

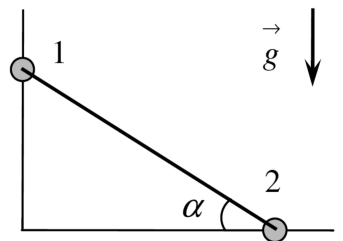
Олимпиада «Курчатов» по физике

11 класс, 2020 год

1. Пусть имеется пушка на поверхности земли, которая может выпускать снаряд со скоростью v_0 под любым углом к горизонту. Определите границу «простреливаемой» области: получите уравнение кривой, которая разделяет вертикальную плоскость на точки, достижимые для попадания снарядом, и на те, в которые снаряд не попадёт ни в каком случае. Ускорение свободного падения равно g , сопротивлением воздуха пренебречь.

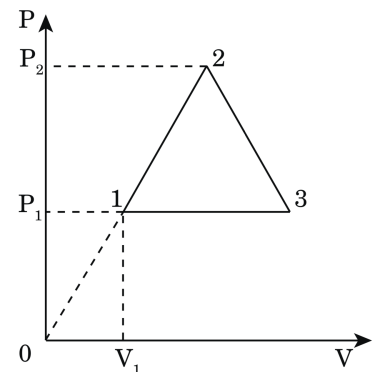
$$\frac{g^2 x^2}{4v_0^2} - gx - \frac{g^2 z}{4v_0^2} = (x)h$$

2. Из тонкой проволоки согнут прямой угол, неподвижно закреплённый так, что одна из его сторон вертикальна. По сторонам угла могут скользить без трения маленькие бусинки 1 и 2 одинаковой массы. Бусинки соединены жёстким невесомым стержнем длины $L = 0,75$ м. При движении стержень может свободно поворачиваться вокруг точек крепления к бусинкам. В начальном положении бусинки неподвижны, стержень наклонён к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$. Стержень с бусинками отпускают без толчка. Найдите максимальную скорость V , до которой разгонится бусинка 2 при движении бусинки 1 вниз. Бусинки считайте материальными точками. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ выразите в м/с и округлите до сотых.



$$v = \frac{g}{\sqrt{g}} \left(\frac{L}{\sqrt{3}} \right) \sqrt{2} = L$$

3. Одноатомный идеальный газ работает по циклу 1–2–3–1, имеющему вид равнобедренного треугольника на диаграмме $P - V$. Известно, что процесс 1–2 лежит на прямой, проходящей через начало координат. Отношение максимального давления в цикле к минимальному $P_2/P_1 = 2$. Найдите работу, совершаемую газом за один цикл, считая известными давление и объём в точке 1. Найдите КПД тепловой машины, работающей по указанному циклу.

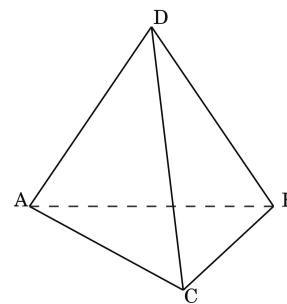


$$A = P_1 V_1 \left(\frac{1}{2} \right) \approx 15,4\%$$

4. Штирлиц получает секретные задания от радистки Кэт по обычному радиоприёмнику, настроенному на частоту 100 МГц. Радиоприёмник содержит в себе колебательный контур, резонансная частота которого соответствует частоте радиосигнала. Для того, чтобы ловить сигнал от разных радиостанций, в колебательном контуре меняют площадь перекрытия обкладок конденсатора S , тем самым меняя его ёмкость C , а индуктивность катушки L остаётся неизменной. Известно, что катушка индуктивности имеет $N = 100$ витков, радио ловит частоту 100 МГц при $S = 100$ см². В один момент из-за плохой изоляции в катушке замкнулись два соседних витка. На какое значение на шкале частот Штирлицу нужно будет настроить радиоприёмник, чтобы услышать сообщение радистки Кэт? Как при этом изменится значение S ?

$$f_{\text{нов}} = \frac{1-N}{S^2} \approx \left(1 - \frac{2(1-N)}{2N} \right) S = S \cdot \frac{1-N}{1-N} = S$$

5. В тетраэдре $ABCD$ каждое ребро представляет собой последовательно соединённые резистор и ЭДС с произвольными значениями R_i и ε_i соответственно, где i — номер ребра, например, 1 для ребра AB , 2 — для ребра BC и т.д. В ребро AB последовательно подсоединили ключ K , а в ребро CD — идеальный амперметр. При каких условиях на R_i для любых значений ε_i замыкание и размыкание ключа K не приведут к изменениям показаний амперметра?



$$\boxed{\frac{\varepsilon_1}{R_1} = \frac{\varepsilon_2}{R_2}}$$

6. Экран современного мобильного телефона может служить отражательной дифракционной решеткой. Если посмотреть на изображение удаленного точечного источника света, отраженное от выключенного экрана телефона, можно увидеть дифракционную картину (попробуйте провести данный опыт по окончании олимпиады). Возьмем технические характеристики одной популярной модели: диагональ экрана $D = 5,5$ дюймов, разрешение 1920 на 1080 пикселей. Определите период дифракционной решетки, соответствующей данному экрану, считая, что пиксели имеют квадратную форму. Определите угловое расстояние между максимумами первого порядка для красного света (длина волны $\lambda_1 = 650$ нм) и синего ($\lambda_2 = 450$ нм). Угол отсчитывается от нормали к поверхности экрана.

$$\boxed{\frac{\theta \sin p}{\varepsilon \gamma - 1 \gamma} \approx \theta \nabla}$$