остановки, буквой C — точку,



откуда остановочный павильон B казался пешеходу в $k = 1,5$ раза ниже павильона A , буквой D — точку, откуда остановочный павильон A казался пешеходу в $k = 1,5$ раза ниже павильона B .

Поскольку видимый размер павильона обратно пропорционален расстоянию до него, то справедливы следующие пропорции:

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике

10 класс, 2018/2019 учебный год.

Длительность 3 часа 30 минут.

Возможные решения и разбалловка

$$\frac{AC}{CD + DB} = \frac{1}{k}, \quad \frac{DB}{AC + CD} = \frac{1}{k}.$$

Из этих соотношений получаем:

$$\frac{AC}{AC + CD + DB} = \frac{1}{k + 1} = \frac{AC}{AB},$$
$$\frac{DB}{AC + CD + DB} = \frac{1}{k + 1} = \frac{DB}{AB}.$$

С другой стороны, $CD = AB - AC - DB$, откуда

$$\frac{CD}{AB} = 1 - \frac{AC}{AB} - \frac{DB}{AB} = 1 - \frac{1}{k + 1} - \frac{1}{k + 1} = \frac{k - 1}{k + 1}.$$

Отсюда, учитывая, что $CD = L$, получаем:

$$AB = \frac{k + 1}{k - 1} L = 500 \text{ м.}$$

Разбалловка:

Построен верный рисунок 3 балла

Записаны геометрические соотношения между расстояниями и размером павильона, проведены верные математические преобразования, получен численный ответ ...7 баллов

Примечание: В случае, если решение не доведено до конечного ответа, то по последнему пункту баллы ставятся исходя из того, насколько участник продвинулся в своих преобразованиях в направлении верного результата.

Максимально возможный балл в 10 классе - 50 баллов.