

Элементы механики жидкостей и газов

Гидростатика

- Идеальными называются **невязкие** и **несжимаемые** жидкости (силой трения в жидкости можно пренебречь $F_{тр}=0$, плотность жидкости $\rho=const$).
- Давление столба жидкости высотой h и плотностью ρ вычисляется по формуле:

$$p = \rho gh$$

Закон Архимеда

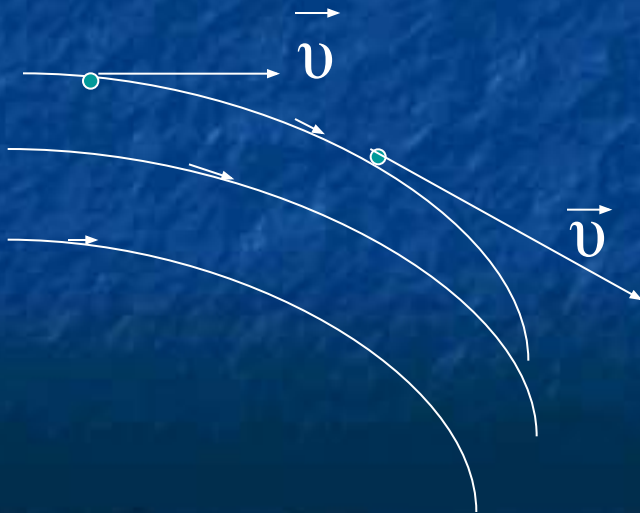
- *На тело, погруженное в жидкость (газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (газа), вытесненной этим телом:*

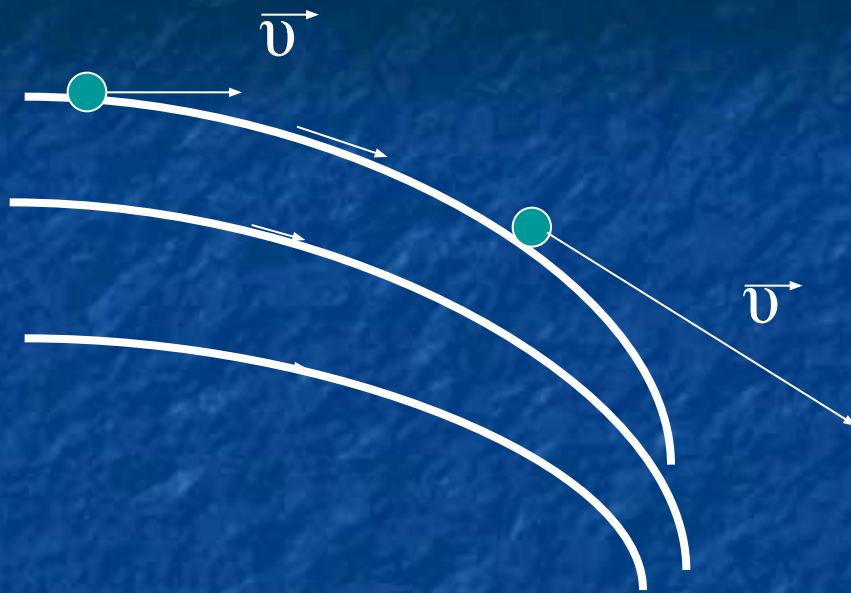
$$F_A = \rho g V$$

Стационарное течение жидкости

- Движение жидкостей называется течением, а совокупность частиц движущейся жидкости — поток.
- Установившееся течение жидкости называют *стационарным течением*.

- *Линиями тока жидкости называются линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением скорости частицы жидкости в этой же точке.*



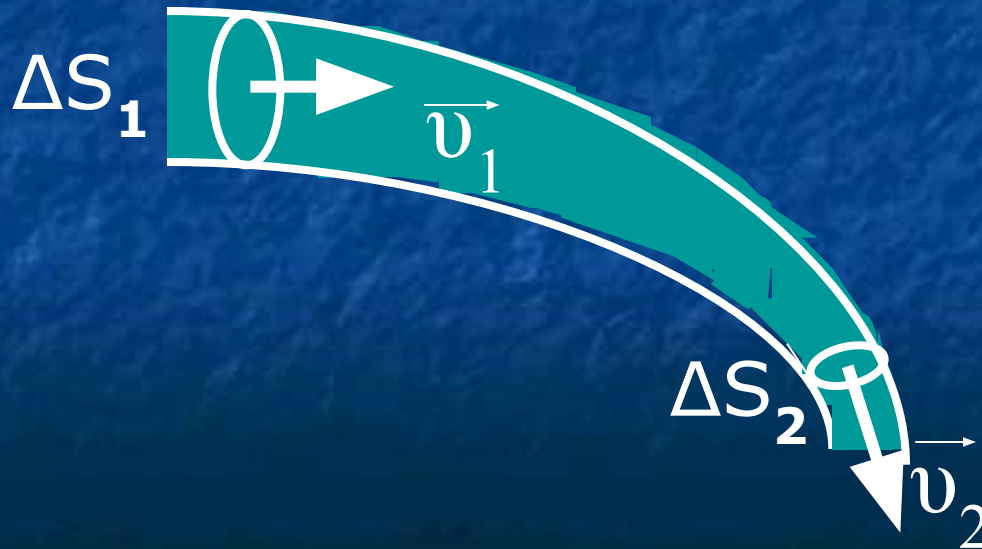


- Линии тока принято проводить так, что густота их больше там, где больше скорость течения жидкости, и меньше там, где жидкость течет медленнее.

Часть жидкости, ограниченную линиями тока, называют *трубкой тока*.



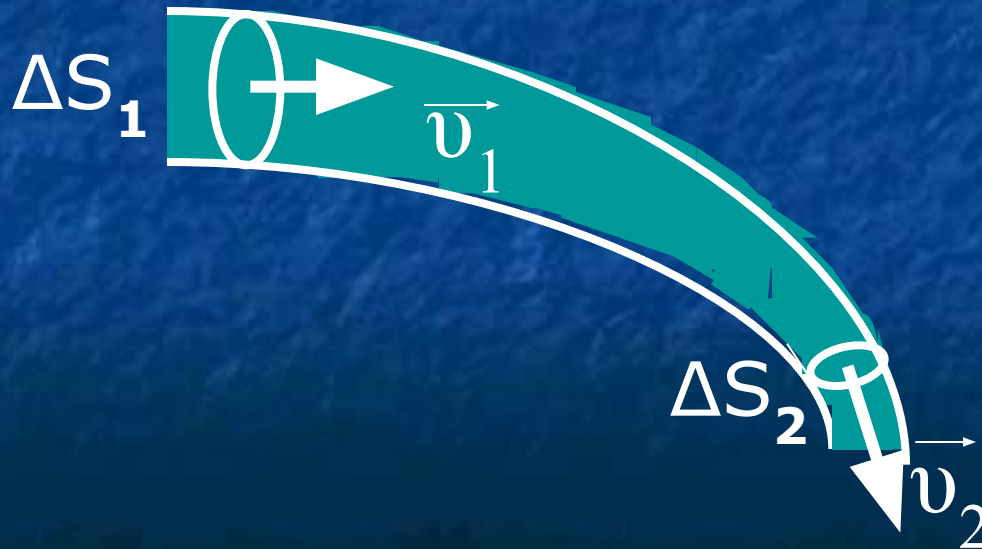
Уравнение неразрывности



Часть жидкости, ограниченную линиями тока, называют *трубкой тока*.

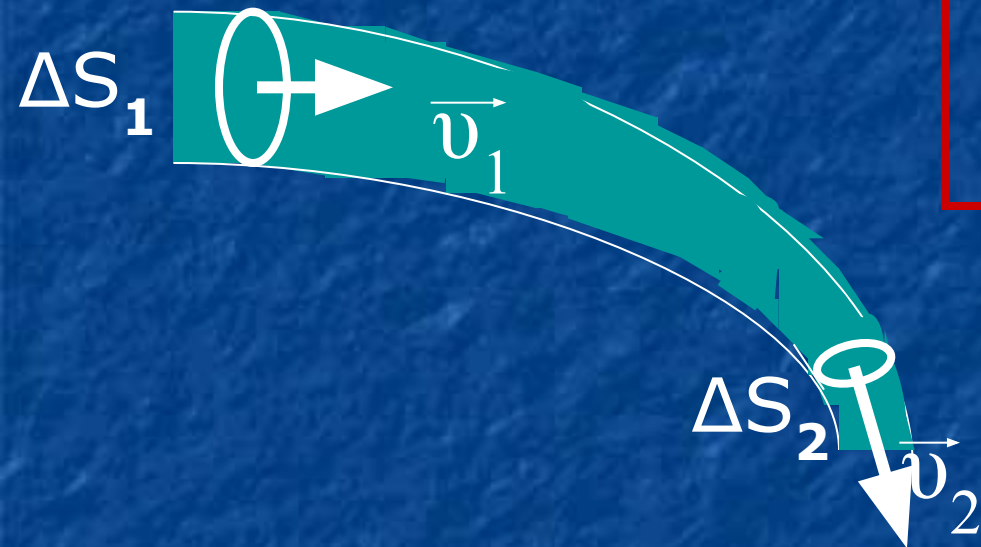


Уравнение неразрывности



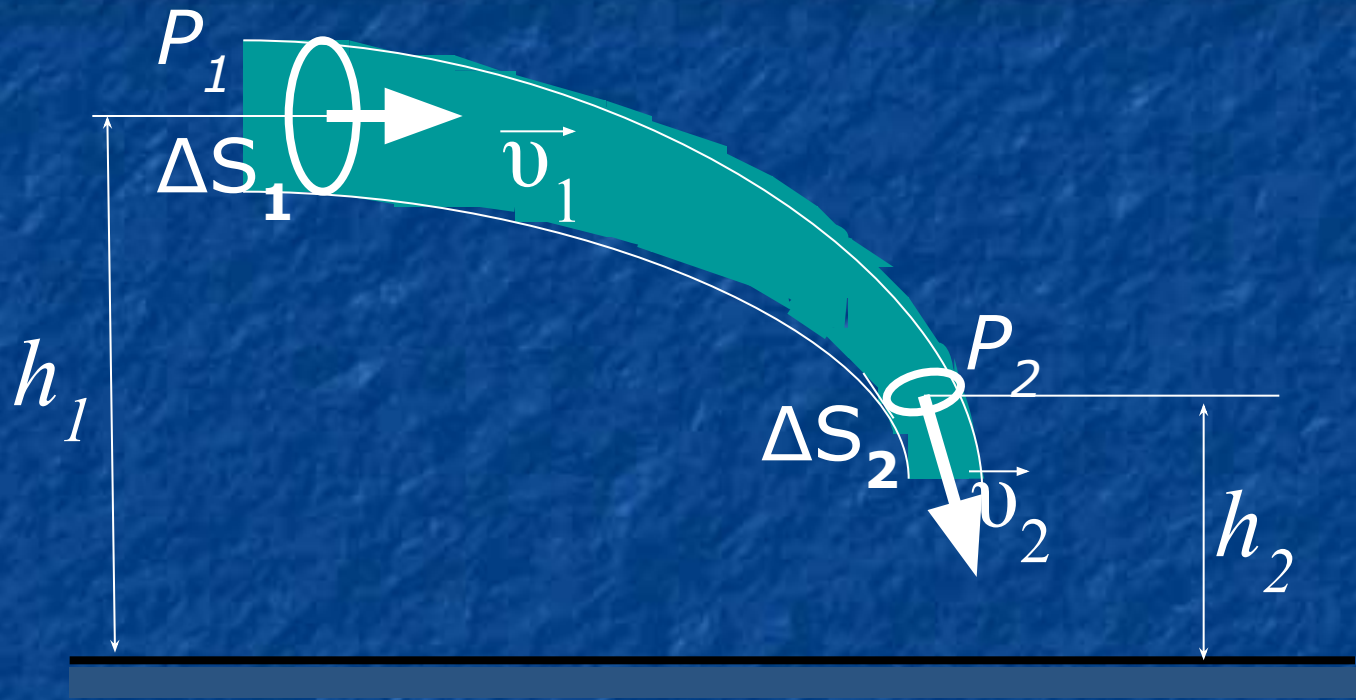
$$\Delta S_1 v_1 = \Delta S_2 v_2$$

$$\Delta S \cdot v = \text{const}$$



Произведение скорости течения
идеальной жидкости на поперечное
сечение есть величина постоянная для
данной трубки тока

Уравнение Бернулли



$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2$$

Для произвольно выбранного сечения справедливо уравнение Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + P = \text{const}$$

где P - статическое давление

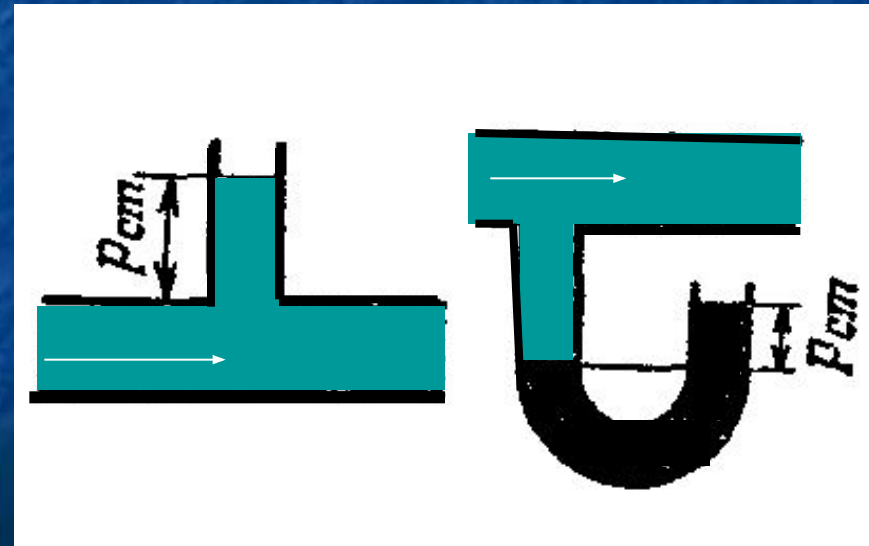
$\frac{1}{2} \rho v^2$ - динамическое давление

$\rho g h$ - гидростатическое давление.

Измерение давления 1

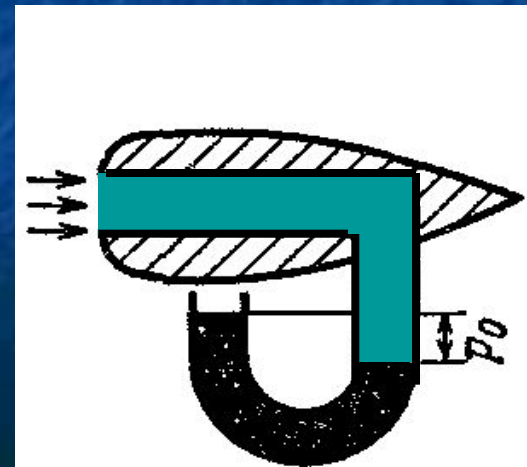
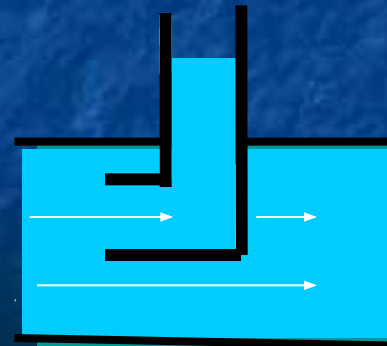
- *Статическое давление* измеряется манометром, установленным **перпендикулярно** направлению потока.

В простейшем случае можно использовать открытый жидкостный манометр.



Измерение давления 2

- *Полное давление* измеряется манометром, установленным **параллельно** направлению потока (*трубка Пито*). Оно превышает статическое давление на величину динамического давления.

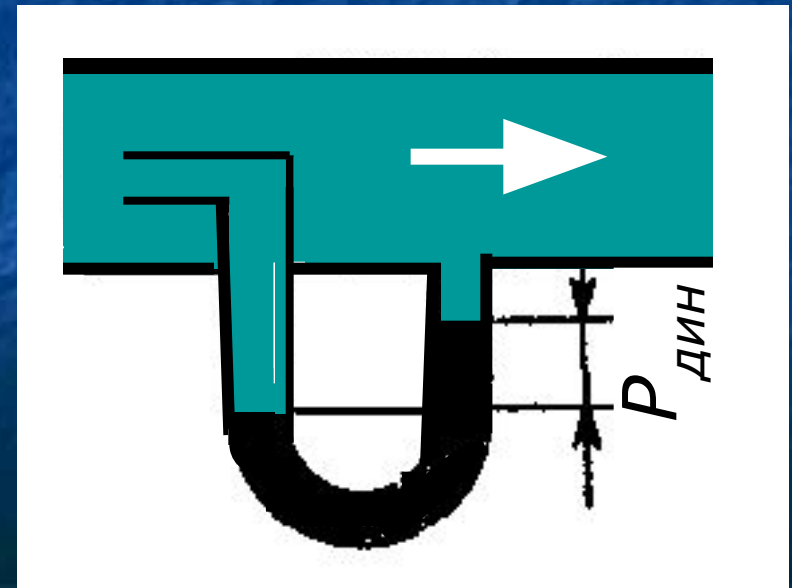


Измерение давления 3

- *Динамический напор (динамическое давление).*

Разность полного и статического давлений измеряется комбинацией соответствующих приборов, которая называется напорной *трубкой Прандтля*.

- Особенно часто этот прибор применяется для измерения скорости газового потока.

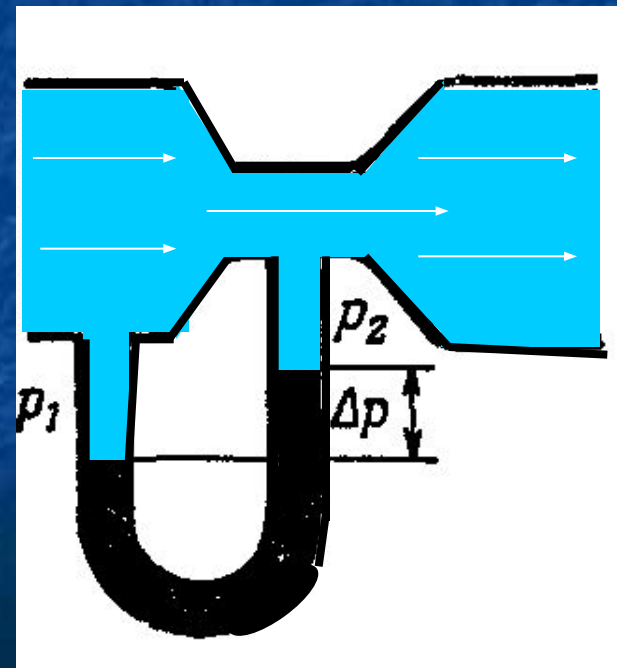


Измерение давления 4

Для определения *разности двух статических давлений* применяется *трубка Вентури*. Этот

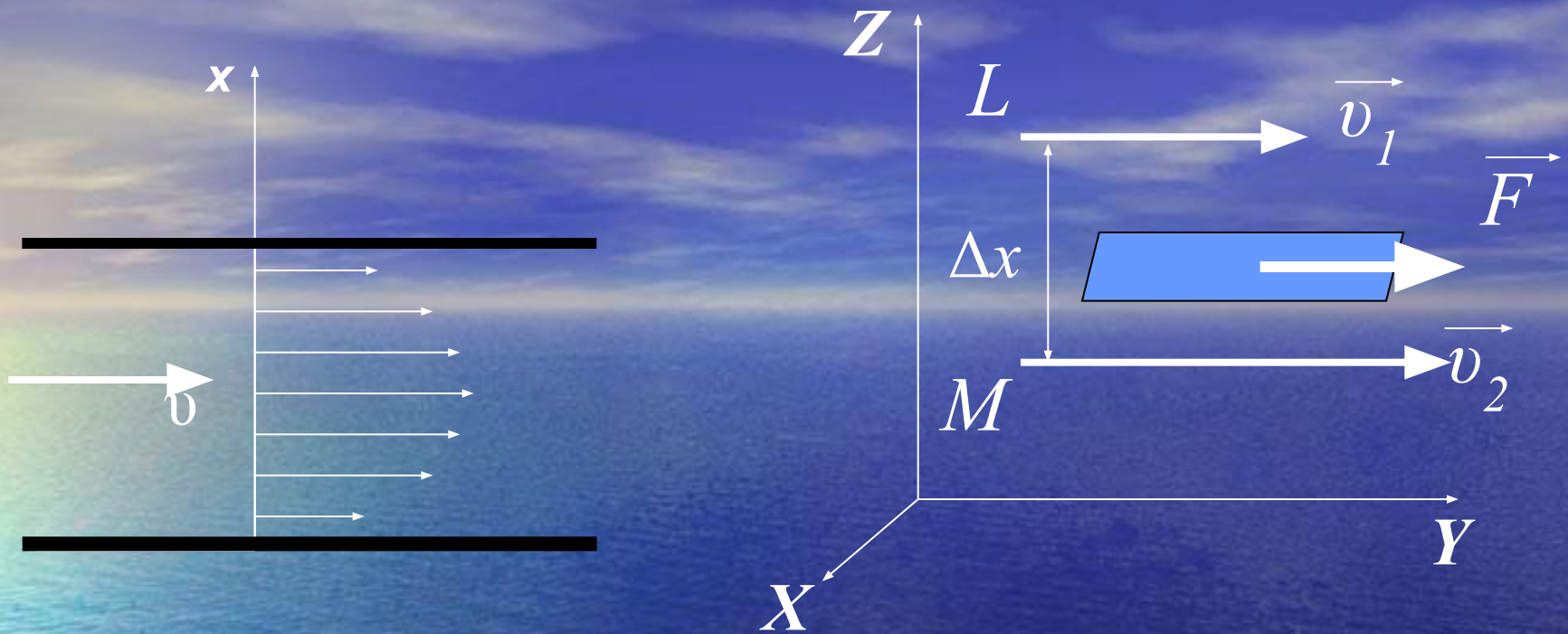
Прибор позволяет измерить разность статических давлений в различных сечениях потока.

По измеренной разности давлений можно определить скорость потока.



Вязкость

- Вязкость (внутреннее трение) — это свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой.
- Для перемещения тела в вязкой жидкости к нему необходимо приложить силу, равную по величине силе трения, которая называется силой внутреннего трения.



Модуль силы внутреннего трения равен

$$|\vec{F}| = \eta \left| \frac{\Delta v}{\Delta x} \right| S$$

$$\left| \overline{F} \right| = \eta \left| \frac{\Delta \overline{v}}{\Delta x} \right| S,$$

где η - коэффициент пропорциональности, зависящий от природы жидкости, называется *вязкостью* или *динамическая вязкость*.

Величина $\Delta \overline{v} / \Delta x$ показывает, как быстро меняется скорость при переходе от слоя к слою в направлении x , перпендикулярном направлению движения слоев и называется *градиентом скорости*.

Единица вязкости - Паскаль-секунда [*Па·с*].

Режимы течения жидкости

- Течение жидкости называется **ламинарным**, если слои жидкости скользят, не перемешиваясь с соседними слоями.
- Течение жидкости **турбулентное (вихревое)**, если в потоке происходит интенсивное образование вихрей и перемешивание жидкости.

Число Рейнольдса

- Английский ученый О. Рейнольдс (1842-1912) установил, что характер течения зависит от безразмерной величины, называемой *числом Рейнольдса*

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

$Re \ll Re_{кр}$ – движение ламинарное;

- а) для движения шарика в жидкости $Re_{кр} = 0,5$;
- в) для потока жидкости в длинных трубах

$$1200 < Re < 2000$$