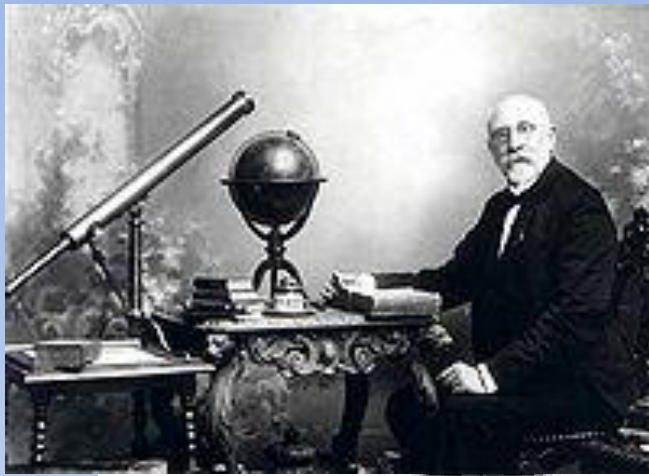


Метод подобия явлений. Числа подобия. Критерии подобия.



$$Sh \frac{dV'_x}{dt'} + \left(\frac{\partial V'_x}{\partial x'} V'_x + \frac{\partial V'_x}{\partial y'} V'_y + \frac{\partial V'_x}{\partial z'} V'_z \right) = \frac{1}{Fr} f'_x - Eu \frac{dp'}{dx'} + \frac{1}{Re} \nabla^2 V'_x$$

$$Sh = \frac{L}{VT} \quad Fr = \frac{V^2}{FL} \quad Eu = \frac{P}{\rho V^2} \quad Re = \frac{VL}{\nu}$$

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \quad Re = \frac{\rho V^2}{\tau_s} \quad Re \approx \frac{\Delta p}{\tau_s}$$

Метод подобия явлений при решении задач течения
идеально вязкой среды.

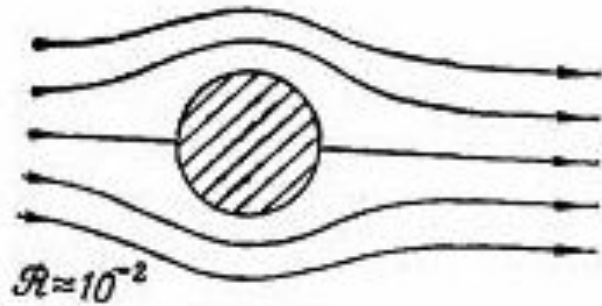
Число Рейнольдса. Режимы течения ньютоновских сред.

Коэффициент сопротивления потока.

Линеаризация уравнений Навье-Стокса на примере стационарного
обтекания шара.

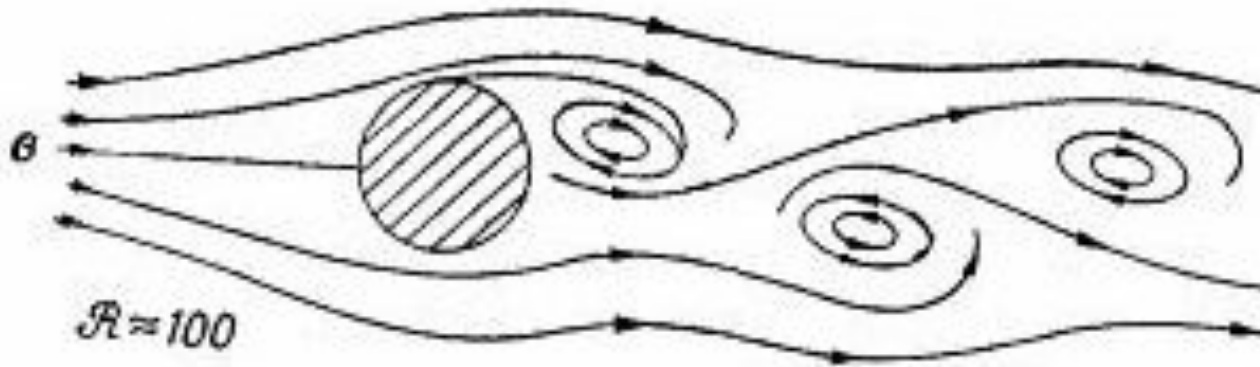
Общий вид зависимости между перепадом давления и секундным
объемным расходом среды.

Режимы течения идеально вязкой среды.



$$\zeta = \frac{F_{\zeta}}{\Omega \rho V^2 / 2}$$

При малых значениях Re течение представляет собой движение одного слоя относительно другого.



$$Re = \frac{\rho V^2}{\tau_{\zeta}}$$

Смена режима течения сопровождается существенным превосходством сил инерции над силами вязкости, поэтому начиная с некоторого определенного значения Re , называемого **критическим**, течение классифицируется как турбулентное.

Линеаризация уравнений Навье-Стокса на примере стационарного обтекания шара.

The diagram shows a sphere of radius a in a fluid flow with velocity V_∞ along the x -axis. The flow is characterized by the Reynolds number Re and the angle θ from the x -axis. The velocity components are given by:

$$V_r = -V_\infty \left(\frac{3r}{2a} - \frac{1}{4} \left(\frac{r}{a} \right)^3 \right) \cos \theta$$

$$V_\theta = -V_\infty \left(\frac{3r}{4a} \sin \theta - \frac{1}{4} \left(\frac{r}{a} \right)^3 \sin \theta \right) \sin \theta$$

The drag force is given by:

$$F = 6\eta\pi a V_\infty$$

The Reynolds number is defined as:

$$Re = \frac{\rho V_\infty d}{\nu \eta(\theta)}$$

The diagram also shows the velocity profile $v(r, \theta)$ and the stream function ψ . The velocity profile is given by:

$$v = V_\infty \left(1 - \frac{3r}{2a} \cos \theta + \frac{1}{4} \left(\frac{r}{a} \right)^3 \cos^3 \theta \right)$$

The stream function is given by:

$$\psi = \frac{V_\infty a^2}{4} \left(2 - 3 \cos \theta + \frac{1}{4} \cos^3 \theta \right)$$

The drag force is also given by:

$$F = \frac{3}{2} \pi \rho V_\infty^2 a^2 C_D$$

The drag coefficient is given by:

$$C_D = \frac{24}{Re}$$

The diagram also shows the velocity profile $v(r, \theta)$ and the stream function ψ . The velocity profile is given by:

$$v = V_\infty \left(1 - \frac{3r}{2a} \cos \theta + \frac{1}{4} \left(\frac{r}{a} \right)^3 \cos^3 \theta \right)$$

The stream function is given by:

$$\psi = \frac{V_\infty a^2}{4} \left(2 - 3 \cos \theta + \frac{1}{4} \cos^3 \theta \right)$$

The drag force is given by:

$$F = 6\eta\pi a V_\infty$$

The Reynolds number is given by:

$$Re = \frac{\rho V_\infty d}{\nu \eta(\theta)}$$

The diagram also shows the velocity profile $v(r, \theta)$ and the stream function ψ . The velocity profile is given by:

$$v = V_\infty \left(1 - \frac{3r}{2a} \cos \theta + \frac{1}{4} \left(\frac{r}{a} \right)^3 \cos^3 \theta \right)$$

The stream function is given by:

$$\psi = \frac{V_\infty a^2}{4} \left(2 - 3 \cos \theta + \frac{1}{4} \cos^3 \theta \right)$$

The drag force is given by:

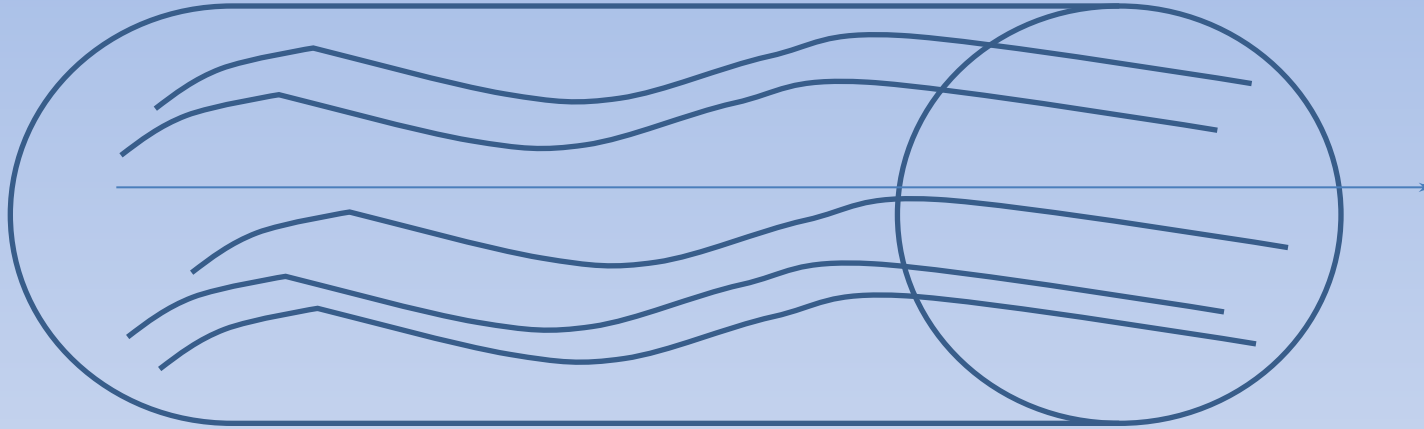
$$F = 6\eta\pi a V_\infty$$

The Reynolds number is given by:

$$Re = \frac{\rho V_\infty d}{\nu \eta(\theta)}$$

Число Рейнольдса составляет 65% от критического, как изменится характер течения среды, если скорость потока возрастет в 2 раза, а характерный размер уменьшится в 1,5 при постоянной плотности и вязкости и сечении среды.

Ламинарным называется такое течение жидкости при котором линии тока являются прямыми и параллельными оси трубы.



$$\rho \frac{\partial V_x}{\partial x} V_x = -\frac{dp}{dx} + \eta \nabla^2 V_x$$

Установившимся называется такое течение жидкости при котором во всех сечениях распределение скоростей одинаковы, а давление изменяется от сечения к сечению.

Общий вид зависимости между перепадом давления и секундным
объемным расходом среды.

1) Определить необходимый перепад давления в трубе диаметром d по известному расходу среды плотностью ρ и кинетической вязкостью ν в отсутствии объемных сил.

$$P = \frac{\Delta p}{l} d \quad V = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad Eu = \frac{P}{\rho V^2} \quad Re = \frac{Vd}{\nu}$$

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho V^2} \frac{d}{l}$$

$$\frac{\Delta p}{2} = \zeta \rho V^2 \frac{dl}{d}$$

Общий вид зависимости между перепадом давления и секундным
объемным расходом среды.

2) Определить секундный расход среды плотностью ρ и кинетической вязкостью ν в отсутствии объемных сил перепаду давления на участке длиной l трубы диаметром d .

$$P = \frac{\Delta p}{l} d \quad V = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad Eu = \frac{P}{\rho V^2} \quad Re = \frac{Vd}{\nu}$$

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho V^2} \frac{d}{l} \quad Re = \frac{4Q}{\pi v d}$$

$$Q = \frac{\pi v d}{4} f\left(\frac{\Delta p}{\rho} \left(\frac{d}{v}\right)^2 \frac{d}{l}\right) \quad Eu Re^2 = \frac{d^2 \Delta p}{v^2 \rho} \frac{d}{l}$$

Лекция закончилась

