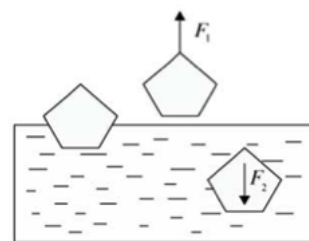


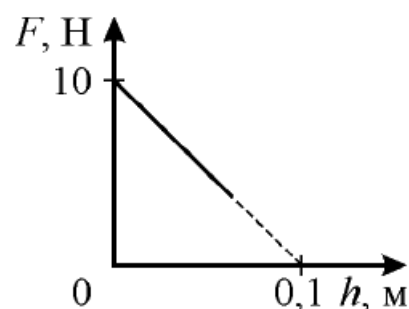
## Сила Архимеда

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2017, ШЭ, 8) Для того чтобы полностью вынуть наружу тело, плавающее в воде, к нему необходимо приложить силу  $F_1 = 20$  Н, а для того чтобы полностью погрузить это тело в воду, нужна сила  $F_2 = 30$  Н. Определите плотность тела  $\rho$ . Плотность воды  $\rho_0 = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho = \frac{F_1 + F_2}{2V} = \frac{20 + 30}{2 \cdot 0,01} = 2500 \text{ кг/м}^3$$



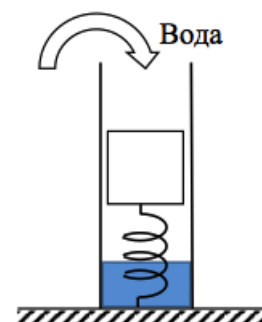
ЗАДАЧА 2. (МОШ, 2007, 8) В широкий сосуд с водой медленно опускают на нити цилиндрический брусок так, что ось цилиндра всё время остается вертикальной. График зависимости силы натяжения нити  $F$  от глубины погружения  $h$  нижнего основания цилиндра является отрезком прямой линии, как показано на рисунке. Найдите площадь основания цилиндра  $S$  и его массу  $m$ . Плотность воды  $\rho_0 = 1$  г/см<sup>3</sup>, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



$$S = \frac{m}{\rho_0 h} = \frac{10}{1 \cdot 0,1} = 100 \text{ см}^2$$

ЗАДАЧА 3. (МОШ, 2018, 8) Кубик внутри пустого стакана покоится на сжатой пружине, величина деформации которой равна 1 см. В стакан наливают воду до тех пор, пока длина пружины не перестаёт изменяться. Найдите плотность кубика, если деформация пружины в конечном состоянии равна 2 см. Плотность воды равна 1 г/см<sup>3</sup>.

$$\rho = \frac{F_2 - F_1}{V} = \frac{2 - 1}{1} = 1 \text{ г/см}^3$$



ЗАДАЧА 4. («Курчатов», 2015, 8) На рычажных весах уравновешены вертикально расположенный однородный цилиндр и груз массой  $m$ . Цилиндр подвешен к плечу весов на легкой нити и наполовину погружен в воду, а длина плеча, к концу которого подвешен цилиндр, вдвое больше длины другого плеча. Если к грузу массой  $m$  прицепить ещё один груз такой же массы  $m$ , то равновесие будет достигнуто, если  $2/3$  цилиндра будут находиться над водой. Найдите плотность  $\rho$  материала, из которого сделан цилиндр. Плотность воды равна  $\rho_0 = 1$  г/см<sup>3</sup>.

$$\rho = \frac{2m}{V} = \frac{2m}{\frac{2}{3}V} = 3 \rho_0 = 3 \text{ г/см}^3$$

ЗАДАЧА 5. (МОШ, 2007, 7) Сплошной шарик подвешен в сосуде на двух лёгких нитях, как показано на рисунке. Свободные концы нитей закреплены на одной высоте. После того как сосуд заполнили водой и шарик оказался полностью погружённым в воду, натяжение нитей не изменилось. Определите плотность  $\rho$  материала, из которого изготовлен шарик. Плотность воды  $\rho_0 = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho = \frac{2T}{V} = \frac{2T}{\frac{4}{3}\pi r^3} = d$$



ЗАДАЧА 6. («Курчатов», 2016, 7) Полая тонкостенная металлическая капсула в форме шара лежит на дне цилиндрического сосуда с площадью дна  $S = 5 \text{ м}^2$ . Капсула наполовину заполнена водой, а наполовину — воздухом. Масса оболочки капсулы равна  $M = 2 \text{ т}$ , а масса воды в ней —  $m = 1,5 \text{ т}$ . С помощью лёгкого насоса, встроенного в корпус капсулы, вода переливается из неё в сосуд, и капсула всплывает. На сколько изменится (поднимется или опустится) уровень воды в сосуде в этом процессе (считая от момента, когда вся вода ещё находится в капсуле, и до момента, когда капсула плавает опустошённая)? Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

$$\Delta h = \frac{S^d}{m - M} = \Delta h$$

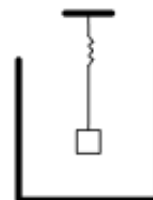
ЗАДАЧА 7. («Курчатов», 2016, 8) На крючке ручных пружинных весов висит ведро с водой. Весы показывают 9,5 кг. В воду полностью погрузили кирпич массой 2,5 кг с размерами 5 см × 10 см × 20 см, удерживая его на тонкой верёвочке. Кирпич стенок и дна ведра не касается. Теперь весы показывают 10 кг. Найдите массу воды, вылившейся из ведра. Плотность воды равна 1000 кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta m = 0,5 \text{ кг}$$

ЗАДАЧА 8. («Физтех», 2014, 8–10) Деталь из алюминия объёмом 50 см<sup>3</sup> с полостью внутри подвешена на нити к кронштейну. Если деталь полностью погрузить в воду, то сила натяжения нити уменьшится на 60%. При этом кронштейн остаётся в воздухе. Найдите объём полости. Ответ выразить в см<sup>3</sup>. Если ответ не целый, то округлить до сотых. Плотности воды и алюминия 1 г/см<sup>3</sup> и 2,7 г/см<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

$$V = 21 \text{ см}^3$$

ЗАДАЧА 9. (МОШ, 2015, 8–11) Школьница Василиса проводит опыты с пружиной. Сначала Василиса обнаружила, что длина пружины в нерастянутом состоянии составляет 10 см, а груз массой  $m$  г, подвешенный к пружине, дополнительно растягивает ее на  $0,01m$  см. Затем Василиса подвесила пружину с грузом над сосудом в форме прямоугольного параллелепипеда, как показано на рисунке, и стала наливать в сосуд воду. Груз имеет форму куба длиной ребра 10 см, его плотность равна плотности воды. В начале опыта расстояние от нижней грани груза до дна сосуда составляет 30 см. Площадь основания сосуда составляет 1000 см<sup>2</sup>. Нижняя грань куба во время опыта сохраняла горизонтальное положение. Постройте график зависимости длины пружины  $l$  от объёма воды  $V$ , налитой в сосуд. При каких значениях объёма  $V$  груз находился в воздухе? был частично погружён в воду? был полностью погружён в воду?

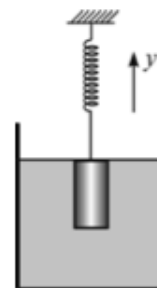


$$l = 10 + 0,01m$$

ЗАДАЧА 10. (МОШ, 2015, 8–10) Экспериментатор проводит опыты с однородной деревянной линейкой длиной 40 см и грузиком. Оказалось, что если уравнивать линейку с грузиком на краю стола, то линейка начинает падать, когда длина её выступающей части превосходит 10 см (грузик при этом подвешивают на нитку за конец линейки). Если же при этом опустить грузик в стакан с водой, плотность которой равна 1000 кг/м<sup>3</sup>, эта длина становится равной 15 см (грузик при этом оказывается полностью погружён в воду). Определите отношение массы груза к массе линейки и плотность груза.

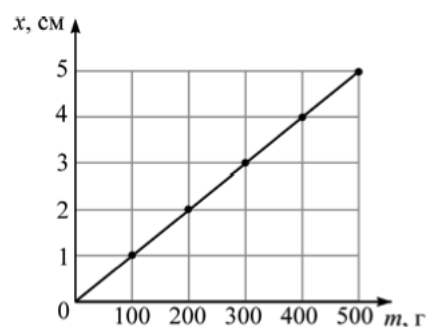
$$\rho = 1500 \text{ кг/м}^3 \text{ и } 1$$

ЗАДАЧА 11. («Курчатов», 2015, 7–8) В цилиндрический сосуд с водой опущен металлический цилиндр, подвешенный на пружине жёсткостью  $k = 10$  Н/м. Уровень воды в сосуде совпадает с положением верхней поверхности цилиндра (см. рисунок). После того как точку подвеса пружины подняли вверх на  $y = 5$  см, удлинение пружины увеличилось на  $x = 2$  см, а верхняя поверхность цилиндра оказалась на  $h = 4$  см выше уровня воды (нижняя поверхность цилиндра всё ещё в воде). Чему равна площадь поперечного сечения сосуда? Плотность воды  $\rho = 1,0$  г/см<sup>3</sup>, ускорение свободного падения примите равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



20 см<sup>2</sup>

ЗАДАЧА 12. (МОШ, 2012, 8) Школьница Алиса подвешивала к пружине гири известной массы и изучала зависимость удлинения пружины  $x$  от массы  $m$  подвешенных к ней гирь. Свои результаты Алиса представила на графике (см. рисунок). Затем Алиса провела опыт с грузом неизвестной массы и плотности. Погрузив груз в сосуд с водой, Алиса увидела, что прикрепленная к грузу пружина растянулась на 3 см, при этом груз не соприкасался с поверхностью воды или дном сосуда. Этот же груз, находящийся в воздухе, растягивал пружину на 4 см. Определите массу груза в граммах и объём груза в миллилитрах. Плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>.

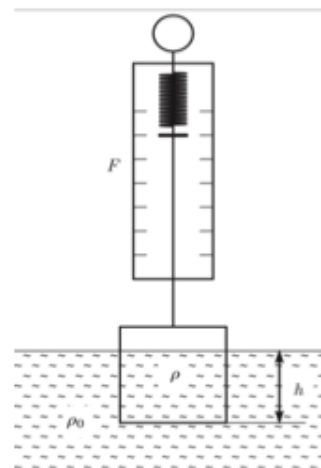


400 г, 100 мл

ЗАДАЧА 13. («Максвелл», 2015, 8) Экспериментатор Глюк проводил опыт по погружению кубика, изготовленного из неизвестного материала, в жидкость неизвестной плотности (см. рисунок). В таблицу он занёс показания динамометра, соответствующие различным глубинам погружения кубика. Некоторые значения силы он забыл и не стал их вносить в таблицу.

$h$ , см	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F$ , Н	8,74	8,09					4,84	4,19	3,93	3,93

По результатам измерений определите плотность кубика и плотность жидкости.



2,2 г/см<sup>3</sup> и 1,2 г/см<sup>3</sup>

ЗАДАЧА 14. (МОШ, 2006, 8) В двухлитровую пластиковую бутылку через короткий шланг накачивается воздух до давления 2 атм. Шланг пережимается, и к нему присоединяется герметичный тонкостенный полиэтиленовый пакет большой ёмкости (больше 10 литров) без воздуха внутри. Бутылку вместе с пакетом кладут на одну чашку весов и уравнивают гирями, которые помещают на другую чашку, а затем зажим ослабляется. Воздух из бутылки перетекает в пакет, и равновесие весов нарушается. Груз какой массы и на какую чашку весов нужно положить, чтобы равновесие весов восстановилось? Плотность воздуха равна  $1,3 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

19,2

ЗАДАЧА 15. («Максвелл», 2015, 8) В одной чашке на равноплечных весах лежит кусок льда, который уравновешен гирей массой 1 кг, находящейся в другой чашке. Когда лёд растаял, равновесие нарушилось. Груз какой массы и на какую чашку следует добавить, чтобы восстановить равновесие? Плотность воздуха  $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$ . Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 917 \text{ кг/м}^3$ .

$$\Delta m \approx \frac{\rho_{\text{л}} V_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} = m_{\text{л}} \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}}$$

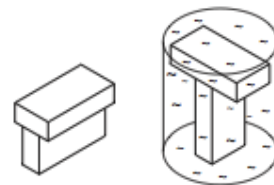
ЗАДАЧА 16. (Всеросс., 2009, РЭ, 8) Экспериментатор Глюк проводил исследования с телами равного объёма. Он удерживал с помощью динамометра тело полностью погружённым в воду и обнаружил, что во всех опытах показания динамометра составляли либо  $F_1 = 1 \text{ Н}$ , либо  $F_2 = 2 \text{ Н}$ . Плотность самого тяжёлого тела Глюк определил экспериментально:  $\rho_{\text{т}} = 1,4 \text{ г/см}^3$ .

- 1) Определите объём  $V$  одного тела.
- 2) Найдите все возможные для описанного опыта плотности других тел.

Примечание. Плотность воды  $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$ ,  $g = 9,8 \text{ Н/кг}$ .

$$m = \rho_{\text{т}} V = \rho_0 V \left( \frac{F_1}{g} + 1 \right) \text{ или } m = \rho_0 V \left( \frac{F_2}{g} + 1 \right)$$

ЗАДАЧА 17. (Всеросс., 2010, РЭ, 8) Силикатный кирпич имеет следующие размеры сторон:  $a = 5 \text{ см}$ ,  $b = 10 \text{ см}$  и  $c = 20 \text{ см}$ . Два таких кирпича поставили буквой Т сначала на основание  $a \times c$  (на рисунке слева), а потом в аквариум, наполненный водой, на основание  $a \times b$  (на рисунке справа). В результате оказалось, что давление кирпичей на поверхность одинаково. Найдите массу  $m$  такого кирпича. Поскольку кирпич шершавый, вода под него подтекает. Плотность воды  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ .



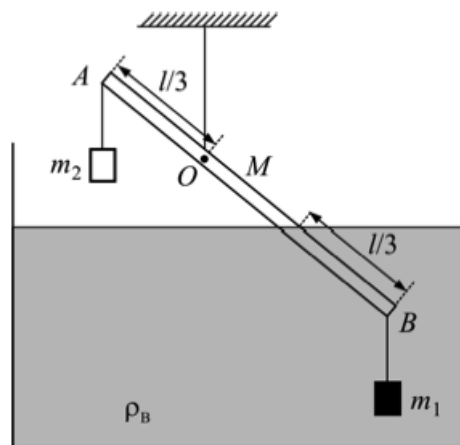
$$m = \rho_0 \frac{a^2 b}{c} = m_{\text{к}} \frac{a^2 b}{c}$$

ЗАДАЧА 18. («Курчатов», 2015, 8) При нагревании или охлаждении твёрдые тела, как известно, изменяют свой объём. Коэффициентом объёмного расширения  $\beta$  называется коэффициент пропорциональности между относительным изменением объёма  $\Delta V/V$  тела и изменением температуры этого тела  $\Delta t$ , то есть  $\Delta V/V = \beta \Delta t$ .

Стеклянный шарик с коэффициентом объёмного расширения  $\beta_1$  полностью погружают в жидкость сначала при температуре  $t_1$ , а затем — при температуре  $t_2$ . Модули сил Архимеда, действующих на шарик в этих случаях, равны соответственно  $F_1$  и  $F_2$ . Определите коэффициент объёмного расширения жидкости  $\beta_2$ .

$$F_2 = \rho_2 g V_2 = \rho_2 g V_1 \left( 1 - \beta_2 \frac{t_2 - t_1}{t_1} \right) = F_1 \left( 1 - \beta_2 \frac{t_2 - t_1}{t_1} \right)$$

Задача 19. (МОШ, 2011, 8) Деревянная палочка  $AB$  длиной  $l = 1$  м и массой  $M = 0,25$  кг подвешена к точке  $O$ , которая находится на одной трети длины палочки от точки  $A$  (см. рисунок). К правому концу палочки в точке  $B$  подвешен медный брусок массой  $m_1 = 1$  кг, причём палочка на одну треть своей длины, считая от точки  $B$ , погружена в сосуд с водой. К левому концу палочки в точке  $A$  подвешен другой груз массой  $m_2$ . Чему равна масса этого второго груза, если система находится в равновесии? Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, плотность меди  $\rho_{\text{м}} = 8900$  кг/м<sup>3</sup>, плотность дерева  $\rho_{\text{д}} = 400$  кг/м<sup>3</sup>.

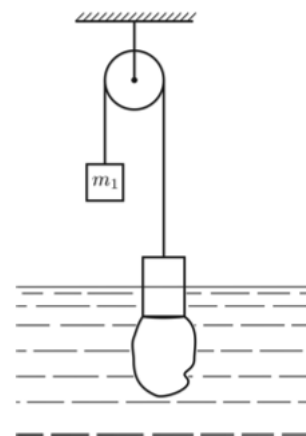


$$m_2 g \approx \left(1 - \frac{\rho_{\text{д}}}{\rho_{\text{в}}}\right) \frac{M g}{3} - \left(\frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{в}}} - 1\right) \frac{m_1 g}{3} = 0,25 \text{ кг}$$

Задача 20. (МОШ, 2015, 8) Школьник Вася решил взвесить с помощью железных гирь найденный им недалеко от озера Чебаркуль небольшой кусок челябинского метеорита, используя симметричные равноплечие весы, сделанные из железа. В воздухе взвешивание дало результат  $M = 2,1$  кг. Когда весы были полностью погружены в воду озера, результат был другим — для уравновешивания весов потребовалось положить на них гири, суммарная масса которых оказалась равной  $m = 1,8$  кг. При этом и взвешиваемое вещество, и гири также были полностью погружены в воду. Чему равна плотность материала метеорита? Плотность железа равна  $\rho_{\text{ж}} = 7,9$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1,0$  г/см<sup>3</sup>.

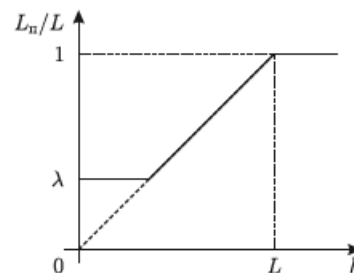
$$\rho_{\text{м}} \approx \frac{m \rho_{\text{ж}} + (M - m) \rho_{\text{в}}}{M} = 7,9 \text{ г/см}^3$$

Задача 21. (МОШ, 2010, 8) Через неподвижный блок перекинута лёгкая нерастяжимая нить, на концах которой висят два стальных цилиндрических бруска. Масса левого бруска  $m_1 = 1$  кг. Вначале к нижнему основанию правого бруска был приморожен кусок льда неизвестной массы, а сами бруски удерживались вручную. Правый брусок с примороженным к нему куском льда погрузили в воду комнатной температуры, налитую в очень широкий сосуд, после чего бруски отпустили. Сразу после этого оказалось, что система находится в равновесии, когда правый брусок погружён в воду на половину своей высоты. После того, как весь примороженный лёд растаял, правый брусок целиком погрузился в воду. При этом система снова оказалась в равновесии. Найдите массу правого бруска, а также массу примороженного к нему льда. Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 900$  кг/м<sup>3</sup>, плотность стали  $\rho_{\text{с}} = 7800$  кг/м<sup>3</sup>. Изменением уровня воды в сосуде пренебречь.



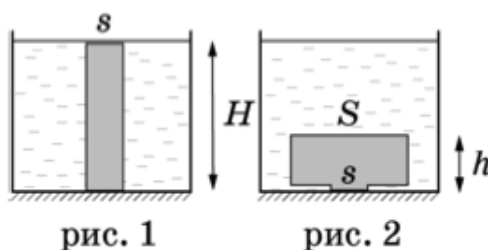
$$m_2 \approx \frac{(\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{в}})(m_1 - m_2)}{\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{л}}} = 1,1 \text{ кг}$$

Задача 22. (МОШ, 2006, 8) Ко дну сосуда при помощи шарнира прикреплена за конец тонкая однородная палочка длиной  $L$ . В сосуд медленно наливают воду и отмечают, какая часть длины палочки  $L_{\text{п}}$  оказывается под водой. График зависимости относительной части длины палочки  $L_{\text{п}}/L$ , находящейся под водой, от высоты  $h$  уровня жидкости над дном сосуда изображён на рисунке. Определите плотность материала палочки, если известна плотность воды  $\rho$ .



$$d_{\xi} \chi = x d$$

Задача 23. («Максвелл», 2019, РЭ, 8) Цилиндрический столбик из пластилина высотой  $H$  и площадью основания  $S$  плотно прилепили к гладкому дну сосуда, в который налили жидкость плотностью  $\rho_0$  до верха столбика (рис. 1). Вода под столбик пластилина не подтекает. Не изменяя площади контакта пластилина с дном и не отделяя его от дна, столбик превратили в цилиндр высоты  $h$  стоящий на очень короткой ножке (рис. 2).



Определите, в какую сторону направлена и чему равна результирующая сила, действующая со стороны жидкости на деформированный пластилин. Атмосферное давление  $p_0$ .

$$S^0 d = J$$

Задача 24. («Максвелл», 2016, финал, 8) Говорят, что однажды Архимед, найдя точку опоры, приподнял себя вместе с ванной, используя систему блоков (см. рисунок).

Масса ванны с водой  $M = 120$  кг, масса Архимеда  $m = 90$  кг. Чему равна «сила Архимеда» — сила, которую Архимед прикладывал к верёвке при подъёме? Какая минимальная часть объёма Архимеда могла при этом находиться над водой? Считайте среднюю плотность Архимеда примерно равной плотности воды. Трением в осях блоков, массой блоков и верёвки можно пренебречь. Ускорение свободного падения  $g = 10$  Н/кг.



$$\frac{6}{L} = \frac{A}{A \nabla} \quad \text{H } 00L = 6 \frac{\varepsilon}{\omega + \mathcal{N}} = J$$

### Ответ к задаче 9

График состоит из горизонтальной линии  $l = 20$  см при  $V < 30$  л (груз в воздухе), наклонного участка, соединяющего точки (20 см; 30 л) и (10 см; 49 л) (груз при  $V$  от 30 л до 49 л частично погружён в воду), горизонтальной линии  $l = 10$  см при  $V > 49$  л (груз полностью в воде).