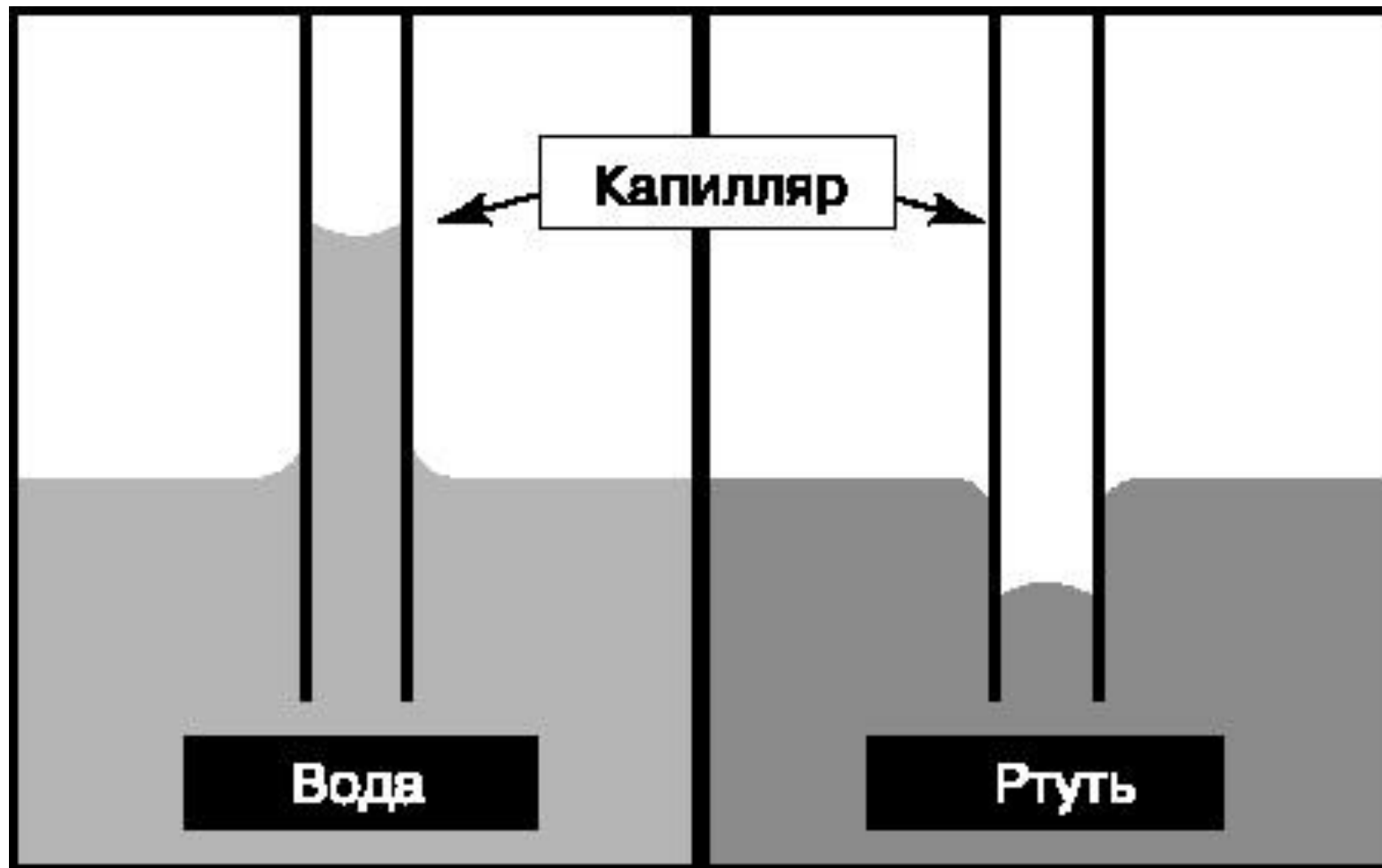


# Капиллярное явление



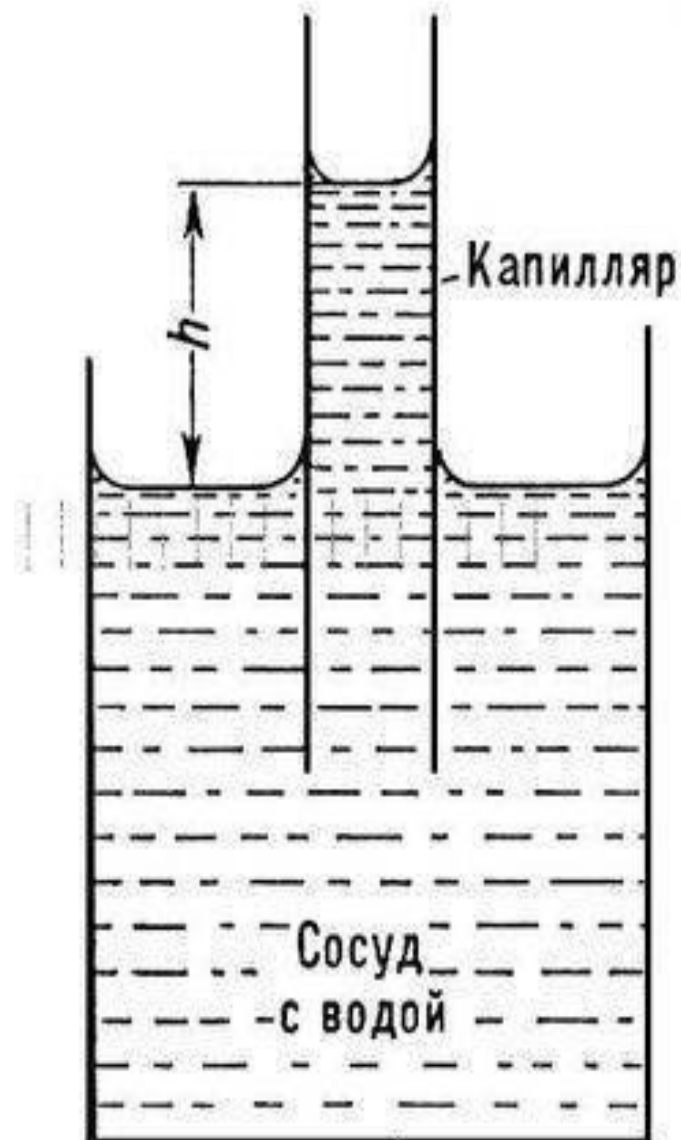
# Что такое капиллярное явление?

- **Капиллярность** (от лат. *capillaris* — волосяной), **капиллярный эффект** — физическое явление, заключающееся в способности жидкостей изменять уровень в трубках, узких каналах произвольной формы, пористых телах

- Подъем жидкости в капилляре продолжается до тех пор, пока сила тяжести действующая на столб жидкости в капилляре, не станет равной по модулю результирующей  $F_H$  сил поверхностного натяжения, действующих вдоль границы соприкосновения жидкости с поверхностью капилляра:  $F_T = F_H$ , где  $F_T = mg = \rho h \pi r^2 g$ ,  $F_H = \sigma 2\pi r \cos \theta$ .
- Отсюда следует:
$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

Искривление поверхности ведёт к появлению в жидкости дополнительного капиллярного давления  $Dp$ , величина которого связана со средней кривизной  $r$  поверхности уравнением Лапласа:  $Dp = p_1 - p_2 = 2s_{12}/r$ , где ( $s_{12}$  — поверхностное натяжение на границе двух сред;  $p_1$  и  $p_2$  — давления в жидкости 1 и контактирующей с ней среде (фазе) 2. В случае вогнутой поверхности жидкости ( $r < 0$ ) давление в ней понижено по сравнению с давлением в соседней фазе:  $p_1 < p_2$  и  $Dp < 0$ . Для выпуклых поверхностей ( $r > 0$ ) знак  $Dp$  меняется на обратный. Капиллярное давление создаётся силами поверхностного натяжения, действующими по касательной к поверхности раздела. Искривление поверхности раздела ведёт к появлению составляющей, направленной внутрь объёма одной из контактирующих фаз. Для плоской поверхности раздела ( $r = \infty$ ) такая составляющая отсутствует

При контакте жидкости с твёрдыми телами на форму её поверхности существенно влияют явления смачивания, обусловленные взаимодействием молекул жидкости и твёрдого тела. На **рис. 1** показан профиль поверхности жидкости, смачивающей стенки сосуда. Смачивание означает, что жидкость сильнее взаимодействует с поверхностью твёрдого тела (капилляра, сосуда), чем находящийся над ней газ. Силы притяжения, действующие между молекулами твёрдого тела и жидкости, заставляют её подниматься по стенке сосуда, что приводит к искривлению примыкающего к стенке участка поверхности. Это создаёт отрицательное (капиллярное) давление, которое в каждой точке искривленной поверхности в точности уравнивает давление.

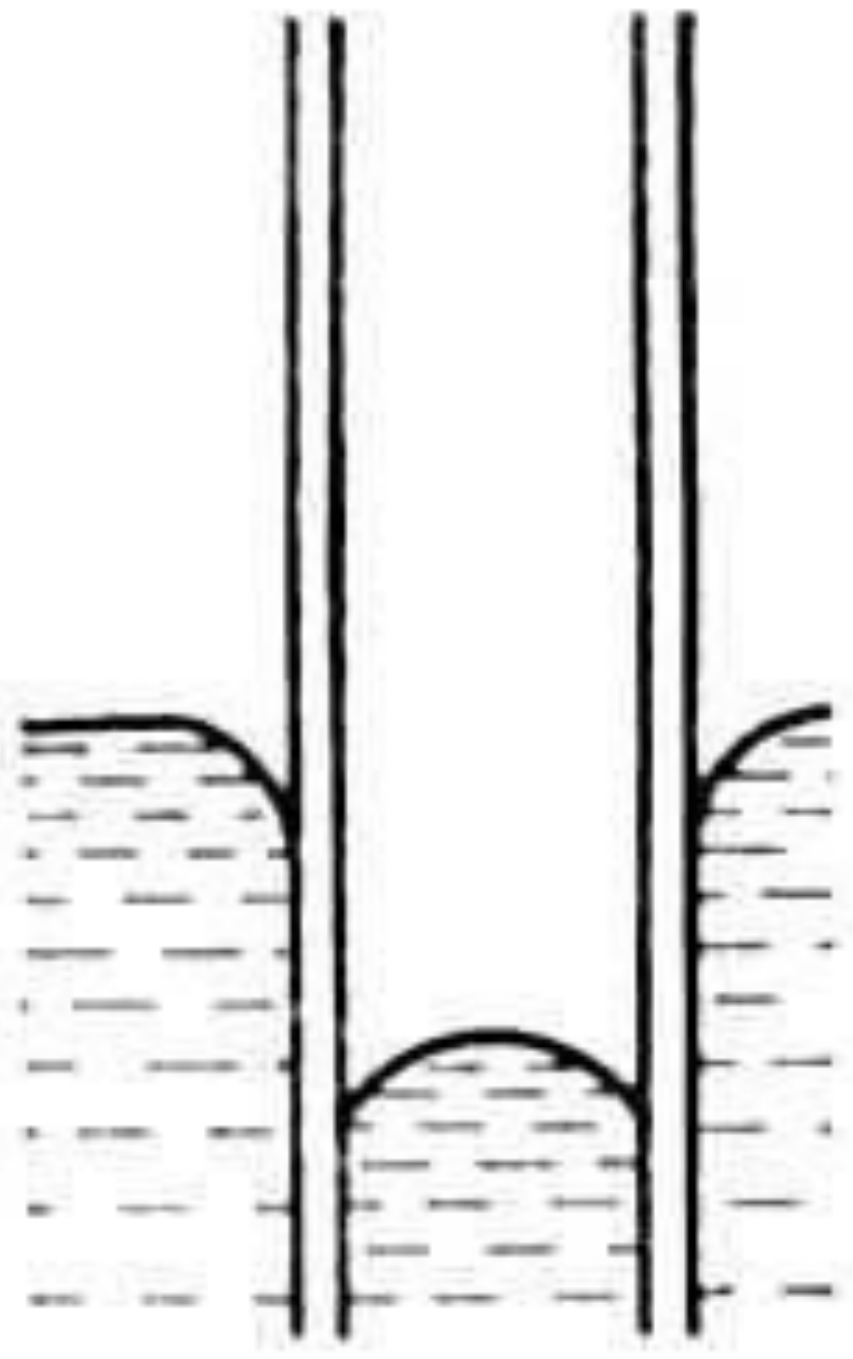
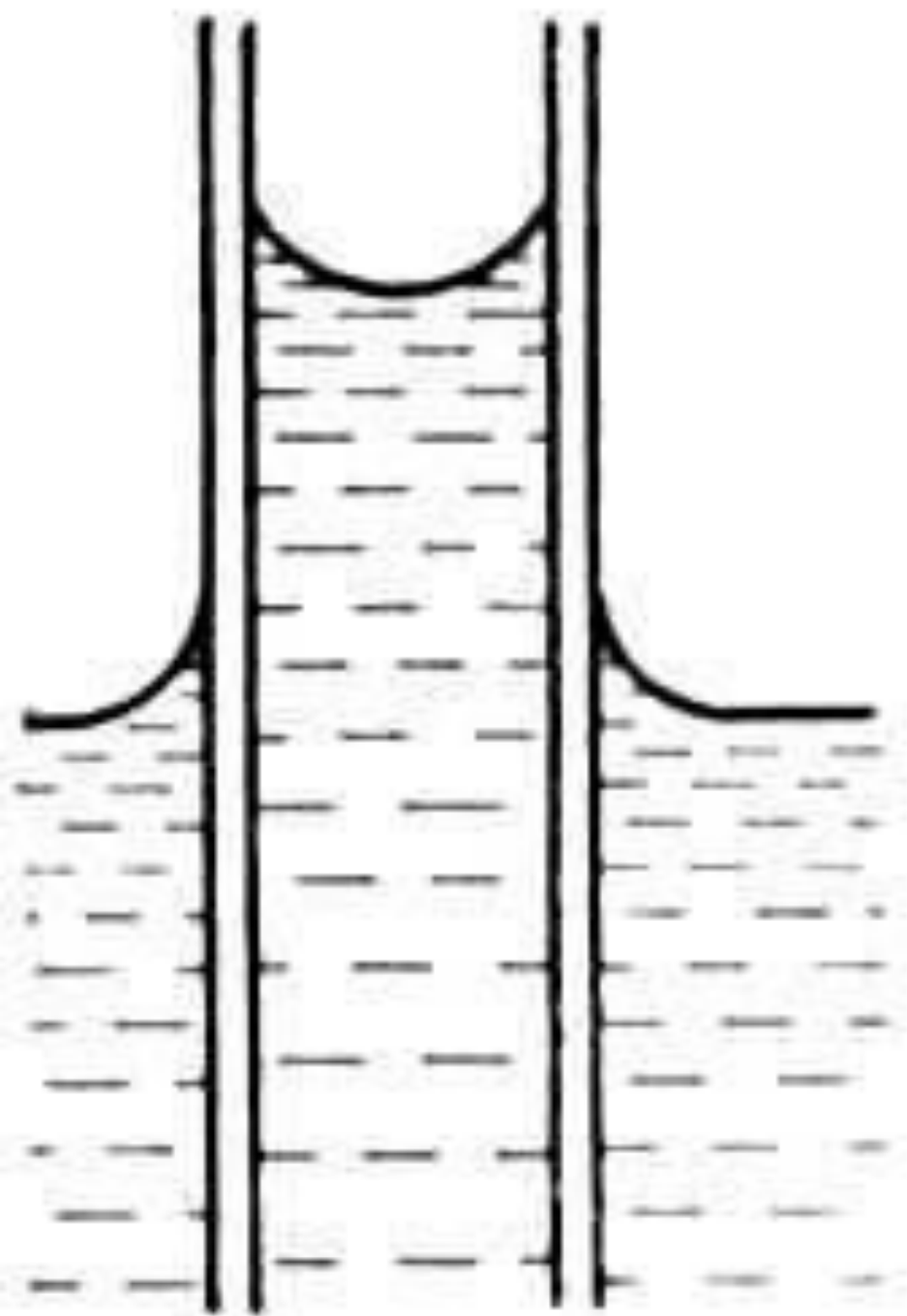


# Формула Д. Жюрена

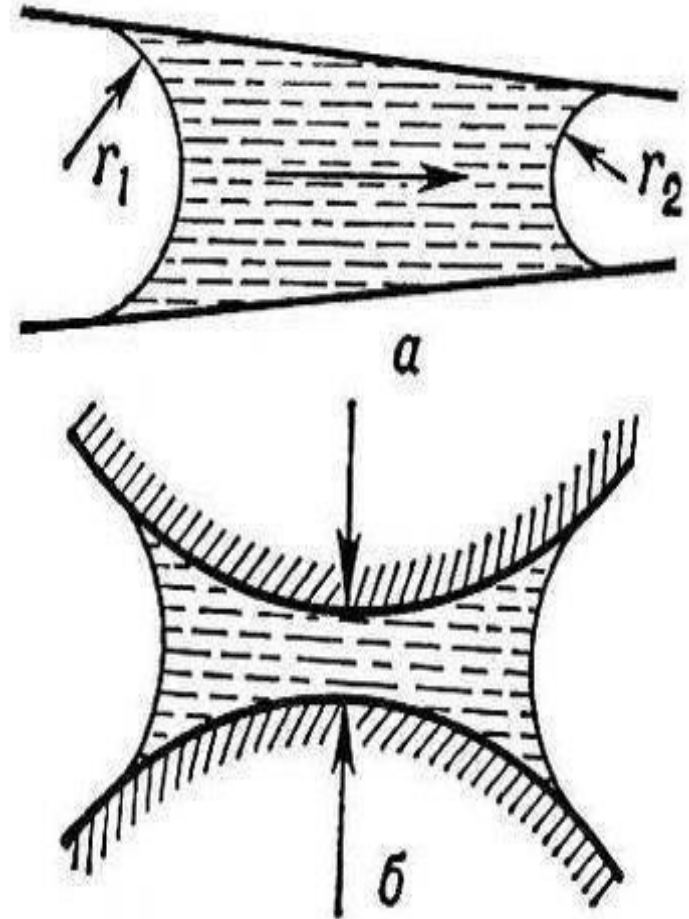
Если сближать плоские стенки сосуда таким образом, чтобы зоны искривления начали перекрываться, то образуется вогнутый мениск — полностью искривленная поверхность. В жидкости под мениском капиллярное давление отрицательно, под его действием жидкость всасывается в щель до тех пор, пока вес столба жидкости (высотой  $h$ ) не уравнивает действующее капиллярное давление  $Dp$ . В состоянии равновесия

$$(r_1 - r_2) gh = Dp = 2s_{12}/r,$$

где  $r_1$  и  $r_2$  — плотность жидкости 1 и газа 2;  $g$  — ускорение свободного падения. Это выражение, известное как формула Д. Жюрена (J. Jurin, 1684—1750), определяет высоту  $h$  капиллярного поднятия жидкости, полностью смачивающей стенки капилляра. Жидкость, не смачивающая поверхность, образует выпуклый мениск, что вызывает её опускание в капилляре ниже уровня свободной поверхности ( $h < 0$ ).



Отрицательное капиллярное давление оказывает стягивающее действие на ограничивающие жидкость стенки (*рис. 2, б*). Это может приводить к значительной объёмной деформации высокодисперсных систем и пористых тел — капиллярной контракции. (Дисперсность - величина, показывающая какое число частиц можно уложить вплотную в одном метре. Чем меньше размер частиц, тем больше дисперсность). Так, например, происходящий при высушивании рост капиллярного давления приводит к значительной усадке материалов.





# Капиллярные явления в природе

Большинство растительных и животных тканей пронизано громадным числом капиллярных сосудов. Именно в капиллярах происходят основные процессы, связанные с дыханием и питанием организма, вся сложнейшая химия жизни тесно связана с диффузионными явлениями. Стволы деревьев, ветви и стебли растений пронизаны огромным числом капиллярных трубочек, по которым питательные вещества поднимаются до самых верхних листочков. Корневая система растений оканчивается тончайшими нитями-капиллярами. И сама почва, источник питания для корня, может быть представлена как совокупность капиллярных трубочек, по которым в зависимости от структуры и обработки быстрее или медленнее поднимается к поверхности вода с растворёнными в ней веществами. Высота подъёма жидкости в капиллярах тем больше, чем меньше его диаметр. Отсюда ясно, что для сохранения влаги надо почву перекапывать, а для осушения – утрамбовывать.

# Применение человеком

- При пайке.
- При устранении поверхностных дефектов какого либо изделия.
- В медицине.

# Открытие капиллярных систем

- Капиллярные явления впервые были открыты и исследованы Леонардо да Винчи (15 в.), затем Б. Паскалем (17 в.) и Д. Жюреном (18 в.) в опытах с капиллярными трубками. Теория К. я. развита в работах П. Лапласа (1806), Т. Юнга (1805), С. Пуассона (1831), Дж. Гиббса (1875) и И. С. Громеки (1879, 1886).