Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
Свердловская область
2017-2018 учебный год
11 класс
Решения задач, рекомендации по проверке

Задача 1. Процесс

Определите наибольшее возможное давление одного моля идеального газа в процессе, происходящем по закону: $T = T_0(1 - V_0/V)$, где T_0 и V_0 – известные положительные постоянные, V – текущее значение объёма газа. В течение всего процесса $V > V_0$. При каком значении объема будет достигнуто максимальное давление?

Решение

Запишем уравнение состояния идеального газа, взятого в количестве 1 моль:

$$pV = RT.$$

где V – молярный объём газа. С учётом уравнения процесса (данного в условии), получим

$$pV = RT_0(1 - \frac{V_0}{V}).$$

Преобразуем уравнение к виду:

$$p = \frac{RT_0}{V_0}(\frac{V_0}{V} - \frac{V_0^2}{V^2}).$$

Если сделать замену переменных: $x = \frac{V_0}{V}$, то получим квадратное уравнение относительно x.

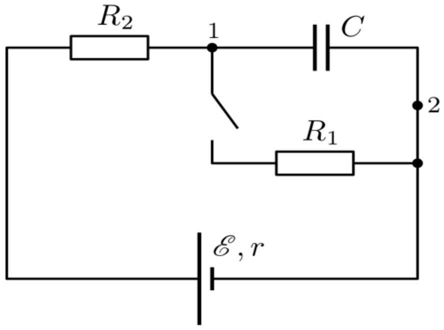
Вершине параболы соответствует значение $x=½$, или $V=2V_0$.

Максимальное давление:

$$p_{max} = \frac{RT_0}{4V_0}.$$

Критерий оценивания	**Значение**	**Балл**
Записано уравнение состояния идеального газа		1
Замена переменных, приводящая к квадратному уравнению, в явном или неявном виде	$x = \frac{V_0}{V}$ или $x = \frac{1}{V}$ или другая	3
Найден объём, при котором достигается максимальное давление	$x=½$ или $V=2V_0$	3
Найдено максимальное давление	$p_{max} = \frac{RT_0}{4V_0}$	3

Задача 2. Ключ



Насколько изменится напряжение на конденсаторе в цепи, показанной на рисунке, при замыкании ключа? Какой заряд пройдёт через точку 2 при этом?

Решение

При разомкнутом ключе в финале зарядки конденсатора ток через него и в схеме в целом равен 0, следовательно, на нём устанавливается напряжение источника ЭДС $\mathcal{E}$. Его заряд при этом будет равен: $q_1 = C\mathcal{E}$.

При замыкании ключа, если мысленно исключить из схемы конденсатор, то разность потенциалов между точками 1 и 2 будут определять резисторы R_1, R_2, r.

Ток через делитель:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1+R_2+r},$$

тогда:

$U_{12} = R_1 I = \mathcal{E}\frac{R_1}{R_1+R_2+r}.$

Т.к. $U_{12} < \mathcal{E}$, то конденсатор будет разряжаться до напряжения U_{12} и конечного остаточного заряда:

$q_2 = CU_{12}$

Следовательно, напряжение на его обкладках изменится на:

$\Delta U = \mathcal{E} - U_{12} = \mathcal{E}(1 - \frac{R_1}{R_1+R_2+r}).$

При этом его заряд изменится на

$\Delta q = C\Delta U = C\mathcal{E}(1 - \frac{R_1}{R_1+R_2+r}).$

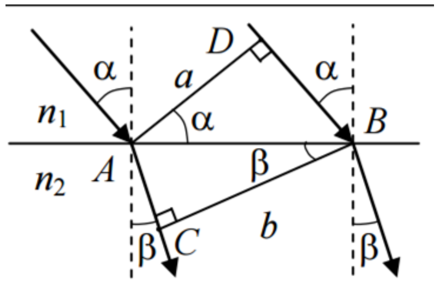
Разряд конденсатора будет происходить на R_1 и характеризуется током разряда, протекающим как раз через точку 2. Следовательно, весь Δq пройдёт через точку 2.

Критерий оценивания	**Балл**
Определён начальный потенциал на конденсаторе $\mathcal{E}$	2
Определён конечный потенциал на конденсаторе $U_{12} = \mathcal{E}\frac{R_1}{R_1+R_2+r}$	3
Определено изменение заряда $\Delta q = C\mathcal{E}(1 - \frac{R_1}{R_1+R_2+r})$	3
Показано, что ушедший из C заряд Δq – искомый для точки 2	2

Задача 3. Луч

Лазерный луч падает из воздуха на толстую стеклянную пластину под углом 60° и, преломляясь, переходит в стекло. Ширина пучка в воздухе 10 см. Определите ширину пучка в стекле. Показатель преломления стекла 1,51.

Решение



Для решения задачи необходимо выполнить рисунок. Для падающего и преломленного лучей запишем закон преломления.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_2.$$

Отсюда определим угол преломления β.

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n_2} = \frac{\sin 60°}{1.51} \approx 0.574.$$

$$\sin\beta = \arcsin 0.574 \approx 35°.$$

Из рисунка видно, что прямоугольные треугольники ABC и ABD имеют общую гипотенузу AB.

$$AB = \frac{a}{\cos\alpha};\, AB = \frac{b}{\cos\beta}.$$

Приравнивая правые части уравнений, получим

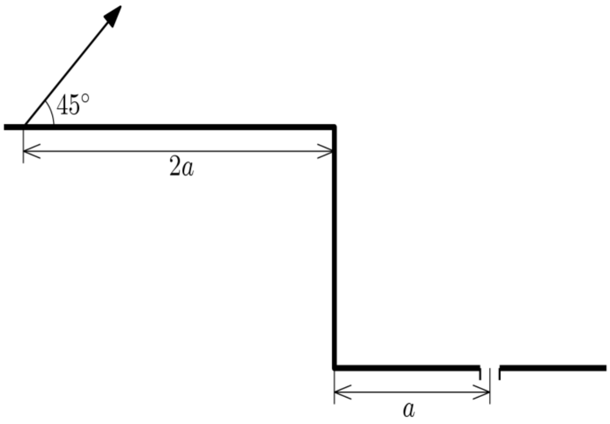
$$\frac{a}{\cos\alpha} = \frac{b}{\cos\beta}.$$

отсюда ширина пучка b в стекле будет равна

$$b = \frac{a\cos\beta}{\cos\alpha} = \frac{0.1\cos 35°}{\cos 60°} = 0.16 \text{ м}.$$

Критерий оценивания	**Значение**	**Балл**
Записан закон преломления		2
Сделан верный рисунок		4
Рассчитана ширина пучка	0.16 м	4

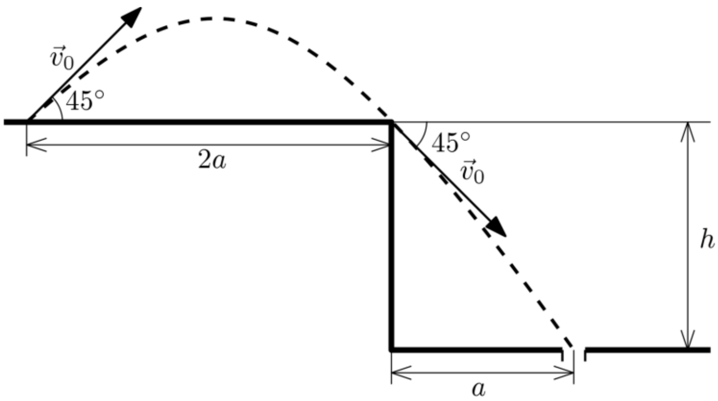
Задача 4. Гольф



Тайгер Вудс стоит на расстоянии $2a$ от края обрыва и хочет загнать мяч в лунку на дне (см. рис.). Ближайшая лунка, в которую он ещё может попасть, находится на расстоянии a от основания обрыва, при этом Тайгер решил направлять мяч ровно под углом 45° к горизонту. Определите по этим данным требуемую начальную скорость мяча, высоту обрыва и время, которое мяч проведёт в полёте. Сопротивлением воздуха он пренебрегает, мяч принимает за материальную точку.

Решение

Выпущенный гольфистом мяч полетит по параболической траектории, причём, чтобы мяч мог попасть в ближайшую к основанию обрыва лунку, траектория должна «касаться» обрыва, как показана на рисунке:



Дальность полёта мяча до обрыва, согласно известной кинематической формуле, равна

$$S = \frac{{v_0}^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{{v_0}^2 \sin 90°}{g} = \frac{{v_0}^2}{g}.$$

Отсюда можно найти начальную скорость

$v_0 = \sqrt{2ag}$

Движение мяча вдоль горизонтальной оси является равномерным, с постоянной составляющей скорости $v_0 \cos\alpha$. Поэтому полное время движения мяча можно найти как:

$$t = \frac{3a}{v_0 \cos\alpha} = \frac{3a}{\sqrt{2ag}\cos 45°} = 3\sqrt{\frac{a}{g}}.$$

При этом время спуска мяча после обрыва:

$$t_1 = a/(v_0 \cos\alpha) = t/3 = \sqrt{\frac{a}{g}}.$$

Используем полученное значение, чтобы найти высоту обрыва.

После того, как мяч достигнет обрыва, его скорость, в силу симметрии задачи, будет равна v_0 и направлена под углом 45° к горизонту. Высоту обрыва можно определить, рассматривая вертикальную составляющую движения мяча:

$$h = (v_0 \sin\alpha) \cdot t_1 + \frac{g{t_1}^2}{2} = \sqrt{2\text{ag}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{\frac{a}{g}} + \frac{g}{2}\left(\sqrt{\frac{a}{g}}\right)^2 = a + \frac{a}{2} = \frac{3}{2}a.$$

Критерий оценивания	**Балл**
Указана траектория полёта мяча, при этом указано, что траектория касается обрыва	1
Найдена начальная скорость мяча $v_0 = \sqrt{2ag}$	3
Найдено полное время полёта $t = 3\sqrt{\frac{a}{g}}$	3
Найдена высота обрыва $\frac{3}{2}a$.	3

Задача 5Э. Затухающие колебания.

Декремент затухания для колебаний можно ввести как:

$$\lambda = \ln \frac{x_n}{x_{n+1}},$$

где x_nи x_{n+1} – амплитуды двух последовательных колебаний.

Коэффициент затухания можно определить по следующей формуле:

$$\beta = \frac{\lambda}{T},$$

где λ – декремент затухания, T – период колебания.

Изучите затухание колебаний математического маятника. Определите декремент и коэффициент затухания колебаний маятника. Постройте график изменения амплитуды колебания маятника от времени.

<u>Проведите два эксперимента при разных длинах маятника.</u>

Оборудование: нить, груз, 2 линейки, канцелярский зажим, лист миллиметровой бумаги.

Решение

Собираем математический маятник произвольной длины. Период колебания находим по формуле, измерив длину маятника.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Далее проводим эксперимент, запускаем маятник с малым углом отклонения, линейкой измеряем амплитуду каждого колебания. Зная время одного колебания, можно построить график зависимости амплитуды уже не от номера колебания, а от времени. По указанным в задании формулам рассчитываем декремент и коэффициент затухания.

Осталось повторить эксперимент с разными длинами подвеса маятника.

Критерий оценивания	**Балл**
Оговорено условие соблюдения именно малых колебаний, так как только они будут изохронны при затухании.	1
Рассчитан период колебания маятника.	1
Учтена не только длина нити, но и геометрические размеры груза (длина измерена до центра масс груза)	1
Для одной длины маятника проведено 1 измерение	0
Для одной длины маятника проведено 2 измерения	1
Для одной длины маятника проведено 3 и более измерений	3
Построен график в координатах A(t) (амплитуда от времени)	1
Оценка погрешности измерения (отмечена на графике)	2
Проведены все два эксперимента с маятниками различной длины.	2
Определен декремент затухания колебаний	2
Определен коэффициент затухания колебаний	2