



Всероссийская школа математики и физики «Авангард»

Е. Н. ФИЛАТОВ

Ф И З И К А

7

Экспериментальный учебник

Часть 1

Строение вещества.

Взаимодействие тел

МОСКВА – 2007

Оригинальный учебник, написанный по авторской программе, предназначен для учащихся 7 класса общеобразовательных школ. Главная цель учебника – научить учащихся самостоятельно решать задачи, поэтому большое количество задач предлагается для самостоятельного решения.

Все задачи условно разбиты на пять категорий сложности: очень легкие, легкие, средней трудности, трудные, очень трудные. Очень легкие задачи – это стандартные задачи из традиционных школьных учебников, а очень трудные соответствуют уровню вступительных экзаменов в наиболее престижные вузы Москвы: МФТИ, МГУ, МИФИ.

К большинству задач приведены «подсказки» – краткие рекомендации к их решению и ответы.

В учебнике предусмотрена уровневая дифференциация: значительная часть материала выходит за рамки обязательного минимума содержания и адресована учащимся, проявляющим повышенный интерес к физике. Обязательный материал отмечен жирной чертой.

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	4
§ 1. Что изучает физика?	5
§ 2. Физические уравнения – уравнения, в которых одни только буквы, а чисел почти совсем нет	10
§ 3. Запись чисел с помощью степени числа 10	22
§ 4. Длина, площадь, объём: единицы измерения	36
§ 5. Измерения и измерительные приборы	47
§ 6. О точности измерений и точности вычислений	57
§ 7. Немного геометрии: прямоугольник, прямоугольный параллелепипед, окружность, круг, цилиндр, шар	67
§ 8. Тепловое расширение твёрдых тел и жидкостей	74
§ 9. Молекулярное строение вещества	84
§ 10. Движение молекул. Температура тела. Диффузия. Броуновское движение	88
§ 11. Взаимодействие молекул	92
§ 12. Три состояния вещества и их особенности	95
§ 13. Масса	101
§ 14. Плотность	106
§ 15. Механическое движение. Движение и покой. Траектория. Путь. Прямолинейное и криволинейное движение. Время в пути	140
§ 16. Средняя путевая скорость	145
§ 17. Равномерное движение	163
§ 18. Какие бывают силы?	185
§ 19. Как измерить силу? Как изобразить силу? Равнодействующая	193
§ 20. Что такое инерция?	206
§ 21. Взаимодействие тел	211
§ 22. О силах подробнее: сила упругости, сила тяготения, сила тяжести, вес, сила трения	219
Подсказки	246
Ответы	262

Дорогой читатель!

Главная цель этой книги — помочь вам научиться физике. Научиться – не значит выучить и запомнить определенную информацию, научиться — значит понять.

А для того чтобы предмет стал понятным (а следовательно, и интересным!) необходимо постоянно думать самому, отвечая на вопросы или решая задачи. Вопросов и задач в учебнике *очень много*. Все они разбиты на пять категорий трудности: очень лёгкие, лёгкие, средней трудности, трудные и очень трудные. Как говорится, на любой вкус.

Работать с учебником надо так: вы читаете текст параграфа сначала до того места, где написано: «СТОП! Решите самостоятельно: (далее следуют номера задач)». Тут надо остановиться и решить указанные задачи (письменно, в тетради!).

Если задача не получается, то есть непонятно, как к ней подступиться, загляните в конец учебника в раздел «Подсказки». Вполне возможно, что, прочитав подсказку, вы решите задачу. После того как задача решена, обязательно посмотрите в конце учебника ответ и убедитесь, что ваш ответ правильный. Только после этого переходите к следующей задаче. Если какая-то задача «упорно» не решается, оставьте её на время и переходите к следующей.

После того как параграф пройден и все указанные задачи решены, будет замечательно, если вы решите все оставшиеся ещё не решёнными вами задачи в конце данного параграфа. Разумеется, по мере возможности. Решить *все* задачи удастся лишь самым сильным и трудолюбивым ученикам. Зато уж они-то будут знать физику **ОЧЕНЬ ХОРОШО!**

Не весь материал является обязательным для изучения. Обязательным является только текст, отмеченный на полях жирной чертой, все остальное — желательно. Очень желательно, например, чтобы вы не обращали внимания на черту и читали текст целиком. Такая же черта отмечает задачи, для решения которых достаточно знать только обязательный материал параграфа.

Предупреждаю: чем больше задач вы решите правильно, тем интереснее будет для вас физика! Не верите? Проверьте экспериментально!

Автор

§ 14. ПЛОТНОСТЬ

Что такое плотность и зачем она нужна?

Рассмотрим несколько чисто практических задач.

1. В некотором банке установлен сейф, полезный объём которого $0,100 \text{ м}^3$. Какую массу золота можно хранить в этом сейфе?

2. Бак имеет объём $20,0 \text{ л}$. Какую массу бензина можно хранить в баке?

3. Пробирка имеет объём $10,0 \text{ см}^3$. Какую массу ртути можно налить в пробирку?

Читатель: Для решения этих задач у нас не хватает данных. Вот если бы мы знали, какую массу имеет 1 м^3 золота, 1 л бензина, 1 см^3 ртути, тогда решить эти задачи не составило бы труда.

Автор: Вы правы. Сообщаю: 1 м^3 золота имеет массу $19,3 \text{ т}$, 1 л бензина – $0,710 \text{ кг}$, 1 см^3 ртути – $13,6 \text{ г}$.

Читатель: Тогда все просто:

1. Если 1 м^3 золота имеет массу $19,3 \text{ т}$, то в сейфе с полезным объёмом $0,100 \text{ м}^3$ уместится $0,100 \cdot 19,3 = 1,93 \text{ т}$ золота.

2. Если 1 л бензина имеет массу $0,710 \text{ кг}$, то в баке ёмкостью $20,0 \text{ л}$ можно хранить $20,0 \cdot 0,710 = 14,2 \text{ кг}$ бензина.

3. Если 1 см^3 ртути имеет массу $13,6 \text{ г}$, то в пробирку объёмом $10,0 \text{ см}^3$ можно налить $10,0 \cdot 13,6 = 136 \text{ г}$ ртути.

Автор: Совершенно верно. Надеюсь, Вы убедились, что для целого ряда чисто практических задач очень полезно знать, какую массу имеет единица объёма (то есть 1 м^3 , 1 л , 1 см^3 и т.д.) того или иного вещества. Поэтому физики ввели специальную физическую величину, которую называли *плотностью*.

Плотностью вещества называется физическая величина,
численно равная массе единицы объёма данного вещества.

Как измерить плотность вещества?

Автор: Для наглядности лучше всего было бы изготовить из данного вещества кубик объёмом 1 см^3 , а затем определить массу этого кубика, взвесив его на рычажных весах. Плотность вещества как раз и будет численно равна массе этого кубика (рис. 14.1).

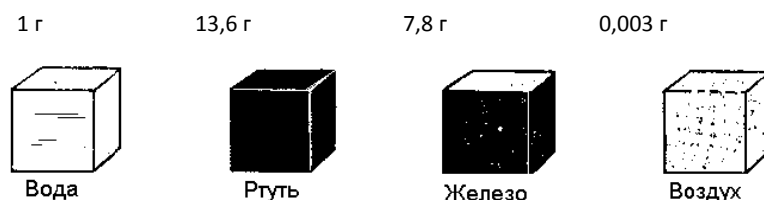


Рис. 14.1

Читатель: По-моему, такой кубик изготовить, конечно, можно, но это совершенно необязательно. Достаточно взять какой-нибудь кусок данного вещества и по возможности точно измерить его массу и объём. Если потом разделить массу на объём, мы получим *массу, которая приходится на единицу объёма данного вещества*, то есть плотность.

Например, если объём кусочка металла равен $2,00 \text{ см}^3$, а масса – $21,0 \text{ г}$, то на один кубический сантиметр приходится масса: $21,0 : 2,00 = 10,5 \text{ г}$.

Автор: Совершенно правильно! Более того, Вы фактически получили формулу, с помощью которой можно рассчитывать плотность любого вещества по известной массе и объёму:

$$\text{ПЛОТНОСТЬ} = \frac{\text{МАССА}}{\text{ОБЪЁМ}}. \quad (14.1)$$

В физике плотность обычно обозначают греческой буквой ρ (ро), массу – буквой m , а объём буквой V . Тогда формула (14.1) кратко записывается так:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (14.2)$$

В каких единицах измеряется плотность?

Можно, например, указать, сколько граммов содержится в одном кубическом сантиметре данного вещества. Тогда говорят, что плотность вещества равна столько-то *граммов на сантиметр в кубе*. Обозначают эту единицу измерения так: г/см^3 .

Например, плотность железа равна $7,8 \text{ г/см}^3$. А можно указать, сколько килограммов содержится в одном кубическом метре данного вещества. Тогда говорят, что плотность вещества равна столько-то *килограммов на метр в кубе* (кг/м^3). Например, плотность золота равна $19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Есть и другие единицы измерения плотности, например: килограмм на литр (кг/л), тонна на метр в кубе (т/м^3) и т.д., но на практике они используются реже. В Международной системе единиц (СИ) плотность принято измерять в кг/м^3 .

Читатель: А почему единица измерения плотности записывается в виде дроби: г/см^3 ?

Автор: Согласно формуле (14.2) мы получаем плотность путем деления одной именованной величины (массы) на другую именованную величину (объём). Запись г/см^3 указывает, что при расчете плотности мы *делили* массу, выраженную в граммах, на объём, выраженный в кубических сантиметрах.

**Плотности некоторых веществ,
находящихся в твёрдом состоянии при 20 °С**

Вещество	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³	Вещество	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Осмий	$22,6 \cdot 10^3$	22,6	Мрамор	$2,7 \cdot 10^3$	2,7
Иридий		22,4	Стекло оконное	$2,5 \cdot 10^3$	2,5
Платина	$22,4 \cdot 10^3$	21,5	Мел	$2,4 \cdot 10^3$	2,4
Золото	$21,5 \cdot 10^3$	19,3	Фарфор	$2,3 \cdot 10^3$	2,3
Вольфрам		19,1	Бетон	$2,3 \cdot 10^3$	2,3
Уран	$19,3 \cdot 10^3$	19,0	Кирпич	$1,8 \cdot 10^3$	1,8
Свинец		11,3	Графит	$1,6 \cdot 10^3$	1,6
Серебро	$19,1 \cdot 10^3$	10,5	Сахар- рафинад	$1,6 \cdot 10^3$	1,6
Молибден	$19,0 \cdot 10^3$	10,2		$1,5 \cdot 10^3$	1,5
Кобальт		8,9	Песок сухой	$1,4 \cdot 10^3$	1,4
Медь	$11,3 \cdot 10^3$	8,9	Текстолит	$1,2 \cdot 10^3$	1,2
Никель		8,9	Оргстекло	$1,2 \cdot 10^3$	1,2
Кадмий	$10,5 \cdot 10^3$	8,65	Эбонит	$1,2 \cdot 10^3$	1,1
Латунь*		8,5	Капрон	$1,1 \cdot 10^3$	0,97
Сталь**, железо	$10,2 \cdot 10^3$	7,8	Натрий	$0,97 \cdot 10^3$	0,92
Олово	$8,9 \cdot 10^3$		Полиэтилен	$0,92 \cdot 10^3$	0,90
Цинк	$8,9 \cdot 10^3$	7,3	Лёд при 0 °С	$0,90 \cdot 10^3$	0,90
Чугун***	$8,9 \cdot 10^3$	7,1	Парафин	$0,90 \cdot 10^3$	0,80
Титан	$8,65 \cdot 10^3$	7,0	Дуб сухой	$0,80 \cdot 10^3$	0,70
Корунд		4,5	Берёза сухая	$0,70 \cdot 10^3$	0,40
Алмаз	$8,5 \cdot 10^3$	4,0	Сосна сухая	$0,40 \cdot 10^3$	0,24
	$7,8 \cdot 10^3$	3,5	Пробка	$0,24 \cdot 10^3$	0,12

Алюминий		2,7	Бальза (дерево)	$0,12 \cdot 10^3$	0,020
Гранит	$7,3 \cdot 10^3$	2,7	Пенопласт	$0,020 \cdot 10^3$	
	$7,1 \cdot 10^3$				
	$7,0 \cdot 10^3$				
	$4,5 \cdot 10^3$				
	$4,0 \cdot 10^3$				
	$3,5 \cdot 10^3$				
	$2,7 \cdot 10^3$				
	$2,7 \cdot 10^3$				

* Латунью называется сплав меди с цинком.

** Сталью называется сплав железа с углеродом при содержании углерода не более 2,14%.

***Чугуном называется сплав железа с углеродом при содержании углерода от 2,14 до 5%.

Т а б л и ц а 14.2

**Плотности некоторых веществ, находящихся
в жидком состоянии при температуре 20 °С**

Жидкость	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³	Жидкость	ρ , 10 ³ кг/м ³	ρ , г/см ³
Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$	13,6	Масло машинное	$0,90 \cdot 10^3$	0,90
Олово (при 400 °С)	$6,8 \cdot 10^3$	6,8	Масло касторовое	$0,90 \cdot 10^3$	0,90
Серная кислота	$1,8 \cdot 10^3$	1,8	Бензол		
Мёд	$1,35 \cdot 10^3$	1,35	Скипидар	$0,88 \cdot 10^3$	0,88
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	1,26	Жидкий воздух	$0,87 \cdot 10^3$	0,87
Жидкий кислород					

(при –182 °С)	$1,14 \cdot 10^3$	1,14	(при –194 °С)	$0,86 \cdot 10^3$	0,86
Тяжёлая вода			Керосин		
Вода морская	$1,10 \cdot 10^3$	1,1	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$	0,80
Молоко цельное	$1,03 \cdot 10^3$	1,03	Нефть	$0,80 \cdot 10^3$	0,80
Вода дистиллированная	$1,03 \cdot 10^3$	1,03	Ацетон	$0,80 \cdot 10^3$	0,80
	$1,00 \cdot 10^3$	1,00	Эфир	$0,79 \cdot 10^3$	0,79
Масло подсолнечное			Бензин	$0,71 \cdot 10^3$	0,71
	$0,93 \cdot 10^3$	0,93		$0,71 \cdot 10^3$	0,71

Т а б л и ц а 14.3

**Плотности некоторых газов при 0 °С и нормальном
атмосферном давлении**

Газ	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³	Газ	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Хлор	3,21	0,00321	Оксид углерода (II) (угарный газ)	1,25	0,00125
Оксид углерода (IV) (углекислый газ)	1,98	0,00198	Природный газ		
Кислород			Водяной пар (при 100 °С)	0,80	0,00080
Воздух	1,43	0,00143	Гелий	0,59	0,00059
Азот	1,29	0,00129	Водород		
	1,25	0,00125		0,18	0,00018
				0,09	0,00009

Итак, плотность характеризует физические свойства вещества: показывает, насколько оно «плотное». Например, ртуть плотнее железа, а вода плотнее воздуха (см. рис. 14.1).

В таблицах 14.1, 14.2 и 14.3 приведены плотности некоторых веществ.

СТОП! Решите самостоятельно: А1, А2, А3, А4, Б1, Б2.

О плотности с молекулярной точки зрения

Читатель: Как видно из таблиц 14.1–14.3, плотности твёрдых тел и жидкостей значительно больше плотности газов. Но ведь молекулы не меняют свою массу при переходе вещества из жидкого состояния в газообразное. Почему же плотности так сильно отличаются?

Автор: Масса каждой молекулы, конечно, не меняется. Изменяется *количество молекул в единице объёма вещества*. В жидкостях и твёрдых телах молекулы расположены почти вплотную, а в газах расстояния между молекулами достаточно велики. Поэтому в газах на единицу объёма приходится значительно меньше молекул, чем в жидкости или твёрдом теле. Отсюда вытекает и различие в плотностях.

Заметим также, что для большинства веществ плотность в твёрдом состоянии больше, чем в жидком, так как в твёрдом состоянии молекулы обычно «упакованы» более плотно. Однако вода тут является исключением: в жидком состоянии она плотнее. Плотность воды $1,0 \text{ г/см}^3$, а плотность льда $0,9 \text{ г/см}^3$.

Изменяется ли плотность с изменением температуры тела?

Если нагревать твёрдое тело (или жидкость) определённой массы, то, как мы знаем из § 8, объём твёрдого тела (жидкости) увеличивается. Масса же не зависит от температуры. Следовательно, величина плотности $\rho = \frac{m}{V}$ с ростом температуры будет уменьшаться, так как числитель дроби m не изменится, а знаменатель V увеличится.

Напомним, что это правило *не выполняется* для воды в интервале температур от 0 до 4°C . При нагревании воды от 0 до 4°C объём воды *уменьшается*, а значит, плотность *растёт*. Но при отрицательных температурах и при температуре, большей 4°C , вода (лёд) ведёт себя так же, как обычные вещества, то есть плотность с увеличением температуры уменьшается.

СТОП! Решите самостоятельно: Б5, Б6, Б7, В1, В2, В4.

Как связаны между собой единицы измерения плотности?

Читатель: Если внимательно посмотреть на значения плотностей в таблицах 14.1 и 14.2, то довольно легко заметить, что плотность любого вещества в кг/м^3 ровно в 1000 раз больше плотности того же вещества в г/см^3 . Почему это так?

Автор: Давайте разберемся. Сначала отметим, что:

$$1 \text{ кг} = 1000 \text{ г};$$

$$1 \text{ м}^3 = 10^6 \text{ см}^3 = 1\,000\,000 \text{ см}^3 \text{ (см. табл. 4.3, § 4)}.$$

$$1 \text{ кг/м}^3 = \frac{1 \text{ кг}}{1 \text{ м}^3} = \frac{1000 \text{ г}}{1\,000\,000 \text{ см}^3} =$$

$$= \frac{\cancel{1000} \cdot (1 \text{ г})}{\cancel{1\,000\,000} \cdot (1 \text{ см}^3)} = \frac{1}{1000} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 0,001 \text{ г/см}^3.$$

Итак, $1 \text{ кг/м}^3 = 0,001 \text{ г/см}^3$, следовательно, $1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

В некоторых расчетах удобно пользоваться и такой единицей измерения плотности, как килограмм на литр (кг/л). Установим связь между 1 кг/л и 1 г/см^3 .

Мы знаем, что $1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$ и $1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3 = 1000 \text{ см}^3$ (см. табл. 4.3). Тогда

$$1 \text{ кг/л} = \frac{1 \text{ кг}}{1 \text{ л}} = \frac{\cancel{1000} \text{ г}}{\cancel{1000} \text{ см}^3} = \frac{1000 \cdot (1 \text{ г})}{1000 \cdot (1 \text{ см}^3)} = 1 \text{ г/см}^3.$$

Мы получили следующее соотношение между единицами измерения плотности:

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1 \frac{\text{кг}}{\text{л}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Задача 14.1. Найдите плотность металла, если кусок массой $m = 390 \text{ г}$ занимает объём $V = 50 \text{ см}^3$.

$V = 50 \text{ см}^3$	<i>Решение.</i> $\rho = \frac{m}{V} = \frac{390 \text{ г}}{50 \text{ см}^3} \approx 7,8 \text{ г/см}^3$. <i>Ответ:</i> $\rho = \frac{m}{V} \approx 7,8 \text{ г/см}^3$.
$m = 390 \text{ г}$	
$\rho = ?$	

Заметим, что, зная массу m и объём V тела, можно по формуле $\rho = \frac{m}{V}$ вычислить его плотность. А зная плотность, можно по таблице 14.1 выяснить, из какого вещества сделано тело. Например, в нашем случае плотность $7,8 \text{ г/см}^3$ имеют железо, сталь.

СТОП! Решите самостоятельно: А8, А9, А10, Б11, В10.

Что такое средняя плотность?

Читатель: До сих пор мы говорили о плотности *вещества*. А можно ли говорить о плотности *тела*, если оно неоднородное: содержит полости или изготовлено из разных материалов, например, автомобиль?

Автор: Можно. Только в этом случае выражение $\rho = \frac{m}{V}$ будет означать не плотность вещества, а *среднюю плотность тела*. Иногда эту величину полезно знать. Например, если средняя плотность автомобиля больше плотности воды, он утонет, а если меньше – останется на плаву.

Есть ли в теле полость?

Если у нас есть, например, стальной шарик, то, зная его массу и объём, легко установить, сплошной он или имеет полость. Для этого сначала надо вычислить среднюю плотность шарика $\rho = \frac{m}{V}$, а потом сравнить её с табличным значением для стали. Если значение плотности совпадает с табличным, то шарик сплошной, а если меньше табличного, то шарик имеет полость.

СТОП! Решите самостоятельно: Б12, Б13, В8.

Как найти массу по известной плотности и объёму?

Согласно формуле (14.2) $\rho = \frac{m}{V}$. Умножим обе части этого равенства на V :

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

После сокращения V в правой части получим формулу для массы:

$$m = \rho V. \quad (14.3)$$

Задача 14.2. Определите массу золотого слитка объёмом $V = 5,00 \text{ см}^3$.

$V = 5,00 \text{ см}^3$	<i>Решение.</i> Значение плотности золота берём из таблицы 14.1: $\rho = 19,3 \text{ г/см}^3$. Согласно формуле (14.3) $m = \rho \cdot V$. Подставим численные значения:
$m = ?$	

$$m = \rho \cdot V = 19,3 \text{ г/см}^3 \cdot 5,00 \text{ см}^3 \approx 96,5 \text{ г}.$$

Ответ: $m = \rho \cdot V \approx 96,5 \text{ г}$.

СТОП! Решите самостоятельно: А12, А13, Б19 (а,б), Б25, Б27, Б29.

Задача 14.3. Определите массу кирпича, размеры которого равны: $a = 25 \text{ см}$, $b = 12 \text{ см}$, $c = 6,0 \text{ см}$. Сколько таких кирпичей можно перевезти на легковом автомобиле грузоподъёмностью $M = 300 \text{ кг}$?

$a = 25 \text{ см}$	<i>Решение.</i> Объём кирпича, который имеет форму прямоугольного параллелепипеда, равен $V = abc$. Подставим значение объёма кирпича в формулу (14.3):
$b = 12 \text{ см}$	
$c = 6,0 \text{ см}$	
$M = 300 \text{ кг}$	

$$m = \rho V = \rho abc. \quad (1)$$

$m = ?$ $n = ?$

Массу в общем виде (то есть в буквах) мы нашли. Теперь найдем искомое число кирпичей n . Если максимально возможное число кирпичей, которое может увезти автомобиль, равно n ,

значит, масса этих кирпичей равна грузоподъёмности автомобиля: $m \cdot n = M$. Разделив обе части этого равенства на m , найдём n :

$$\frac{\cancel{m} \cdot n}{\cancel{m}} = \frac{M}{m} \Rightarrow n = \frac{M}{m}.$$

Подставим в данную формулу значение m из формулы (1) и получим значение n в общем виде:

$$n = \frac{M}{\rho abc}. \quad (2)$$

Плотность кирпича по таблице 14.1 $\rho = 1,8 \text{ г/см}^3$. Теперь подставим в формулы (1) и (2) численные значения:

$$m = \rho abc = (1,8 \text{ г/см}^3) \cdot (25 \text{ см}) \cdot (12 \text{ см}) \cdot (6,0 \text{ см}) = \\ = 2700 \text{ г} \approx 2,7 \cdot 10^3 \text{ г} = 2,7 \text{ кг}.$$

$$n = \frac{M}{\rho abc} = \frac{300 \text{ кг}}{2,7 \text{ кг}} = 111,1... \approx 1,1 \cdot 10^2 \text{ (кирпичей)}.$$

$$\text{Ответ: } m = \rho abc \approx 2,7 \text{ кг; } n = \frac{M}{\rho abc} \approx 1,1 \cdot 10^2.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Б32, Б35, В23, В24.

Как вычислить объём тела по известным массе и плотности?

Разделим обе части формулы (14.3) $m = \rho V$ на ρ , получим:

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

Сократив ρ в правой части, получим формулу для расчета объёма:

$$V = \frac{m}{\rho}. \quad (14.4)$$

Задача 14.4. Сосуд какой ёмкости надо взять, чтобы он вместил $m = 32 \text{ кг}$ бензина?

$m = 32 \text{ кг}$	Читатель: Разрешите мне попробовать.
$V = ?$	Автор: Пожалуйста.

Читатель: Значение плотности бензина берём табл. 14.2: $\rho = 0,71$. Согласно формуле (14.4) $V = m/\rho$. Подставим численные значения:

$$V = \frac{32}{0,71} = 45,07 \text{ м}^3 \approx 45 \text{ м}^3$$

(оставляем две значащие цифры).

Автор: Не слишком ли много Вы получили? Например, 45 м³ воды имеют массу 45 т, а у Вас всего-то 32 кг бензина...

Читатель: Вообще-то, конечно, многовато... Но я ведь считал по формуле $V = \frac{m}{\rho}$. Я уверен, что формула эта правильная, да и в вычислениях я ошибки не вижу...

Автор: Формула, конечно, правильная, спору нет, но давайте **проверим РАЗМЕРНОСТЬ** Вашего ответа, то есть выясним, в каких единицах Вы получили объём.

Читатель: А как это сделать?

Проверка размерности результата

Автор: Договоримся о следующем обозначении: если мы хотим указать *только* единицу измерения той или иной физической величины, то букву, обозначающую эту величину, будем заключать в квадратные скобки, например: $[m] = \text{кг}$, $[V] = \text{м}^3$, $[\rho] = \text{кг/м}^3$ и т.д.

Для того чтобы узнать, *в каких единицах* мы получили ответ, достаточно подставить в формулу, по которой мы производим вычисления, не сами величины, а только их размерности. Далее с размерностями (единицами измерения) можно сделать обычные алгебраические преобразования (как с обычными алгебраическими величинами) и посмотреть, что получится.

Например, плотность задана в г/см³, объём – в см³, а нам необходимо вычислить массу по формуле $m = \rho \cdot V$. Получим размерность массы:

$$[\rho] = \text{г/см}^3, [V] = \text{см}^3, [m] = [\rho] \cdot [V] = \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot \text{см}^3 = \text{г}.$$

Значит, массу мы получили в граммах.

Другой пример. Вычислим, какой будет размерность объёма, вычисленного по формуле: $V = m/\rho$, если $[m] = \text{кг}$, $[\rho] = \text{кг/м}^3$.

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{кг} : \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{1} : \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{1 \cdot \text{кг}} = \text{м}^3.$$

Значит, объём мы получили в м³.

Теперь вернемся к нашей задаче.

Вы производили вычисления по формуле $V = \frac{m}{\rho}$. Массу взяли равной 32 кг, следовательно, $[m] = \text{кг}$, а плотность – 0,71 г/см³, то есть $[\rho] = \text{г/см}^3$. Тогда размерность объёма получится:

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{кг} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кг}}{1} : \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кг} \cdot \text{см}^3}{1 \cdot \text{г}} = \frac{\text{кг}}{\text{г}} \text{см}^3.$$

Согласитесь это никак не м³ и даже не см³!

Читатель: А что же это такое?

Автор: Если учесть, что $\text{кг} = 1000 \text{ г}$, то $\frac{\text{кг}}{\text{г}} = \frac{1000 \text{ г}}{\text{г}} = 1000$. Значит, $\frac{\text{кг}}{\text{г}} \cdot \text{см}^3 = 1000 \text{ см}^3$. Вы получили ответ в тысячах кубических сантиметров: $V = 45 \cdot 1000 \text{ см}^3 = 45 \cdot 10^3 \text{ см}^3 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ см}^3$. Было бы значительно проще, если бы прежде, чем подставлять в формулу численные значения, Вы перевели бы массу из килограммов в граммы: $32 \text{ кг} = 32 \cdot 10^3 \text{ г}$. Тогда:

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{г} \cdot \frac{\cancel{\text{г}}}{\cancel{\text{см}^3}} = \frac{\text{г}}{1} \cdot \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{\text{г} \cdot \text{см}^3}{1 \cdot \text{г}} = \text{см}^3.$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{32 \cdot 10^3 \text{ г}}{0,71 \text{ г/см}^3} \approx 4,5 \cdot 10^4 \text{ см}^3.$$

Читатель: По-моему, с тем же успехом мы могли бы взять массу в килограммах, а плотность не в г/см^3 , а в кг/м^3 : $0,71 \text{ г/см}^3 = 0,71 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Тогда

$$[V] = \frac{[m]}{[\rho]} = \text{кг} : \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \text{м}^3.$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{32 \text{ кг}}{0,71 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} \approx 0,045 \text{ м}^3 = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3.$$

Автор: Совершенно верно. Главное, чтобы не ошибиться, надо всегда проверять, в каких единицах Вы получили ответ. А кроме того, всегда полезно проверить численное значение ответа на соответствие здравому смыслу!

$$\text{Ответ: } V = \frac{m}{\rho} \approx 0,045 \text{ м}^3 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ см}^3.$$

СТОП! Решите самостоятельно: А19, А22, Б38, Б39.

Мензурка с жидкостью

Задача 14.5. В стеклянную мензурку массой $m_c = 150 \text{ г}$ налили $V_{\text{ж}} = 70 \text{ см}^3$ дистиллированной воды. Какова масса мензурки с водой?

$m_c = 150 \text{ г}$	Решение. Общая масса мензурки с водой равна сумме масс мензурки m_c и налитой в неё воды $m_{\text{ж}}$: $m = m_c + m_{\text{ж}}.$
$V_{\text{ж}} = 70 \text{ см}^3$	
$m = ?$	

Масса налитой воды согласно формуле (14.3) равна $m_{\text{ж}} = \rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}}$, где $V_{\text{ж}}$ – объём воды, а $\rho_{\text{ж}}$ – плотность воды, $\rho_{\text{ж}} = 1,00 \text{ г/см}^3$, откуда

$$m = m_c + \rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}}. \quad (14.5)$$

Ответ в общем виде получен, проверим размерность:

$$[m] = [m_c] + [\cancel{\rho_{\text{ж}}}] [\cancel{V_{\text{ж}}}] = \text{г} + \frac{\text{г}}{\cancel{\text{см}^3}} \cdot \cancel{\text{см}^3} = \text{г} + \text{г} = \text{г}.$$

Запись $г + г = г$ не должна вас удивлять, так как при сложении двух масс, выраженных в граммах, в результате мы также получаем массу, выраженную в граммах.

Подставим численные значения:

$$m = m_c + \rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}} = 150 \text{ г} + 1,00 \text{ г/см}^3 \cdot 70 \text{ см}^3 = 220 \text{ г} \approx 2,2 \cdot 10^2 \text{ г}.$$

Ответ: $m = m_c + \rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}} \approx 2,2 \cdot 10^2 \text{ г}.$

СТОП! Решите самостоятельно: Б45, В30, В31.

Как вычислить *наружный* объём бутылки?

Задача 14.6. Масса пустой пол-литровой молочной бутылки $m = 400 \text{ г}$. Каков её наружный объём?

$m = 400 \text{ г}$	Решение. Ясно, что раз бутылка пол-литровая, то её ёмкость, или <i>внутренний</i> объём, составляет пол-литра, то есть $V_{\text{вн}} = 0,500 \text{ л}$. (Мы
$V_{\text{н}} = ?$	

взяли три значащие цифры, так как точность изготовления молочных бутылок обычно не превышает $1 \text{ см}^3 = 0,001 \text{ л}$.)

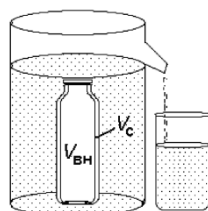


Рис. 14.2

Наружный объём бутылки можно измерить, опустив пустую бутылку, закрытую пробкой, в отливной стакан: объём вытесненной бутылкой воды как раз и равен наружному объёму бутылки. Как видно из рис. 14.2, наружный объём равен сумме внутреннего объёма $V_{\text{вн}}$ и объёма стекла $V_{\text{с}}$, из которого изготовлена бутылка:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{вн}} + V_{\text{с}}. \quad (1)$$

Плотность стекла находим в таблице 14.1: $\rho = 2,5 \text{ кг/л}$ (мы учли, что $\text{г/см}^3 = \text{кг/л}$), а масса бутылки дана в условии задачи. Следовательно, объём стекла можно вычислить по формуле (14.4):

$$V_{\text{с}} = \frac{m}{\rho}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{вн}} + \frac{m}{\rho}. \quad (14.6)$$

В общем ответ получен, проверим размерность:

$$[V_{\text{н}}] = [V_{\text{вн}}] + \frac{[m]}{[\rho]} = \text{л} + \frac{\text{г}}{\text{кг/л}} = ?$$

Не получается! Значит, массу бутылки надо перевести в килограммы: $m = 400 \text{ г} = 0,400 \text{ кг}$, тогда

$$[V_{\text{н}}] = [\cancel{V_{\text{вн}}}] + \frac{[m]}{[\rho]} = \text{л} + \frac{\text{кг}}{\text{кг/л}} = \text{л} + \text{л} = \text{л}.$$

Подставим численные значения:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{вн}} + \frac{m}{\rho} = 0,500 \text{ л} + \frac{0,400 \text{ кг}}{2,5 \text{ кг/л}} \approx 0,66 \text{ л}.$$

Ответ: $V_{\text{н}} = V_{\text{вн}} + \frac{m}{\rho} \approx 0,66 \text{ л}.$

СТОП! Решите самостоятельно: Б48, В35, В36.

**Сколько воды вытеснит камешек,
брошенный в стакан с водой?**

Задача 14.7. Какая масса воды выльется из отливного стакана, полностью заполненного водой, если в него бросить кусочек гранита массой $m_{\text{т}} = 78 \text{ г}$?

$m_{\text{т}} = 78 \text{ г}$	Решение. Прежде всего, заметим, что при погружении в жидкость твёрдое тело занимает тот объём, который раньше занимала жидкость, то есть
$m_{\text{ж}} = ?$	

оно *вытесняет* жидкость со своего старого места. Ясно, что объём вытесненной жидкости равен объёму тела.

Если ввести обозначения: $V_{\text{ж}}$ – объём вытесненной жидкости, $V_{\text{т}}$ – объём погружённого в жидкость тела, то можно записать равенство:

$$V_{\text{ж}} = V_{\text{т}}. \quad (14.7)$$

Поскольку согласно формуле (14.4) $V_{\text{ж}} = \frac{m_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}}$, а $V_{\text{т}} = \frac{m_{\text{т}}}{\rho_{\text{т}}}$, где $m_{\text{ж}}$ – масса вытесненной жидкости; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости; $m_{\text{т}}$ – масса погружённого в жидкость тела; $\rho_{\text{т}}$ – плотность тела, то из формулы (14.7) следует:

$$\frac{m_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{m_{\text{т}}}{\rho_{\text{т}}}. \quad (14.8)$$

В нашем случае плотность жидкости – это плотность воды: $\rho_{\text{ж}} = 1,00 \text{ г/см}^3$, а плотность тела – плотность гранита: $\rho_{\text{т}} = 2,7 \text{ г/см}^3$. Масса тела нам известна: $m_{\text{т}} = 78 \text{ г}$, а массу жидкости $m_{\text{ж}}$ требуется найти. Воспользуемся формулой (14.8). Умножим обе части формулы (14.8) на $\rho_{\text{ж}}$, получим:

$$\frac{m_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}} \cdot \rho_{\text{ж}} = \frac{m_{\text{т}}}{\rho_{\text{т}}} \cdot \rho_{\text{ж}} \Rightarrow m_{\text{ж}} = m_{\text{т}} \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}}. \quad (14.9)$$

Ответ в общем виде, то есть «в буквах», мы получили, проверим размерность результата:

$$[m_{\text{ж}}] = [m_{\text{т}}] \frac{[\rho_{\text{ж}}]}{[\rho_{\text{т}}]} = \text{г} \cdot \frac{\text{г/см}^3}{\text{г/см}^3} = \text{г}.$$

Подставим численные значения:

$$m_{\text{ж}} = m_{\text{т}} \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}} = (78 \text{ г}) \cdot \frac{1,00 \text{ г/см}^3}{2,7 \text{ г/см}^3} = 28,888 \text{ г} \approx 29 \text{ г}.$$

Ответ: $m_{\text{ж}} = m_{\text{т}} \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{т}}} \approx 29 \text{ г}.$

СТОП! Решите самостоятельно: А29, Б52, Б53, В41.

Камешек в пробирке с водой

Задача 14.8. В пробирку, доверху заполненную водой, опустили небольшой камешек, часть воды при этом вылилась из пробирки. Известно, что до опускания камешка масса пробирки с водой была равна $m_1 = 44 \text{ г}$. Определите массу пробирки с камешком, если: а) масса камешка $m_{\text{к}} = 4,5 \text{ г}$, а масса вытесненной воды $m_{\text{ж}} = 1,5 \text{ г}$; б) камешек – это кусочек гранита объёмом $V_{\text{к}} = 7,5 \text{ см}^3$; в) камешек – это кусочек мела массой $m_{\text{к}} = 11 \text{ г}$.

Решение.

$m_1 = 44 \text{ г}$	Случай а. Ясно, что масса пробирки увеличилась на величину массы камешка $m_{\text{к}}$ и уменьшилась на величину массы вытесненной этим камешком воды $m_{\text{ж}}$. Поэтому
$m_{\text{к}} = 4,5 \text{ г}$	
$m_{\text{ж}} = 1,5 \text{ г}$	
$m_2 = ?$	

$$m_2 = m_1 + m_{\text{к}} - m_{\text{ж}}. \quad (14.10)$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = m_1 + m_{\text{к}} - m_{\text{ж}} = 44 \text{ г} + 4,5 \text{ г} - 1,5 \text{ г} = 47 \text{ г}.$$

Ответ: $m_2 = m_1 + m_k - m_{ж} \approx 47$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: Б55, Б56.

$m_1 = 44$ г	Случай б. В данном случае масса камешка будет равна
$V_k = 7,5$ см ³	
$m_2 = ?$	

$$m_k = \rho_k V_{k\kappa}$$

где $\rho_k = 2,7$ г/см³ – плотность гранита, а масса вытесненной воды

$$m_{ж} = \rho_{ж} V_{k\kappa}$$

где $\rho_{ж} = 1,00$ г/см³ – плотность воды. (Объём вытесненной воды равен объёму камешка.)

Подставив значения m_k и $m_{ж}$ в формулу (14.10), получим ответ:

$$m_2 = m_1 + \rho_k V_k - \rho_{ж} V_k.$$

Итак:

$$m_2 = m_1 + V_k (\rho_k - \rho_{ж}). \quad (14.11)$$

Проверим размерность результата:

$$\begin{aligned} [m_2] &= [m_1] + [V_k] ([\rho_k] - [\rho_{ж}]) = \text{г} + \text{см}^3 \cdot \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} - \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right) = \\ &= \text{г} + \text{см}^3 \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right) = \text{г} + \text{г} = \text{г}. \end{aligned}$$

Подставим численные значения:

$$\begin{aligned} m_2 &= m_1 + V_k (\rho_k - \rho_{ж}) = \\ &= 44 \text{ г} + 7,5 \text{ см}^3 \cdot (2,7 \text{ г/см}^3 - 1,00 \text{ г/см}^3) = \\ &= 56,75 \text{ г} \approx 57 \text{ г}. \end{aligned}$$

Ответ: $m_2 = m_1 + V_k (\rho_k - \rho_{ж}) \approx 57$ г.

СТОП! Решите самостоятельно: В44, В45.

$m_1 = 44$ г	Случай в. Здесь массу камешка мы знаем, и для того чтобы по формуле (14.10) вычислить массу пробирки с камешком, нам не хватает только массы вытесненной камешком воды $m_{ж}$.
$m_k = 11$ г	
$m_2 = ?$	

Тут мы вполне можем воспользоваться формулой (14.9):

$$m_{ж} = m_k \frac{\rho_{ж}}{\rho_k}$$

(m_t здесь заменена на $m_{k\kappa}$, а ρ_t на $\rho_{k\kappa}$, так как тело, погруженное в воду, в данном случае это и есть наш камешек – кусочек мела, плотность которого по таблице 14.1 равна $\rho_k = 2,4$ г/см³).

Подставив это значение $m_{\text{ж}}$ в формулу (14.10), получим:

$$m_2 = m_1 + m_{\text{к}} - m_{\text{к}} \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{к}}} = m_1 + m_{\text{к}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{к}}} \right).$$

Итак:

$$m_2 = m_1 + m_{\text{к}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{к}}} \right). \quad (14.12)$$

Проверим размерность:

$$[m_2] = [m_1] + [m_{\text{к}}] \left(1 - \frac{[\rho_{\text{ж}}]}{[\rho_{\text{к}}]} \right) = \text{г} + \text{г} \cdot \left(1 - \frac{\text{г/см}^3}{\text{г/см}^3} \right) = \text{г} + \text{г} \cdot 1 = \text{г}.$$

Подставим численные значения:

$$\begin{aligned} m_2 &= m_1 + m_{\text{к}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{к}}} \right) = 44 \text{ г} + 11 \text{ г} \cdot \left(1 - \frac{1,00 \text{ г/см}^3}{2,4 \text{ г/см}^3} \right) = \\ &= 50,41 \text{ г} \approx 50 \text{ г}. \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } m_2 = m_1 + m_{\text{к}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{к}}} \right) \approx 50 \text{ г}.$$

СТОП! Решите самостоятельно: Г13, Г14.

Копия предмета и её масса

Задача 14.9. Некоторая деталь изготовлена из материала плотностью $\rho_1 = 8,0 \text{ г/см}^3$ и имеет массу $m_1 = 80 \text{ г}$. Определите, какой будет масса точной копии этой детали, если её изготовить из материала плотностью $\rho_2 = 2,7 \text{ г/см}^3$ и при этом: а) копия имеет точно такие же размеры, что и сама деталь; б) копия имеет все размеры (длину, ширину, высоту) в $k = 3$ раза (точно) бóльшие, чем сама деталь.

Решение.

$\rho_1 = 8,0 \text{ г/см}^3$ $\rho_2 = 2,7 \text{ г/см}^3$ $m_1 = 80 \text{ г}$ $m_2 = ?$	<i>Случай а.</i> Раз размеры равны, значит, и объёмы детали и её копии равны: $V_1 = V_2$. Отсюда: $\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{m_2}{\rho_2} \Rightarrow \frac{m_1}{\rho_1} \rho_2 = \frac{m_2}{\cancel{\rho_2}} \rho_2 \Rightarrow$
---	---

$$m_2 = \frac{m_1}{\rho_1} \rho_2. \quad (14.13)$$

Проверим размерность:

$$[m_2] = \frac{[m_1]}{\cancel{[\rho_1]}} \cancel{[\rho_2]} = \frac{\text{г}}{(\text{г/см}^3)} \cdot (\text{г/см}^3) = \text{г}.$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = \frac{m_1}{\rho_1} \rho_2 = \frac{80 \text{ г}}{8,0 \text{ г/см}^3} \cdot 2,7 \text{ г/см}^3 \approx 27 \text{ г}.$$

Ответ: $m_2 = \frac{m_1}{\rho_1} \rho_2 \approx 27 \text{ г}.$

СТОП! Решите самостоятельно: В47, В50.

$\rho_1 = 8,0 \text{ г/см}^3$	Случай б. <i>Читатель:</i> В данном случае все размеры копии (длина, ширина, высота) в 3 раза больше размеров детали, значит, и объём копии в 3 раза больше объёма детали: $V_2 = 3V_1$.
$\rho_2 = 2,7 \text{ г/см}^3$	
$m_1 = 80 \text{ г}$	
$k = 3$	
$m_2 = ?$	

Автор: Вы немного поторопились! Предположим, что наша деталь имеет форму куба с ребром 1 см, тогда его объём равен: $V_1 = (1 \text{ см})^3 = 1 \text{ см}^3$. Если все размеры куба (длину, ширину и высоту) увеличить в $k = 3$ раза, то это будет значить, что ребро куба стало равным 3 см, а его объём:

$$V_2 = (3 \text{ см})^3 = 3^3 \text{ см}^3 = 27 \text{ см}^3.$$

То есть при увеличении размеров детали в k раз её объём увеличился не в k , а в k^3 раз! Согласны?

Читатель: Да, для куба действительно так. Но ведь деталь может иметь и более сложную форму! Как быть в этом случае?

Автор: Мы всегда можем представить себе, что наша деталь состоит из большого числа маленьких кубиков, ребро каждого из которых равно, например, a , а объём, соответственно, $V_1 = a^3$. Тогда при увеличении размеров детали в k раз ребро каждого кубика тоже увеличится в k раз и станет равным ka . А объём составит

$$V_2 = (ka)^3 = k^3 a^3 = k^3 V_1.$$

То есть объём каждого кубика увеличится в k^3 раз. А значит, и объём всей детали увеличится в k^3 раз. Следовательно, и в нашей задаче мы можем записать соотношение:

$$V_2 = k^3 V_1.$$

Отсюда

$$\frac{m_2}{\rho_2} = k^3 \frac{m_1}{\rho_1} \Rightarrow \frac{m_2}{\rho_2} \rho_2 = k^3 \frac{m_1}{\rho_1} \rho_2.$$

Итак:

$$m_2 = k^3 m_1 \frac{\rho_2}{\rho_1}. \quad (14.14)$$

Проверим размерность. Заметим, что k – величина безразмерная, то есть просто число. Размерности таких величин полагают равными единице: $[k] = 1$.

$$[m_2] = [k]^3 [m_1] \frac{[\rho_2]}{[\rho_1]} = 1^3 \cdot \text{г} \cdot \frac{\text{г/см}^3}{\text{г/см}^3} = 1 \cdot \text{г} = \text{г}.$$

Подставим численные значения:

$$m_2 = k^3 m_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} = 3^3 \cdot 80 \text{ г} \cdot \frac{2,7 \text{ г/см}^3}{8,0 \text{ г/см}^3} = 729 \text{ г} \approx 0,73 \text{ кг}.$$

Ответ: $m_2 = k^3 m_1 \frac{\rho_2}{\rho_1} \approx 0,73 \text{ кг}.$

СТОП! Решите самостоятельно: Г16, Г18.

Плотность смеси, сплава, раствора

Задача 14.10. Сплав состоит из $m_1 = 1,0$ г золота и $m_2 = 2,0$ г серебра. Какова плотность сплава? Считайте, что объём сплава равен объёму составляющих его частей.

$m_1 = 1,0 \text{ г}$	Решение. Из таблицы 14.1 находим плотность золота $\rho_1 = 19,3 \text{ г/см}^3$ и плотность серебра $\rho_2 = 10,5 \text{ г/см}^3$. Плотность сплава равна отношению сплава к его объёму: $\rho = \frac{m}{V}$.
$m_2 = 2,0 \text{ г}$	
$\rho = ?$	

Пусть m – масса сплава, V – объём сплава, V_1 – объём золота, V_2 – объём серебра. Тогда

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}. \quad (1)$$

Согласно формуле (14.4) можно записать: $V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}$ и $V_2 = \frac{m_2}{\rho_2}$. Подставляя эти значения V_1 и V_2 в формулу (1), получим значение плотности сплава:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{\left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \right)}. \quad (14.15)$$

Проверим размерность результата:

$$[\rho] = \frac{[m_1] + [m_2]}{\left(\frac{[m_1]}{[\rho_1]} + \frac{[m_2]}{[\rho_2]} \right)} = \frac{\text{г} + \text{г}}{\frac{\text{г}}{\text{г/см}^3} + \frac{\text{г}}{\text{г/см}^3}} =$$

$$\text{г} : \frac{\text{г}}{\text{г/см}^3} = \frac{\text{г} \cdot \text{г/см}^3}{\text{г}} = \text{г/см}^3.$$

Подставим численные значения:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{\left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \right)} = \frac{1,00 \text{ г} + 2,00 \text{ г}}{\left(\frac{1,00 \text{ г}}{19,3 \text{ г/см}^3} + \frac{2,00 \text{ г}}{10,5 \text{ г/см}^3} \right)} = 12,38 \text{ г/см}^3 \approx 12 \text{ г/см}^3.$$

Ответ: $\rho = \frac{m_1 + m_2}{\left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \right)} \approx 12 \text{ г/см}^3.$

СТОП! Решите самостоятельно: Г20, Г22, Д9.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи очень лёгкие

- A1.** Какие металлы имеют плотность бóльшую, чем у золота?
- A2.** Плотность какого вещества больше: алмаза или мрамора?
- A3.** У какого металла плотность меньше, чем у воды?
- A4.** Какая жидкость имеет наибольшую плотность при 20 °С?
- A5.** У каких газов плотность при 0 °С больше, чем у воздуха?
- A6.** Какой газ имеет наименьшую плотность при 0 °С?
- A7.** Определите плотность бензина, если его объём $V = 200 \text{ см}^3$ имеет массу $m = 140 \text{ г}$.
- A8.** Объём слитка металла $V = 50 \text{ см}^3$, а его масса $m = 355 \text{ г}$. Какова плотность этого металла? Какой металл имеет такую же плотность?
- A9.** Кусок металла массой $m = 461,5 \text{ г}$ имеет объём $V = 65 \text{ см}^3$. Что это за металл?
- A10.** Картофелина массой $m = 59,0 \text{ г}$ имеет объём $V = 50,0 \text{ см}^3$. Определите плотность картофеля.
- A11.** Из двух тел с одинаковой массой второе имеет больший объём. У какого из этих тел плотность меньше?
- A12.** Какова масса $V = 250 \text{ см}^3$ серной кислоты?
- A13.** Определите массу соломы в соломокопнителе, если объём копнителя $V = 16 \text{ м}^3$, а плотность свежей соломы $\rho = 28 \text{ кг/м}^3$.
- A14.** На сколько изменилась общая масса автомобиля, когда в бак его долили $V = 200 \text{ л}$ бензина?
- A15.** Пользуясь таблицей плотностей, определите массу: а) $V_1 = 2 \text{ см}^3$ песка; б) соснового бруска, объём которого $V_2 = 10 \text{ см}^3$; в) чугунной детали объёмом $V_3 = 20 \text{ см}^3$; г) оловянного бруска объёмом $V_4 = 10 \text{ см}^3$; д) медного бруска объёмом $V_5 = 500 \text{ см}^3$; е) $V_6 = 2,0 \text{ см}^3$ гранита; ж) $V_7 = 5,0 \text{ см}^3$ парафина; з) $V_8 = 100 \text{ см}^3$ бетона.
- A16.** Во сколько раз масса куса мрамора объёмом $V = 1 \text{ м}^3$ больше массы куса парафина того же самого объёма?
- A17.** Во сколько раз $V_1 = 1,0 \text{ см}^3$ гранита тяжелее $V_2 = 1,0 \text{ см}^3$ кирпича: $\frac{m_1}{m_2}$?
- A18.** Во сколько раз масса гелия объёмом $V = 1 \text{ м}^3$ больше массы водорода того же объёма: $\frac{m_1}{m_2}$?
- A19.** Титановая деталь для машины имеет массу $m = 450 \text{ г}$. Определите её объём.

- A20.** Какой объём занимает масса $M = 400$ г графита?
- A21.** Стальная деталь машины имеет массу $m = 780$ г. Определите её объём.
- A22.** Какой вместимости надо взять сосуд, чтобы в него можно было налить бензин, масса которого $m = 35$ кг?
- A23.** Стальная деталь машины имеет массу $m = 3,90$ кг. Определите объём детали.
- A24.** В бидон входят $m = 7,2$ кг керосина. Определите ёмкость бидона.
- A25.** Сосуд вмещает $m = 2,72$ кг ртути. Определите ёмкость сосуда. Сколько граммов керосина можно вместить в этот сосуд?
- A26.** Когда бак целиком наполнили скипидаром, то оказалось, что масса его увеличилась на $m = 32$ кг. Какова вместимость бака?
- A27.** Приведите пример двух металлов, которые, имея одинаковые массы, значительно отличались бы объёмами.

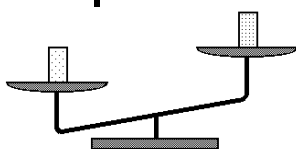


Рис. 14.3

A28. На чашках весов (рис. 14.3) находятся одинаковые по объёму бруски из железа и чугуна. На какой чашке находится железо?

A29. Сколько воды по объёму выльется из отливного стакана, если в него погрузить стальной брусок объёмом $V_{\text{т}} = 245 \text{ см}^3$?

A30. В стакан с ртутью опустили платиновый шарик. Определите объём шарика, если известно, что он втеснил $V_{\text{ж}} = 1,5 \text{ см}^3$ ртути.

Задачи лёгкие

- B1.** Что больше: плотность свинца или плотность железа? Во сколько раз?
- B2.** Во сколько раз плотность ртути больше плотности бензина?
- B3.** Какое вещество имеет бóльшую плотность: серная кислота или спирт? Во сколько раз?
- B4.** Плотность редкого металла осмия $\rho = 22,6 \text{ г/см}^3$. Что означает это число? Во сколько раз плотность осмия больше плотности алюминия?
- B5.** Плотность алюминия в твёрдом состоянии $\rho_1 = 2700 \text{ кг/м}^3$, в жидком $\rho_2 = 2380 \text{ кг/м}^3$. В чём причина такого изменения плотности алюминия?
- B6.** Чем объяснить отличие плотности водяного пара от плотности воды?
- B7.** В цилиндре под поршнем находится газ. Поршень начинают осторожно выдвигать из цилиндра. Изменится ли при этом масса газа в цилиндре? Его объём? Плотность? Число частиц (молекул) газа? (Газ из цилиндра не вытекает.)
- B8.** В цилиндре под поршнем находится кислород. Поршень начинают вдвигать в цилиндр. Как при этом изменяются: а) масса; б) его объём; в) его плотность; г) число молекул?
- B9.** Подсолнечное масло объёмом $V = 10,0$ л имеет массу $m = 920$ г. Найдите плотность масла. Выразите её в килограммах на кубический метр (кг/м^3).
- B10.** Самое лёгкое дерево – бальза. Масса его древесины объёмом $V = 100 \text{ см}^3$ равна $m = 12$ г. Вычислите плотность древесины бальзы в г/см^3 и в кг/м^3 .
- B11.** Из какого металла изготовлена втулка подшипника, если её масса $m = 3,9$ кг, а объём $V = 500 \text{ см}^3$?

- Б12.** Чугунный шар имеет массу $m = 800$ г при объёме $V = 125$ см³. Сплошной или полый этот шар?
- Б13.** Масса алюминиевой детали $m = 300$ г, её объём $V = 150$ см³. Есть ли в этой детали пустоты?
- Б14.** На чашках уравновешенных весов лежат кубики (рис. 14.4). Одинаковы ли плотности веществ, из которых сделаны кубики?

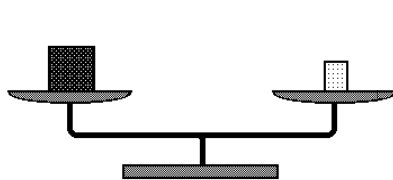


Рис. 14.4

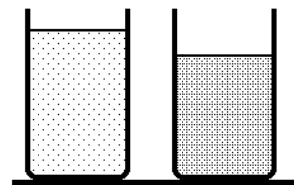


Рис. 14.5

- Б15.** В один из двух одинаковых сосудов налили воду (левый сосуд), в другой – раствор серной кислоты (рис. 14.5) равной массы. Какая жидкость имеет большую плотность? На основании чего вы делаете вывод?
- Б16.** На одной чашке весов (рис 14.6) поставлен брусок из свинца, а на другой – из олова. На какой чашке находится свинцовый брусок?

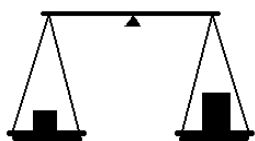


Рис. 14.6

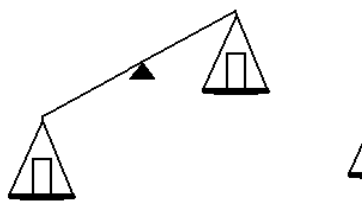


Рис. 14.7

- Б17.** На чашках весов (рис 14.7) находятся одинаковые по объёму бруски из железа и натрия. На какой чашке находится железо?
- Б18.** С помощью весов мальчик определил, что стакан, заполненный водой, имеет большую массу, чем тот же стакан, заполненный подсолнечным маслом, но меньшую, чем молоком. Какая из этих жидкостей имеет наибольшую плотность, а какая — наименьшую?
- Б19.** Вычислите в килограммах массу: а) $V_1 = 1,00$ дм³ свинца; б) $V_2 = 1,0$ дм³ парафина; в) $V_3 = 2,0$ дм³ гранита; г) $V_4 = 10$ дм³ алюминия; д) $V_5 = 5,00$ л мёда; е) $V_6 = 10,0$ л молока; ж) $V_7 = 2,00$ л ртути.
- Б20.** Определите массу воды, бензина и ртути объёмом $V = 10$ л.
- Б21.** В мензурку налит керосин (рис. 14.8). Определите его массу.
- Б22.** На железнодорожную четырехосную платформу массой $m = 21$ т погрузили гранит объёмом $V = 19$ м³. Какой стала общая масса платформы с грузом?
- Б23.** На сколько масса алюминия объёмом $V = 1,0$ м³

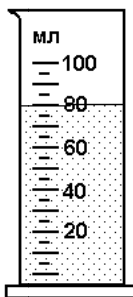


Рис. 14.8

меньше массы свинца того же объёма?

- Б24.** На рис. 14.9 изображены два кубика одинаковой массы: один (1) из янтаря, другой (2) из меди. У какого из кубиков масса вещества в объёме $V = 1 \text{ см}^3$ больше и во сколько раз: $\frac{m_1}{m_2} = ?$ (Плотность янтаря $1,1 \text{ г/см}^3$).

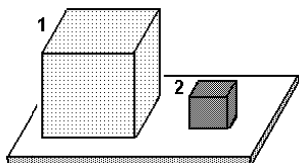


Рис. 14.9

- Б25.** Три кубика – из мрамора, льда и латуни – имеют одинаковый объём. Какой из них имеет наибольшую массу, какой – наименьшую?

- Б26.** Два ведра наполнены доверху водой: одно – дистиллированной, другое – морской. Если ведра одинаковы, то что можно сказать о массе воды в них?

- Б27.** Какая из трех ложек одинакового объёма имеет бóльшую массу: стальная, алюминиевая или серебряная?

- Б28.** Два тела одинакового объёма имеют массы в два раза отличающиеся друг от друга: $\frac{m_1}{m_2} = 2$. У какого тела плотность больше и во сколько раз: $\rho_1/\rho_2 = ?$

- Б29.** Диаметры алюминиевого и парафинового шаров одинаковы. Какой из них имеет меньшую массу и во сколько раз: $\frac{m_2}{m_1} = ?$

- Б30.** Два одинаковых бака наполнены: один – керосином, другой – бензином. Масса какого горючего больше и во сколько раз: $\frac{m_1}{m_2} = ?$

- Б31.** Объём одной отливки в пять раз больше объёма другой отливки из того же металла: $V_1 = 5V_2$. Какая отливка имеет большую массу и во сколько раз: $\frac{m_1}{m_2} = ?$

- Б32.** Определите массу прямоугольной мраморной плиты с размерами: $a = 1,0 \text{ м}$, $b = 0,80 \text{ м}$, $c = 0,10 \text{ м}$.

- Б33.** В аквариум длиной $a = 40 \text{ см}$ и шириной $b = 20 \text{ см}$ налита вода до высоты $c = 35 \text{ см}$. Определите массу налитой воды. Какую массу имеет такой же объём машинного масла?

- Б34.** Определите массу оконного стекла длиной $a = 3,0 \text{ м}$, высотой $b = 2,5 \text{ м}$ и толщиной $c = 0,60 \text{ см}$.

- Б35.** Сколько потребуется железнодорожных цистерн для перевозки $m = 1000 \text{ т}$ нефти, если вместимость каждой цистерны $V = 50 \text{ м}^3$?

- Б36.** В карьере за сутки добыто $V = 5000 \text{ м}^3$ песка. Сколько железнодорожных платформ грузоподъемностью $M = 65 \text{ т}$ потребуется, чтобы перевезти этот песок? (Песок принять сухим.)

- Б37.** На сколько увеличилась общая масса автомашины после погрузки на неё $n = 50$ сухих сосновых брусков объёмом $V = 20 \text{ дм}^3$ каждый?

Б38. Лаборант, идущий на склад для получения $m = 5$ кг ртути, взял с собой пол-литровую склянку. Не придётся ли ему возвращаться за дополнительной пустой посудой?

Б39. В бутылку вмещается $V = 500$ мл воды. Вместится ли в эту бутылку $m = 720$ г серной кислоты?

Б40. На рис. 14.10 изображены бруски одинаковой массы, изготовленные из меди, алюминия, олова, золота, свинца. Пользуясь таблицей плотностей, определите, из какого вещества изготовлен каждый брусок.

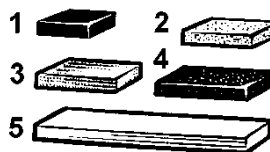


Рис. 14.10

Б41. Какая из трёх ложек одинаковой массы имеет большие размеры: стальная, алюминиевая или серебряная?

Б42. Два сплошных однородных цилиндра одинаковы по высоте и массе. Один из них изготовлен из алюминия, другой – из стали. Какой из них «толще»?

Б43. Из двух медных заклепок первая имеет вдвое большую массу, чем вторая: $m_1 = 2m_2$. Чему равно отношение объёмов этих тел: $\frac{V_1}{V_2} = ?$

Б44. Какая чугунная гиря – массой $m_1 = 5,0$ кг или $m_2 = 20$ кг – имеет больший объём и во сколько раз: $\frac{V_2}{V_1} = ?$

Б45. В мензурку массой $m_c = 100$ г налили $V_{ж} = 50$ см³ скипидара. Определите массу мензурки с налитой жидкостью.

Б46. В стеклянную банку массой $m_c = 600$ г налили $V_{ж} = 500$ см³ мёда. Какова масса банки с мёдом?

Б47. Наружный объём стеклянной бутылки $V_{н} = 0,6$ л, а ёмкость бутылки $V_{вн} = 0,5$ л. Определите объём стекла, из которого изготовлена бутылка.

Б48. Стальная фляга ёмкостью $V_{вн} = 0,75$ л имеет массу $m = 0,30$ кг. Чему равен её наружный объём?

Б49. Определите массу воды, которая выльется из отливного стакана, если в него погрузить тело объёмом $V_{т} = 100$ см³.

Б50. Сосуд наполнен водой. В каком случае из сосуда выльется больше воды: при погружении бруска свинца или бруска олова? Масса каждого бруска $m_{т} = 1$ кг.

Б51. Для промывки деталей их опускают в сосуд с керосином. В каком случае уровень керосина в сосуде станет выше: при погружении в него детали из алюминия или детали из меди такой же массы? (Детали сплошные.)

Б52. Определите объём воды, которая выльется из отливного стакана, если в него опустить, свинцовую дробь массой $m_{т} = 684$ г.

Б53. Для промывки медной детали массой $m_{т} = 17,8$ кг её опустили в бак с керосином. Определите массу керосина, вытесненного этой деталью.

Б54. Определите массу воды, которая выльется из стакана, доверху заполненного водой, при погружении в него куска стали массой $m_{т} = 78$ г.

Б55. В стакан, доверху наполненный керосином, опустили металлическую деталь массой $m_{к} = 100$ г, при этом из стакана вылилось $m_{ж} = 9,0$ г керосина. Определите массу стакана после опускания детали, если до того масса стакана с керосином была равна $m_1 = 200$ г.

Б56. В пробирку, заполненную спиртом, опустили небольшой камешек, при этом из пробирки вылилось $m_{ж} = 3,5$ г спирта. Определите массу камешка, если до опускания камешка масса пробирки со спиртом была равна $m_1 = 40$ г, а после опускания камешка $m_2 = 48,5$ г.

- Б57.** Пробирка, до краёв наполненная водой, имеет массу $m_1 = 60$ г. Если в эту пробирку опустить небольшой камешек, то масса пробирки станет равной $m_2 = 64$ г. Известно, что при опускании камешка вылилось $m_{\text{ж}} = 2$ г воды. Какова масса камешка?

Задачи средней трудности

- В1.** Известно, что при одинаковых условиях разные газы в объёме $V = 1 \text{ м}^3$ содержат одно и то же число молекул, а плотности газов разные. Чем объясняется различие в плотностях газов?
- В2.** Медную деталь нагрели. Изменились ли при этом масса детали, её объём и плотность? Ответ обоснуйте.
- В3.** Имеются три бруска льда одинаковой массы, взятые при разных температурах, равных соответственно 0 , -4 и -25 °С. У какого бруска самый большой объём?
- В4.** Наибольшую плотность вода имеет при 4 °С. Как изменяются масса, объём и плотность воды при охлаждении её от 4 до 0 °С?
- В5.** Как изменятся масса, объём и плотность воды при нагревании от 0 до 4 °С? (См. задачу В4.)
- В6.** Рассмотрите рис. 14.11 и определите вещество, из которого изготовлена ложка.

- В7.** Кубик из пенопласта имеет ребро $a = 2,0$ см. Масса кубика $m = 0,10$ г. Есть ли в кубике полость?

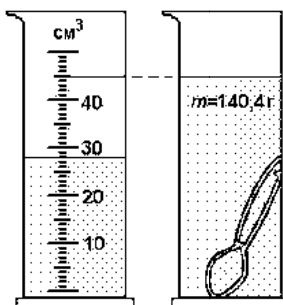


Рис. 14.11

- В7.** Латунный цилиндр имеет площадь основания $S = 20 \text{ см}^2$ и высоту $h = 10$ см. Масса цилиндра равна $m = 1,7$ кг. Определите, является ли цилиндр сплошным или же в нём имеется полость?
- В9.** Сплошной деревянный цилиндр имеет радиус основания $R = 5,0$ см и высоту $h = 20$ см. Определите породу дерева, если масса цилиндра $m = 1,26$ кг.
- В10** Платиновый шарик имеет радиус $R = 2,00$ мм и массу $m = 0,229$ г. Определите, есть ли в шарике полость?
- В11.** Из одного и того же вещества отлили три шара объёмами $V_1 = 18 \text{ см}^3$, $V_2 = 90 \text{ см}^3$ и $V_3 = 120 \text{ см}^3$. Масса первого шара $m_1 = 153$ г. Из какого вещества изготовлены шары и какова масса каждого из оставшихся шаров?
- В12.** Рассмотрите рис. 14.12 и рассчитайте массу тел, если они изготовлены из льда.

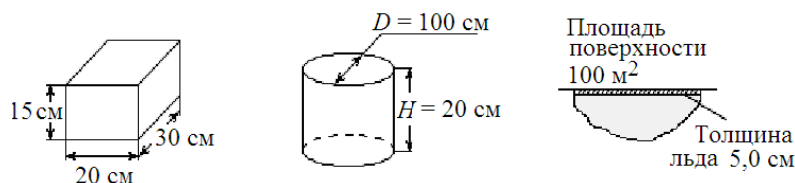


Рис. 14.12

- В13.** а) Определите массу алюминиевого угольника, размеры которого указаны на чертеже (рис 14.13). Толщина угольника $c = 5,0$ мм.
- б) Найдите массу железного угольника тех же размеров.

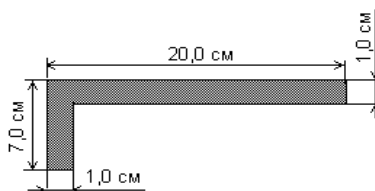


Рис. 14.13

В14. Кузов трехтонного автомобиля имеет следующие размеры: длину $a = 3 \text{ м } 10 \text{ см}$, ширину $b = 2 \text{ м } 10 \text{ см}$ и высоту $c = 60 \text{ см}$. Определите высоту слоя песка при полной загрузке автомобиля. Масса песка $m = 3,0 \text{ т}$.

В15. Дорожка в саду имеет ширину $a = 2,0 \text{ м}$. На какую длину можно по-

крыть эту дорожку слоем песка толщиной $c = 1,0 \text{ см}$, если масса песка $m = 3,0 \text{ т}$?

В16. Для того чтобы жести, используемая для изготовления консервных банок, не ржавела, её покрывают тонким слоем олова (лудят) из расчёта $m = 0,45 \text{ г}$ на $S = 200 \text{ см}^2$ жести. Какова толщина слоя олова на жести?

В17. Пластины золота можно расплющивать до толщины $a = 0,00010 \text{ мм}$. Какую площадь поверхности металла (дерева и т.д.) можно покрыть такими пластинками, изготовленными из золота массой $m = 2,316 \text{ г}$?

В18. Определите массу медного провода длиной $l = 10,0 \text{ м}$ и площадью поперечного сечения $S = 2,00 \text{ мм}^2$.

В19. Моток медной проволоки сечением $S = 2,0 \text{ мм}^2$ имеет массу $m = 17,8 \text{ кг}$. Как, не разматывая моток, определить длину проволоки? Чему она равна?

В20. Радиолюбитель поставил антенну из медной проволоки длиной $a = 40 \text{ м}$, площадью поперечного сечения $S = 3,4 \text{ мм}^2$. Рассчитайте массу медной проволоки.

В21. Сколько штук строительного кирпича с размерами $a = 250 \text{ мм}$, $b = 120 \text{ мм}$, $c = 65 \text{ мм}$ допускается перевозить на автомашине грузоподъемностью $M = 4,0 \text{ т}$?

В22. Машина рассчитана на перевозку груза массой $M = 3,0 \text{ т}$. Сколько листов железа можно нагрузить на неё, если длина каждого листа $a = 2,0 \text{ м}$, ширина $b = 80 \text{ см}$ и толщина $c = 2,0 \text{ мм}$.

В23. Аквариум необходимо наполнить водой. Сколько вёдер воды потребуется, если в ведро входит $V_0 = 10,0 \text{ л}$ воды, а размеры аквариума таковы: длина $a = 1,0 \text{ м}$, ширина $b = 0,50 \text{ м}$, а уровень воды в нём должен быть $c = 70 \text{ см}$?

В24. Железный и алюминиевый стержни имеют одинаковое сечение и равные массы. Какой из стержней длиннее? Во сколько раз?

В25. В вашем распоряжении находятся только кувшин, весы с гирьками и сосуд с водой. Объясните, как бы вы поступили, используя лишь эти тела, чтобы определить вместимость кувшина?

В26. Как определить плотность неизвестной жидкости, используя только стакан, воду и весы с разновесом?

В27. Необходимо определить плотность вещества, из которого изготовлена мелкая дробь. Предложите способ определения плотности в этом случае. Какие приборы вам для этого потребуются?

В28. Вам дана мелкая свинцовая дробь. Как определить, есть ли в ней примеси?

В29. В пластиковую бутылку налили $V_{\text{ж}} = 2,00 \text{ л}$ цельного молока. Масса бутылки с молоком оказалась равной $m = 2,16 \text{ кг}$. Определите массу бутылки.

В30. В банку массой $m_{\text{с}} = 0,67 \text{ кг}$ налили некоторое количество эфира. Масса банки с жидкостью стала равной $m = 0,81 \text{ кг}$. Определите объём налитого эфира.

В31. Сосуд, наполненный бензином, имеет массу $m = 2,00 \text{ кг}$. Этот же сосуд без бензина имеет массу $m_{\text{с}} = 600 \text{ г}$. Определите ёмкость сосуда.

- В32.** В стеклянную бутылку массой $m_c = 450$ г налили $V_{ж} = 0,200$ л некоторой жидкости. Масса бутылки с жидкостью оказалась равной $m = 3,17$ кг. Определите плотность жидкости. Что это за жидкость?
- В33.** В пустую мензурку массой $m_c = 240$ г налили $V_{ж} = 75$ см³ жидкости. Масса мензурки с жидкостью $m = 375$ г. Определите плотность жидкости.
- В34.** Найдите ёмкость стеклянного сосуда $V_{вн}$, если его масса $m = 50$ г и наружный объём $V_n = 37$ см³.
- В35.** Вычислите массу стеклянного флакона для духов, если он вмещает $V_{вн} = 50$ см³ жидкости и имеет наружный объём $V_n = 75$ см³.
- В36.** Хрустальный графин вмещает $V_{вн} = 0,80$ л жидкости и имеет наружный объём $V_n = 1,20$ л. Масса графина $m = 1,05$ кг. Определите плотность хрустала.
- В37.** В отливной стакан, заполненный неизвестной жидкостью, опустили металлическую деталь объёмом $V_t = 10,0$ см³, при этом из стакана вылилось $m_{ж} = 7,1$ г жидкости. Какова плотность жидкости?
- В38.** В сосуд с водой опустили кусочек цинка. Известно, что объём вытесненной воды равен $V_{ж} = 15,00$ см³. Определите массу цинка.
- В39.** В сосуд, заполненный неизвестной жидкостью, погрузили тело из неизвестного материала массой $m_t = 15,0$ г. Объём вытесненной жидкости при этом составил $V_{ж} = 2,00$ см³. Какова плотность тела?
- В40.** В доверху заполненный глицерином стакан опустили стальной шарик. При этом из стакана вылилось $m_{ж} = 10,0$ г глицерина. Определите массу шарика.
- В41.** Деталь из неизвестного металла массой $m_t = 100$ г опустили в отливной стакан, заполненный машинным маслом. При этом из стакана вылилось $m_{ж} = 4,19$ г масла. Определите плотность металла.
- В42.** Латунная деталь массой $m_t = 850$ г опущена в отливной стакан, заполненный неизвестной жидкостью. При этом из стакана вылилось $m_{ж} = 80$ г жидкости. Какова плотность жидкости?
- В43.** В стакан, доверху заполненный бензином общей массой $m_1 = 250$ г, опустили чугунную деталь объёмом $V_k = 10$ см³. Определите, какой стала общая масса стакана.
- В44.** В банку, доверху заполненную неизвестной жидкостью общей массой $m_1 = 2,30$ кг, опустили кусок кирпича объёмом $V_k = 200$ см³, при этом общая масса банки стала равна $m_2 = 2,48$ кг. Определите плотность жидкости.
- В45.** В доверху наполненный глицерином сосуд опустили кусочек иридия, в результате чего общая масса сосуда увеличилась от $m_1 = 225$ г до $m_2 = 430$ г. Определите объём кусочка иридия.
- В46.** Масса медного чайника $m_1 = 1,32$ кг. Определите массу такого же алюминиевого чайника.
- В47.** Деревянная модель детали машины, изготовленная из сосны, имеет массу $m_1 = 0,80$ кг. Какую массу будет иметь эта деталь, изготовленная из стали?
- В48.** Какова масса соснового бруска, имеющего такие же размеры, как и дубовый массой $m_1 = 40$ кг?

В49. Масса детали, изготовленной из латуни, равна $m_1 = 200$ г. Определите плотность сплава, из которого изготовлена такая же по размерам копия этой детали, если масса копии $m_2 = 176$ г.

В50. Деталь, отлитая из меди, имеет массу $m_1 = 89$ г. Масса такой же по размерам деревянной детали $m_2 = 4,0$ г. Определите плотность дерева.

Задачи трудные

Г1. Определите плотность стекла, из которого сделан куб массой $m = 857,5$ г, если площадь всей поверхности куба $S = 294$ см².

Г2. Какую массу имеет куб с площадью поверхности $S = 150$ см², если плотность вещества, из которого он изготовлен, $\rho = 2700$ кг/м³?

Г3. Определите массу полого куба, изготовленного из латуни. Полная площадь наружной боковой поверхности куба $S = 216$ см², толщина стенок $a = 2,0$ мм.

Г4. При исследовании облака установили, что средний объём капельки воды в нём равен $V_0 = 0,000\,0040$ мм³. Какая масса воды содержится в облаке объёмом $V = 1,0$ м³, если в облаке объёмом $V_1 = 0,10$ см³ в среднем содержится $n_1 = 140$ капелек?

Г5. Из дерева изготовлено тело неправильной формы. Как определить плотность дерева? Предложите способ определения и назовите приборы, которые для этого потребуются.

Г6. Как определить длину медного провода в мотке, если его нельзя разматывать? Провод имеет круглое сечение. Какие приборы для этого потребуются?

Г7. В стеклянной пробке от графина имеется полость. Как определить объём этой полости, не разбивая пробку? Какое оборудование для этого потребуется?

Г8. Стеклянный флакон от духов целиком заполнен ртутью и плотно закрыт притертой стеклянной пробкой. Как, не вынимая пробки, определить массу находящейся во флаконе ртути? Какие физические приборы для этого понадобятся?

Г9. Как определить толщину тонкой стеклянной пластинки прямоугольной формы, имея весы с разновесом и масштабную линейку? При этом учтите, что непосредственно измерять толщину пластинки линейкой нецелесообразно, так как это даст недостаточно точный результат.

Г10. Масса пустой бутылки $m_c = 460$ г. Масса этой же бутылки, наполненной водой, $m_1 = 960$ г, а наполненной подсолнечным маслом $m_2 = 920$ г. Определите по этим данным плотность подсолнечного масла. (Плотность воды считайте известной.)

Г11. Колба имеет массу $m_c = 14,72$ г. Наполненная водой, она имеет массу $m_1 = 39,74$ г, а наполненная водным раствором соли $m_2 = 44,85$ г. Определите плотность раствора.

Г12. Найдите объём полости внутри стеклянной пробки графина, если масса пробки $m = 77$ г, а её объём (внешний) $V = 37$ см³. Плотность стекла примите равной $\rho_{ст} = 2,5$ г/см³.

Г13. Пробирка, заполненная водой, имеет массу $m_1 = 44$ г. Определите массу той же пробирки с кусочком стали массой $m_k = 10$ г, доверху залитую водой.

Г14. Масса пробирки с водой составляет $m_1 = 50$ г. Масса этой же пробирки, заполненной водой, но с кусочком металла в ней плотностью $\rho = 8,0$ г/см³ составляет $m_2 = 61$ г. Определите массу кусочка металла.

- Г15.** Масса стакана, заполненного водой, $m_1 = 260$ г. Когда в этот стакан с водой поместили камешек массой $m_k = 28,8$ г и часть воды вылилась, то масса стакана, воды и камешка стала равной $m_2 = 276,8$ г. Определите плотность вещества камня.
- Г16.** Мраморная статуя имеет массу $m_1 = 100$ кг. Какую массу имеет медная копия этой статуи, размеры которой в $k = 2,5$ раза больше?
- Г17.** Стальной мост через реку имеет массу $m_1 = 780$ т. Определите массу деревянной модели этого моста, размеры которой в $k = 100$ раз меньше размеров моста. Плотность дерева $\rho_2 = 0,80$ г/см³.
- Г18.** Медная деталь имеет массу $m_1 = 100$ г. Деревянная копия этой детали, размеры которой в $k = 2,0$ раза больше размеров самой детали, имеет массу $m_2 = 75$ г. Определите плотность дерева.
- Г19.** Золотая ваза имеет массу $m_1 = 10,5$ кг, а её точная копия, размеры которой в $n = 3,5$ раза меньше, имеет массу $m_2 = 107$ г. Определите плотность сплава, из которого отлита копия.
- Г20.** Чтобы получить латунь, сплавляли куски меди массой $m_1 = 178$ кг и цинка массой $m_2 = 355$ кг. Какой плотности была получена латунь? (Объём сплава равен сумме объёмов его составных частей.)
- Г21.** Сплав состоит из олова массой $m_1 = 2,92$ кг и свинца массой $m_2 = 1,13$ кг. Какова плотность сплава, если считать, что объём сплава равен сумме объёмов его составных частей?
- Г22.** Тщательным совместным растиранием смешано по $m = 100$ г парафина, буры и воска. Какова средняя плотность получившейся смеси, если плотность этих веществ равна соответственно: $\rho_1 = 0,90$ г/см³, $\rho_2 = 1,7$ г/см³ и $\rho_3 = 1,0$ г/см³?

Задачи очень трудные

- Д1.** В сосуд, заполненный жидким маслом плотностью $\rho_{ж} = 0,90$ г/см³, опустили камешек плотностью $\rho_k = 2,5$ г/см³, в результате чего часть масла вытекла, а масса пробирки с оставшимся маслом и камешком увеличилась на $\Delta m = 26$ г. Определите массу камешка.
- Д2.** В сосуд, заполненный водой, опустили камешек массой $m_k = 39$ г, после чего часть воды вытекла, а общая масса пробирки с камешком и оставшейся водой увеличилась на $\Delta m = 25$ г. Определите плотность камешка.
- Д3.** В сосуд, заполненный водой плотностью $\rho_1 = 1,00$ г/см³, бросают кусок алюминиевого сплава. После того, как часть воды вылилась из сосуда, его масса с оставшейся водой и куском сплава увеличилась на $\Delta m_1 = 25$ г. Когда вместо воды использовали жидкое масло плотностью $\rho_2 = 0,90$ г/см³ и повторили измерения, то масса сосуда с маслом и куском сплава увеличилась на $\Delta m_2 = 26$ г. Определите плотность сплава.
- Д4.** Железная и алюминиевая детали имеют одинаковые объёмы. Найдите массы этих деталей, если масса железной детали на $\Delta m = 12,75$ г больше массы алюминиевой.
- Д5.** Девочки вылепили из пластилина фигурку олимпийского мишки и поручили мальчикам отлить из свинца его точную копию, но в $k = 2$ раза (точно) бóльшей высоты. Какую массу будет иметь отливка, если на изготовление образца пошло $V = 100$ см³ пластилина?

Д6. Стальная Эйфелева башня в Париже имеет высоту $H = 300$ м и массу $M = 7200$ т. Какой будет масса точной модели Эйфелевой башни, если её изготовить из материала, плотность которого ровно в 3 раза меньше, чем у стали: $\rho_2 = \frac{\rho_1}{3}$? Высота копии $h = 30$ см.

Д7. В чистой воде растворена кислота. Масса раствора $m = 240$ г, а его плотность $\rho = 1,2$ г/см³. Определите массу кислоты, содержащейся в растворе, если плотность кислоты $\rho_2 = 1,8$ г/см³. Считайте объём раствора равным сумме объёмов его составных частей.

Д8. Кусок сплава из свинца и олова массой $m = 664$ г имеет плотность $\rho = 8,3$ г/см³. Определите массу свинца в сплаве. Считайте объём сплава равным сумме объёмов его составных частей.

Д9. В куске кварца содержится небольшой самородок золота. Масса куска $m = 100$ г, а его средняя плотность $\rho = 8,00$ г/см³. Определите массу золота, содержащегося в кварце, если плотность кварца $\rho_k = 2,65$ г/см³.

Д10. Сплав золота и серебра массой $m = 400$ г имеет плотность $\rho = 14 \cdot 10^3$ кг/м³. Полагая объём сплава равным сумме объёмов его составных частей, определите массу золота и процентное содержание его в сплаве.

Д11. Как определить плотность неизвестной жидкости, используя стакан и весы с разновесом из латуни?

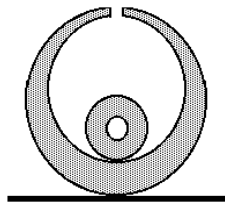


Рис. 14.14

Д12. При изготовлении полого медного шара с небольшим отверстием в него поместили другой полый медный шар (рис. 14.14). Как определить объём внутренней полости малого шара?

Д13. Как опытным путем определить массу медного купороса, содержащегося в водном растворе? (Плотность купороса известна.) Считать, что объём раствора равен сумме объёмов его составных частей.

Д14. На привале у озера юный турист вручил своим товарищам ведро и кувшин вместимостью $V_1 = 7$ л и $V_2 = 3$ л соответственно. При этом дал задание принести из озера ровно столько воды, сколько вмещается в кастрюлю, о которой сообщил, что если целиком (ровным слоем) наполнить её сухим песком плотностью $\rho = 1500$ кг/м³, то масса этого песка составит $m = 7,5$ кг. Ребята (все они любители физики) дружно взялись за дело и тут же выполнили его. А вы смогли бы выполнить это задание? Расскажите как.