

Решения и критерии оценивания

Задача 1

Частица движется вдоль оси Ox . На рис. 1 приведён график зависимости $v_x(t)$ – проекции скорости частицы на ось Ox от времени. Найдите модуль перемещения частицы от начала движения ($t = 0$ с) до момента времени $t = 4$ с.

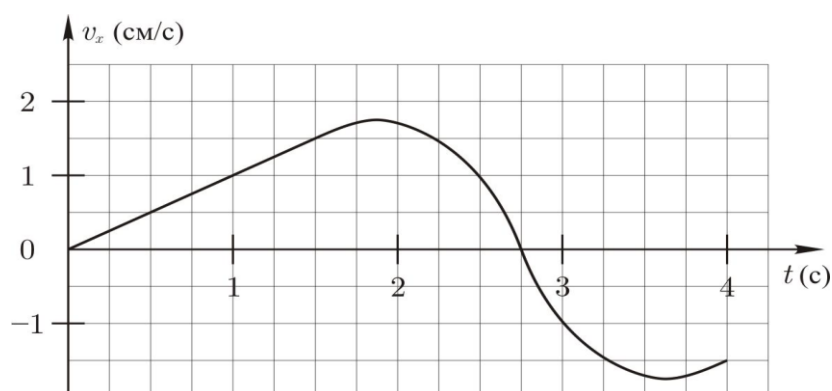


Рис. 1

Возможное решение

Участки BC и CD графика симметричны (рис. 1а), поэтому модуль перемещения частицы на участке BD равен нулю. Остаётся только участок AB графика, модуль перемещения на котором легко найти, поскольку этот участок линейен. Искомый модуль перемещения:

$$s = \frac{1}{2} \cdot 1,5 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 1,5 \text{ с} = 1,125 \text{ см}.$$

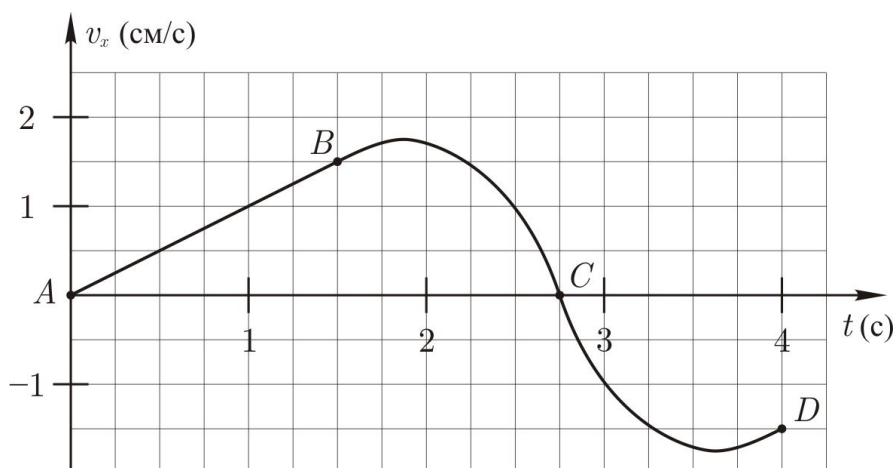


Рис. 1 а

Критерии оценивания

высказана идея о нахождении перемещения геометрическим способом.....1 балл
отмечена симметрия участков ВС и CD 1 балл
указано, что модуль перемещения на участке BD равен нулю3 балла
получен ответ.....5 баллов
Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 2

Неподвижная наклонная плоскость наклонена под углом α к горизонту. Брусок может скользить по ней с коэффициентом трения $\mu < \operatorname{tg} \alpha$. Бруску сообщают начальную скорость, направленную вверх вдоль горки. Определите отношение времени подъема бруска ко времени его опускания.

Возможное решение

Ускорение бруска во время подъема $a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$. Ускорение бруска во время опускания $a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$. Время движения бруска в каждую сторону $t_{1,2} = \sqrt{2L/a_{1,2}}$, где L – пройденное расстояние, $a_{1,2}$ – соответствующее ускорение. Отсюда

$$\frac{t_1}{t_2} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}} = \sqrt{\frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}}.$$

Критерии оценивания

найдено ускорение при подъеме бруска 1 балл
найдено ускорение при опускании бруска 1 балл
найдено время движения в каждую сторону 3 балла
получен ответ 5 баллов
Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 3

Горизонтальный цилиндрический сосуд разделён на две части поршнем, способным свободно перемещаться вдоль сосуда без трения. В начальный

момент поршень делит сосуд на две равные части, в каждой из которых находится идеальный газ при температуре T_0 и давлении P_0 . До какой температуры T нужно нагреть газ в правой части сосуда, чтобы занимаемый им объём стал в 3 раза больше, чем объём, занимаемый газом слева от поршня? Температура газа слева от поршня поддерживается постоянной и равной T_0 .

Возможное решение

Пусть конечный объём слева от поршня V_1 , а справа V_2 . Поскольку $V_2 = 3V_1$ и $V_1 + V_2 = V$, то $V_1 = V/4$, $V_2 = 3V/4$.

Температура газа слева от поршня не менялась. Согласно уравнению состояния, его конечное давление:

$$P_1 = \frac{P_0 \frac{V}{2}}{V_1} = 2P_0.$$

Поскольку поршень свободен и движется без трения, конечное давление газа справа от поршня также равно $2P_0$. Согласно уравнению состояния,

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2P_0 V_2}{P_0 \frac{V}{2}} = 3, \quad T = 3T_0.$$

Критерии оценивания

найжены объёмы V_1 и V_2 **2 балла**
найден конечное давление слева от поршня..... **3 балла**
указано, что давление слева и справа от поршня одинаковое **1 балл**
получен ответ..... **4 балла**

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 4

Всё пространство между обкладками плоского конденсатора занимает непроводящая пластина с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$. Этот

конденсатор через резистор с большим сопротивлением подключён к батарее с ЭДС $E = 100$ В. Пластину быстро вынимают так, что заряды пластин конденсатора за время удаления пластины не успевают измениться. Определите, какую минимальную работу необходимо совершить для такого удаления пластины. Какое количество теплоты выделится в цепи к моменту, когда система придёт в новое равновесное состояние? Электрическая ёмкость незаполненного конденсатора $C_0 = 100$ мкФ.

Возможное решение

До удаления пластины энергия конденсатора была равна:

$$q^2/2C_0\epsilon, \text{ где } q = C_0\epsilon E - \text{заряд на пластинах конденсатора.}$$

При удалении пластины заряд конденсатора не успевает измениться. Это означает, что энергия конденсатора после удаления пластины стала равна $q^2/2C_0$. Работа, которую необходимо совершить при удалении пластины, равна:

$$A = q^2/2C_0 - q^2/2C_0\epsilon = 1/2\epsilon(\epsilon-1)C_0E^2 = 1 \text{ Дж.}$$

В новом равновесном состоянии заряд конденсатора будет равен C_0E . Значит, через батарею протечёт заряд $\epsilon C_0E - C_0E = (\epsilon - 1) C_0E$ (батарея при этом совершит отрицательную работу). Запишем закон сохранения энергии:

$$(\epsilon C_0E)^2/2C_0 - (\epsilon - 1) C_0E \cdot E = (C_0E)^2/2C_0 + Q. \text{ Отсюда следует, что}$$

$$Q = (\epsilon - 1)^2 C_0E^2/2 = 0,5 \text{ Дж.}$$

Критерии оценивания

$q = C_0\epsilon E$	1 балл
$W_1 = q^2/2C_0\epsilon$	1 балл
$W_2 = q^2/2C_0$	1 балл
$A = W_2 - W_1$	1 балл
$A = 1 \text{ Дж}$	0,5 балла
протёкший заряд через батарейку $(\epsilon - 1) C_0E$	2 балла
батарейка совершает отрицательную работу	2 балла
Закон сохранения энергии в виде $W_1 + A_6 = W_2 + Q$	1 балл
$Q = 0,5 \text{ Дж}$	0.5 балла

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 5

Ламповый диод представляет собой откачанный до высокого вакуума цилиндр, с одной стороны которого находится катод, а с другой, на расстоянии $l = 10$ см от катода, находится анод. Между анодом и катодом поддерживается разность потенциалов $U = 200$ В, а форма электродов такова, что электрическое поле между ними можно считать однородным. Катод излучает электроны, которые затем ускоряются полем и попадают на анод. Найдите время τ пролёта диода электроном, если начальной скоростью электрона можно пренебречь. Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Возможное решение

Зная разность потенциалов и расстояние между электродами, найдём модуль напряжённости электрического поля: $E = U/l = 2,00 \cdot 10^3$ В/м.

Поскольку поле в диоде однородно, то электрон в нём будет двигаться с постоянным ускорением $a = eE/m_e = 3,52 \cdot 10^{14}$ м/с²

За искомое время τ электрон пройдёт путь l : $l = a\tau^2/2$,

откуда $\tau = \frac{\sqrt{2l}}{a} = 2,4 \cdot 10^{-8}$ с.

Критерии оценивания

найден модуль напряжённости поля	2 балла
найден модуль ускорения электрона.....	2 балла
записано выражение для перемещения при равноускоренном движении.....	2 балла
получен ответ.....	4 балла
Максимум за задачу – 10 баллов.	

В случае, если решение какой-либо задачи отличается от авторского, эксперт (учитель) сам составляет критерии оценивания в зависимости от степени и правильности решения задачи.

При правильном решении, содержащем арифметическую ошибку, оценка снижается на 1 балл.

Всего за работу – 50 баллов.