

Плавание тел

Содержание

1	Всероссийская олимпиада школьников по физике	1
2	Московская физическая олимпиада	3
3	«Физтех»	7
4	«Росатом»	7
5	«Курчатов»	8

ЗАДАЧА 1. Какая часть объёма ледяного айсберга находится под водой? Плотность льда $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{1}{3}\pi r^2 h}$$

ЗАДАЧА 2. Пять одинаковых деревянных кубиков склеены в параллелепипед $1 \times 1 \times 5$. Когда параллелепипед плавает в воде в вертикальном положении, под водой находятся в точности три кубика. Найдите плотность жидкости, в которой параллелепипед будет плавать так, что погружёнными окажутся в точности четыре кубика.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

1 Всероссийская олимпиада школьников по физике

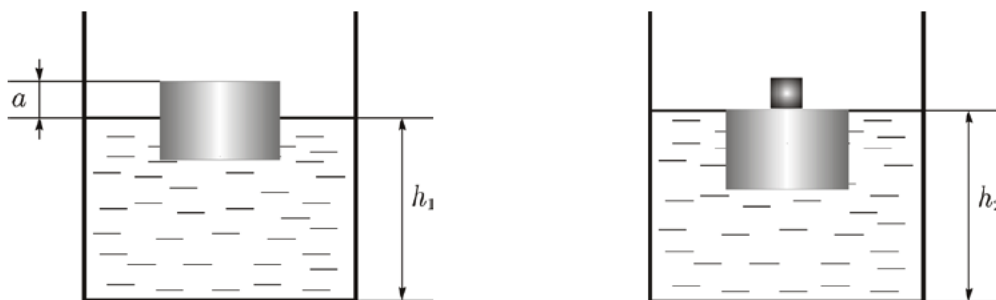
ЗАДАЧА 3. (Всеросс., 2013, II этап, 8) Школьница Алиса проводит опыты с глубоким и широким сосудом, имеющим форму прямоугольного параллелепипеда. В сосуде находится неизвестная жидкость. Алиса аккуратно кладёт в сосуд на поверхность жидкости кубики одинакового объёма 1 дм^3 . Сначала в сосуд был помещён кубик массой $0,4 \text{ кг}$ — после этого уровень жидкости в сосуде поднялся на 5 мм . Затем Алиса положила в сосуд кубик массой $0,6 \text{ кг}$ — уровень жидкости после этого поднялся ещё на $7,5 \text{ мм}$. Наконец, при погружении в сосуд кубика массой 1 кг подъём уровня жидкости составил ещё 10 мм . Найдите плотность жидкости и площадь дна сосуда.

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ и } S = \frac{V}{h}$$

ЗАДАЧА 4. (Всеросс., 2015, II этап, 8–10) В воде плавает пустая плоская прямоугольная коробка (без крышки) с площадью поперечного сечения 100 см^2 . После того как в середину коробки положили брусок объёмом 75 см^3 , она погрузилась ещё на 3 см . Определите плотность бруска. Какую плотность должен иметь брусок объёмом 150 см^3 , чтобы коробка с одним таким бруском утонула? Масса коробки 100 г , а её высота 13 см . Плотность воды 1000 кг/м^3 .

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ и } F_{\text{выт}} = \rho_0 g V_{\text{погр}}$$

ЗАДАЧА 5. (Всеросс., 2016, II этап, 8–9) Деревянный цилиндр плавает в цилиндрическом сосуде с водой, как показано на рисунке слева, выступая на $a = 60$ мм над уровнем жидкости, который равен $h_1 = 300$ мм. На верхнюю поверхность цилиндра ставят алюминиевый кубик так, что цилиндр полностью погружается в воду (верхняя поверхность цилиндра совпадает с уровнем воды, рисунок справа). При этом уровень воды в сосуде становится равным $h_2 = 312$ мм. Затем сосуд слегка толкнули, кубик съехал с поверхности цилиндра и утонул. Найдите уровень воды h_3 , который установился после этого в сосуде. Плотность воды $\rho_0 = 1,0$ г/см³, плотность алюминия $\rho_1 = 2,7$ г/см³.



$$h_3 \approx 304,4 \text{ мм}$$

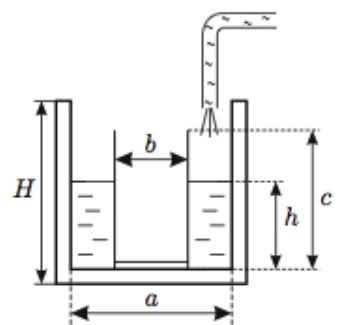
ЗАДАЧА 6. («Максвелл», 2012, 8) Два одинаковых размеров бруска, имеющих форму прямоугольных параллелепипедов, плавали в воде так, что их наибольшие грани были параллельны поверхности воды. Один из брусков был изготовлен из сосны плотностью $\rho_c = 0,4$ г/см³, а другой из бука. Бруски вынули из воды, и ту их часть, которая выступала из воды, отпилили и удалили. Получившиеся бруски опять погрузили в воду. Оказалось, что теперь части брусков, выступающие из воды, были одинаковой высоты. Какой была плотность бука ρ_b ? Плотность воды $\rho_0 = 1,0$ г/см³.

$$0,4 \text{ г/см}^3 \text{ и } 0,6 \text{ г/см}^3$$

ЗАДАЧА 7. («Максвелл», 2016, регион, 8) Куб из однородного материала плавает, погрузившись на глубину h в жидкость. На какую глубину H в этой же жидкости погрузится куб, имеющий вдвое бóльшую плотность и вдвое бóльшую длину ребра?

$$H = 4h, \text{ если } h > a/2; \text{ и } 2h, \text{ если } h < a/2$$

ЗАДАЧА 8. («Максвелл», 2013, 8) На дне сосуда квадратного сечения (ширина внутренней стороны сосуда $a = 6$ см, высота $H = 20$ см) стоит узкий длинный тонкостенный стакан квадратного сечения с толстым дном (длина внешней стороны $b = 4$ см, высота $c = 10$ см; см. рисунок). Масса стакана $M = 100$ г. В пространство между стенками цилиндра и стакана тонкой струйкой начинают наливать воду. Её расход $\mu = 2$ г/с. Изобразите на графике, как зависит высота h уровня воды в сосуде от времени t . Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³. Дно сосуда шероховатое, поэтому вода может подтекать под стакан, однако объём подтекающей под стакан воды пренебрежимо мал.



$$\text{См. конец листка}$$

2 Московская физическая олимпиада

Задача 9. (МФО, 2014, 7–9) В сосуде площадью поперечного сечения 2 дм^2 плавает шайба площадью $0,85 \text{ дм}^2$ и высотой 5 см . Шайба выступает из воды на $0,3 \text{ см}$, а расстояние между нижней гранью шайбы и дном сосуда составляет 12 см . Когда в сосуд дополнительно налили масло, верхняя грань шайбы оказалась в точности на уровне масла, а толщина слоя масла составила 4 см . Плотность воды 1000 кг/м^3 .

А) Найдите объём воды в сосуде. Ответ представьте в литрах и округлите до второй значащей цифры.

В) (8–9) Найдите массу шайбы. Ответ представьте в граммах и округлите до второй значащей цифры.

С) Найдите расстояние от нижней грани шайбы до дна сосуда после доливания масла. Ответ представьте в сантиметрах и округлите до третьей значащей цифры.

Д) Найдите объём масла, долитого в сосуд. Ответ представьте в литрах и округлите до второй значащей цифры.

Е) (8–9) Найдите отношение плотности масла к плотности воды. Ответ округлите до второй значащей цифры.

(A) 2,9; (B) 400; (C) 14,1; (D) 0,46; (E) 0,93

Задача 10. (МФО, 2016, 8–9) Алюминиевый шарик с герметичной внутренней полостью аккуратно опустили в измерительный цилиндр, заполненный водой. При этом объём вытесненной жидкости был равен 18 мл . Затем этот же шарик аккуратно опустили в измерительный цилиндр, заполненный керосином. В этом случае объём вытесненной жидкости равнялся 20 мл . Найдите массу шарика, его объём и объём полости.

Плотность алюминия $\rho_0 = 2,7 \text{ г/см}^3$, воды $\rho_1 = 1,0 \text{ г/см}^3$, керосина $\rho_2 = 0,8 \text{ г/см}^3$. Шарик не касался стенок цилиндра, уровень жидкости в цилиндре всегда был в несколько раз больше диаметра шарика.

18 г; 20 см^3 ; $\approx 13,3 \text{ см}^3$

Задача 11. (МФО, 2014, 8–10) В цилиндрическом стакане, наполненном водой (плотность воды $1,00 \text{ г/см}^3$), плавает кусочек пробки массой 18 г (плотность пробки $0,24 \text{ г/см}^3$). Площадь поперечного сечения стакана 40 см^2 .

А) Найдите объём пробки. Ответ представьте в кубических сантиметрах и округлите до целых.

В) Найдите объём подводной части пробки. Ответ представьте в кубических сантиметрах и округлите до целых.

С) Груз какой максимальной массы можно положить на пробку, чтобы пробка ещё могла оставаться на плаву? Ответ выразите в граммах и округлите до целых.

Д) На пробку сверху положили гайку массой 20 г . Пробка осталась на плаву, причем гайка не коснулась воды. На сколько миллиметров поднялся уровень воды в стакане? Ответ округлите до десятых.

(A) 75; (B) 18; (C) 57; (D) 5

Задача 12. (МФО, 2014, 7–9) В сосуде площадью поперечного сечения 2 дм^2 плавает шайба площадью $0,85 \text{ дм}^2$ и высотой 5 см . Шайба выступает из воды на $0,3 \text{ см}$, а расстояние между нижней гранью шайбы и дном сосуда составляет 12 см . Когда в сосуд дополнительно налили масло, верхняя грань шайбы оказалась в точности на уровне масла, а толщина слоя масла составила 4 см . Плотность воды 1000 кг/м^3 .

А) Найдите объём воды в сосуде. Ответ представьте в литрах и округлите до второй значащей цифры.

В) (8–9) Найдите массу шайбы. Ответ представьте в граммах и округлите до второй значащей цифры.

С) Найдите расстояние от нижней грани шайбы до дна сосуда после доливания масла. Ответ представьте в сантиметрах и округлите до третьей значащей цифры.

Д) Найдите объём масла, долитого в сосуд. Ответ представьте в литрах и округлите до второй значащей цифры.

Е) (8–9) Найдите отношение плотности масла к плотности воды. Ответ округлите до второй значащей цифры.

А) 2,9; В) 400; С) 14,1; D) 0,46; E) 0,93

Задача 13. (МФО, 2014, 8–10) В цилиндрическом стакане, наполненном водой (плотность воды $1,00 \text{ г/см}^3$), плавает кусочек пробки массой 18 г (плотность пробки $0,24 \text{ г/см}^3$). Площадь поперечного сечения стакана 40 см^2 .

А) Найдите объём пробки. Ответ представьте в кубических сантиметрах и округлите до целых.

В) Найдите объём подводной части пробки. Ответ представьте в кубических сантиметрах и округлите до целых.

С) Груз какой максимальной массы можно положить на пробку, чтобы пробка ещё могла оставаться на плаву? Ответ выразите в граммах и округлите до целых.

Д) На пробку сверху положили гайку массой 20 г . Пробка осталась на плаву, причем гайка не коснулась воды. На сколько миллиметров поднялся уровень воды в стакане? Ответ округлите до десятых.

А) 75; В) 18; С) 57; D) 5

Задача 14. (МФО, 2010, 7) В известном мультфильме про Винни-Пуха есть явное несоответствие: Винни-Пух надувает воздушный шарик обычным воздухом и взлетает на нём. Для того, чтобы воздушный шарик поднимался (а тем более поднимал Винни-Пуха), нужно, чтобы он был наполнен лёгким газом, плотность которого меньше плотности окружающего воздуха. Можно предположить, что Винни-Пух надувает шарик тёплым воздухом, плотность которого, как известно, меньше плотности холодного. Рассчитайте, каким должен быть в этом случае минимальный необходимый для подъёма объём шарика, если плотность тёплого воздуха внутри шарика $\rho_1 = 1,13 \text{ кг/м}^3$, плотность холодного воздуха снаружи $\rho_2 = 1,29 \text{ кг/м}^3$, а масса Винни-Пуха $m = 5 \text{ кг}$.

$$\rho_1 V = \frac{\rho_2 - \rho_1 m}{\rho_1} = A$$

Задача 15. (МФО, 2006, 7) Во льдах Арктики в центре небольшой плоской льдины площадью $S = 70 \text{ м}^2$ стоит белый медведь массой $m = 700 \text{ кг}$. При этом надводная часть льдины выступает над поверхностью воды на высоту $h = 10 \text{ см}$. На какой глубине под водой находится нижняя поверхность льдины? Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_{\text{л}} V = \frac{S(\rho_{\text{л}} h - \rho_{\text{в}} h)}{\rho_{\text{л}}} = x$$

Задача 16. (МФО, 2008, 7) Поплавок для рыболовной удочки имеет объем $V = 5 \text{ см}^3$ и массу $m = 2 \text{ г}$. К поплавку на леске прикреплено свинцовое грузило, и при этом поплавок плавает, погрузившись на половину своего объема. Найдите массу грузила M . Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность свинца $\rho_{\text{с}} = 11300 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_{\text{с}} V_{\text{с}} \approx \left(m - \frac{\rho_{\text{в}} V}{2} \right) \frac{\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{с}}} = M$$

Задача 17. (МФО, 2016, 7) В цилиндрический стакан до половины налили зелёную жидкость, которая не смешивается и никак не реагирует с водой, после чего отметили на стенке уровень жидкости. Затем в стакан опустили маленький кусочек льда (объем кусочка гораздо меньше объема жидкости). При этом уровень зелёной жидкости в стакане поднялся на величину x . После того, как весь лёд растаял, уровень зелёной жидкости над начальной отметкой составил y . Постройте график зависимости отношения y/x от плотности ρ зелёной жидкости.

См. конспект

Задача 18. (МФО, 2011, 7) В Интернете сейчас можно найти видеозаписи различных физических опытов, в частности, такого: группа студентов напускает в большое корыто до краёв какой-то тяжёлый газ из баллона, а потом кладёт на поверхность этого газа в корыте модель корабля, согнутую из алюминиевой фольги, и этот «корабль» плавает! Потом студенты зачерпывают ковшиком газ из корыта, переливают его внутрь «корабля», и он тонет. Найдите, какой минимальной плотностью должен обладать этот тяжёлый газ, чтобы в нём мог плавать «корабль» в форме прямоугольного параллелепипеда (с открытым верхом), согнутый из бытовой алюминиевой фольги толщиной 25 мкм. Размеры «корабля»: длина — 50 см, ширина — 20 см, высота бортов — 10 см. Считать, что лишние куски, образовавшиеся при сгибании параллелепипеда из листа фольги, удалены. Плотность алюминия равна $2,7 \text{ г/см}^3$, плотность воздуха равна $1,3 \text{ кг/м}^3$.

$$2,92 \text{ кг/м}^3$$

Задача 19. (МФО, 2009, 7) У школьника Андрея есть стеклянная пробирка массой $M = 80 \text{ г}$ и вместительностью $V = 60 \text{ мл}$. Он опустил пробирку в цилиндрический сосуд с водой и постепенно насыпал на дно пробирки песок до тех пор, пока она не погрузилась в воду по горлышко (см. рисунок). Затем Андрей измерил массу песка, находившегося в пробирке в этот момент, и она оказалась равной $m = 12 \text{ г}$. Внутренний радиус сосуда, в который опущена пробирка, равен $R = 5 \text{ см}$. Плотность воды равна $\rho_{\text{в}} = 1 \text{ г/см}^3$. Определите по этим данным плотность стекла пробирки и вычислите, на сколько поднялся уровень воды в сосуде в результате погружения пробирки в воду.



$$\rho_{\text{ст}} \approx \frac{M + m}{V} = \rho_{\text{в}} \left(\frac{M + m}{V} - \frac{V_{\text{в}}}{V} \right) = \rho_{\text{в}} \frac{M + m - \rho_{\text{в}} V_{\text{в}}}{V}$$

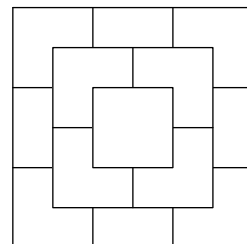
ЗАДАЧА 20. (МФО, 2011, 8) Однажды зимой рыболлов пробурил лунку во льду на поверхности озера и обнаружил, что вода в лунке находится на глубине $h = 18$ см, если отсчитывать от поверхности льда на озере. Расстояние от лунки до ближайшей точки берега озера во много раз больше, чем толщина слоя льда и радиус лунки. Вычислите толщину H слоя льда, считая её одинаковой на всей поверхности озера. Плотность воды равна $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, плотность льда равна $\rho_{\text{л}} = 900$ кг/м³. Массой снега, рыболова и всех других объектов на поверхности озера пренебречь.

$$\rho_{\text{л}} g'_{\text{л}} = \frac{\rho_{\text{в}} d - \rho_{\text{л}} d}{\rho_{\text{л}}} \eta = H$$

ЗАДАЧА 21. (МФО, 2013, 8) Из одинаковых кубиков строят объёмную пирамидку из десяти рядов, верхние три ряда которой изображены на рисунке (вид сверху). Кубики жёстко скреплены между собой.

Если эту пирамидку опустить в сосуд с бензином, плотность которого равна $\rho_1 = 0,8$ г/см³, то она будет плавать, погружаясь в бензин ровно на три нижних ряда.

Определите плотность жидкости, в которой эта пирамидка будет плавать, погружаясь ровно на один нижний ряд.



$$\rho_{\text{ж}} / \rho_{\text{л}} \approx 0,961$$

ЗАДАЧА 22. (МФО, 2014, 8) Из тонкой оболочки поверхностной плотности $\sigma = 50$ г/м² изготовили воздушный шар. При каких значениях радиуса R он сможет подняться в воздух плотностью $\rho_{\text{в}} = 1,3$ кг/м³? Считайте, что шар наполняется гелием, плотность которого $\rho_{\text{г}} = 0,18$ кг/м³. Объём шара радиусом R составляет $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, а площадь его поверхности равна $S = 4\pi R^2$.

$$R \geq \frac{\sigma}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}}} \approx 13,4 \text{ см}$$

ЗАДАЧА 23. (МФО, 2015, 8) Кубик из пластилина с длиной ребра 4 см, в котором есть внутренняя полость, держится в жидкости на плаву, погружаясь в неё на $1/24$ своего объёма. Если этот пластилиновый кубик смять и снова вылепить из него кубик, но уже без полости, то новый кубик тоже держится на плаву, погружаясь на $8/9$ своего объёма. Считая, что при плавании верхняя грань кубика без полости горизонтальна, найдите, на сколько миллиметров он выступает из жидкости. Плотность пластилина при лепке не меняется.

$$x \approx 1,6 \text{ мм}$$

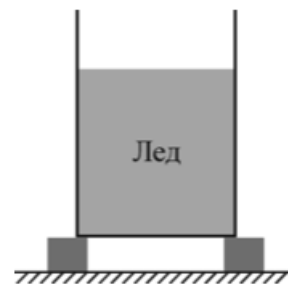
ЗАДАЧА 24. (МФО, 2008, 8) Парафиновая свечка горит так, что её длина уменьшается со скоростью $u = 5 \cdot 10^{-5}$ м/с, а испаряющийся парафин полностью сгорает, не стекая вниз. Свечка плавает в широком сосуде с водой. Её слегка поддерживают в вертикальном положении, чтобы она не опрокидывалась. С какой скоростью v свечка движется относительно сосуда во время сгорания? Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, плотность парафина $\rho_{\text{п}} = 900$ кг/м³.

$$v = \frac{\rho_{\text{п}} u}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{п}}} = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$$

Задача 25. (МФО, 2011, 8) Парафиновая свеча имеет цилиндрическую форму с площадью поперечного сечения $S = 1 \text{ см}^2$. Длина свечи $L = 20 \text{ см}$. Если такая свеча горит на подсвечнике, то время её горения $T = 3 \text{ часа}$. На одном конце такой свечи подожгли фитиль, а к другому её концу прилепили стальной шарик диаметром $D = 7 \text{ мм}$. Свечу опустили в воду, и она, горя, некоторое время плавала в вертикальном положении, не касаясь дна сосуда. Сколько часов она горела? Плотность парафина $\rho_{\text{п}} = 0,9 \text{ г/см}^3$, плотность стали $\rho_{\text{с}} = 7,8 \text{ г/см}^3$, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$. Объём шара радиусом R равен $\frac{4}{3}\pi R^3$.

$$\text{время } \Delta t \approx \left(\frac{\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \frac{TS}{\rho_{\text{с}} D^2} - 1 \right) L = t$$

Задача 26. (МФО, 2015, 8) Цилиндрическая бочка с тонкими гладкими вертикальными металлическими стенками, в которую наливают воду для полива растений на даче, имеет радиус $R = 28,5 \text{ см}$. Бочка установлена на подставках (см. рисунок) так, что между её дном и землёй имеется слой воздуха. Осенью в бочке случайно оставили некоторое количество воды, и когда начались заморозки, вода медленно замёрзла (бочка при этом не деформировалась). Высота уровня льда в бочке оказалась равной $h = 70 \text{ см}$. Потом наступила оттепель, воздух прогрелся, и лёд нагрелся до температуры $t = 0^\circ\text{C}$ одновременно со всех сторон (сверху, снизу и с боковой поверхности). Затем лёд начал таять, и за время $T = 1 \text{ час}$ растаяло $n = 2\%$ от всей массы льда. Чему будет равна высота уровня воды в бочке (считая от дна) через первый час таяния, и чему — через второй час таяния? Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$.



$$\text{Высота будет равна } h = H \text{ и равна } h = 63 \text{ см}$$

3 «Физтех»

Задача 27. («Физтех», 2014, 8) В стакане с морской (солёной) водой плавает кусок пресного льда. Как изменится уровень воды в стакане, когда лёд растает?

Повысится

Задача 28. («Физтех», 2014, 9) В стакане с пресной водой плавает кусок дерева, к которому приклеен кусочек сахара. Как изменится уровень воды в стакане, когда сахар растворится?

Изменится

4 «Росатом»

Задача 29. («Росатом», 2011, 7–8) Буратино массой 40 кг сделан из дерева, его плотность $0,8 \text{ г/см}^3$. Утонет ли Буратино в воде, если к его ногам привязать кусок стального рельса массой 20 кг ? Считать, что плотность стали в 10 раз больше плотности воды.

Нет

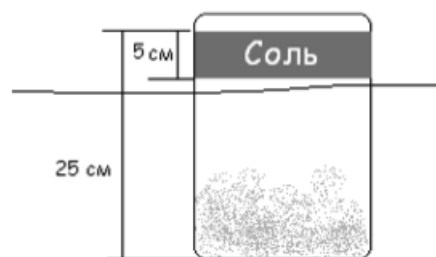
ЗАДАЧА 30. («Росатом», 2015, 7) Когда открывают банку с домашними консервированными помидорами, часто наблюдают следующий эффект. Если до открывания банки помидоры плавали, то сразу после открывания начинают тонуть. Объясните это явление.

ЗАДАЧА 31. («Росатом», 2016, 8) В бассейне плавает открытый вертикальный цилиндрический стакан. В стакан налита вода, высотой h от дна стакана. На сколько изменится расстояние от уровня воды в бассейне до дна стакана, если третья часть воды из стакана испарится? Ответ обоснуйте.

$$\varepsilon/q = x \nabla$$

5 «Курчатов»

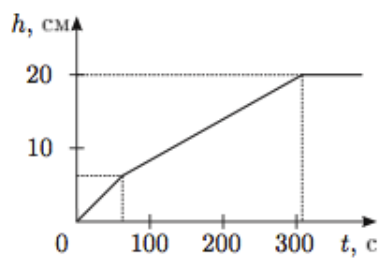
ЗАДАЧА 32. («Курчатов», 2014, 7–8) Приятель Робинзона Крузо с соседнего острова попросил прислать ему морской почтой мешок соли. Так как мешок в дороге могут заклевать птицы, Робинзон решил отправить посылку в стеклянной цилиндрической банке. Чтобы сосед догадался о том, что в банке соль, Крузо наклеил ленточку шириной $d = 5$ см на верхнюю часть. Высота всей банки $L = 25$ см, а площадь основания — $S = 100$ см². Какой объем V_c соли сможет переправить по воде Крузо, если её плотность $\rho = 2100$ кг/м³, масса банки с крышкой $M = 0,2$ кг, а ленточка с надписью всегда должна оставаться над поверхностью воды? Плотность воды в океане в районе острова Робинзона $\rho_w \approx 1,027$ г/см³.



$$\varepsilon^{100} \varepsilon 88 \approx \frac{d}{L - (p - T) S^{0.5} d} = ? \Lambda$$

Ответ к задаче 8

Изломы графика в моменты $t_1 = 62,5$ с и $t_2 = 310$ с.



Ответ к задаче 17

