

**Решение экспериментального тура областного этапа РО по физике  
(2023-2024 учебный год)  
10 класс, 2 тур, 10 баллов**

**Исследование всплывания цилиндра**

Приборы и принадлежности могут различаться в регионах, в связи с этим и результаты могут быть разными. Достоверность полученных результатов определяют местные жюри.

1. В посуду в виде прозрачного параллелепипеда приклеить полоску из миллиметровой бумаги.
2. С помощью миллиметровой бумаги измеряем параметры цилиндра и емкости.
3. Цилиндр нужно поместить в эту емкость.
4. Используя три жидкости: сахарный сироп, соленую воду и кефир будем исследовать всплывание цилиндра из жидкости (полного всплывания или частичного). **[4 балла]**
5. Определяем минимальную работу, необходимую, чтобы цилиндр всплыл из жидкости. **[6 балла]**

**Если цилиндр всплывает:** Минимальную работу в данном случае легко подсчитать как изменение потенциальной энергии системы.

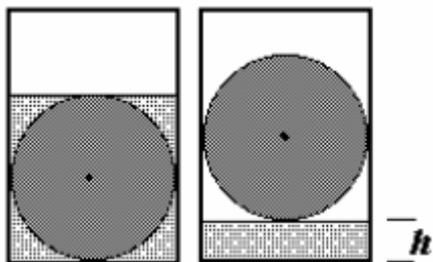
$A = \Delta U = \Delta U_1 - \Delta U_2$ <b>[1 балл]</b>	(1)
--	-----

Объем жидкости в сосуде

$V = 4R^2L - \pi R^2L$ <b>[0,5 балла]</b>	(2)
---	-----

где  $R$  – радиус цилиндра,  $L$  – длина цилиндра.

После того как цилиндр всплывет из жидкости, дно сосуда заполнится слоем толщиной  $h$



Следовательно, на такую же высоту необходимо поднять цилиндр. Изменение потенциальной энергии при этом

$\Delta U_1 = mgh = \pi R^3 L \rho_{\text{ж}} g \left( 2 - \frac{\pi}{2} \right)$ <b>[2 балла]</b>	(3)
--	-----

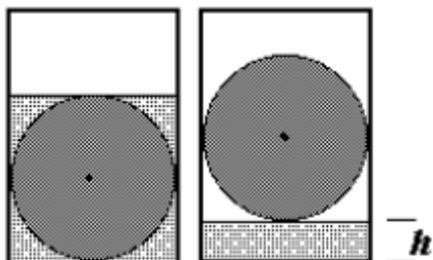
Потенциальная энергия воды уменьшится на величину

$\Delta U_2 = (4 - \pi) R^2 L \rho_{\text{ж}} g \left( R - \frac{h}{2} \right)$ <b>[2 балла]</b>	(4)
--	-----

При записи данного соотношения учтено, что первоначально центр тяжести жидкости находился на высоте  $R$ , а затем оказался на высоте  $\frac{h}{2}$ . Таким образом, полное изменение энергии (следовательно, и необходимая работа) рассчитывается по формуле

$A = \Delta U = \Delta U_1 - \Delta U_2 = mgh - (4 - \pi)R^2 L \rho_{ж} g \left( R - \frac{h}{2} \right)$ [0,5 балла]	(5)
---	-----

**Если цилиндр не всплывает:** Если вы заливаете жидкость в сосуд с цилиндром как показано на рисунке, минимальная работа в данном случае:



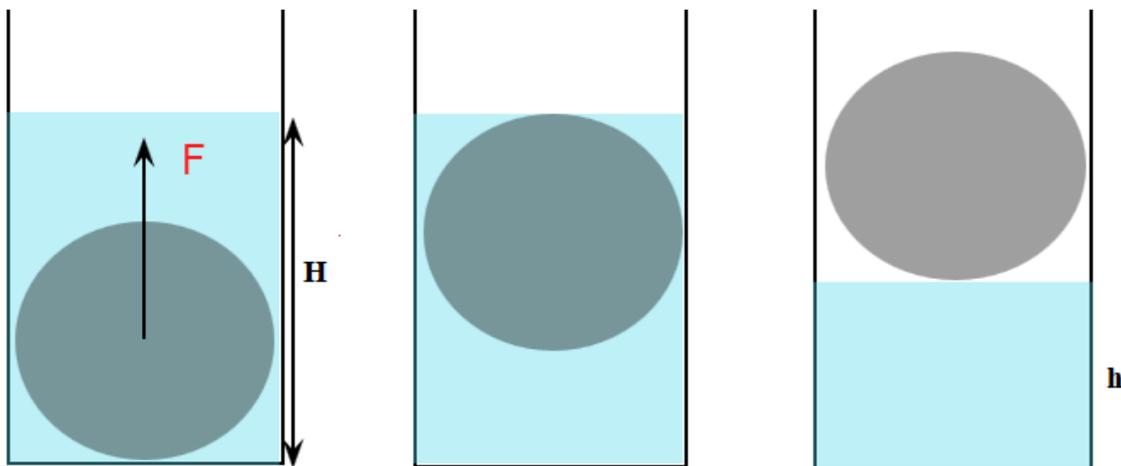
$A = F_{ср} h$ [2 балла]	(1)
--------------------------	-----

$F_{ср} = \frac{2mg - \rho_{ж} g V}{2}$ [2 балла]	(2)
---	-----

$A = \frac{2mg - \rho_{ж} g V}{2} h$ [2 балла]	(3)
--	-----

где  $R$  – радиус цилиндра,  $m$  – масса цилиндра,  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости,  $V$  – объем цилиндра.

**Если вы заливаете жидкость в сосуд с цилиндром как показано на рисунке, минимальная работа в этом случае:**



$A = A_1 + A_2$ [1 балл]	(1)
--------------------------	-----

$A_1 = F_1 (H - 2R)$ [1 балл]	(2)
-------------------------------	-----

где  $F_1$  – сила необходимая для перемещения цилиндра на  $h-2R$

$F_1 = mg - \rho_{ж} g V$ [1 балл]	(3)
------------------------------------	-----

$A_2 = F_2(H - h)$ [1 балл]	(4)
-----------------------------	-----

где  $F_2$  – сила необходимая для перемещения цилиндра на  $(H-h)$

$F_2 = \frac{2mg - \rho_{ж}gV}{2}$ [1 балл]	(5)
---	-----

$A = (mg - \rho_{ж}gV)(h - 2R) + \frac{(2mg - \rho_{ж}gV)}{2}(H - h)$ [1 балл]	(6)
--	-----