**Поверхностное натяжение σ жидкостей при 20 °С (мН/м)**

| | |
|---|---|
| Вода | 73 |
| Глицерин | 62 |
| Мыльная вода | 40 |
| Ртуть | $5{,}0 \cdot 10^2$ |
| Спирт | 22 |

● Расход жидкости в трубке тока (рис. 12.1):

а) объемный расход $Q_V = vS$;

б) массовый расход $Q_m = \rho v S$,

где $S$ — площадь поперечного сечения трубки тока; $v$ — скорость жидкости; $\rho$ — ее плотность.

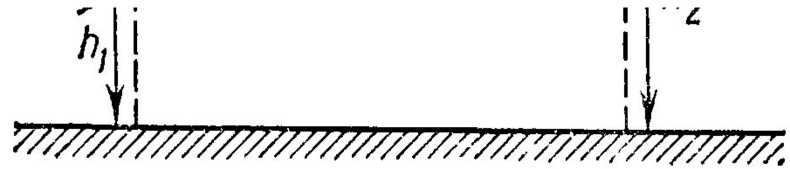



Рис. 12.1

● Уравнение неразрывности струи

$$v_1 S_1 = v_2 S_2,$$

где $S_1$ и $S_2$ — площади поперечного сечения трубки тока в двух местах; $v_1$ и $v_2$ — соответствующие скорости течений.

● Уравнение Бернулли для идеальной несжимаемой жидкости в общем случае

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2,$$

где $p_1$ и $p_2$ — статические давления жидкости в двух сечениях трубки тока; $v_1$ и $v_2$ — скорости жидкости в этих сечениях; $\rho v_1^2/2$ и $\rho v_2^2/2$ — динамические давления жидкости в этих же сечениях; $h_1$ и $h_2$ — высоты их над некоторым уровнем (рис. 12.1); $\rho g h_1$ и $\rho g h_2$ — гидростатические давления.

● Скорость течения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде

$$v=\sqrt{2gh},$$

где $h$ — глубина, на которой находится отверстие относительно уровня жидкости в сосуде.

● Формула Пуазейля. Объем жидкости (газа), протекающей за время $t$ через длинную трубку,

$$V=\frac{\pi r^4 t\,\Delta p}{8l\eta}$$

где $r$ — радиус трубки; $l$ — ее длина; $\Delta p$ — разность давлений на концах трубки; $\eta$ — динамическая вязкость (коэффициент внутреннего трения) жидкости.

● Поверхностное натяжение

$$\sigma=F/l,$$

где $F$ — сила поверхностного натяжения, действующая на контур $l$, ограничивающий поверхность жидкости, или

$$\sigma=\frac{\Delta E}{\Delta S},$$

где $\Delta E$ — изменение свободной энергии поверхностной пленки жидкости, связанное с изменением площади $\Delta S$ поверхности этой пленки.

● Формула Лапласа в общем случае записывается в виде

$$p=\sigma\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right),$$

где $p$ — давление, создаваемое изогнутой поверхностью жидкости; $\sigma$ — поверхностное натяжение; $R_1$ и $R_2$ — радиусы кривизны двух взаимно перпендикулярных сечений поверхности жидкости, а в случае сферической поверхности

$$p=2\sigma/R.$$

● Высота подъема жидкости в капиллярной трубке

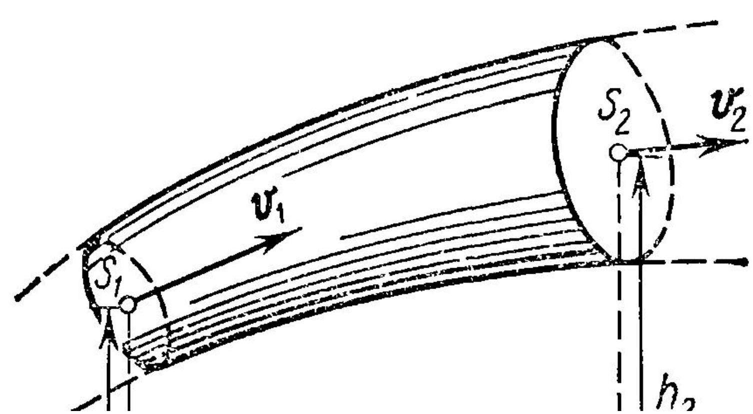
$$h=\frac{2\sigma\cos\theta}{\rho g R},$$

где $\theta$ — краевой угол; $R$ — радиус канала трубки; $\rho$ — плотность жидкости; $g$ — ускорение свободного падения.

● Высота подъема жидкости между двумя близкими и параллельными плоскостями

$$h=\frac{2\sigma\cos\theta}{\rho g d},$$

где $d$ — расстояние между плоскостями.



● Число Рейнольдса для потока жидкости в длинных трубках

$$\mathrm{Re}=\rho\langle v\rangle \frac{d}{\eta},$$

где $\langle v\rangle$ — средняя по сечению скорость течения жидкости; $d$ — диаметр трубки, и для движения шарика в жидкости

$$\mathrm{Re}=\frac{\rho v d}{\eta},$$

где $v$ — скорость шарика; $d$ — его диаметр.

Число Рейнольдса Re есть функция скорости $v$ тела, линейной величины $l$, определяющей размеры тела, плотности $\rho$ и динамической вязкости $\eta$ жидкости, т. е.

● Формула Стокса. Сила сопротивления $F$, действующая со стороны потока жидкости на медленно движущийся в ней шарик,

$$F=6\pi\eta r v,$$

где $r$ — радиус шарика; $v$ — его скорость.

Формула справедлива для скоростей, при которых число Рейнольдса много меньше единицы ($\mathrm{Re}\ll 1$).

**12.45.** Вода течет в горизонтально расположенной трубе переменного сечения. Скорость $v_1$ воды в широкой части трубы равна 20 см/с. Определить скорость $v_2$ в узкой части трубы, диаметр $d_2$ которой в 1,5 раза меньше диаметра $d_1$ широкой части.

**12.51.** Струя воды диаметром $d=2$ см, движущаяся со скоростью $v=10$ м/с, ударяется о неподвижную плоскую поверхность, поставленную перпендикулярно струе. Найти силу $F$ давления струи на поверхность, считая, что после удара о поверхность скорость частиц воды равна нулю.

**12.30.** Трубка имеет диаметр $d_1=0{,}2$ см. На нижнем конце трубки повисла капля воды, имеющая в момент отрыва вид шарика. Найти диаметр $d_2$ этой капли.

**12.35.** Определить силу $F$, прижимающую друг к другу две стеклянные пластинки размерами $10\times10$ см, расположенные параллельно друг другу, если расстояние $l$ между пластинками равно 22 мкм, а пространство между ними заполнено водой. Считать мениск вогнутым с диаметром $d$, равным расстоянию между пластинками.

**1.212.** На столе стоит цилиндрический сосуд, наполненный водой до уровня $H = 20$ см от дна. Если в воду ($\rho = 1$ г/см$^3$) опустить плавать тонкостенный никелевый стакан ($\rho' = 8{,}8$ г/см$^3$), то уровень воды подымается на $h = 2{,}2$ см. Определить уровень $H_1$ воды в сосуде, если стакан утопить. [20,2 см].

**1.220** Площадь поршня, вставленного в горизонтально расположенный налитый водой цилиндр (рис. 34), $S_1 = 1{,}5$ см$^2$, а площадь отверстия $S_2 = 0{,}8$ мм$^2$. Пренебрегая трением и вязкостью, определить время $t$, за которое вытечет вода из цилиндра, если на поршень действовать постоянной силой $F = 5$ Н, а ход поршня $l = 5$ см. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м$^3$. [1,15 с]

**1.239.** Стальной шарик (плотность $\rho' = 9$ г/см$^3$) диаметром $d = 0,8$ см падает с постоянной скоростью в касторовом масле ($\rho = 0,96$ г/см$^3$, динамическая вязкость $\eta = 0,99$ Па·с. Учитывая, что критическое значение числа Рейнольдса $Re_{кр} = 0,5$, определить характер движения масла, обусловленный падением в нем шарика.
[ $Re = 2,2 > Re_{кр}$, движение турбулентное ]

**1.242.** В боковую поверхность цилиндрического сосуда диаметром $D$ вставлен капилляр внутренним диаметром $d$ и длиной $l$ (рис. 44). В сосуд налита жидкость с динамической вязкостью $\eta$. Определить зависимость скорости $v$ понижения уровня жидкости в сосуде от высоты $h$ этого уровня над капилляром.

$$\left[ v = \frac{1}{32} \frac{\rho g h d^4}{\eta l D^2} \right]$$

# Домашнее задание

$\boxed{\text{Т}}$ **1.236**

$\boxed{\text{Ч}}$ **12.46,12.54,12.29,12.37,12.60**