

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ  
ВАРИАНТ 27091 для 9-го класса

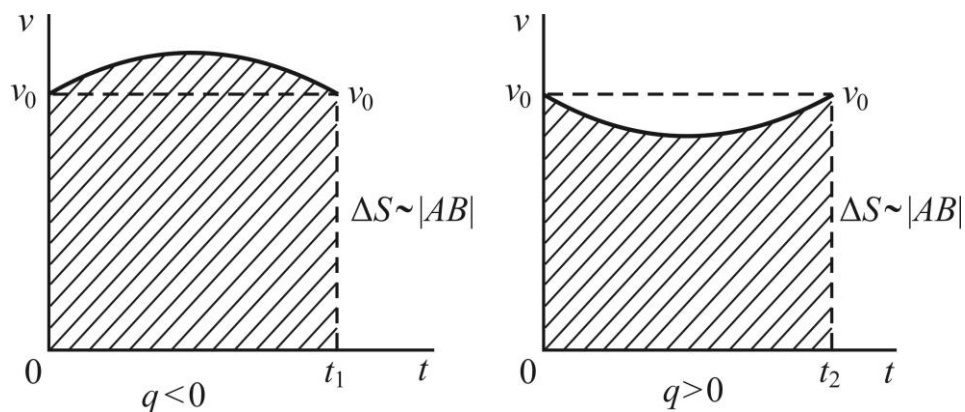
1. Каждый год в НИУ МЭИ проходит «Ночь техники», на которую приезжают старшеклассники. В этом году в учебной лаборатории кафедры физики они наблюдали траекторию движения электронного пучка в электровакуумном приборе под действием электрического и магнитного полей. Школьники поняли, что действие электрического поля приводит к изменению скорости заряженной частицы. После опытов преподаватель предложил им решить следующую задачу: «Тонкое закреплённое металлическое кольцо радиусом  $R$  заряжено положительным зарядом. На оси кольца на одинаковых расстояниях  $R$  от плоскости кольца располагаются точки  $A$  и  $B$ . Из точки  $A$  в точку  $B$  начинает двигаться со скоростью  $v_A$  отрицательно заряженная частица. Как изменится время движения частицы из точки  $A$  в точку  $B$ , если заряд частицы изменить на противоположный?» Ответьте на вопрос задачи и объясните ответ.

**Решение.**

Поскольку заряд кольца положительный, то отрицательно заряженная частица на этапе  $AO$  ускоряется и в центре кольца её скорость становится больше начальной, а потом начинает убывать. Примерный график зависимости пути от времени приведен на рисунке.

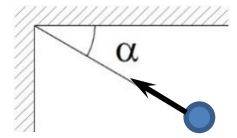
Для положительно заряженной частицы ситуация обратная.

Поскольку площади под кривыми должны быть одинаковы и равны пути, пройденному частицей, то очевидно, что время движения первой частицы меньше времени движения второй.



Если заряд кольца  $Q > 0$ , то  $t_1 < t_2$ .

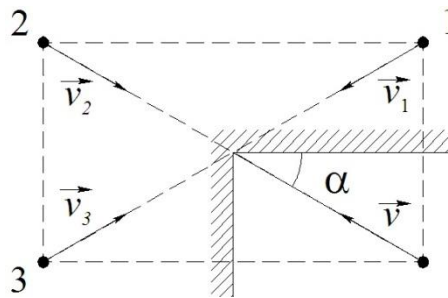
2. Два плоских зеркала, расположенных вертикально, образуют прямой угол. Муха летит горизонтально так, что ее скорость  $v$  направлена в ребро угла и образует угол  $\alpha = 30^\circ$  с одним из зеркал. Сколько своих отражений видит муха и с какими скоростями относительно неё они движутся?



**Решение.**

На рисунке показаны изображения мухи и скорости изображений. Нетрудно увидеть, что навстречу мухе движутся три её изображения со скоростями:

$$v_1 = 2v \sin \alpha = v; \quad v_2 = 2v; \quad v_3 = 2v \cos \alpha = \sqrt{3}v.$$



3. На какую максимальную высоту можно с помощью тепловой машины поднять груз массой 10 кг, если охладить его на  $\Delta T = 0,1$  К и использовать отданное им тепло для нагревания рабочего тела этой машины? Количество теплоты, отданное рабочим телом машины окружающей среде, составляет  $\frac{3}{4}$  от количества теплоты, полученного им от нагревателя. Теплоемкость груза  $C = 4000 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ .

**Решение.**

Тепловая машина получит количество тепла

$$Q = C\Delta T.$$

Максимальную механическую работу тепловой машины найдем, умножив  $Q$  на коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{1}{Q} \left( Q - \frac{3}{4}Q \right) = \frac{1}{4}.$$

В результате получим

$$A = \frac{1}{4}Q = \frac{1}{4}C\Delta T = mgh,$$

то есть

$$h = \frac{c\Delta T}{4mg} = 1 \text{ метр}.$$

4. Два мячика брошены из одной точки так, что их импульсы  $\vec{p}_1$  и  $\vec{p}_2$  перпендикулярны друг другу. В некоторый момент времени импульс первого мячика становится равным  $\vec{p}'_1 = -\vec{p}_1$ , а модуль импульса второго становится равным  $p'_2 = 5p_1$ . Определите отношение модулей начальных импульсов, если масса второго мячика в два раза больше массы первого. Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

**Решение:**

Из условия понятно, что первый мячик брошен вертикально вверх, а второй – горизонтально. В течение одинакового времени на оба мячика действовала сила тяжести.

Из закона изменения импульса  $\overline{\Delta P}_i = m_i \vec{g} \Delta t$  следует, что

поскольку  $|\Delta P_2| = 2|\Delta P_1| = 4P_1$ , то  $P_2' = 5P_1 = \sqrt{16P_1^2 + P_2^2}$ .

Получаем, что  $P_2 = 3P_1$

Ответ: 3.

5. Дядюшка Поджер (персонаж юмористической повести Дж. К. Джерома «Трое в лодке, не считая собаки») забил гвоздь в стену и собрался вешать картину. У него есть моток прекрасного шелкового шнура, кусок которого он закрепил в специальных защелках в двух верхних углах картины и накинул шнурок на гвоздь. Однако картина никак не желала висеть ровно – она постоянно сползала то в одну, то в другую сторону. Очевидно трение между шнурком и гвоздем было слишком мало. Определите, какой длины должен быть шнурок, чтобы дядюшка Поджер смог всё же ровно подвесить прямоугольную картину с размерами  $a = 3$  фута по горизонтали и  $b = 2$  фута по вертикали, если полностью пренебречь трением между шнурком и гвоздем. Считать также, что защелки в углах картины не требуют дополнительной длины шнура для его фиксации, а их массой, как и массой самого шнура, можно пренебречь.

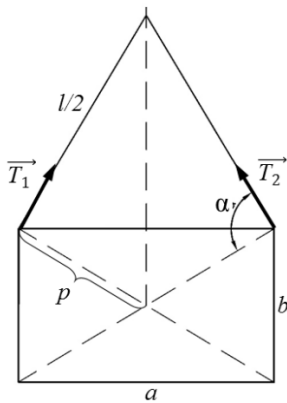


Рис.1

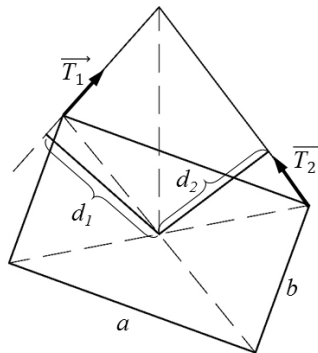


Рис. 2

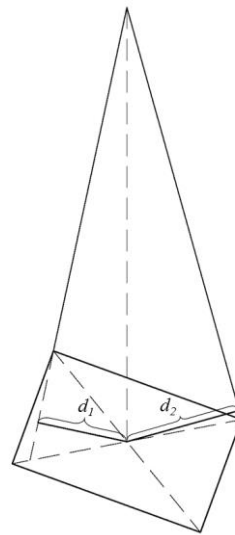


Рис. 3

Рис.1 картина находится в равновесии – моменты сил натяжения нити равны, т.к.  $T_1 = T_2$  и  $d_1 = d_2$ .

Рис.2, 3 картину вывели из положения равновесия, повернув вправо. Положение равновесия устойчивое если момент силы  $T_2$  больше момента силы  $T_1$ .  $T_1 = T_2$ , следовательно  $d_2 > d_1$  и неустойчивое если  $d_2 < d_1$ .

$d_2 > d_1$  если угол  $\alpha > 90^\circ$  (Рис.3),

$d_2 < d_1$  если угол  $\alpha < 90^\circ$  (Рис.2)

Рассмотрим крайний случай  $\alpha = 90^\circ$  (рис.1)

Из подобия треугольников получаем:

$$\frac{b}{2p} = \frac{a/2}{l/2}, \quad l_{кр} = \frac{2ap}{b} = \frac{a}{b} \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ответ: Устойчивое равновесие если  $l \geq \frac{a}{b} \sqrt{a^2 + b^2} = 5,4$  фута.