Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников

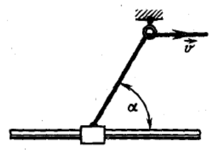
по физике

2023-2024 учебный год

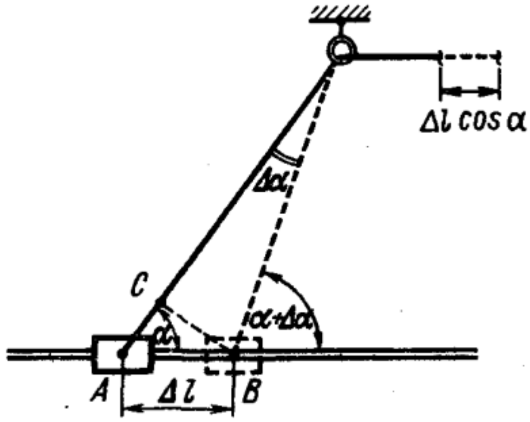
10 класс

Решения

Задача 1. К ползуну, который может перемещаться по направляющей рейке (см. рис.), прикреплен шнур, продетый сквозь кольцо. Шнур тянут со скоростью v. С какой скоростью u движется ползун в момент, когда шнур составляет с направляющей угол α?

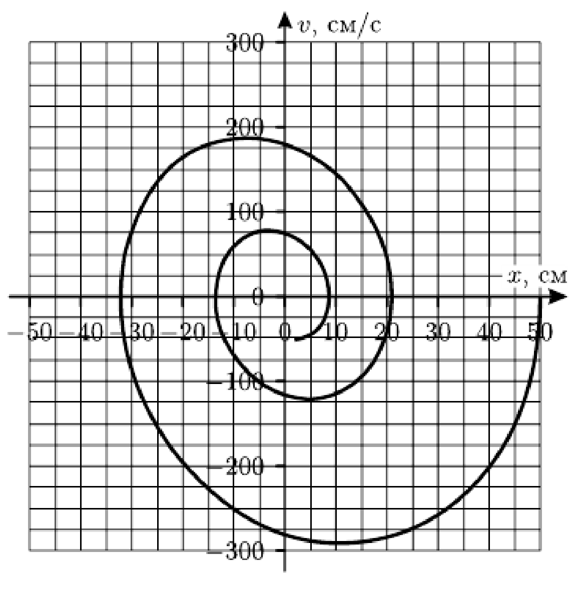


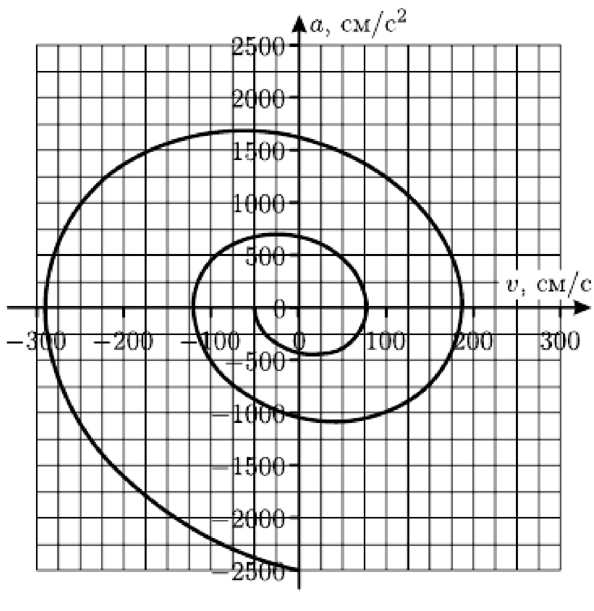
Возможное решение. За один и тот же малый промежуток времени Δt ползун перемещается на AB=Δl, а шнур выбирается на длину AC= Δl cosα (1). Угол BCA можно считать прямым из-за малости Δα. Потому можно написать $\frac{\Delta l}{u} = \frac{\Delta l \cos\alpha}{v}$ (2), откуда $u = \frac{v}{\cos\alpha}$.



Критерии оценивания:
Найдено соотношение (1) – 4 балла
Найдено соотношение (2) – 4 балла
Дан правильный ответ – 2 балла

Задача 2. Шар массой m = 1 кг, прикреплённый к идеальной пружине жёсткостью k = 50 Н/м, колеблется в вязкой среде. На рисунках представлены графики зависимостей скорости v от координаты x и ускорения а от скорости, соответствующие движению шара (начало координат выбрано в положении его равновесия). Начертите график зависимости силы вязкого трения, действующей на шар, от его скорости.



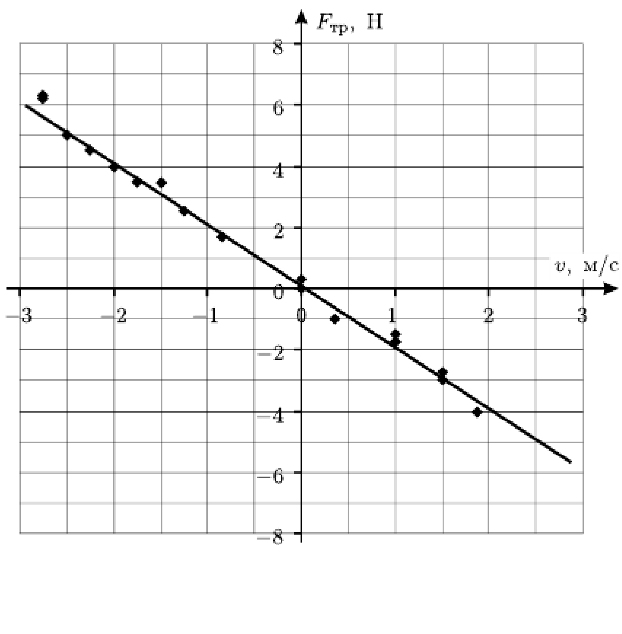


Возможное решение.

Запишем уравнение движения шара: $ma = -kx + F_{тр}(v)$ (1), где v и a — скорость и ускорение шара соответственно. Отсюда $F_{тр} = ma + kx$. Так как движение маятника, судя по графикам, является колебательным (шар несколько раз проходит через положение равновесия), то для получения искомой зависимости $F_{тр}(v)$ достаточно рассмотреть движение в течение одного периода — например, первого, когда координата изменяется от $x = 50$ см до $x \approx 20$ см. Используя приведённые графики зависимостей $v(a)$ и $a(v)$, составим таблицу из шести колонок.

В первые две колонки внесём координаты шара и соответствующие им скорости – эту информацию можно извлечь из графика зависимости $v(x)$. В третью колонку, пользуясь графиком зависимости $a(v)$, впишем значения ускорения, соответствующие имеющимся во второй колонке значениям скорости. В четвёртую и пятую колонки внесём величины ma и kx, полученные путём умножения чисел из третьей и первой колонок на m и k соответственно. Наконец, в шестую колонку поместим сумму чисел из четвёртой и пятой колонок, то есть величину $ma + kx$. При заполнении таблицы переведём все величины в систему единиц СИ.

x, м	v, м/с	a, м/с^2	ma, Н	kx, Н	$(ma + kx)$, Н
0,50	0	-25,00	-25,00	25,00	0,00
0,45	-1,50	-19,00	-19,00	22,50	3,50
0,40	-2,00	-16,00	-16,00	20,00	4,00
0,25	-2,75	-6,30	-6,30	12,50	6,20
0,00	-2,75	6,30	6,30	0,00	6,30
-0,10	-2,50	10,00	10,00	-5,00	5,00
-0,15	-2,25	12,00	12,00	-7,50	4,50
-0,225	-1,75	14,75	14,75	-11,25	3,50
-0,275	-1,25	16,30	16,30	-13,75	2,25
-0,30	-0,85	16,70	16,70	-15,00	1,70
-0,32	0,00	16,30	16,30	-16,00	0,30
-0,28	1,00	12,50	12,50	-14,00	-1,50
-0,225	1,50	8,50	8,50	-11,25	-2,75
-0,10	1,85	1,00	1,00	-5,00	-4,00
0,09	1,50	-7,50	-7,50	4,50	-3,00
0,165	1,00	-10,00	-10,00	8,25	-1,75
0,2	0,35	-11,00	-11,00	10,00	-1,00



Критерии оценивания:
Записан 2 закон Ньютона для рассматриваемого случая (1) – 2 балла
Из приведенных графиков составлена таблица – max 6 баллов:
Ели приведены только первые три столбца – 3 балла
Если приведены все данные (могут быть приведены расчеты в тексте решения) – 5 баллов
Перевод в СИ – 1 балл
По полученным данным построен график – 2 балла

Задача 3. В тонкостенной пластиковой бутылке находится m_0 = 1 кг переохлаждённой жидкой воды. В бутылку бросили сосульку массой m_1 = 100 г, имеющую ту же температуру, что и вода в бутылке. После установления теплового равновесия в бутылке осталось m_2 = 900 г жидкости. Какую температуру имела переохлаждённая вода? Удельные теплоёмкости воды и льда равны c_1 = 4200 Дж/(кг·°С) и c_2 = 2100 Дж/(кг·°С) соответственно, удельная теплота плавления льда λ = 3,4·105 Дж/кг. Теплоёмкостью бутылки и потерями тепла пренебречь.

Возможное решение.

После того, как в переохлаждённую воду бросили сосульку, в воде начался процесс кристаллизации. Так как после его окончания в бутылке осталась вода, то конечная температура системы равна 0 °С. Из условия задачи следует, что в лёд превратилась масса воды, равная $m_0 - m_2$. При этом выделилось количество теплоты $\lambda(m_0 - m_2)$. Эта теплота пошла на нагрев сосульки и имевшейся в начале воды от температуры T до 0°С, то есть на величину ΔT = 0°С – T. Запишем уравнение теплового баланса:

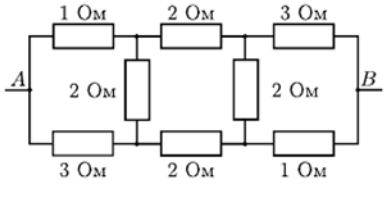
$$\lambda\left(m_0 - m_2\right) = c_1 m_0 \Delta T + c_2 m_1 \Delta T$$

Отсюда для температуры Т получаем:

$$T = 0°C + \frac{\lambda\left(m_2 - m_0\right)}{c_1 m_0 + c_2 m_1} \cong -7{,}7°\text{C}$$

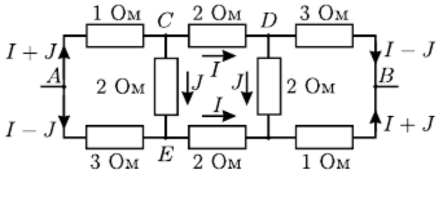
Критерии оценивания:
Установлено количество воды, перешедшее в лед – 2 балла
Составлено уравнение теплового баланса – 6 баллов
Получен правильный численный ответ – 2 балла

Задача 4. Определите общее сопротивление между точками A и B в цепи, изображенной на рисунке.



Возможное решение.

Заметим, что рассматриваемая схема симметрична и переходит сама в себя при последовательном отражении



относительно вертикальной и затем горизонтальной осей чертежа. Следовательно, токи, текущие через горизонтально расположенные резисторы с сопротивлениями 2 Ома, одинаковы (обозначим эти токи через I). По этой же причине одинаковы токи, текущие через вертикально расположенные резисторы с сопротивлениями 2 Ома (обозначим их через J). Тогда распределение токов в схеме будет таким, как показано на рисунке.

Обозначим напряжение между точками A и B через U_0. Тогда из закона Ома для участка цепи получим: 1 Ом$\cdot(I+J)$+2 Ом$\cdot J$ = 3 Ом$\cdot(I - J)$ для участка ACE и

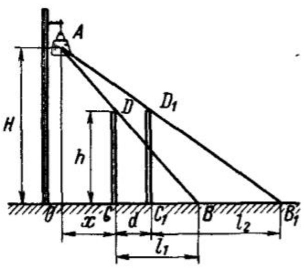
1 Ом$\cdot(I+J)$+2 Ом$\cdot I$ + 3 Ом$\cdot(I - J)$ = U_0 для участка ACDB. Отсюда $J = I/3$, а $I = 3U_0/(16$ Ом). Искомое сопротивление цепи R = $U_0/(2I)$=8/3 Ом.

Критерии оценивания:

Приведена идея рассмотрения двух токов в цепи – 2 балла
Составлен закон Ома для участка ACE – 2 балла
Составлен закон Ома для участка ACDB – 2 балла
Найдено соотношение между токами – 2 балла
Получено итоговое значение сопротивления – 2 балла

Задача 5. Вертикальный колышек высотой h=1 м, поставленный вблизи уличного столба, отбрасывает тень длиной l_1 = 0,8 м. если перенести колышек на расстояние d = 1 м дальше от фонаря (в той де плоскости), то он отбрасывает тень длиной l_2 = 1,25 м. На какой высоте повешен фонарь.

Решение. Обозначим расстояние от первого колышка до столба за x. Тогда из подобия треугольников OAB и CDB запишем $\frac{H}{h} = \frac{x + l_1}{l_1}$ (1). А из подобия треугольников OAB_1 и $C_1D_1B_1$ получим $\frac{H}{h} = \frac{x + d + l_2}{l_2}$ (2). Исключая из этих уравнений x, получим $H = \frac{(d + l_2 - l_1)h}{l_2 - l_1}$.



Критерии оценивания:

Получено уравнение (1) – 4 балла
Получено уравнение (2) – 4 балла
Найден ответ задачи – 2 балла.