Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

10–11 классы, 2015 год

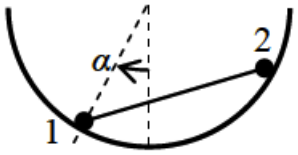
Билет 3 (Челябинск)

Каждое из четырёх заданий содержит вопрос (5 баллов) и задачу (20 баллов). Для получения диплома нужно было набрать от 74 баллов.

Задание 1

Вопрос. При выполнении каких условий твёрдое тело может находиться в состоянии покоя под действием трёх сил, линии действия которых не параллельны?

Задача. «Гантель» из лёгкого жёсткого стержня и двух массивных маленьких шариков одинакового радиуса положили в гладкую полусферическую «ямку». Длина стержня в $\sqrt{2}$ раз больше радиуса ямки. Оказалось, что гантель находится в равновесии, если радиус, проведённый к первому шарику, составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикалью. Найти отношение масс шариков.



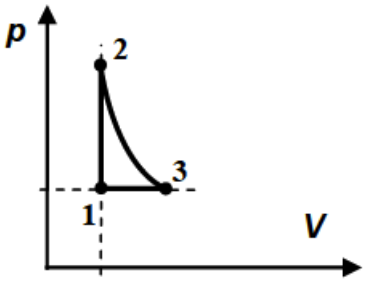
$\frac{m_1}{m_2} = \operatorname{ctg}\alpha = \sqrt{3}$

Задание 2

Вопрос. Диаграмма процесса с идеальным газом пересекает биссектрису координатного квадранта pV под углом 75° к этой биссектрисе, как показано на рисунке. Получает или отдаёт газ тепло в этом процессе в окрестности этой точки?

Отдаёт

Задача. На рисунке представлена pV-диаграмма процесса над идеальным одноатомным газом, некоторое количество которого является рабочим телом тепловой машины. В этом цикле расширение газа происходит адиабатически. Давление газа в точке 2 на $n\%$ больше его давления в точке 1, а объём в точке 3 — на $k\%$ больше объёма в точке 1. Известно, что n и k связаны соотношением $n/k = 8/3$. Найти КПД цикла.



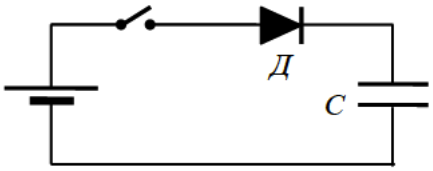
$\eta = 1 - \frac{5k}{3n} = 0{,}375$

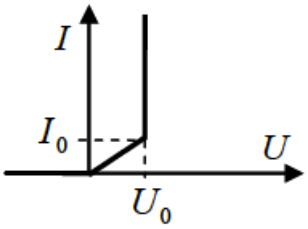
Задание 3

Вопрос. Чему равен КПД зарядки разряженного конденсатора от аккумулятора? Как изменится этот КПД, если конденсатор уже был предварительно заряжен?

50%; увеличится или уменьшится в зависимости от полярности начального заряда

Задача. В схеме, показанной на рисунке сверху, диод $Д$ не является идеальным — его вольтамперная характеристика показана на рисунке снизу. Перед сборкой схемы конденсатор ёмкости $C = 20$ мкФ был разряжен. После замыкания ключа он заряжается от источника с ЭДС $\mathscr{E} = 24$ В. Какое количество тепла выделится в схеме в процессе зарядки? Какая часть этого тепла (в процентах) выделится в диоде? Пороговое напряжение диода U_0 в $n = 10$ раз меньше ЭДС источника, величина I_0 в $k = 5$ раз меньше тока короткого замыкания источника.





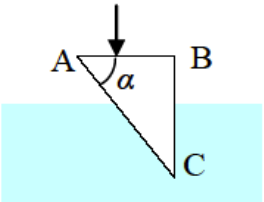
$Q = \frac{C\mathscr{E}^2}{2} = 5{,}76$ мДж; $\frac{Q_Д}{Q} = \frac{2nk-n-k}{n^2k} = 17\%$

Задание 4

Вопрос. Луч света падает из воздуха на поверхность пластины под углом 30°. Пластина склеена из тонких слоёв с разными показателями преломления (все поверхности слоёв параллельны друг другу). Можно ли подобрать слои так, чтобы луч испытал в пластине полное внутреннее отражение? Ответ поясните.

Нет

Задача. Прямоугольный клин из оптического стекла с показателем преломления $n_1 = 1{,}7$ помещён в глицерин ($n_2 = 1{,}47$), как показано на рисунке. При каких значениях угла α луч света, падающий перпендикулярно грани AB, выйдет в глицерин из грани AC?



$\alpha < \arcsin\frac{n_2}{n_1} \approx 59{,}8^\circ$