



§ 20.

Масса тела. Плотность вещества. Единицы плотности

Одинаково ли легко изменить скорость различных тел? Мимо нас пролетает комар. Трудно ли изменить скорость его движения? Достаточно просто дунуть (рис. 117, *а*). А если проезжает груженный автомобиль МАЗ (рис. 117, *б*)?

Инерция есть у всех тел, но это свойство проявляется у них в разной степени. Оно почти незаметно у комара, но очень заметно у автомобиля, для изменения скорости движения которого требуются большие и длительные воздействия.

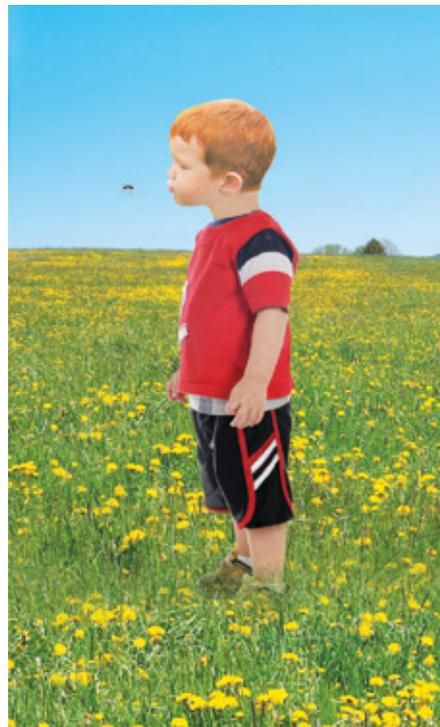
Для характеристики инерции тела в физике используется физическая величина, называемая *массой*. Чем массивнее тело, тем труднее изменить скорость его движения, тем больше оно противится таким изменениям. **Масса тела** — мера его инерции. Масса обозначается буквой *m*.

Основной единицей массы в СИ является 1 килограмм (1 кг). Полезно знать, что 1 л воды при комнатной температуре имеет массу, практически равную 1 кг. Соответственно, масса 1 мл равна 1 г. Обратите внимание! В килограммах измеряется единственная физическая величина — масса.

От чего зависит масса тела? Сравните разгон и торможение груженого и порожнего автомобилей. Понятно, что масса тела зависит от количества вещества в теле (от числа молекул). Дело в том, что массой (т. е. инерцией) обладает каждая молекула, поэтому массу всего тела можно рассматривать как сумму масс всех его молекул. Будут ли одинаковыми массы тел, если они содержат одинаковое число молекул? Да, если тела состоят из одного и того же вещества. Нет, если тела состоят из различных веществ (например, алюминиевая и золотая ложки). А теперь сравним массы разных веществ, имеющих одинаковый объем.

Задумайтесь над вопросом: какую тележку легче сдвинуть с места — нагруженную сухими

а



б



Рис. 117



Рис. 118

дровами (рис. 118, а) или нагруженную камнями (рис. 118, б), имеющими равный с дровами объем? Конечно, тележку с дровами. Ее масса меньше. Значит, масса единицы объема дров и единицы объема камней разная.

Масса вещества, содержащегося в единице объема, называется плотностью вещества.

Чтобы найти плотность, необходимо массу вещества разделить на его объем. Плотность обозначается греческой буквой ρ (ро). Тогда

$$\text{плотность} = \frac{\text{масса}}{\text{объем}}, \quad \text{или} \quad \rho = \frac{m}{V}.$$

Основной единицей измерения плотности в СИ является $1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Плотности различных веществ определены на опыте и представлены в таблице 3.

На рисунке 119 изображены массы известных вам веществ в объеме $V = 1 \text{ м}^3$.

У большинства веществ плотность в твердом состоянии больше, чем в жидком. Например, плотность олова в твердом состоянии $\rho_{\text{тв}} = 7300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а в жидком (при температуре $400 \text{ }^\circ\text{C}$) $\rho_{\text{ж}} = 6800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Плотность вещества в жидком состоянии больше, чем в газообразном. Чем это можно объяснить? Вспомните о различии в промежутках между молекулами. Самые большие промежутки между молекулами газа. Поэтому плотность сжиженного воздуха (при $-194 \text{ }^\circ\text{C}$) равна $860 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а в газообразном состоянии (при $0 \text{ }^\circ\text{C}$) — $1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Зная плотность и объем тела, легко найти массу:

$$m = \rho V.$$

Формулу $\rho = \frac{m}{V}$ можно использовать не только для однородных тел, но и для тел, имеющих полости или состоящих из разных веществ. Только в этом случае формула выражает среднюю плотность тела (сравните с формулой средней скорости):

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

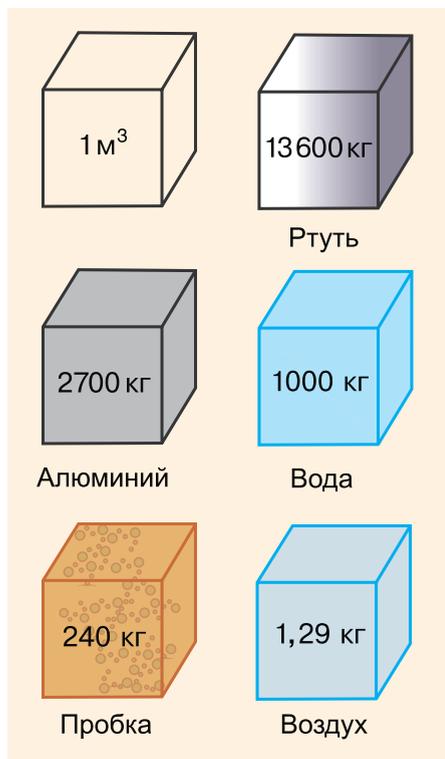


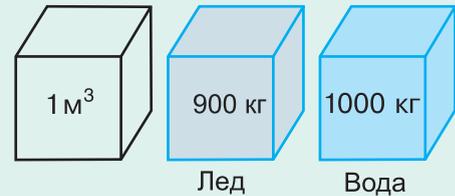
Рис. 119

Таблица 3. Плотности веществ (при нормальном атмосферном давлении)

Вещество	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Вещество	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Вещество в твердом состоянии при 20 °С					
Осмий	22 600	22,6	Мрамор	2700	2,7
Иридий	22 400	22,4	Стекло оконное	2500	2,5
Платина	21 500	21,5	Фарфор	2300	2,3
Золото	19 300	19,3	Бетон	2300	2,3
Свинец	11 300	11,3	Соль поваренная	2200	2,2
Серебро	10 500	10,5	Кирпич	1800	1,8
Медь	8900	8,9	Оргстекло	1200	1,2
Латунь	8500	8,5	Капрон	1100	1,1
Сталь, железо	7800	7,8	Полиэтилен	920	0,92
Олово	7300	7,3	Парафин	900	0,90
Цинк	7100	7,1	Лед	900	0,90
Чугун	7000	7,0	Дуб (сухой)	700	0,70
Корунд	4000	4,0	Сосна (сухая)	400	0,40
Алюминий	2700	2,7	Пробка	240	0,24
Жидкость при 20 °С					
Ртуть	13 600	13,60	Керосин	800	0,80
Серная кислота	1800	1,80	Спирт	800	0,80
Глицерин	1200	1,20	Нефть	800	0,80
Вода (морская)	1030	1,03	Ацетон	790	0,79
Вода (дистиллированная)	1000	1,00	Бензин	710	0,71
Масло подсолнечное	930	0,93	Жидкое олово (при $t = 400$ °С)	6800	6,80
Масло машинное	900	0,90	Жидкий воздух (при $t = -194$ °С)	860	0,86
Газ при 0 °С					
Хлор	3,210	0,00321	Оксид углерода (II) (угарный газ)	1,250	0,00125
Оксид углерода (IV) (углекислый газ)	1,980	0,00198	Природный газ	0,800	0,0008
Кислород	1,430	0,00143	Водяной пар (при $t = 100$ °С)	0,590	0,00059
Воздух	1,290	0,00129	Гелий	0,180	0,00018
Азот	1,250	0,00125	Водород	0,090	0,00009

▼ Для любознательных

Твердое вещество, состоящее из молекул H_2O (лед), имеет плотность $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, жидкое (вода) — $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



Вы заметили особенность? Плотность льда меньше плотности воды, что указывает на более плотную упаковку (т. е. меньшие промежутки) молекул в жидком состоянии вещества (вода), чем в твердом (лед).

Из всех видов деревьев наименьшей плотностью обладает древесина бальзового дерева ($\rho = 100 - 120 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), растущего в тропиках Центральной и Южной Америки.

Средняя плотность Вселенной ничтожно мала ($\approx 10^{-28} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$), а вещество нейтронных звезд имеет очень большую плотность ($2 \cdot 10^{17} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$).

■ Главные выводы

1. Чем больше масса тела, тем труднее изменить скорость его движения.
2. Плотность вещества показывает, какая масса вещества содержится в единице его объема.
3. Плотность вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях разная.
4. Тела, состоящие из разных веществ, характеризуются средней плотностью.

? Контрольные вопросы

1. Как зависит изменение скорости движения тела от его массы?
2. Самые большие корабли (супертанкеры) на то, чтобы развернуться, тратят не менее получаса. Почему?
3. Что называют плотностью вещества?
4. Зависит ли плотность данного вещества от объема тела?
5. Кирпич раскололи на две равные части. Как изменились характеристики (m , V , ρ) частей тела?
6. Вода в пластмассовой бутылке замерзла. Какие из характеристик тела (m , V , ρ) изменились и как?


Пример решения задачи

Средняя плотность тела человека примерно равна плотности воды. Зная свою массу, вычислите объем своего тела.

Дано:

$$\langle \rho \rangle \approx \rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V = ?$$

Решение

Определим с помощью весов свою массу m .
Например, $m = 50$ кг. Тогда объем тела

$$V = \frac{50 \text{ кг}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 = 50 \text{ дм}^3.$$

Ответ: $V = 50 \text{ дм}^3$.

Упражнение 6

1. Определите плотность тела массой $m = 0,234$ кг, имеющего объем $V = 30 \text{ см}^3$.

2. Сравните плотности двух веществ: $\rho_1 = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ и $\rho_2 = 900 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$.

3. Определите массу железобетонной плиты площадью $S = 9,0 \text{ м}^2$ и толщиной $a = 15$ см. Плотность железобетона $\rho = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

4. Сосуд какого объема потребуется для перевозки: а) $m_1 = 50$ кг бензина; б) $m_2 = 50$ кг ртути? Ответ дайте в литрах.

5. Оловянная статуэтка объемом $V = 0,80 \text{ дм}^3$ имеет массу $m = 3,2$ кг. Сплошная она или полая?

6. Медная проволока в мотке имеет диаметр $d = 1,0$ мм. Какова длина проволоки, если масса мотка $m = 280$ г?

7. Используя одни и те же координатные оси, постройте графики зависимости массы от объема для шаров, изготовленных из сухой сосны и стекла. Сравните эти графики, сделайте выводы.

8. Постройте график зависимости плотности вещества тела от его объема. Как с помощью этого графика найти массу тела данного объема?

9. Две плиты одинакового объема имеют массы $m_1 = 1350$ кг, $m_2 = 200$ кг. Плотность плиты массой m_1 равна $\rho_1 = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Определите плотность второй плиты. Из какого материала изготовлены плиты?

 10. Почему гирьки разновеса массой от 1 г и больше делают из стали, а массой от 500 мг и меньше — из алюминия?