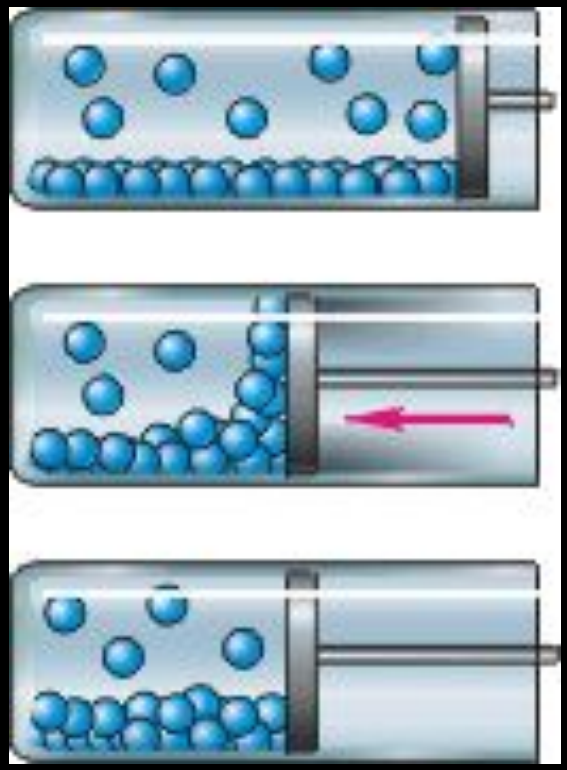
Элементы гидроаэромеханики

Гидроаэромеханика

Гидроаэромеханикой называется раздел физики, в котором изучаются законы равновесия и движения жидкостей и газов, а также взаимодействие жидкостей и газов с твердыми телами.

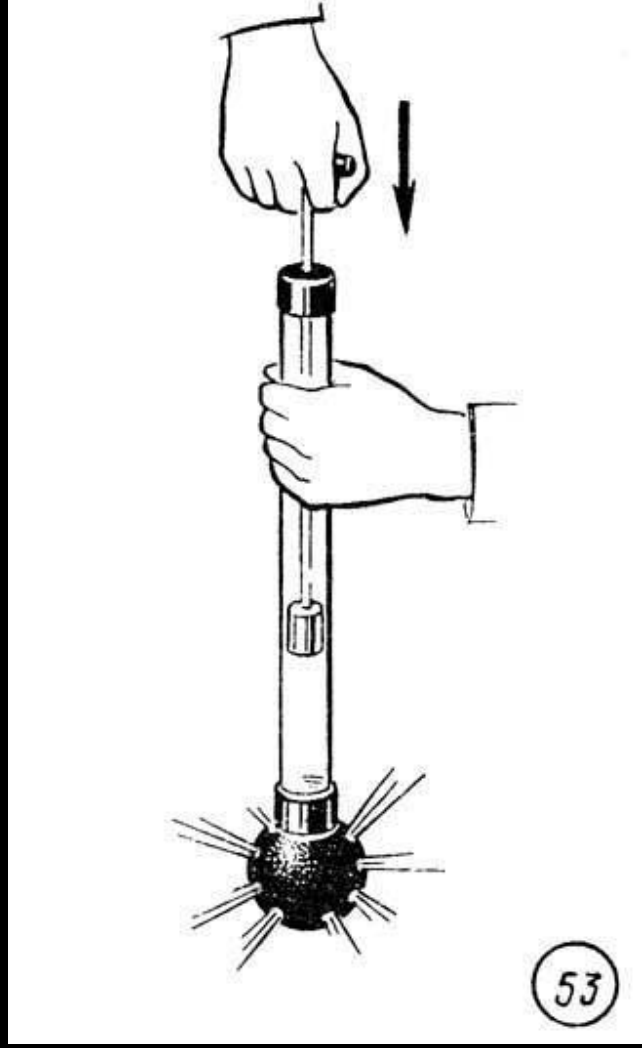


В гидроаэростатике рассматривают-ся условия и закономерности равновесия жидкостей и газов под воздействием приложенных к ним сил и, кроме того, условия равновесия твердых тел, находящихся в жидкости или газе.

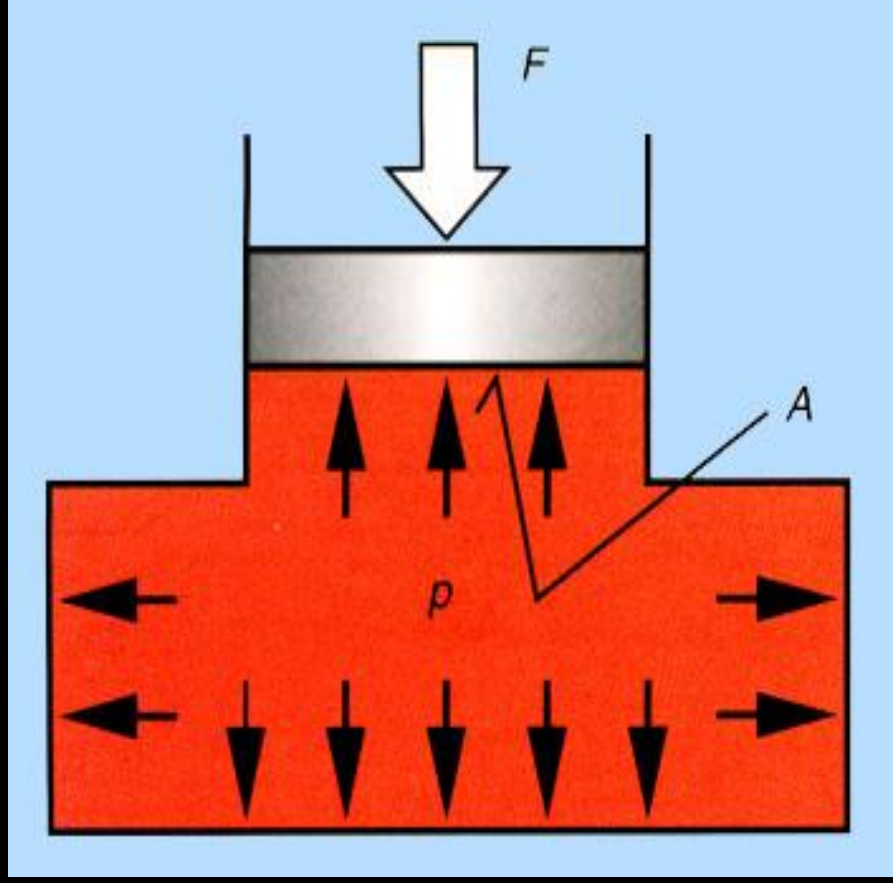
Конкретное строение жидкости или газа в гидроаэромеханике не учитывается, и они рассматриваются как **сплошные среды**, непрерывно распределенные в пространстве.

Отличительной особенностью жидкостей и газов является **текучесть**, которая связана с малыми силами трения при относительном движении соприкасающихся слоев.

Жидкости от газов отличаются наличием поверхностного слоя (свободной поверхности), большей плотностью при одних и тех же условиях и характером зависимости от давления (практическая несжимаемость жидкостей и заметная сжимаемость газов)



Изменению объема сплошной среды препятствуют силы упругости. Взаимодействие между слоями жидкости или газа, а также взаимодействие жидкости и газа с твердыми телами осуществляется не в отдельной точке, а по площади. Силы упругости всегда перпендикулярны к рассматриваемым площадкам. Эти взаимодействия в гидроазромеханике характеризуются **давлением**.



Давлением “p” называется физическая величина, равная отношению модуля силы, действующей на единицу площади, перпендикулярно к ней, к величине этой площади.

$$p = \Delta F_n / \Delta S$$

В отсутствие или компенсации внешних воздействий на жидкость проявляется действие **Закона Паскаля**. В данной точке жидкости давление одинаково по всем направлениям.

Если жидкость находится в поле силы тяжести, то гидростатическое давление на определенной глубине h равно: $p = p_0 + \rho g h$

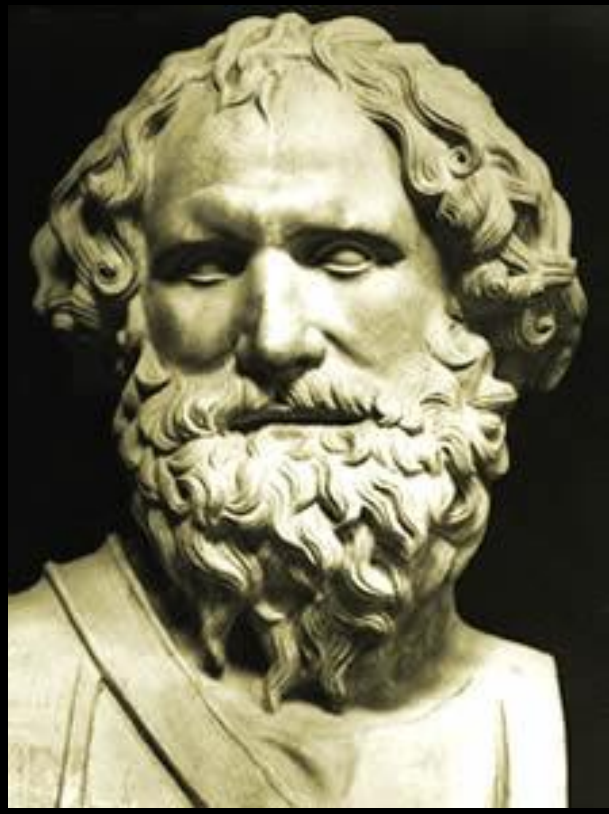
Закон Архимеда

На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная по модулю силе тяжести жидкости, вытесненной телом.

Если тело погружено в жидкость целиком, то

$F_A = \rho_ж g V_т$

$V_т$ - объем тела



Если не целиком, то

$F_A = \rho_{ж} g V_n$ V_n - объем погруженной части

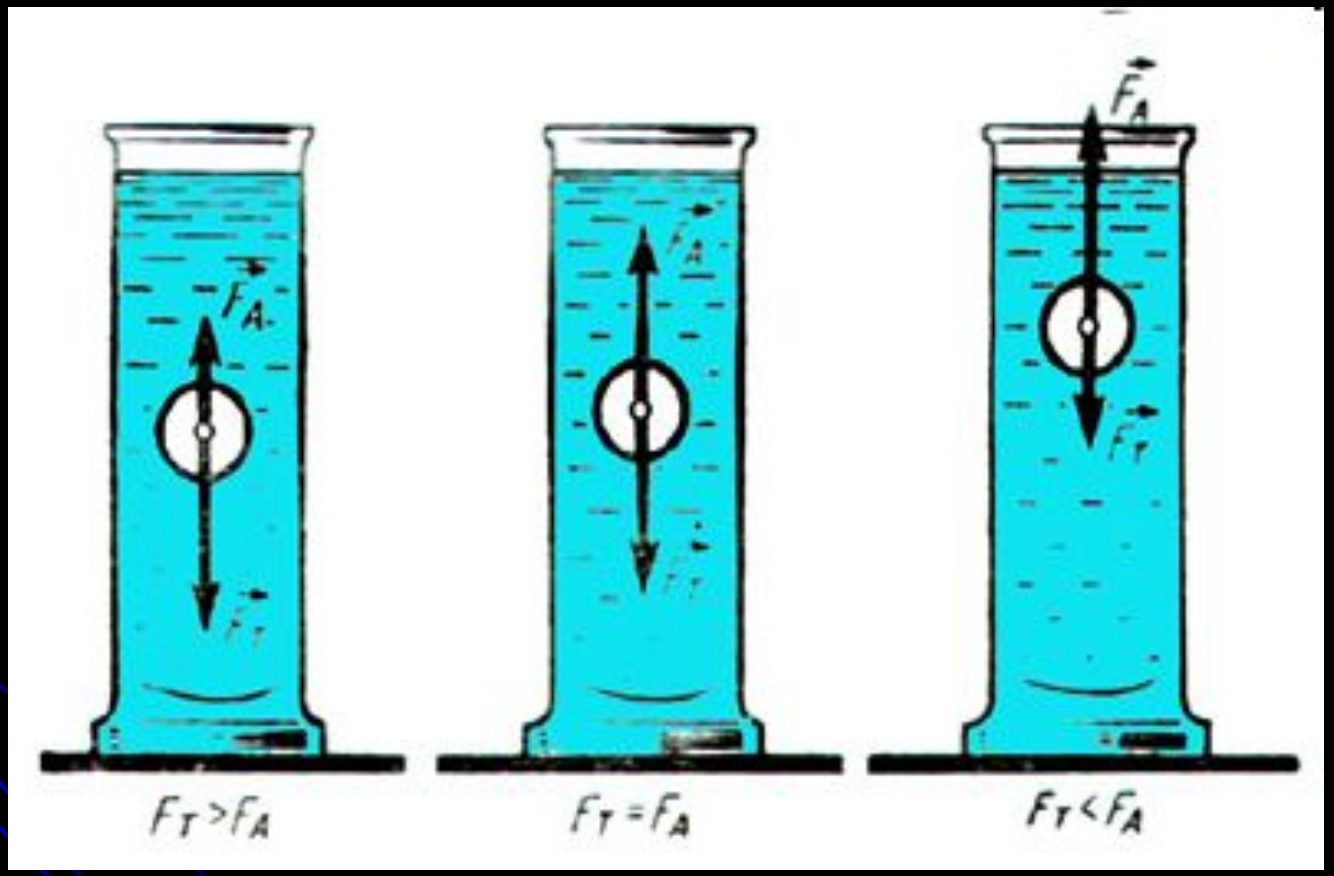
Тело, погруженное в жидкость или газ, находится в равновесии, если

$P = F_A$

Если $F_A > P$, то тело всплывает до тех пор, пока не будет выполнено условие

$\rho_{ж} g V_п = P$

При $P > F_A$ тело тонет.


F_A
F_T
$F_T > F_A$
$F_T = F_A$
$F_T < F_A$

Гидроаэродинамика

Движение жидкости называется стационарным (установившимся), если в заданных точках пространства скорость жидкости не зависит от времени.

Если в фиксированных точках пространства скорость жидкости меняется с течением времени, то движение жидкости – нестационарно.

При стационарном течении масса жидкости, проходящей через любое поперечное сечение трубки тока за единицу времени, остается неизменной.

$$\rho V S = \text{const}$$

Где ρ - плотность жидкости,
V - модуль скорости жидкости в произвольном поперечном сечении трубки тока площадью S.
Следствием закона сохранения энергии для стационарного течения несжимаемой невязкой жидкости по трубке тока является Уравнение Бернулли.

$$p + \rho g h + \frac{\rho V^2}{2} = \text{const}$$

Где ρ - плотность жидкости, V-модуль скорости течения жидкости в сечении трубки тока, находящейся на высоте h от условно выбранного уровня, p - давление в том же сечении трубки тока, вызванное силами упругости жидкости.

Движение твердых тел в жидкости и газе

При обтекании твердого тела вязкой жидкостью поток деформируется. Непосредственно соприкасающиеся с телом слои жидкости, прилипают к его поверхности. На поверхности тела образуется пограничный слой – область, в пределах которой скорость жидкости изменяется от нуля до скорости невозмущенного потока. В какой-то точке поверхности тела может произойти отрыв пограничного слоя. При этом жидкость из пограничного слоя выбрасывается в основной поток, и за точкой отрыва образуется вихревое течение.

Сопротивление при движении тела в вязкой жидкости складывается из двух компонентов:

Сопротивление трения- обусловлено силами внутреннего трения, возникающими при значительных перепадах скоростей в пограничном слое.

Эти силы зависят от формы и размеров тела, от вязких свойств жидкости и пропорциональны скорости относительного движения тела и жидкости.

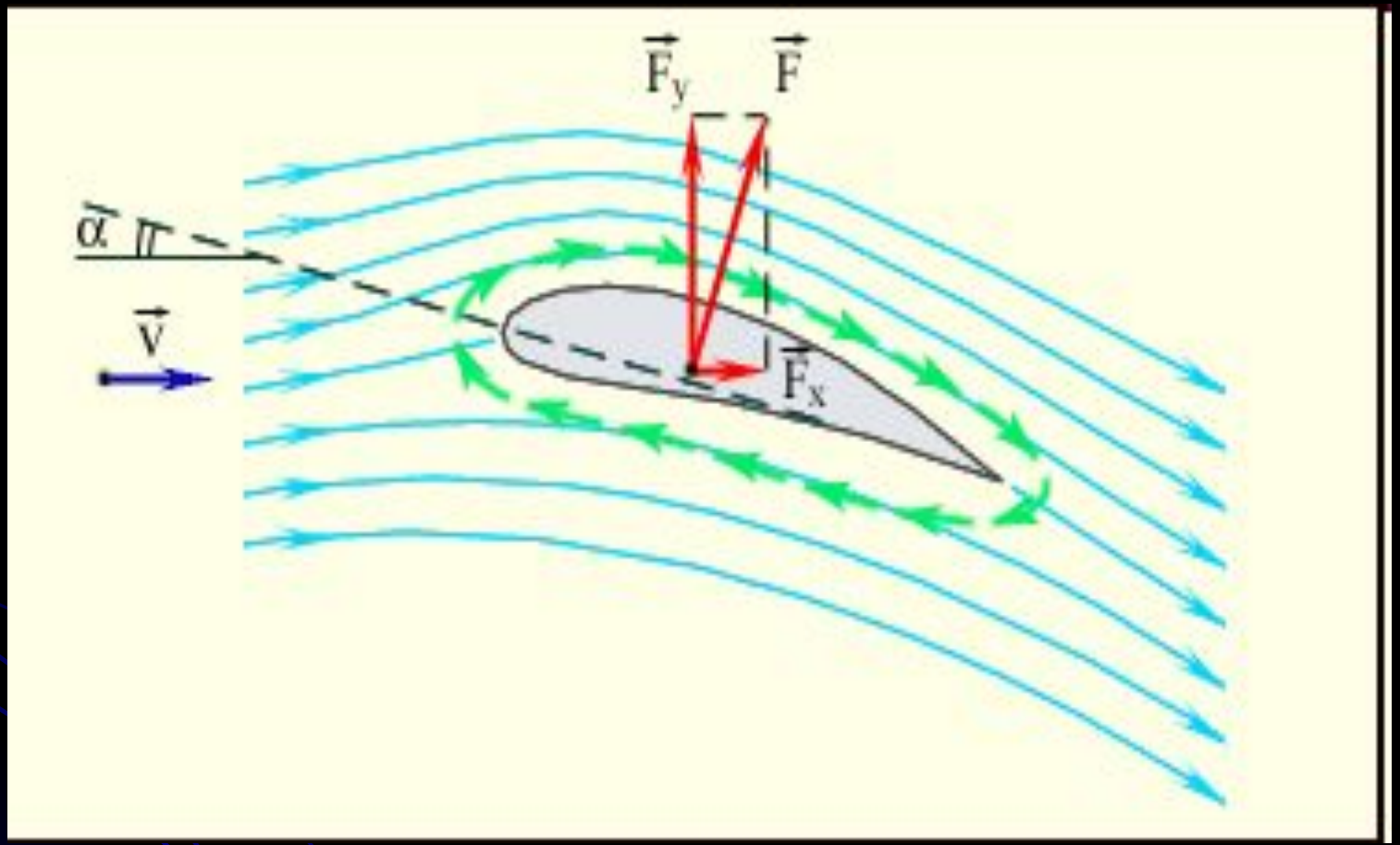
Сопротивление давления определяется разностью давлений на передней и задней сторонах обтекаемого тела.

Сила сопротивления давления зависит от формы и размеров тела пропорционально плотности жидкости и квадрату скорости относительного движения тела и жидкости.

$$C \approx V^2$$

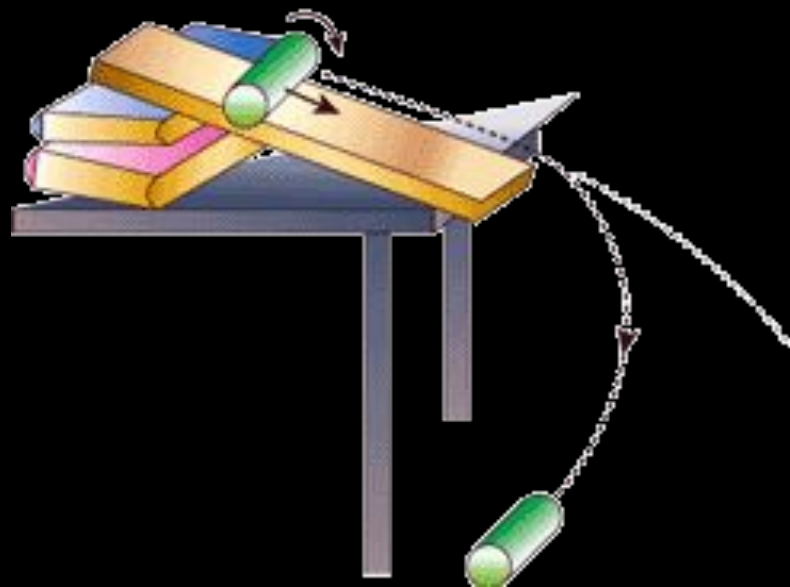
Из-за того, что сопротивление трения и сопротивление давления по-разному зависят от скорости тела, при очень малых скоростях преобладающим оказывается сопротивление трения, а при больших - сопротивление давления.

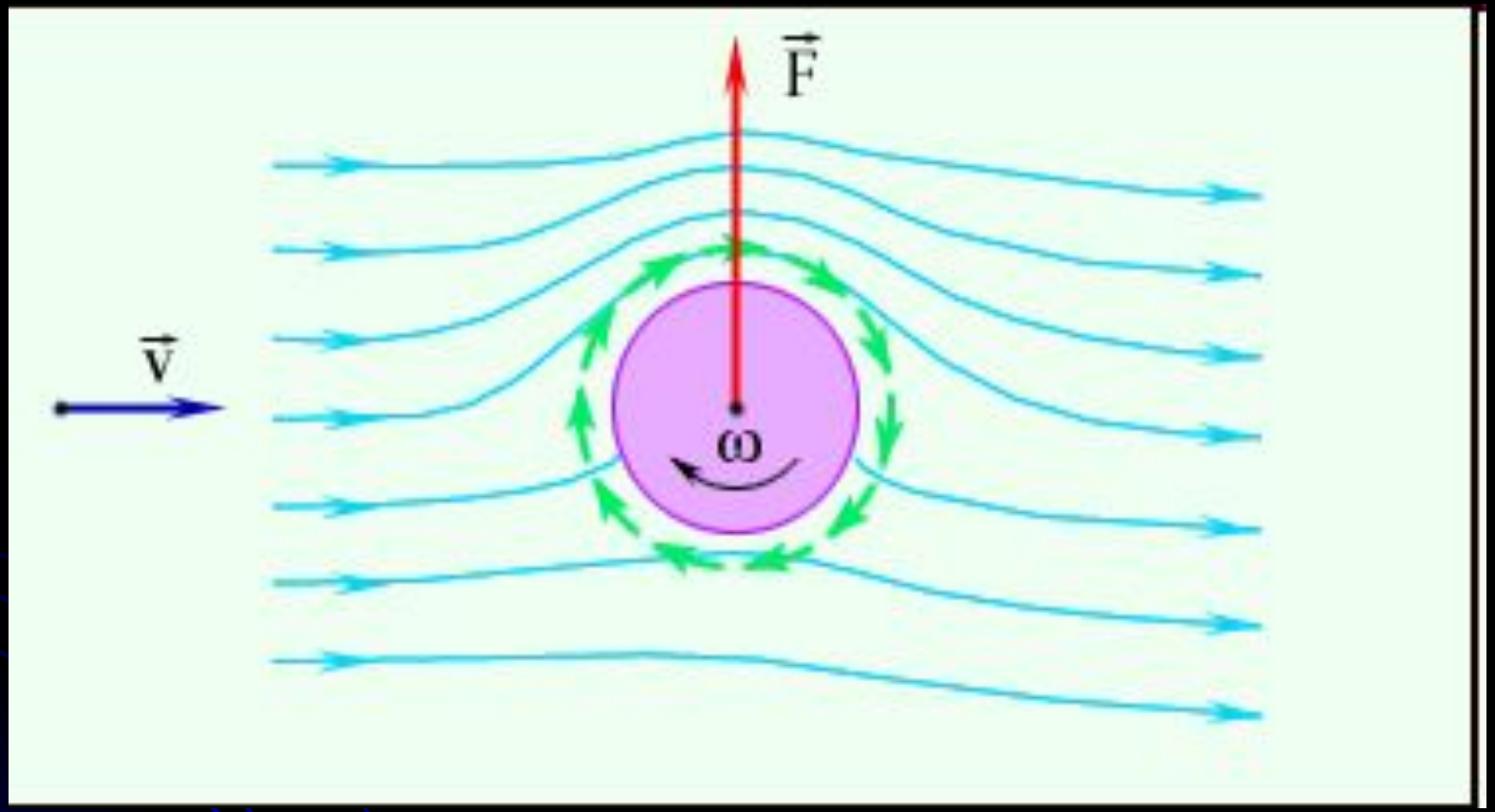
Разность статических давлений в различных точках поверхности твердого тела, движущегося в жидкости или газе, может вызвать не только силу сопротивления, но и так называемую подъемную силу.


$\vec{F}_y$
$\vec{F}$
$\vec{\alpha}$
$\vec{v}$
$\vec{F}_x$

Эффект Магнуса

Подъемная сила при обтекании вращающегося цилиндра: вверху сложение скоростей, следовательно, скорость потока увеличивается; внизу - уничтожение скоростей, следовательно, давление внизу больше, чем вверху (по Бернулли).




F
v
ω