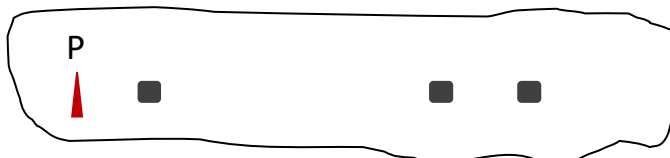


Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
2018 – 2019 учебный год

11 класс

11.1. Невидимая преграда

Небольшая шайба скользит по гладкому льду с постоянной скоростью $V = 2$ м/с. На пути шайбы встречается преграда, ударившись о которую шайба с той же скоростью движется в обратном направлении. На стробоскопической фотографии запечатлены посторонний предмет P , три положения шайбы, но преграда оказалась невидимой.



Определите по фотографии, на каком расстоянии от предмета P находилась преграда-невидимка, если интервал времени между вспышками стробоскопа был равен $t = 0,1$ с. Для измерения расстояний по фотографии воспользуйтесь линейкой.

Возможное решение.

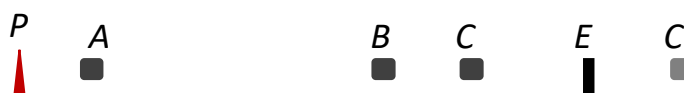
Предположим, что A , B и C – три последовательные положения шайбы. В этом случае A , B соответствуют движению шайбы к преграде, а в C запечатлена шайба уже после столкновения. С помощью линейки выполним измерение расстояния AB :

$$AB = 39 \text{ мм.}$$

За время между вспышками стробоскопа шайба пролетает расстояние $L = Vt$. Отношение этого расстояния к длине отрезка AB на фотографии дает масштаб уменьшения:

$$M = \frac{Vt}{AB} = \frac{2 \cdot 0,1}{0,039} = 5,1$$

Если бы преграды не было, шайба оказалась бы в точке C^* такой что $BC^* = AB$:



Преграда находится в точке E , делящей отрезок CC^* пополам. Измерим расстояние PE по фотографии и рассчитаем расстояние от точки P до преграды-невидимки:

$$PE = 75 \text{ мм, } S = PE \cdot M = \frac{PE}{AB} Vt = 38 \text{ см.}$$

Возможны другие варианты решения: например когда отразившись от преграды, шайба оказалась между точками A и B :



В этом случае:

$$AB = 50 \text{ мм, } M = 4,0, PE = 83 \text{ мм, } S = 33 \text{ см.}$$

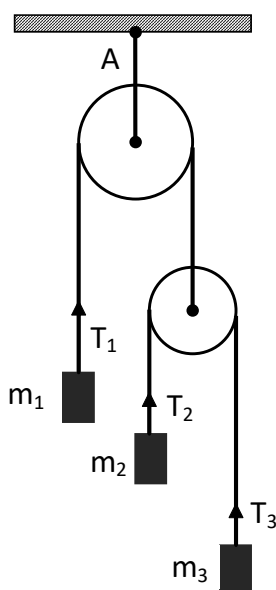
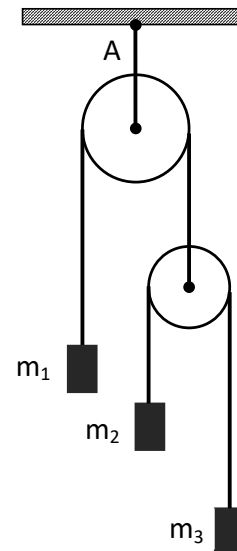
Внимание членов жюри: расстояния, измеренные по рисунку зависят от настроек принтера и могут отличаться от представленных выше.

Примерная разбалловка

| | |
|---|---|
| Определен масштаб уменьшения фотографии..... | 1 |
| Найдено положение преграды E на фотографии..... | 3 |
| Найдено реальное расстояние S до преграды | 2 |
| Рассмотрено более одного варианта решения..... | 4 |

11.2. Неподвижный груз.

В системе, изображенной на рисунке, масса первого груза $m_1 = 80$ г, масса второго груза $m_2 = 50$ г. Какой величины должна быть масса третьего груза, чтобы второй груз был неподвижен относительно точки подвеса A ? С каким ускорением в этом случае будут двигаться первый и третий грузы?



Возможное решение

Сила натяжения нити первого груза в два раза больше сил натяжения нитей второго и третьего грузов, поскольку подвижный блок невесомый:

$$T_2 = T_3 = T, T_1 = 2T. \quad (1)$$

Пусть первый груз поднимается с ускорением a , тогда подвижный блок опускается с таким же ускорением вниз. Поскольку второй груз покоится, его ускорение относительно блока равно $a_{\text{отн}} = a$ и направлено вверх. Тогда ускорение третьего груза будет в два раза больше a , поскольку оно складывается из ускорения первого груза и ускорения относительно блока:

$$a_3 = 2a. \quad (2)$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$2T - m_1 g = m_1 a$$

$$T - m_2 g = 0$$

$$m_3 g - T = m_3 2a$$

Отсюда

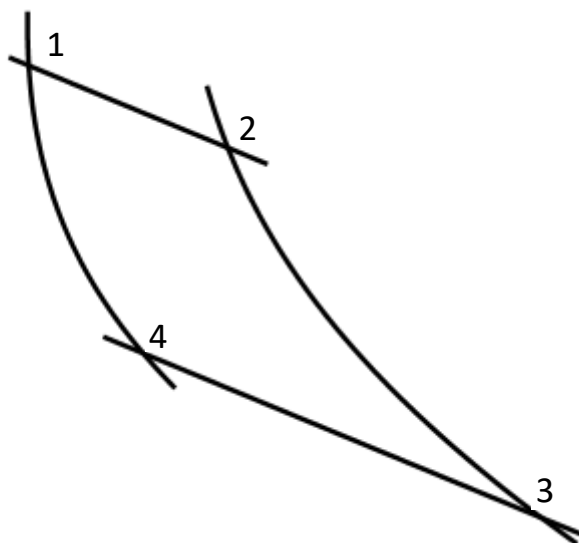
$$m_3 = \frac{m_1 m_2}{3m_1 - 4m_2} = 100 \text{ г.}$$

Примерная разбалловка

| | |
|---|---|
| Записано соотношение (1)..... | 2 |
| Определено соотношение ускорений первого и третьего грузов (2)..... | 3 |
| Записаны законы Ньютона..... | 3 |
| Найдена масса третьего груза..... | 2 |

11.3. Потерянные оси.

С идеальным газом провели циклический процесс $1_2_3_4_1$, состоящий из двух изотерм и двух адиабат. Процесс был изображен на PV диаграмме (см рисунок), с которой со временем исчезли оси. Восстановите диаграмму. Известно, что объёмы в состояниях 2 и 4 были одинаковы, а в состояниях 1 и 3 отличались в 4 раза.



Возможное решение

Соединим точки 2 и 4, проведем через точки 1 и 3 линии, параллельные линии 2_4 . Ось давлений должна быть параллельна этим линиям и находиться на расстоянии от точки 1, в четыре раза меньшем расстояния от точки 3.

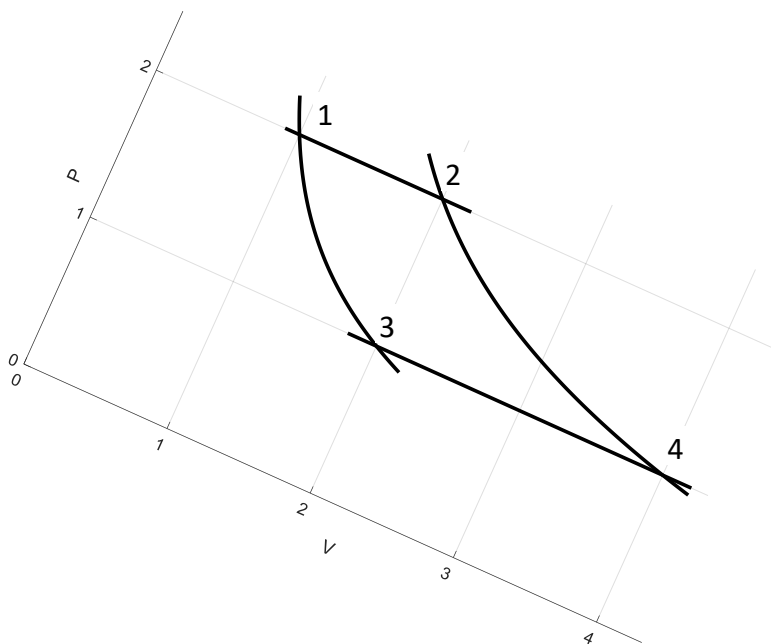
Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для изотермических процессов:

$$P_1 V_1 = P_4 V_4, P_2 V_2 = P_3 V_3. \quad (1)$$

Учитывая соотношения объёмов, а также равенство давлений на изобарах, из соотношений (1) следует

$$P_2 = \sqrt{\frac{V_3}{V_1}} P_4, \text{ отсюда } P_2 = 2P_4 \quad (2)$$

Восстановленная диаграмма показана на рисунке.

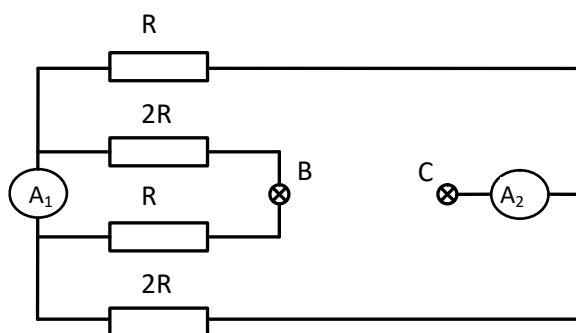


Примерная разбалловка

| | |
|---|---|
| Записаны уравнения Менделеева-Клапейрона..... | 2 |
| Найдено отношение давлений..... | 4 |
| Построены оси диаграммы..... | 4 |

11.4. Странная схема.

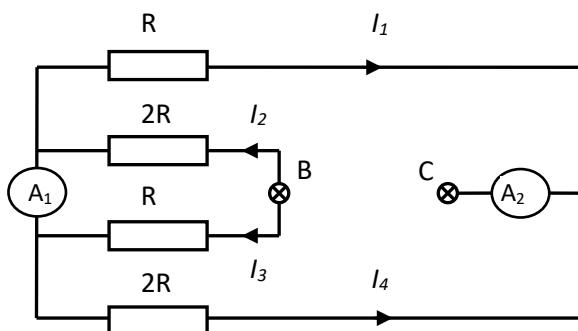
Четыре резистора, два из которых имеют сопротивление R , а другие два – сопротивление $2R$, подключены к клеммам B и C источника постоянного напряжения, как показано на рисунке. Определите, какой ток течет через амперметр A_1 , если ток через амперметр A_2 равен 3 А? Амперметры считать идеальными.



Возможное решение

Так как амперметр A_1 идеальный, можно считать что средние резисторы соединены параллельно, верхний резистор соединен параллельно с нижним резистором.

Напряжение при параллельном соединении одинаково:



$$2Ri_2 = Ri_3, \text{ и } 2Ri_4 = Ri_1 \quad (1)$$

Сумма токов, текущих через средние резисторы, а также сумма токов через нижний и верхний равны силе тока в цепи I_2 , которую регистрирует амперметр A_2 :

$$i_2 + i_3 = I_2, \text{ и } i_1 + i_4 = I_2 \quad (2)$$

Выражая токи из(1), подставим их в (2) и получим значения:

$$i_2 = \frac{1}{3}I_2, i_3 = \frac{2}{3}I_2, i_4 = \frac{1}{3}I_2, i_1 = \frac{2}{3}I_2 \quad (3)$$

Через амперметр A_1 течет ток, равный разности токов через резисторы:

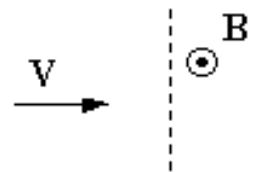
$$i_3 - i_4 = I_1, \text{ отсюда } I_1 = \frac{1}{3}I_2 = 1 \text{ А.}$$

Примерная разбалловка

| | |
|---|---|
| Определен тип соединения резисторов | 2 |
| Найдены токи через резисторы..... | 4 |
| Найдена сила тока через амперметр A_1 | 4 |

11.5. Он вылетел.

Протон влетает в область однородного магнитного поля с индукцией $B = 1$ мТл перпендикулярно линиям индукции и границам области и вылетает из области, занятой полем, под углом 60° к направлению первоначального движения. Определите время движения протона в магнитном поле. Заряд протона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса протона $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.



Возможное решение

В магнитном поле на протон действует сила Лоренца, перпендикулярная скорости. Протон движется по окружности радиусом R . По второму закону Ньютона

$$qVB = m \frac{v^2}{R} \quad (1)$$

Угол, на который повернется протон при движении по окружности, равен углу, на который повернется вектор его скорости, то есть те же 60° . Поэтому время движения протона в магнитном поле равно $1/6$ части периода:

$$t = \frac{60}{360} T = \frac{1}{6} T \quad (2)$$

Период вращения протона найдем из (1)

$$T = 2\pi \frac{m}{qB}$$

Окончательно

$$t = \frac{\pi m}{3 qB} = 10,9 \text{ мкс}$$

Примерная разбалловка

| | |
|---------------------------------------|---|
| Записан второй закон Ньютона (1)..... | 4 |
| Определена часть периода (2)..... | 4 |
| Найдено время движения..... | 2 |