

Под водой мы можем легко поднять камень, который с трудом поднимаем в воздухе. Если погрузить пробку под воду и выпустить её из рук, то она всплывёт. Как можно объяснить эти явления?

Мы знаем (§ 39), что жидкость давит на дно и стенки сосуда, а если внутрь её поместить какое-нибудь твёрдое тело, то оно также будет подвергаться давлению.

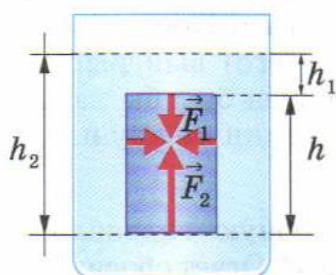


Рис. 148. Силы, действующие на погружённое в жидкость тело

Рассмотрим силы, которые действуют со стороны жидкости на погруженное в неё тело. Чтобы легче было рассуждать, выберем тело, которое имеет форму параллелепипеда с основаниями, параллельными поверхности жидкости (рис. 148). Силы, действующие на боковые грани тела, попарно равны и уравнивают друг друга. Под действием этих сил тело только сжимается. А вот силы, действующие на верхнюю и нижнюю грани тела, неодинаковы. На верхнюю грань давит сверху с силой  $F_1$  столб жидкости высотой  $h_1$ . На уровне нижней грани тела давление производит столб жидкости высотой  $h_2$ . Это давление, как мы знаем (§ 38), передаётся внутри жидкости во все стороны. Следовательно, на нижнюю грань тела снизу вверх с силой  $F_2$  давит столб жидкости высотой  $h_2$ . Но  $h_2$  больше  $h_1$ , следовательно, и модуль силы  $F_2$  больше модуля силы  $F_1$ . Поэтому тело выталкивается из жидкости с силой  $F_{\text{выт}}$ , равной разности сил  $F_2 - F_1$ , т. е.

$$F_{\text{выт}} = F_2 - F_1.$$

Рассчитаем эту выталкивающую силу. Силы  $F_1$  и  $F_2$ , действующие на верхнюю и нижнюю грани параллелепипеда, можно вычислить, зная их площади ( $S_1$  и  $S_2$ ) и давление жидкости



на уровнях этих граней ( $p_1$  и  $p_2$ ). Отсюда получаем

$F_1 = p_1 S_1$ , а  $F_2 = p_2 S_2$ , так как  $p_1 = \rho_{\text{ж}} g h_1$ ,  $p_2 = \rho_{\text{ж}} g h_2$ , а  $S_1 = S_2 = S$ , где  $S$  — площадь основания параллелепипеда.

Тогда  $F_{\text{выт}} = F_2 - F_1 = \rho_{\text{ж}} g h_2 S - \rho_{\text{ж}} g h_1 S = \rho_{\text{ж}} g S (h_2 - h_1) = \rho_{\text{ж}} g S h$ , где  $h$  — высота параллелепипеда.

Но  $Sh = V$ , где  $V$  — объём параллелепипеда, а  $\rho_{\text{ж}} V = m_{\text{ж}}$ , где  $m$  — масса жидкости в объёме параллелепипеда. Следовательно,

$$F_{\text{выт}} = g m_{\text{ж}} = P_{\text{ж}},$$

т. е. выталкивающая сила равна весу жидкости в объёме погружённого в неё тела.

Существование силы, выталкивающей тело из жидкости, легко обнаружить на опыте.

На рисунке 149, а изображено тело, подвешенное к пружине со стрелкой-указателем на конце. Растяжение пружины отмечает на штативе стрелка. При опускании тела в воду пружина сокращается (рис. 149, б). Такое же сокращение пружины получится, если действовать на тело снизу вверх с некоторой силой, например нажать рукой.

Следовательно, опыт подтверждает, что на тело, находящееся в жидкости, действует сила, выталкивающая это тело из жидкости.

К газам, как мы знаем, также применим закон Паскаля. Поэтому и на тела, находящиеся в газе, действует сила, выталкивающая их из газа. Под действием этой силы воздушные шары поднимаются вверх. Существование силы, выталкивающей тело из газа, можно также наблюдать на опыте.

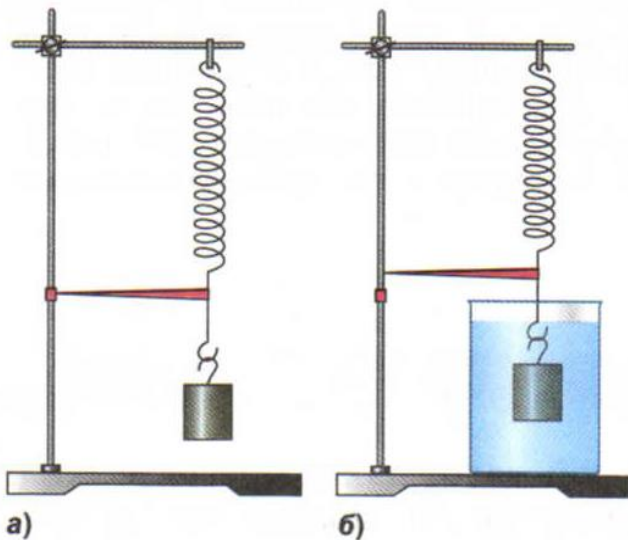
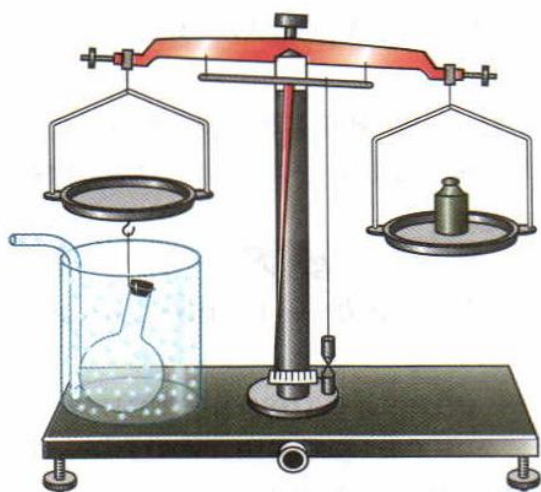


Рис. 149. Обнаружение силы, выталкивающей тело из жидкости



**Рис. 150.** Обнаружение силы, выталкивающей тело из газа

К чашке весов с укороченным креплением подвешивают стеклянный шар или большую колбу, закрытую пробкой. Весы уравнивают. Затем под колбу (или шар) ставят широкий сосуд так, чтобы он окружал всю колбу. Сосуд наполняют углекислым газом, плотность которого больше плотности воздуха. При этом равновесие весов нарушается. Чашка с подвешенной колбой поднимается вверх (рис. 150). На колбу, погружённую в углекислый газ, действует бóльшая выталкивающая сила по сравнению с той, которая действует на неё в воздухе.

**Сила, выталкивающая тело из жидкости или газа, направлена противоположно силе тяжести, приложенной к этому телу.**

Поэтому если какое-либо тело взвесить в жидкости или газе, то его вес окажется меньше веса в вакууме (пустоте). Именно этим объясняется, что в воде мы иногда легко поднимаем тела, которые с трудом удерживаем в воздухе.

**?** Вопросы

- 1.** Какие известные вам из жизни явления указывают на существование выталкивающей силы?
- 2.** Как доказать, основываясь на законе Паскаля, существование выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость?
- 3.** Как показать на опыте, что на тело, находящееся в жидкости, действует выталкивающая сила?
- 4.** Как на опыте показать, что на тело, находящееся в газе, действует выталкивающая сила?