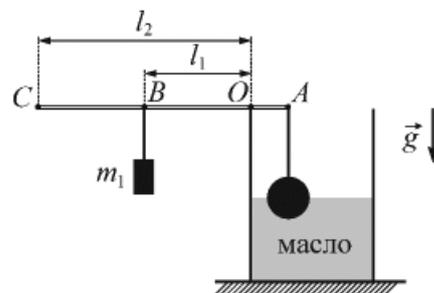


## Гидростатика

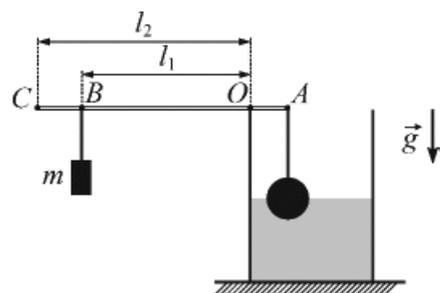
В этом листке собраны задачи по гидростатике, в основном использующие разные комбинированные идеи.

**ЗАДАЧА 1.** (МФО, 2016, 7) К правому концу  $A$  стержня, масса которого пренебрежимо мала, подвесили на тонкой нити алюминиевый шарик. Стержень положили на край сосуда с машинным маслом (как показано на рисунке), а к точке  $B$ , находящейся на расстоянии  $l_1 = 50$  см слева от точки опоры  $O$ , подвесили груз массой  $m_1 = 2,3$  кг. При этом шарик оказался погружен в масло на половину своего объёма. Затем груз  $m_1$  сняли, а стержень с шаром перенесли и положили на край сосуда с водой так, что точка опоры  $O$  осталась прежней. Груз какой массой  $m_2$  надо подвесить к другому концу стержня  $C$ , находящемуся на расстоянии  $l_2 = 110$  см от точки  $O$ , чтобы алюминиевый шарик снова оказался погруженным на половину своего объёма? Плотности алюминия, машинного масла и воды равны  $\rho_a = 2700$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_m = 800$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup> соответственно. Перед погружением шарика в воду его тщательно протерли от масла.



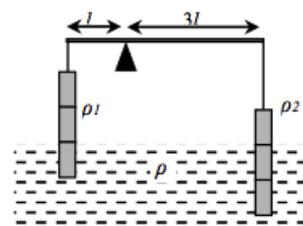
$$\text{дл } \Gamma = \frac{\tau_1}{l_1} \frac{v d - v d z}{v d - v d z} \Gamma u = \tau u$$

**ЗАДАЧА 2.** (МФО, 2016, 8) К правому концу  $A$  стержня, масса которого пренебрежимо мала, подвесили на тонкой нити алюминиевый шарик. Стержень положили на край сосуда с водой (как показано на рисунке), а к точке  $B$ , находящейся на расстоянии  $l_1 = 50$  см слева от точки опоры  $O$ , подвесили груз такой массой  $m$ , что шарик оказался погруженным в воду на половину своего объёма. На какую часть своего объёма окажется погруженным в воду этот шарик, если груз  $m$  перевесить из точки  $B$  в точку  $C$ , находящуюся на расстоянии  $l_2 = 60$  см слева от точки  $O$ ? Плотность алюминия  $\rho_a = 2700$  кг/м<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.



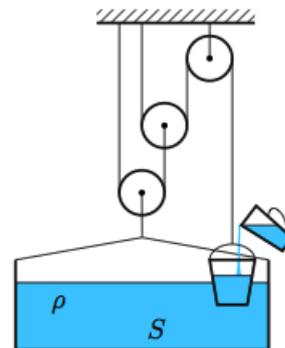
$$90'0 = \left( \frac{\tau}{l} - \frac{v d}{v d} \right) \frac{l_1}{v d} - \frac{v d}{v d} = v$$

**ЗАДАЧА 3.** (МФО, 2017, 8) На лёгком рычаге уравновешены два цилиндра, имеющие одинаковые размеры. При этом точка опоры делит рычаг в отношении 1 к 3, а цилиндры погружены в жидкость (левый — на треть, а правый — на две трети объёма). Плотность левого цилиндра  $\rho_1 = 4,0$  г/см<sup>3</sup>, а правого —  $\rho_2 = 2,2$  кг/м<sup>3</sup>. Определите плотность жидкости  $\rho$ .



$$\frac{\rho_1 \rho_2}{\rho} = (\rho_1 - \rho) \frac{\rho_2}{\rho} = \rho$$

ЗАДАЧА 4. («Максвелл», 2017, финал, 7) Небольшое ведёрко частично погружено в воду, налитую в сосуд с вертикальными стенками. Сосуд связан с ведёрком с помощью лёгких блоков и нитей. Вся система находится в равновесии. Площадь дна сосуда  $S$ , плотность воды  $\rho$ .



1) На сколько изменится уровень жидкости в сосуде, если в ведёрко добавить  $\Delta m$  воды?

2) На сколько изменится уровень жидкости в сосуде, если в него добавить  $\Delta m$  воды?

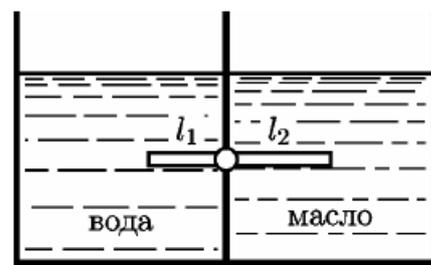
3) На сколько изменится уровень жидкости в сосуде, если добавить  $\Delta m/2$  воды в ведёрко и  $\Delta m/2$  воды в сосуд?

4) Если суммарно добавить в сосуд и в ведёрко  $\Delta m$  воды, то какую долю из добавленного надо налить в ведёрко, чтобы глубина его погружения в воду не изменилась?

Ведёрко не касается дна сосуда.

$$\left( \frac{\Delta h}{h} \right)_{\text{1}} = \frac{\Delta m}{m} \left( \frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) \quad \left( \frac{\Delta h}{h} \right)_{\text{2}} = \frac{\Delta m}{m} \left( \frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) \quad \left( \frac{\Delta h}{h} \right)_{\text{3}} = \frac{\Delta m}{m} \left( \frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right) \quad \left( \frac{\Delta h}{h} \right)_{\text{4}} = \frac{\Delta m}{m} \left( \frac{\rho_1}{\rho} - 1 \right)$$

ЗАДАЧА 5. (МФО, 2007, 8) Плотность масла измеряют в опыте, схема которого показана на рисунке. Сосуд разделён на две части вертикальной перегородкой. В одну часть сосуда налита вода, в другую — масло. В перегородку встроен шарнир, который может вращаться без трения. В шарнир вставлена однородная сосновая линейка, которая находится в равновесии. Длина левой части линейки равна  $l_1 = 40$  см, правой —  $l_2 = 60$  см. Плотность воды равна  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, плотность линейки  $\rho = 600$  кг/м<sup>3</sup>. Чему равна плотность масла  $\rho_{\text{м}}$ ?



$$\rho_{\text{м}} = \frac{\rho_{\text{в}} l_1}{l_2} \left( \frac{l_1}{l_2} + 1 \right)$$

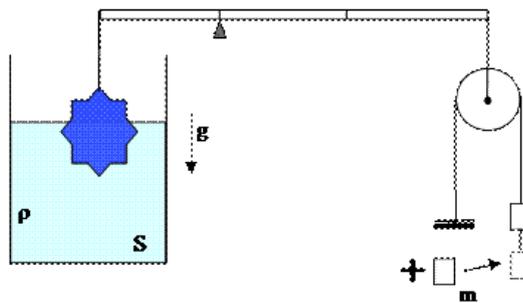
ЗАДАЧА 6. (МФО, 2010, 8) В вертикальный цилиндрический стакан высотой  $H = 10$  см и площадью дна  $S = 100$  см<sup>2</sup> налита вода до уровня  $h = 8$  см. В стакан опустили, не разбрызгивая воду,  $N_1 = 100$  стальных шариков объёмом  $V_1 = 1$  см<sup>3</sup> каждый, а затем ещё  $N_2 = 50$  ледяных кубиков объёмом  $V_2 = 2,5$  см<sup>3</sup>. Какова оказалась после этого сила  $F$  давления на дно стакана? Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, стали —  $\rho_1 = 7,8$  г/см<sup>3</sup>, льда —  $\rho_2 = 0,9$  г/см<sup>3</sup>, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, трением и атмосферным давлением пренебречь.

$$F = \rho g (V_1 + V_2) + N_1 m_1 g + N_2 m_2 g + \rho g S h$$

ЗАДАЧА 7. («Физтех», 2014, 8–10) В цилиндрическом сосуде с водой плавает поплавок, к которому привязан груз массой  $m = 3$  кг и объёмом  $V = 1$  л. Как изменится уровень воды в сосуде, если нить оборвётся и груз утонет? Площадь дна сосуда  $S = 100$  см<sup>2</sup>, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Ответ выразите в сантиметрах. Если ответ не целый, то округлить до сотых. Вводите положительное число, если уровень воды повысится, и отрицательное, если понизится.

07-

ЗАДАЧА 8. («Физтех», 2016, 8) Тело, частично погружённое в жидкость, находящуюся в сосуде с вертикальными стенками, уравновешено с помощью рычага, блока и груза. Опора делит рычаг в отношении 1 : 2. На сколько изменится (по модулю) высота уровня жидкости в сосуде, если к грузу добавить довесок, имеющий массу 0,3 кг? Тело остаётся частично погружённым в жидкость. Площадь дна сосуда  $S = 100 \text{ см}^2$ . Плотность жидкости  $1200 \text{ кг/м}^3$ . Ответ выразить в см, округлить до целых.



01

ЗАДАЧА 9. («Максвелл», 2017, РЭ, 8) Лёгкий цилиндрический сосуд с жидкостью стоит на двух симметричных опорах. Над одной из них внутри сосуда привязан к дну полностью погружённый в жидкость шарик объемом  $V = 10 \text{ см}^3$  и плотностью  $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$  (рис.). Плотность жидкости в сосуде равна  $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3$ . Найдите модуль разности сил реакции опор.

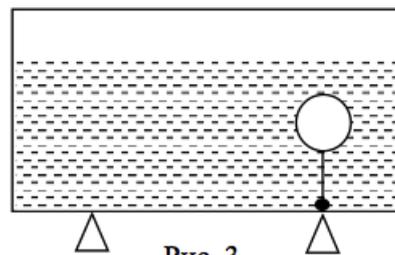
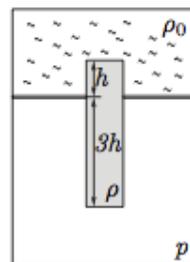


Рис. 3

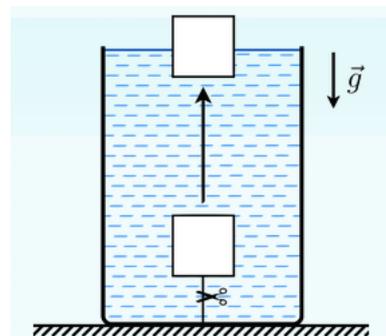
$$N_2 - N_1 = \Delta F = \rho_0 V - \rho V = \Delta \rho V$$

ЗАДАЧА 10. («Максвелл», 2014, 8) В герметичном сосуде сверху находится жидкость с плотностью  $\rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3$ , отделённая легким подвижным поршнем от газа (см. рисунок), находящегося внизу и имеющего давление  $p = 20 \text{ кПа}$ . В поршне есть круглое отверстие, в которое вставлен цилиндрический поплавок, причём в жидкость поплавок погружён на некоторую длину  $h$ , а в газ — на длину  $3h$ . Площадь основания поплавка  $S$ . Поплавок может свободно скользить относительно поршня, а поршень — относительно стенок сосуда. Жидкость нигде не подтекает. Какой должна быть плотность поплавка  $\rho$ , чтобы система могла оставаться в равновесии? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



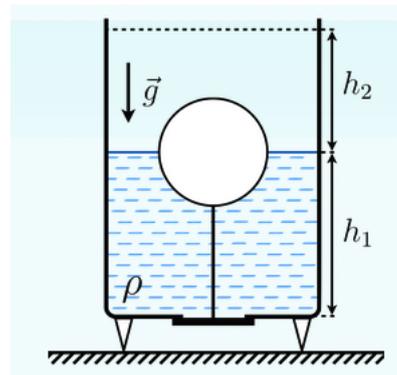
$$\rho = 200 \text{ кг/м}^3$$

ЗАДАЧА 11. (Олимпиада Физтех-лицея, 2015, 10–11) С помощью нити пластиковый кубик массой  $m = 24 \text{ г}$  прикреплен ко дну цилиндрического сосуда, наполненного водой, причём кубик целиком погружён в воду. После того как перерезали нить, кубик всплывает. Как и на сколько изменился уровень воды в сосуде? Ответ выразить в мм, округлив до целых. Если уровень повысился, то ответ следует внести со знаком «+», если же понизился, то со знаком «-». Длина ребра кубика равна  $a = 4 \text{ см}$ . Площадь поперечного сечения сосуда равна  $S = 200 \text{ см}^2$ . Плотность воды  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ .



2-

ЗАДАЧА 12. (Олимпиада Физтех-лицей, 2015, 8–9) Сосуд заполнен жидкостью плотности  $\rho = 1,5 \text{ г/см}^3$  до уровня  $h_1 = 30 \text{ см}$ . Отверстие площади  $S = 120 \text{ см}^2$  в дне перекрыто снизу пластинкой, которая связана нитью с поплавком, наполовину погружённым в жидкость. С какой силой пластинка давит на дно, если при повышении уровня жидкости на величину  $h_2 = 50 \text{ см}$  (при которой поплавок полностью погружён) жидкость начинает выдавливаться из отверстия? Ответ выразить в Н, округлив до целых. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ Н/кг}$ . Массами поплавка, нити и пластинки пренебречь.



81

ЗАДАЧА 13. («Физтех», 2015, 10) В цилиндрическом сосуде с вертикальными стенками, заполненном солёной водой с плотностью  $1250 \text{ кг/м}^3$ , плавает кусок пресного льда. Когда лёд растаял, глубина жидкости в сосуде увеличилась на 5%. Какой стала плотность жидкости после таяния льда? Ответ выразите в  $\text{кг/м}^3$  и округлите до целых.

0611

ЗАДАЧА 14. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 7–9) Наземникус решил спрятать один из вынесенных золотых слитков в глубоком цилиндрическом колодце, площадь поперечного сечения которого  $S = 0,5 \text{ м}^2$ . В колодце была вода и поддерживалась температура  $0^\circ\text{C}$ . Наземникус поместил слиток в кусок льда, причем лёд со слитком плавал на поверхности воды в колодце, не касаясь стенок. Из-за небольшого повышения температуры лёд все-таки растаял, и уровень воды в колодце понизился на  $\Delta h_1 \approx 9,48 \text{ мм}$  (вода из колодца не выливается и в колодец не поступает). После извлечения слитка из колодца уровень понизился ещё на  $\Delta h_2 \approx 0,52 \text{ мм}$ . Найдите массу золотого слитка и определите его плотность (слитки содержат небольшое количество примесей, и их плотность может отличаться от «табличной» плотности чистого золота). Плотность воды в колодце  $\rho_0 = 1,00 \text{ г/см}^3$ , тепловым расширением всех материалов при небольшом нагревании пренебречь.

$$\rho_{\text{ж}} \approx \frac{\rho_0 \Delta h_1}{\Delta h_1 + \Delta h_2} \approx 1,01 \text{ г/см}^3$$