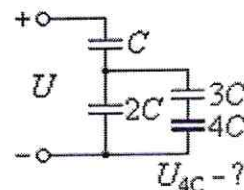
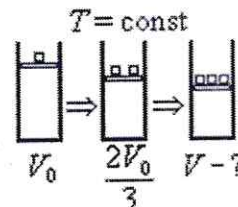


Физика. 11 класс

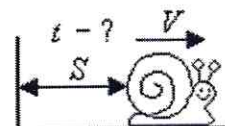
1. Простая схема. На входные клеммы электрической схемы с указанными конденсаторами подано постоянное напряжение $U = 22$ В. Чему равно напряжение U_{4C} на конденсаторе емкостью $4C$, если до подачи напряжения на клеммы все конденсаторы были незаряженными?



2. Сжатие газа грузами. На воздухе в вертикально стоящем цилиндре под массивным поршнем находится газ. Оказалось, что если на поршень сверху положить груз, то в равновесии объем газа под поршнем уменьшается и становится равным V_0 . Если же сверху на поршень положить еще один такой же груз, то объем газа равен $2V_0/3$. Какой объем газа V окажется в цилиндре под поршнем, если сверху на поршень положить еще один (уже третий) такой же груз? Считайте, что температура газа всегда успевает выровняться с окружающей температурой, а поршень двигается по цилиндру без трения, не пропуская газ.



3. Улитка ползет в сторону от стены по прямой так, что ее скорость V из-за усталости в зависимости от пройденного расстояния S плавно уменьшается в соответствии с представленной таблицей:

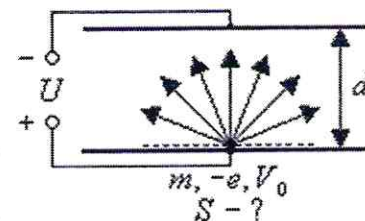


S , см	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V , см/с	1,000	0,500	0,333	0,250	0,200	0,167	0,143	0,125	0,111	0,100

- Является ли движение улитки равнозамедленным? За какое время улитка проползает
- весь путь в 9 см, а также
- первые 3 см и последние 3 см?

4. Мысленный эксперимент. На невысокой вышке установлен колокол, по которому отчетливо видно как регулярно с интервалом в одну секунду ударяет молот. Предложите метод, как, наблюдая за ударами по колоколу и слушая его звуки и имея в своем распоряжении *только* рулетку, определить скорость звука в воздухе. Считайте, что вышка установлена на мосту через реку, перпендикулярно которой по ровной местности проходит дорога. Кроме того к вышке нельзя подойти.

5. Пятно электронов. С нижней пластины плоского конденсатора из точки инъекции с одинаковой скоростью V_0 во все стороны разлетаются электроны массой m с зарядом $-e$. К пластинам плоского конденсатора, расстояние между которыми d , приложено постоянное напряжение U такое, что все вылетевшие электроны возвращаются на нижнюю пластину. Найдите площадь S пятна на нижней пластине, в которое попадают электроны. Силой тяжести можно пренебречь.

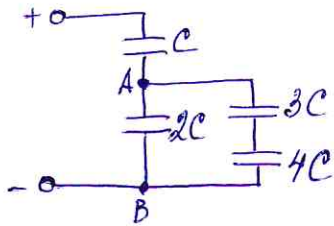


1. Простая схема

Дано:

$U = 22 \text{ В}$

$U_{4C} = ?$

Решение:

Найдем емкость C_{AB} , учитывая последовательное и параллельное соединение конденсаторов:

$$C_{AB} = 2C + \frac{3C \cdot 4C}{3C + 4C} = 2C + \frac{12C}{7} = \frac{26C}{7} \quad (3 \text{ балла})$$

Рассчитаем напряжение U_{AB} ; учитывая соединение конденсаторов:

$$U_{AB} = U - U_C = U - \frac{q}{C}$$

Найдем общую емкость: $\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_{AB}} + \frac{1}{C}$

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_{AB} \cdot C}{C_{AB} + C}$$

$$C_{\text{общ}} = \frac{\frac{26C}{7} \cdot C}{\frac{26C}{7} + C} = \frac{26C}{7} \cdot \frac{7}{33} = \frac{26C}{33} \quad (1 \text{ балл})$$

тогда заряд $q = U \cdot C_{\text{общ}} = U \cdot \frac{26C}{33}$ (1 балл)

$$\Rightarrow U_{AB} = U - \frac{q}{C} = U - \frac{U \cdot \frac{26C}{33}}{C} = \frac{CU - \frac{U \cdot 26C}{33}}{C} =$$

$$= U - \frac{U \cdot 26}{33} = \frac{7U}{33} \quad (1 \text{ балл})$$

Так как на последовательно соединенных конденсаторах $3C$ и $4C$ напряжение равно U_{AB} , то напряжение на $4C$: $U_{4C} = \frac{U_{AB} \cdot 3C}{3C + 4C} = \frac{3U_{AB}}{7}$ (3 балла)

Потого $U_{4C} = \frac{3 U_{AB}}{7} = \frac{3}{4} \cdot \frac{4U}{33} = \frac{U}{11}$ (15accol)

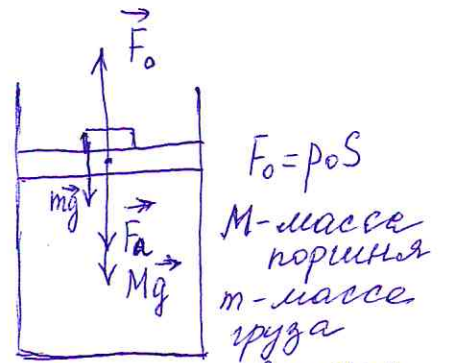
$$U_{4C} = \frac{22B}{11} = 2B$$

Отвеч: $U_{4C} = 2B$

1Р класс

2. Статика газа грузами.

Т.к. поршень находится в состоянии покоя, то распишем условия равновесия для 3х случаев.



$$1) p_0 S = Mg + p_a S + mg$$

$$2) p_1 S = Mg + p_a S + 2mg = (Mg + p_a S + mg) + mg$$

$$p_1 S = p_0 S + mg$$

$$3) p_2 S = Mg + p_a S + 3mg = p_0 S + 2mg$$

$$p_1 = \frac{p_0 S + mg}{S} = p_0 + \frac{mg}{S}, \text{ где } \frac{mg}{S} = \Delta p$$

$$p_2 = \frac{p_0 S + 2mg}{S} = p_0 + 2\frac{mg}{S}, \text{ где } 2\frac{mg}{S} = 2\Delta p$$

Т.к. температура газа во всех трёх процессах одинакова, то можем воспользоваться уравнением Бойля-Мариотта для 3х состояний:

$$p_0 V_0 = (p_0 + \Delta p) \frac{2}{3} V_0 = (p_0 + 2\Delta p) V \quad (2 \text{ балла})$$

$$p_0 V_0 = (p_0 + \Delta p) \frac{2}{3} V_0 \quad (1) \quad (1 \text{ балл})$$

$$p_0 V_0 = (p_0 + 2\Delta p) V \quad (2)$$

Из (1) уравнение: $p_0 V_0 = \frac{2p_0 V_0}{3} + \frac{2\Delta p V_0}{3}$

$$p_0 V_0 - \frac{2p_0 V_0}{3} = \frac{2}{3} \Delta p V_0 \quad (1 \text{ балл})$$

$$\frac{1}{3} p_0 V_0 = \frac{2}{3} \Delta p V_0 \quad | \cdot 3$$

$$p_0 = 2\Delta p \Rightarrow \Delta p = \frac{p_0}{2}$$

Подставим последнее выражение во (2) уравнение.

$$p_0 V_0 = (p_0 + 2\Delta p) V$$

$$p_0 V_0 = (p_0 + 2 \cdot \frac{p_0}{2}) V$$

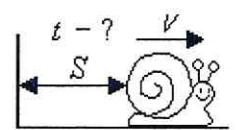
$$p_0 V_0 = (p_0 + p_0) V$$

$$p_0 V_0 = 2p_0 V \quad | : p_0$$

$$V_0 = 2V \Rightarrow V = \frac{V_0}{2} \quad ; \text{ Ответ: } V = \frac{V_0}{2}$$

(2 балла)

3. Улитка ползет в сторону от стены по прямой так, что ее скорость V из-за усталости в зависимости от пройденного расстояния S плавно уменьшается в соответствии с представленной таблицей:



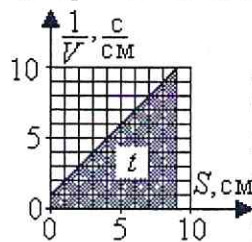
S , см	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V , см/с	1,000	0,500	0,333	0,250	0,200	0,167	0,143	0,125	0,111	0,100

а) Является ли движение улитки равнозамедленным?

За какое время улитка проползает

б) весь путь в 9 см, а также

в) первые 3 см и последние 3 см?



Решение:

Движение улитки не является равнозамедленным, так как на каждом сантиметре пути величина $V^2 - V_0^2$ не одинаковой, а при равноускоренном движении величина $(V^2 - V_0^2)(2S) = a$ одинакова и равна ускорению движения.

Воспользуемся простым свойством кинематики движения, что если за некоторый малый промежуток времени Δt_i скорость тела V_i практически не

изменяется, а его координата изменяется на такую величину Δx_i , что

$$V_i = \Delta x_i / \Delta t_i,$$

$$1/V_i = \Delta t_i / \Delta x_i,$$

$$(1/V_i)\Delta x_i = (\Delta t_i / \Delta x_i)\Delta x_i = \Delta t_i.$$

То есть время за этот промежуток равно площади прямоугольника высотой $(1/V_i)$ и шириной Δx_i .

Просуммируем по всем элементарным промежуткам и получаем общее время движения:

$$t = \sum_i \Delta t_i = \sum_i (1/V_i)\Delta x_i.$$

Тогда для отыскания времени движения тела достаточно под графиком зависимости $1/V$ от x найти площадь.

В нашем случае, как следует из таблицы, за первый 1 см скорость уменьшается в 2 раза, за вторые 2 см еще в 2 раза, затем за следующие 4 см - тоже еще в 2 раза. То есть зависимость $1/V$ от S является линейной и при вычислении площади под таким графиком достаточно взять среднее арифметическое от $1/V$. В дополнение для наглядности на рисунке представлен график зависимости $1/V$ от S , на котором заштрихованная площадь под прямой линейной зависимости равна времени движения. Тогда полное время, а также время на первой и последней третях пути соответственно равно

$$[(1/1,000 + 1/0,100)/2](9 - 0) = 49,5 \text{ с},$$

$$[(1/1,000 + 1/0,250)/2](3 - 0) = 7,5 \text{ с},$$

$$[(1/0,143 + 1/0,250)/2](9 - 6) = 25,5 \text{ с}.$$

Заметим, что в таблице даны мгновенные скорости для целых значений сантиметров пройденного пути улиткой, движение которой не является равноускоренным. Поэтому можно было бы на каждом сантиметре взять какую-либо среднюю скорость, например, среднеарифметическую. Полученное таким образом время улитки на всем пути, на первой и

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2023-2024 учебный год**

последней третях пути соответственно равно
48,93 с, 7,16 с, 25,42.

Ответ: а) Не является; б) 49,5 с; в) 7,5 с, 25,5 с.

Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Движение не является равнозамедленным	2
График $1/V$ в зависимости от S будет линейной функцией	1
Время равно площади под графиком	3
Вычисление времени (б)	2
Вычисление времени (в)	2
За приближенное решение можно давать до 5 баллов	
Сумма баллов:	10

4. Мысленный эксперимент. На невысокой вышке установлен колокол, по которому отчетливо видно как регулярно с интервалом в одну секунду ударяет молот. Предложите метод, как, наблюдая за ударами по колоколу и слушая его звуки и имея в своем распоряжении *только* рулетку, определить скорость звука в воздухе. Считайте, что вышка установлена на мосту через реку, перпендикулярно которой по ровной местности проходит дорога. Кроме того к вышке нельзя подойти.

Решение:

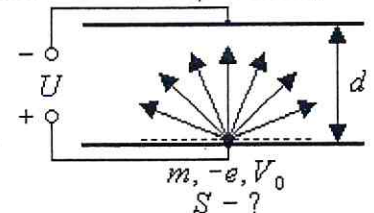
Когда мы будем стоять у вышки, то будем видеть удары молота и слышать импульсы звука одновременно. Если же отойти на некоторое расстояние, то доходящие до нас звуки будут запаздывать. Это связано с тем, что свет распространяется почти мгновенно, а звук - со скоростью звука около 300 м/с. Но можно отойти от вышки на такое расстояние, что будем видеть удары молота и слышать импульсы звука одновременно. При этом видимый удар молота и слышимый импульс звука не будут соответствовать одному удару. Таких точек "одновременности" будет несколько. Поэтому остается рулеткой измерить расстояние между точками "одновременности". Так как молот ударяет в колокол ежесекундно, то это расстояние будет около 300 м, что соответствует скорости звука 300 м/с.

Ответ: 300 м/с.

Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Слышим с запазданием, чем видим	2
Есть места, где видим и слышим одновременно	3
Надо зафиксировать точки одновременности и измерить расстояние между ними	2
Скорость звука = расстояние между точками «одновременности»/(время = 1 с)	3
Сумма баллов:	10

5. Пятно электронов. С нижней пластины плоского конденсатора из точки инъекции с одинаковой скоростью V_0 во все стороны разлетаются электроны массой m с зарядом $-e$. К пластинам плоского конденсатора, расстояние между которыми d , приложено постоянное напряжение U такое, что все вылетевшие электроны возвращаются на нижнюю пластину. Найдите площадь



**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
2023-2024 учебный год**

С пятна на нижней пластине, в которое попадают электроны. Силой тяжести можно пренебречь.

Решение:

В конденсаторе напряженность направленного вверх однородного электрического поля равна

$$E = U/d.$$

Это поле действует на отрицательно заряженные электроны силой

$$F = eE = eU/d,$$

которая направлена вертикально вниз и приводит к движению электронов с направленным вниз ускорением

$$a = F/m = eU/(md).$$

Электроны, вылетая из точки инжекции под разными углами с начальной скоростью V_0 , будут двигаться по параболической траектории, аналогично телам в поле тяжести земли. При этом их максимальная дальность полета будет давать радиус пятна на нижней пластине. Так, если электрон вылетает под углом α к нижней пластине, то время подъема над ней вверх плюс вниз равно

$$t = 2V_0 \sin \alpha / a = 2V_0 md \sin \alpha / (eU).$$

За это время электрон вдоль нижней пластины пролетает расстояние

$$\begin{aligned} R &= (V_0 \cos \alpha)t = \\ &= 2V_0^2 md \sin \alpha \cos \alpha / (eU) = \\ &= mdV_0^2 \sin(2\alpha) / (eU). \end{aligned}$$

В зависимости от угла α значение R принимает значения от нуля до максимального, которое достигается при максимальном значении $\sin(2\alpha)$, а именно равном 1. При этом радиус пятна на нижней пластине будет равен

$$R = mV_0^2 / (eU).$$

Его площадь равна

$$S = \pi R^2 = \pi [mV_0^2 / (eU)]^2.$$

Ответ: $S = \pi [mV_0^2 / (eU)]^2.$

Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Пятно является кругом	2
$a = eU/(md).$	3
Максимальная дальность полета электронов $R = mV_0^2/(eU)$	4
$S = \pi R^2 = \pi [mV_0^2/(eU)]^2$	1
Сумма баллов:	10