Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап. Очная форма.

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
ВАРИАНТ **27081** для 8-го класса

1. Каждый год в НИУ МЭИ проходит «Ночь техники», на которую приезжают школьники. Они посещают научные и учебные лаборатории и смотрят различные опыты. Один из опытов в лаборатории кафедры физики проводили следующим образом. Сначала на электронных весах взвесили оболочку воздушного шарика, а затем его надули и взвесили снова. Что произошло с показаниями весов? Объясните ответ.

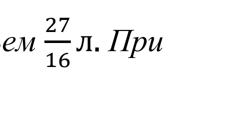
Решение.
1 случай. *На весах взвешивают оболочку воздушного шарика. Очевидно, что показания весов определяются силой тяжести, действующей на оболочку* $m_{\text{об}}g$ *, а силой Архимеда (в данном случае) можно пренебречь.*
2 случай. *Шарик надули воздухом. Показания весов определяются результирующей трех сил:* $m_{\text{об}}g + m_{\text{воздуха}}g$ - $F_{\text{арх}}$ *,где* $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{воздуха}}gV_{\text{шарика}}$*.Очевидно, что поскольку оболочка тонкая, а давление внутри шарика не может существенно превышать атмосферное, то показания весов не изменяются.*

Ответ: Показания весов не изменяются, если шарик накачали воздухом.

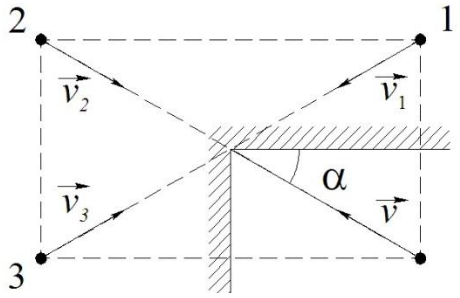
2. Для проведения физических опытов одноклассникам Пете и Кате была нужна вода с температурой в интервале от $70^\circ C$ до $80^\circ C$. Они взяли сосуд объёмом 2 литра и налили туда треть литра воды при температуре $80^\circ C.$ Когда вода остыла до $70^\circ C,$ Петя добавил к ней кипящей воды так, чтобы температура воды в сосуде вновь стала равна $80^\circ C.$ Так он поступал несколько раз, пока это позволял объем сосуда. На какую часть своего объема оказался в конце концов заполнен сосуд?

Решение.
Уравнение теплового баланса для процесса, описанного в условии задачи, имеет вид
$mt_1 + Mt_2 = (m + M)t_3,$
где $m -$ *масса воды, охлажденной до* $t_1 = 70$°C; $M -$ *масса доливаемой воды при температуре* $t_2 = 100$°C; $t_3 = 80$°C. *Из уравнения теплового баланса находим*
$M = \dfrac{1}{2}m.$
Объемы воды в сосуде принимают последовательность значений
$\frac{1}{3}$л; $\frac{1}{2}$л; $\frac{3}{4}$л; $\frac{9}{8}$л; $\frac{27}{16}$л; $\frac{81}{32}$л…
Таким образом, после <u>*четырех*</u> *доливаний вода в сосуде будет занимать объем* $\frac{27}{16}$ **л.** *При этом сосуд наполнен на* $\frac{27}{2\cdot 16} = \frac{27}{32} \approx 84$ %.

3. 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 двигаются три её изображения со скоростями:
$v_1 = 2v\,sin\,\alpha = v;\quad v_2 = 2v\,;\qquad v_3 = 2v\,cos\,\alpha = \sqrt{3}\,v.$



4. Петя сделал модель корабля и стал испытывать её в цилиндрической бочке. К Пете подошла его младшая сестра Лена, посадила на корабль в качестве «пассажира» своего резинового ёжика и стала играть. Петя заметил, что при плавании корабля с ёжиком уровень воды в бочке выше на 1 см того уровня воды, который был в бочке изначально (без корабля и без ёжика). В результате неосторожности при игре корабль перевернулся и пошёл ко дну, при этом ёжик остался на плаву. Петя заметил, что уровень воды в бочке при этом понизился на 3 мм. Попробуйте рассчитать отношение средней плотности материала модели корабля к плотности воды, если масса корабля в n = 3/2 раза больше массы ёжика.

Решение.

m – масса ёжика

x_1 = 10 мм – повышение уровня воды из-за корабля и ёжика по отношению к уровню пустой бочки

$\rho=k\rho_в$ – средняя плотность материала модели корабля

x_2 – повышение уровня воды после падения ёжика и утопления корабля по отношению к уровню пустой бочки

$x = x_1 – x_2$ = 3 мм – понижение уровня воды в бочке после падения ёжика и утопления корабля

$$\begin{cases} nm + m = \rho_в S x_1 \\ \rho_в \dfrac{nm}{k\rho_в} + m = \rho_в S x_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} nm + m = \rho_в S x_1 \\ \dfrac{nm}{k} + m = \rho_в S x_2 \end{cases}$$

$$\frac{k(n+1)}{n+k} = \frac{x_1}{x_2}$$

$$k(n+1)x_2 = (n+k)x_1$$

$$k[(n+1)x_2 - x_1] = nx_1$$

$$k = \frac{nx_1}{(n+1)x_2 - x_1} = \frac{nx_1}{(n+1)(x_1 - x) - x_1} = \frac{1{,}5 \cdot 10}{2{,}5 \cdot 7 - 10} = 2$$

5. Дядюшка Поджер (рассказ Дж. К. Джерома) 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 шнурка для его фиксации, а их массой, как и массой самого шнурка, можно пренебречь.

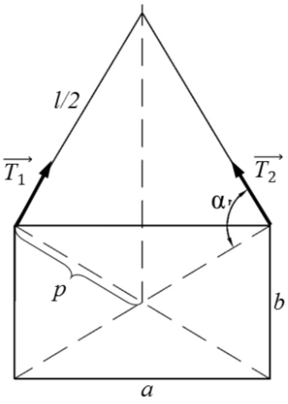


Рис.1

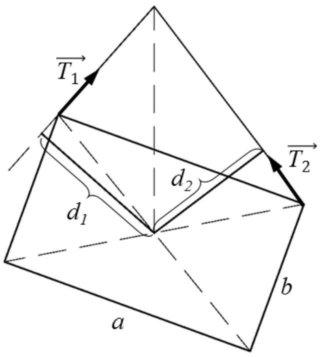


Рис. 2

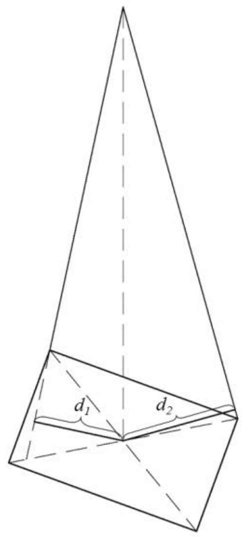


Рис. 3

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 $l \ge \dfrac{a}{b}\sqrt{a^2+b^2}$ =5,4 фута.