

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР “ДАРЫН”
РЕШЕНИЕ
 заданий первого этапа (регионального) Президентской олимпиады по
 физике-2025
 11 класс, 25 баллов

Задача_1. [4,0 балла]

По закону сложения ускорений ускорение свободного падения относительно системы отсчета, связанной с автобусом,

$\vec{g}_1 = \vec{g} - \vec{a}$	[1,0 балл]
---------------------------------	-------------------

Из рис. видно, что модуль этого ускорения равен

$g_1 = \sqrt{g^2 + a^2}$	[1,0 балл]
--------------------------	-------------------

Ускорение образует с вертикалью угол α

$tg\alpha = \frac{a}{g}$	[0,5 баллов]
--------------------------	---------------------

Следовательно, в момент начала движения автобуса маятник оказывается отклоненным от устойчивого положения равновесия на угол α . В результате возникших колебаний максимальный угол отклонения маятника от вертикали составит 2α . Как видно из рисунка

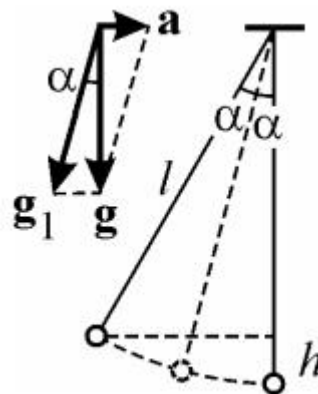
$h = l(1 - \cos 2\alpha) = 2l \sin^2 \alpha,$	[0,5 баллов]
---	---------------------

Используя формулу

$\sin\alpha = \frac{tg\alpha}{\sqrt{1 + tg^2\alpha}}$	[0,5 баллов]
---	---------------------

Получаем ответ:

$h = \frac{2la^2}{g^2 + a^2} \approx 5,9 \text{ см}$	[0,5 баллов]
--	---------------------



Задача_2. [5,0 баллов]

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для двух положений трубки.

$\frac{p_0 V_1}{T_1} = \frac{(p_0 + \rho g h) V_2}{T_2}$	[3,0 балла]
--	--------------------

или

$\frac{p_0 h_1}{T_1} = \frac{(p_0 + \rho g h) h_2}{T_2}$	[0,5 баллов]
--	---------------------

А если давление исчислять в мм рт. ст, то еще проще:

$\frac{p_0 h_1}{T_1} = \frac{(p_0 + h) h_2}{T_2}$	[0,5 баллов]
---	---------------------

$h = \frac{T_2 h_1 p_0}{T_1 h_2} - p_0 = 17,2 \text{ см}$	[1,0 балл]
---	-------------------

Задача_3. [5,5 балла]

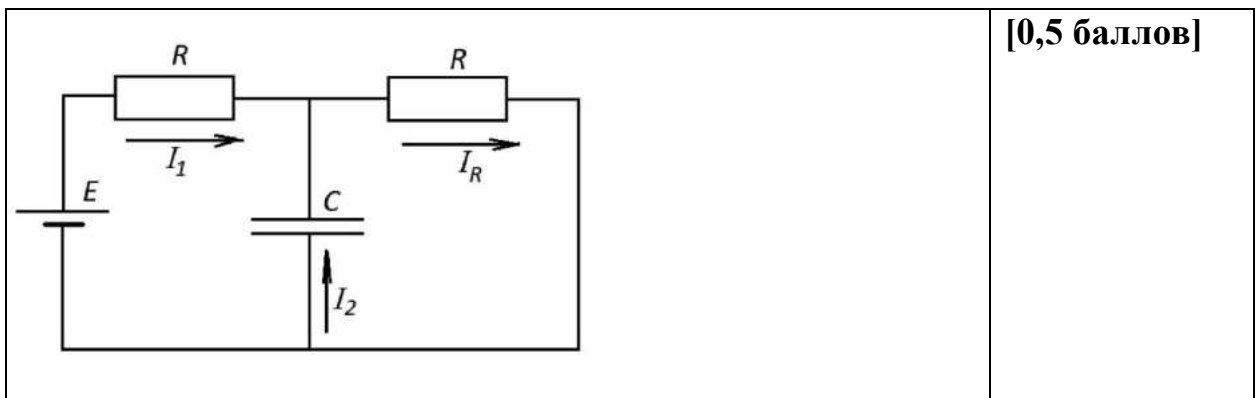
Если конденсатор заряжен до некоторого напряжения U , то при разомкнутом ключе схема такова:



Схема при разомкнутом ключе

Значит, конденсатор подзаряжается, и ток в цепи при этом такой:

$I_1 = \frac{E - U}{R}$	[0,5 баллов]
-------------------------	---------------------



Ключ замкнут

Когда ключ замкнут, то правый резистор и конденсатор включены параллельно, на них обоих напряжение U . Ток через резистор $I_R = \frac{U}{R}$, а ток через конденсатор определим через первое правило Кирхгофа:

$I_1 + I_2 = I_R$	[1,0 балл]
-------------------	-------------------

$\frac{E - U}{R} + I_2 = \frac{U}{R}$	[0,5 баллов]
---------------------------------------	---------------------

Откуда

$I_2 = \frac{2U - E}{R}$	[0,5 баллов]
--------------------------	--------------

Так как заряд на конденсаторе примерно один и тот же (потому что напряжение танцует около одного значения), то заряд, притекший во время процесса зарядки, равен заряду, утекшему во время разрядки. Притекло:

$q_1 = I_1 \tau$	[0,25 баллов]
------------------	---------------

Утекло:

$q_2 = I_2 \tau$	[0,25 баллов]
------------------	---------------

$q_1 = q_2$	[0,25 баллов]
-------------	---------------

Подставим токи:

$I_1 \tau = I_2 \tau$	[0,25 баллов]
-----------------------	---------------

$\frac{E - U}{R} \cdot \tau = \frac{2U - E}{R} \cdot \tau$	[0,25 баллов]
--	---------------

$E - U = 2U - E$	[0,25 баллов]
------------------	---------------

$3U = 2E$	[0,25 баллов]
-----------	---------------

$U = \frac{2}{3}E = 40 \text{ В}$	[0,5 баллов]
-----------------------------------	--------------

Задача_4. [5,0 баллов]

Магнитное поле перпендикулярно скорости, значит на частицу действует сила Лоренца по модулю

$$F = qvB$$

[0,5 баллов]

Эта сила всегда перпендикулярна скорости, то частица движется по окружности радиуса

$$r = \frac{mv}{|q|B}$$

[1,5 балл]

Кинетическая энергия $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$

[0,5 баллов]

Частица влетает перпендикулярно границе магнитной области ширины l . Центр её окружности лежит внутри поля на расстоянии r от точки входа. Максимально далеко по нормали к границе она может уйти на расстояние, не больше радиуса r .

Чтобы добраться до дальней границы (на расстоянии l), нужно

$$r \geq l.$$

Граничный (пороговый) случай — когда $r = l$: частица как раз дотрагивается до дальней границы и выходит из поля.

Подставляем $r = l$ в формулу радиуса:

$$l = \frac{mv}{|q|B_{\text{кр}}} \Rightarrow B_{\text{кр}} = \frac{mv}{|q|l}$$

[1,0 балл]

Теперь заменим v через энергию:

$$B_{\text{кр}} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{|q|l}$$

[0,5 баллов]

Если $B \leq B_{\text{кр}}$ — радиус большой, частица пролетит область и выйдет через противоположную границу.

[0,5 баллов]

Если $B > B_{\text{кр}}$ — радиус слишком мал, частица не долетит, развернётся и выйдет назад.

[0,5 баллов]

Задача_5. [5,5 балла]

Если сложить линзы плоскими сторонами, получим двояковыпуклую линзу, оптическая сила которой будет равна сумме оптических сил обеих линз:

$\frac{1}{F_1} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	[1,0 балл]
--	-------------------

Теперь приложим линзы выпуклыми сторонами. Получается, что сложены вместе три линзы: первая стеклянная плосковыпуклая, вторая – водная, двояковогнутая, и третья, стеклянная.

$\frac{1}{F_2} = (n - 1) \cdot \frac{1}{R_1} - (n_0 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + (n - 1) \cdot \frac{1}{R_2}$	[2,0 балла]
--	--------------------

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1} - (n_0 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	[0,5 баллов]
--	---------------------

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1} - (n_0 - 1) \cdot \frac{(n - 1)}{(n - 1)} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	[0,5 баллов]
--	---------------------

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1} - (n_0 - 1) \cdot \frac{1}{F_1(n - 1)}$	[0,5 баллов]
--	---------------------

Еще раз преобразуем:

$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_1} \left(1 - \frac{n_0 - 1}{n - 1} \right) = \frac{1}{F_1} \left(1 - \frac{0,33}{0,66} \right) = \frac{1}{2F_1}$	[0,5 баллов]
--	---------------------

Откуда

$F_2 = 2F_1 = 4 \text{ см}$	[0,5 баллов]
-----------------------------	---------------------