Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
11 класс, 2015-2016 учебный год.

Задача 1.

Из одной точки, находящейся на высоте 30 метров, одновременно бросают с одинаковыми скоростями 10 м/с два тела: одно вертикально вверх, второе горизонтально. Найти расстояние между телами через 2,3 и 4 секунды после бросания. Сопротивление воздуха не учитывать.

Возможное решение.

Расстояние между телами, движущимися с одинаковым ускорением $S = V_{12} \cdot t$, где V_{12} модуль $\vec{V}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$- скорости одного тела относительно другого. В нашем случае $\sim = 90^o$ $V_{12} = V\sqrt{2}$ и $S = V\sqrt{2} \cdot t$

Первым упадет тело, брошенное горизонтально, через $t = \sqrt{\dfrac{2H}{g}} = \sqrt{6} = 2,45\,c$, на расстоянии $S = V \cdot t = 10\sqrt{6}\,м$ по горизонтали от места бросания. Второе тело упадет через $30 + 10t - \dfrac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow t = 1 + \sqrt{7} \approx 3,46\,c$ секунд.

$S(2) = V\sqrt{2} \cdot t = 20\sqrt{2} \approx 28,2$ м.

$$y(3) = 30 + Vt - \frac{gt^2}{2} = 30 + 30 - 45 = 15\,м.$$

$$S(3) = \sqrt{y(3)^2 + S^2} = \sqrt{225 + 600} \approx 28,7\,м$$

$$S(4) = 10\sqrt{6} = 24,5\,м$$

Ответ: $S(2) = V\sqrt{2} \cdot t = 20\sqrt{2} \approx 28,2$ м.

$$S(3) = \sqrt{y(3)^2 + S^2} = \sqrt{225 + 600} \approx 28,7\,м.$$

$$S(4) = 10\sqrt{6} = 24,5\,м$$

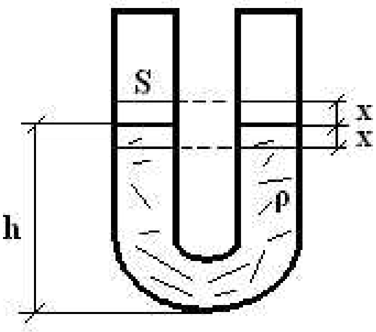
Критерии оценки.

Понимание физической ситуации	4 балла
Определение расстояния через 2 секунды	2 балла
Определение расстояния через 3 секунды (один лежит)	2 балла
Определение расстояния через 4 секунды (оба лежат)	2 балла

Задача 2.

Условие. Найти период колебаний жидкости массой *m* и плотностью ° , помещенной в U-образную трубку. Высота жидкости в трубке *h*, площадь сечения трубки *S*.

Возможное решение.



Величина силы давления неуравновешенного столба жидкости равна

$$F = pS = 2°gxS,$$

где p – давление, создаваемое столбом жидкости высотой x.

Поскольку направление силы давления неуравновешенного столба жидкости противоположно смещению, то

$$-2°gxS = mà = mx''.$$

$$x'' + \frac{2°gS}{m}x = 0.$$

Откуда квадрат циклической частоты равен

$$µ^2 = \frac{2°gS}{m}.$$

Период колебаний равен

$$T = \frac{2®}{µ} = 2®\sqrt{\frac{m}{2°gS}}.$$

Ответ $T = \frac{2®}{µ} = 2®\sqrt{\frac{m}{2°gS}}$

Критерии оценки.

Сила давления	2 балла
Уравнение колебаний	3 балла
Циклическая частота	2 балла
Расчетная формула	3 балла

Задача 3.

В цилиндре под поршнем находится влажный воздух. При изотермическом сжатии объем цилиндра уменьшается в ~ = 4 раза, при этом давление под поршнем увеличивается только в ¥ =3 раза. В начальном состоянии парциальное давление сухого воздуха в   =3/2 раза больше парциального давления водяного пара. Определить относительную влажность воздуха в начальном состоянии. Какая часть первоначальной массы пара сконденсировалась? Объемом образовавшейся воды в сосуде пренебречь.

Возможное решение.

Относительная влажность $¦ = \frac{P_1^П}{P_Н^П}100\%$

Так как при изотермическом сжатии $P_1V_1 < P_2V_2$, то пар становится насыщенный и часть его конденсируется. $P_Н^П = P_2^П \Rightarrow ¦ = \frac{P_1^П}{P_2^П}100\%$

Количество сухого воздуха при изотермическом сжатии не изменялось, поэтому для него $P_1^B V_1 = P_2^B V_2 \Rightarrow P_2^B = \frac{P_1^B V_1}{V_2} = \sim P_1^B$

Но, по условию, $P_1^B = \quad P_1^П$. Тогда $P_2^B = \sim P_1^B = \sim \quad P_1^П$.

Давление смеси после сжатия увеличилось в ¥ раз.

$$P_2 = P_2^П + P_2^B = ¥(P_1^П + P_1^B)$$

$$P_2^П = ¥(P_1^П + P_1^B) - P_2^B = ¥(P_1^П + \quad P_1^П) - \sim \quad P_1^П = \left(¥ + ¥ \quad - \sim \quad\right)P_1^П$$

$$¦ = \frac{P_1^П}{P_Н^П}100\% = \frac{P_1^П}{P_2^П}100\% = \frac{1}{\left(¥ + ¥ \quad - \sim \quad\right)}100\% = \frac{2}{3}100\% = 67\%$$

$$\frac{\Delta m}{m_1} = \frac{«\Delta ¬}{«¬_1} = \frac{\Delta ¬}{¬_1} = \frac{¬_1 - ¬_2}{¬_1} = 1 - \frac{¬_2}{¬_1},$$

Где $¬_1$ $и$ $¬_2$ начальное и конечное количество пара.

$$P_1^П V_1 = ¬_1 RT \qquad P_2^П V_2 = ¬_2 RT \qquad \frac{¬_2}{¬_1} = \frac{P_2^П V_2}{P_1^П V_1} = \frac{P_2^П}{\sim P_1^П}$$

$$\frac{P_2^П}{P_1^П} = \left(¥ + ¥ \quad - \sim \quad\right)$$

$$\frac{\Delta m}{m_1} = 1 - \frac{\neg_2}{\neg_1} = 1 - \frac{P_2^П}{\sim P_1^П} = 1 - \frac{\left(\yen + \yen \quad - \sim \quad\right)}{\sim} = \frac{\sim - \yen - \yen \quad + \sim}{\sim} =$$

$$= \frac{\sim\left(1+ \quad\right) - \yen\left(1+ \quad\right)}{\sim} = \frac{\left(\sim - \yen\right)\left(1+ \quad\right)}{\sim} = \frac{5}{8} = 62,5\%$$

Ответ: $¦ = 67\%,\ \frac{\Delta m}{m}$ ***= 62,5%***

Критерии оценки

Пар становится насыщенный, и часть его конденсируется 2 балла

Применимость газовых законов для сухого воздуха 2 балла

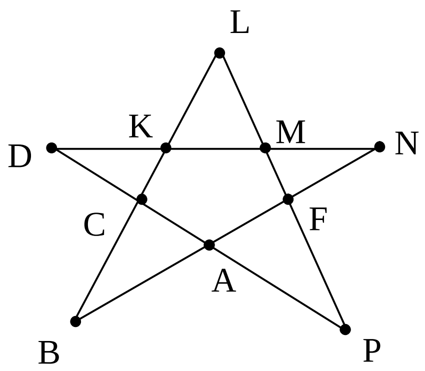
Соотношение $\frac{P_2^{ï}}{P_1^{ï}} = \left(\yen + \yen \quad - \sim \quad\right)$ 2 балла

Правильное применение законов для пара $\frac{\neg_2}{\neg_1} = \frac{P_2^П}{\sim P_1^П}$ 2 балла

Расчет доли сконденсировавшегося пара 2 балла

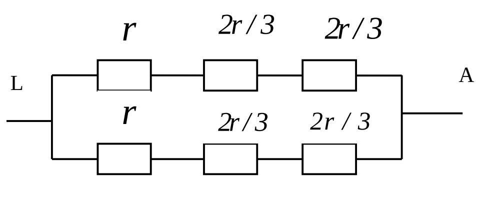
Задача 4

Проволочный контур в виде пятиконечной звезды включен в цепь постоянного тока напряжением 84 В между точками L и A. Определить токи, текущие через каждый из участков цепи (AB, BC, AC, CK и т. д.), если их сопротивления одинаковы и равны 6 Ом.



Возможное решение.

Схема симметрична относительно оси AL, поэтому потенциалы точек K и M одинаковы и ток через участок KM не течет. Его не учитываем при расчете общего сопротивления, эквивалентная схема приведена на рисунке,



а величина общего сопротивления $R = \frac{7}{6} r = 7\ Ом$.Ток в точке L 12A, через участки LK и LM по 6A, через KC, CA - 4A, KD и DC, CB и BA - 2A и т.д.

Ответ. $I_{LK} = I_{LM} = 6A,\ I_{KC} = I_{CF} = I_{MF} = I_{FA} = 4A,\ и$
$I_{KD} = I_{DC} = I_{CB} = I_{BA} = I_{MN} = I_{NF} = I_{FP} = I_{PA} = 2A$

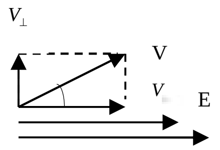
Критерии оценки.

Равенство потенциалов	2 балла
Симметрия схемы	2 балла
Эквивалентная схема	2 балла
Расчет полного сопротивления	2 балла
Расчет токов	2 балла

Задача 5

Электрон влетает в область пространства с однородными и одинаково направленными электрическим ($\vec{E}$) и магнитным ($\vec{B}$) полями, со скоростью $\vec{V}$ под острым углом $\sim$ к направлению полей. Определить, по какой траектории он будет двигаться, как долго он будет находиться в этой области пространства и сколько оборотов сделает электрон.

Возможное решение.



$V_{\perp} = V \sin\sim \qquad V_{\parallel} = V \cos\sim$

Сила Лоренца заставит электрон вращаться в В плоскости перпендикулярной вектору индукции магнитного поля по окружности радиусом

$$F_Л = ma_{цс} \qquad qV_{\perp}B = \frac{mV_{\perp}^2}{R} \qquad R = \frac{mV_{\perp}^2}{qV_{\perp}B} = \frac{mV_{\perp}}{qB},$$

с периодом $T = \frac{2®R}{V_{\perp}} = \frac{2®m}{qB}$.

Электрическая сила останавливает электрон

$$V = V_0 - at \quad V_0 = V_{\parallel} \qquad a = \frac{F_{ЭЛ}}{m} = \frac{qE}{m}$$

Для момента остановки $V = 0$

$$V_{\sqcup} - \frac{qE}{m} t_1 = 0 \qquad t_1 = \frac{V_{\sqcup} m}{qE} \quad t = 2t_1 \textit{ туда и обратно}$$

Число оборотов $N = \dfrac{2t}{T} = \dfrac{2V_{\sqcup} m qB}{qE\, 2\text{®}\, m} = \dfrac{V_{\sqcup} B}{\text{®}\, E} = \dfrac{VB\cos\sim}{\text{®}\, E}$

Ответ: Электрон будет двигаться туда до остановки по спирали с уменьшающимся шагом, затем обратно. Шаги спирали в обратном порядке относятся как ряд нечетных чисел

$$t = 2t_1 = \frac{2V_{\sqcup} m}{qE}$$

$$N = \frac{VB\cos\sim}{\text{®}\, E}$$

Критерии оценки.

Понимание характера движения в продольном и поперечном направлении	2 балла
Радиус спирали	2 балла
Период обращения	2 балла
Время движения	2 балла
Число оборотов	2 балла