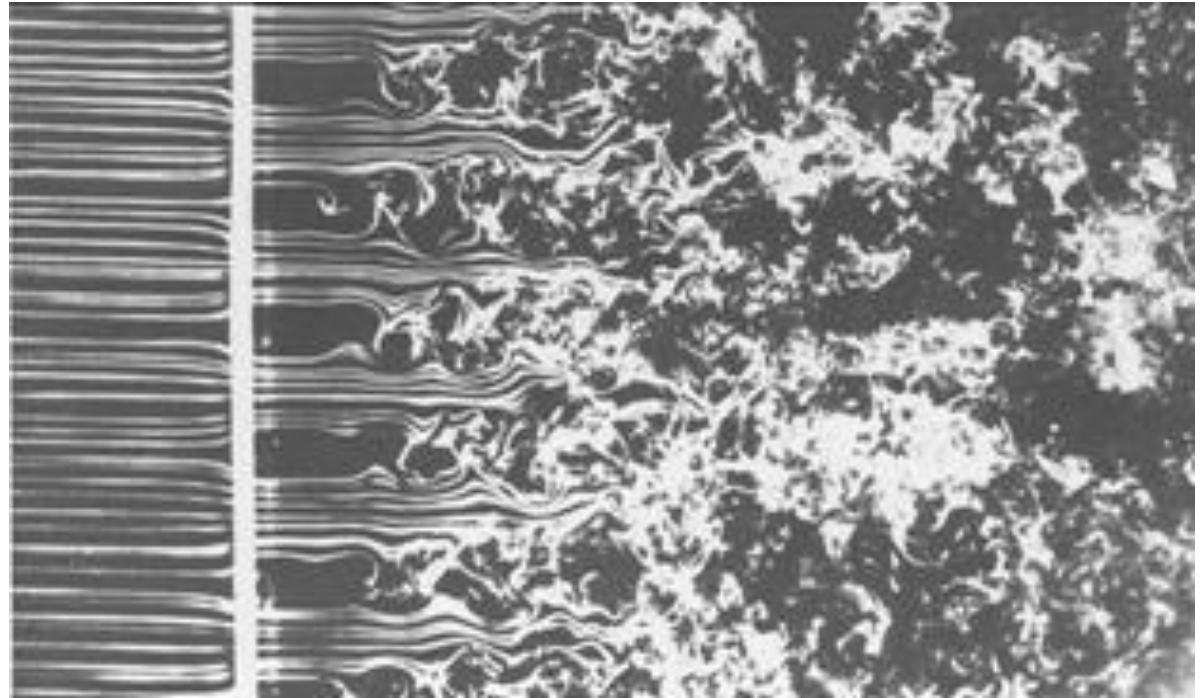


# **Mechanika płynów**

# Rodzaje przepływu / ciecz idealna i rzeczywista

## Rodzaje przepływu:

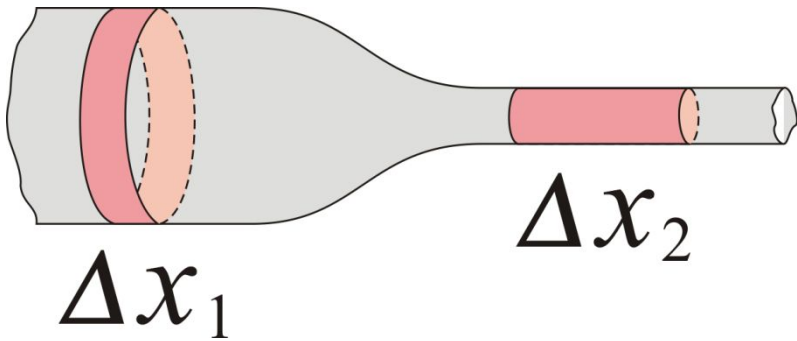
- laminarny,
- turbulentny.



## Ciecz idealna:

- nieściśliwa (ma stałą gęstość)
- brak lepkości,
- przepływ laminarny (prędkość, gęstość i ciśnienie w każdym punkcie są stałe).

# Równanie ciągłości - wyprowadzenie



$$\rho_1 = \frac{\Delta m_1}{\Delta x_1} \quad \rho_2 = \frac{\Delta m_2}{\Delta x_2}$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta x_1} = \frac{\Delta m_2}{\Delta x_2}$$

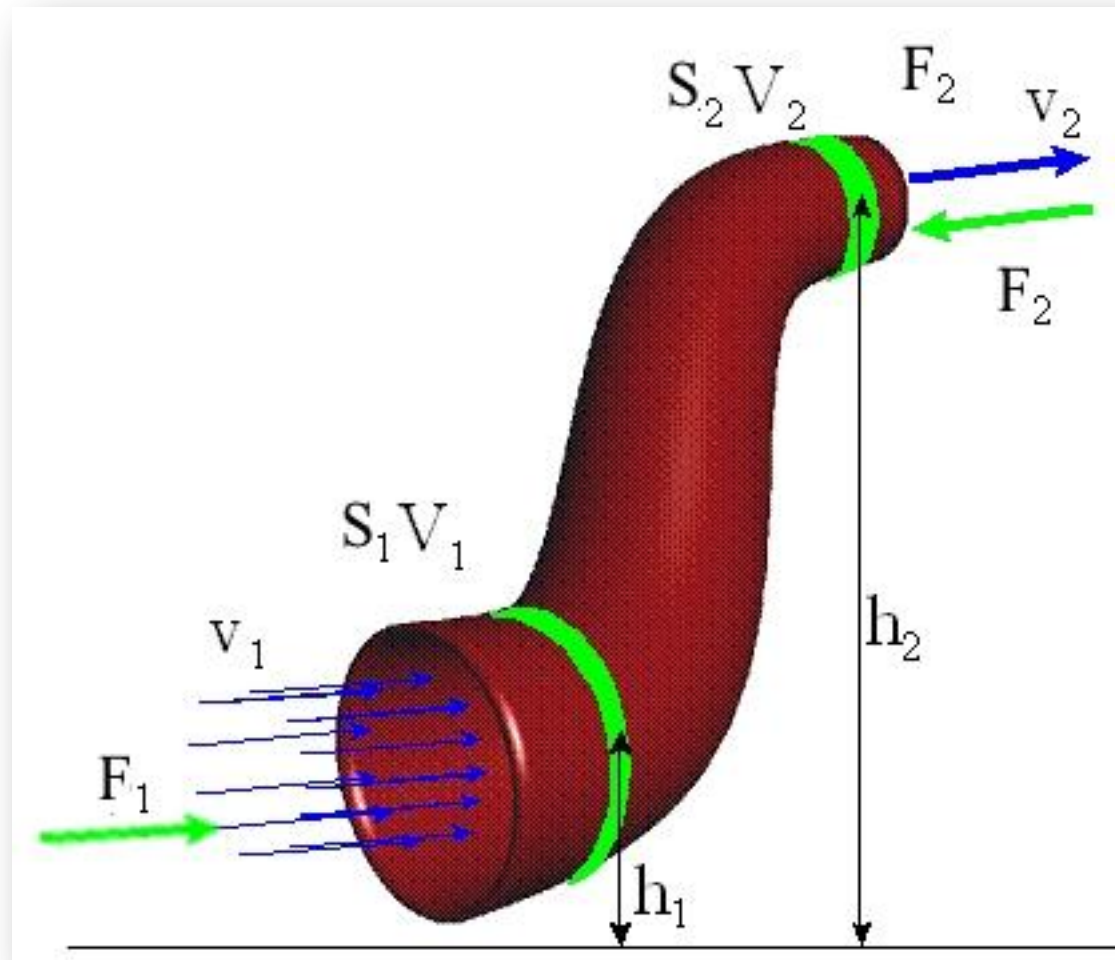
$$\Delta m = \rho_1 \Delta x_1 \quad \Delta m = \rho_2 \Delta x_2$$

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta x_1 \rho_1} = \frac{\Delta m_2}{\Delta x_2 \rho_2}$$

$$\Delta m_1 = \Delta m_2$$

$$\rho_1 \Delta x_1 = \rho_2 \Delta x_2$$

# Równanie Bernoulliego - wyprowadzenie



# Równanie Bernoulliego - wyprowadzenie

## Całkowita praca

$$W = W_1 + W_2$$

$$\Delta W_1 = W_1 \Delta W$$

$$\Delta W_2 = W_2 \Delta W$$

$$\Delta W = W_1 \Delta W + W_2 \Delta W$$

$$\Delta W_2 = -W_2 \Delta W$$

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2$$

$$\Delta W = W_1 \Delta W - W_2 \Delta W$$

## Zmiana energii potencjalnej

$$W_{p1} = \rho g V_1 h_1$$

$$W_{p2} = \rho g V_2 h_2$$

$$\Delta W_p = W_2 \Delta h$$

$$\Delta W_p = W_{p2} - W_{p1}$$

$$\Delta W_p = \rho g V_2 h_2 - \rho g V_1 h_1$$

$$\Delta W_p = \rho g V_2 h_2 - \rho g V_1 h_1$$

## Zmiana energii kinetycznej

$$\Delta W_k = W_{k2} - W_{k1}$$

$$\Delta W_k = \frac{\rho V_2 v_2^2}{2} - \frac{\rho V_1 v_1^2}{2}$$

$$\Delta W_k = \frac{\rho V_2 v_2^2}{2} - \frac{\rho V_1 v_1^2}{2}$$

$$\Delta W_k + \Delta W_p = \Delta W$$

$$\rho \frac{V_2 v_2^2}{2} - \frac{\rho V_1 v_1^2}{2} + \rho g V_2 h_2 - \rho g V_1 h_1 = W_1 \Delta W - W_2 \Delta W$$

$$W_2 + \frac{\rho V_2 v_2^2}{2} + \rho g V_2 h_2 = W_1 + \frac{\rho V_1 v_1^2}{2} + \rho g V_1 h_1$$

$$W + \frac{\rho V v^2}{2} + \rho g V h = \rho g V h$$

# Przykłady „zastosowania” równania Bernoulliego

- pompka wody, rozpylacz,
- zwężka Venturiego:
  - ✓ przyrządy pomiarowe (rurka Pitota i Prandtla),
- wytwarzanie siły nośnej:
  - ✓ latanie samolotów
  - ✓ zrywanie dachów w budynkach,
  - ✓ podkręcanie lecącej piłki.

# Przyrząd (zweówka) Venturiego

- do pomiaru prędkości przepływu cieczy lub gazu

$$\rho_2 + \frac{\rho_2 v_2^2}{2} + p_2 = \rho_1 + \frac{\rho_1 v_1^2}{2} + p_1$$

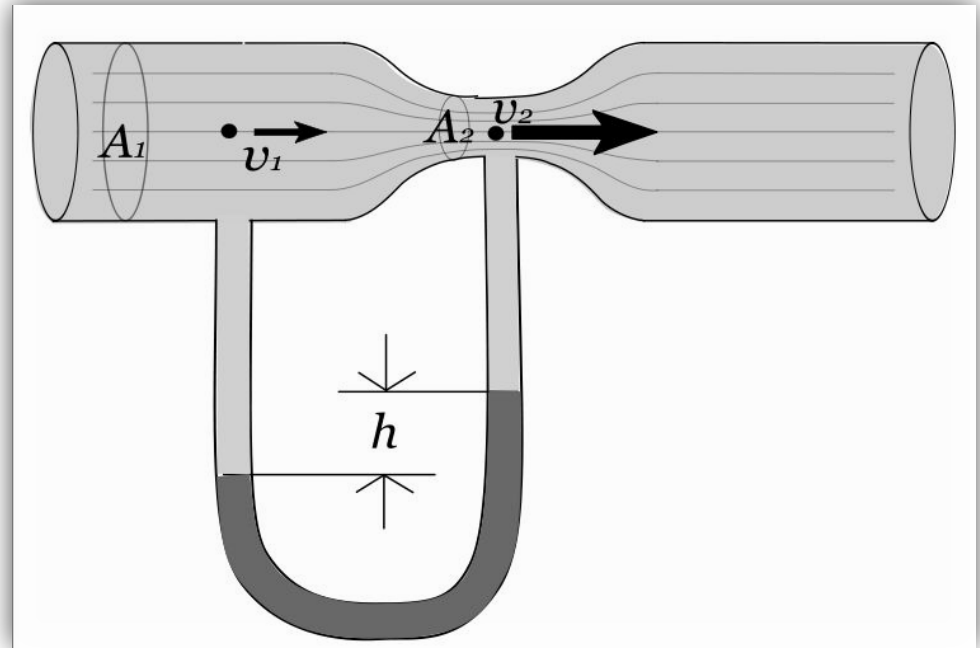
$$\rho_2 + \frac{\rho_2 v_2^2}{2} = \rho_1 + \frac{\rho_1 v_1^2}{2}$$

$$\rho_2 - \rho_1 = \frac{\rho_1 v_1^2}{2} - \frac{\rho_2 v_2^2}{2}$$

$$\Delta p = \frac{\rho_1}{2} v_1^2 - \frac{\rho_2}{2} v_2^2$$

$$\rho_1 v_1 = \rho_2 v_2 \quad v_2 = v_1 \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

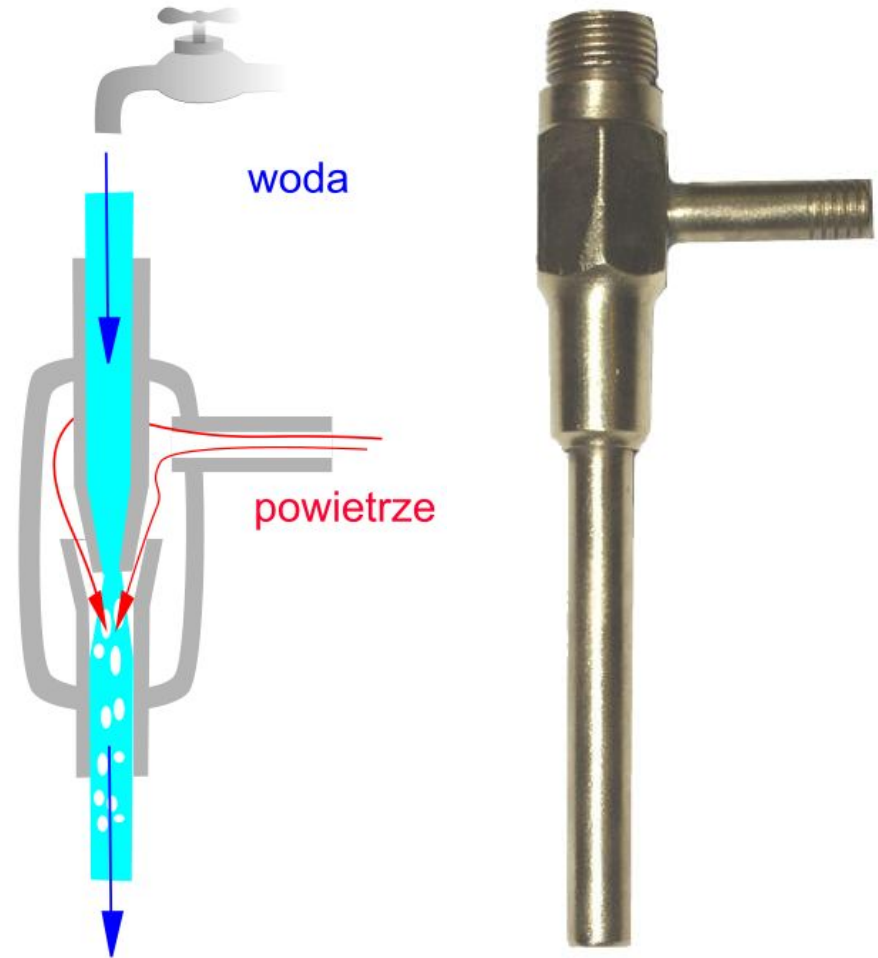
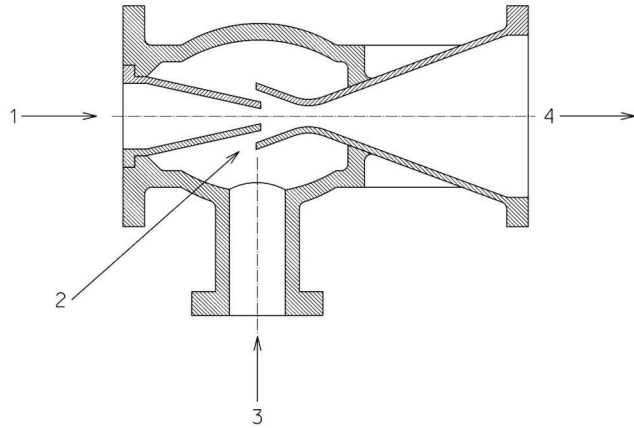
$$\Delta p = \frac{\rho_1}{2} v_1^2 - \rho_1 v_1^2 \frac{\rho_1^2}{\rho_2^2}$$



$$\Delta p = \rho_1 \frac{v_1^2}{2} \left( 1 - \frac{\rho_1^2}{\rho_2^2} \right)$$

$$v_1 = \frac{\sqrt{2 \Delta p}}{\rho_1 \left( 1 - \frac{\rho_1^2}{\rho_2^2} \right)}$$

# Pompka wodna / rozpylacz / strumienica



Strumienica:

- 1) dopływ ciecży roboczej
- 2) dysza
- 3) komora ssawna
- 4) komora wylotowa

Wydajność energetyczna 30 – 40%



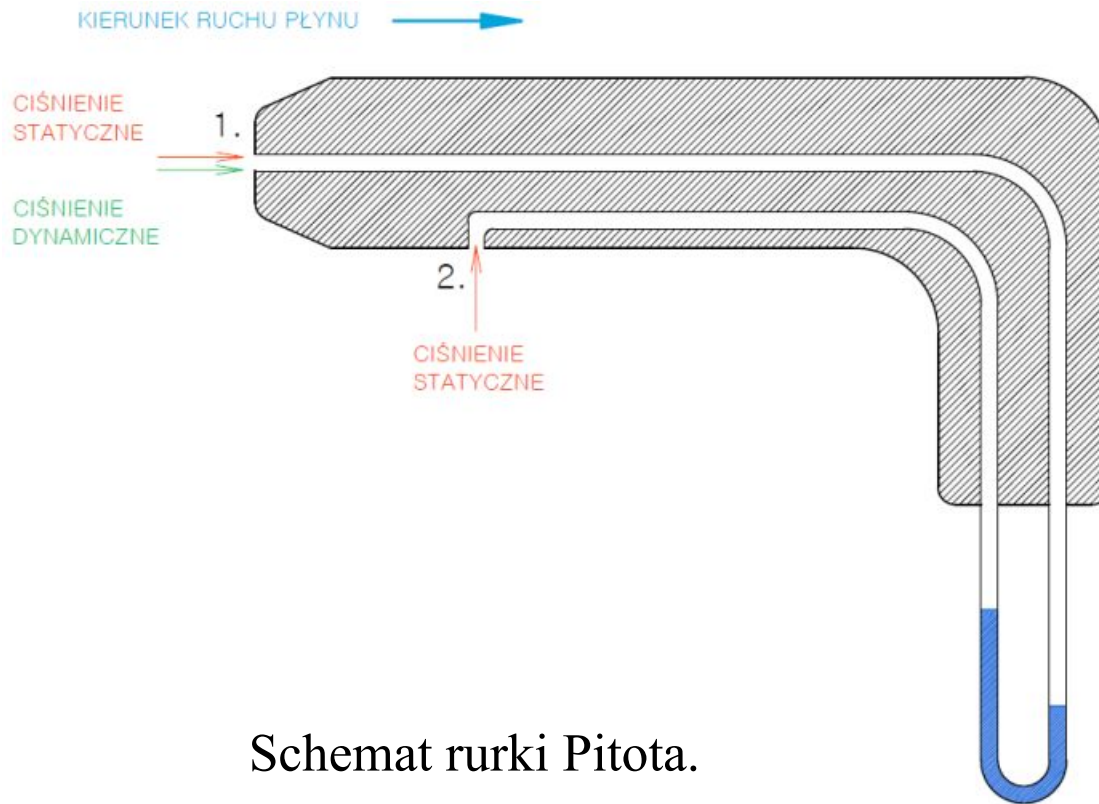
# Ciśnienie statyczne i dynamiczne

The diagram illustrates the composition of total pressure. It features a central equation:  $\square\square + \frac{\square\square\square^2}{2} + \square\square\square\square = \square\square\square\square\square\square$ . Each term is represented by a square containing a specific pattern of diagonal lines. Three blue arrows point from the labels below to the corresponding terms in the equation: one from 'ciśnienie statyczne' to the first term, one from 'ciśnienie dynamiczne' to the second term, and one from 'ciśnienie hydrostatyczne' to the third term. The final result is a square with a dense, complex pattern of diagonal lines.

$$\square\square + \frac{\square\square\square^2}{2} + \square\square\square\square = \square\square\square\square\square\square$$

ciśnienie statyczne      ciśnienie dynamiczne      ciśnienie hydrostatyczne

# Rurka Pitota



Schemat rurki Pitota.

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + p = p$$

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + 0 = p$$

$$p = \frac{2(p - p)}{\rho}$$

$$p - p = \frac{\rho v^2}{2}$$

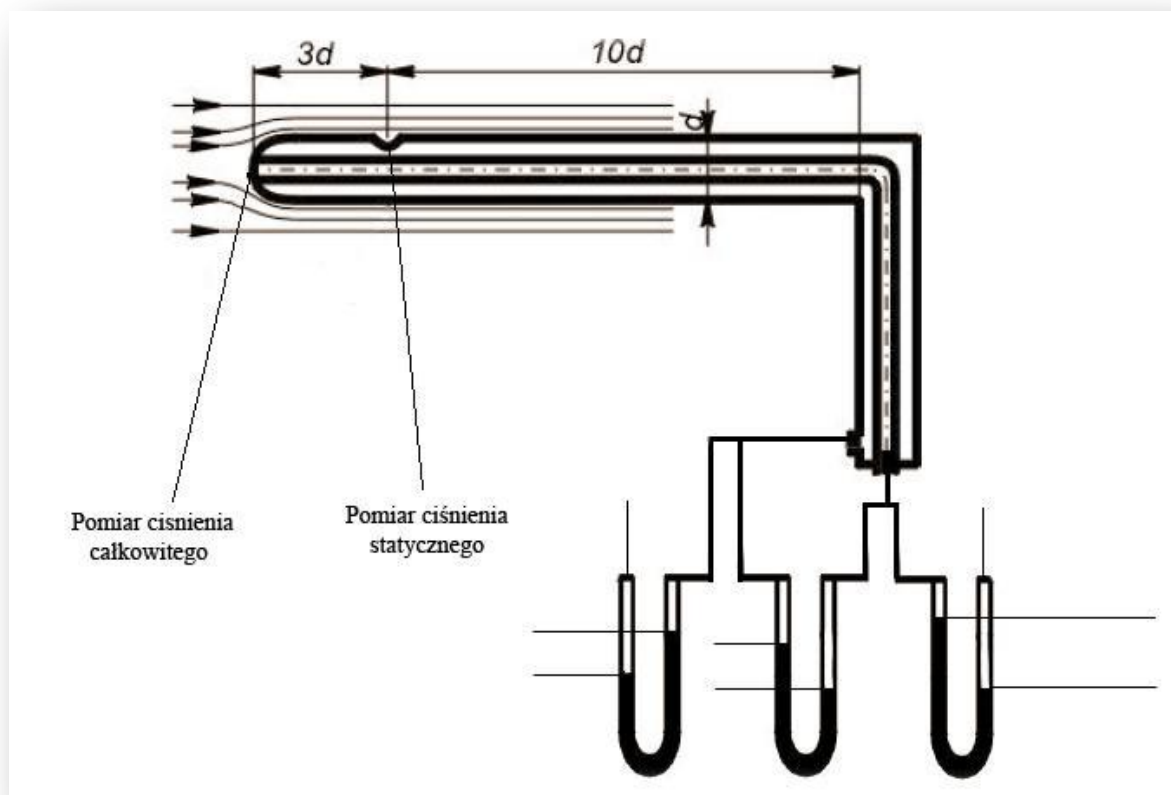
$$p = \frac{2(p - p)}{\rho}$$

# Rurka Pitota



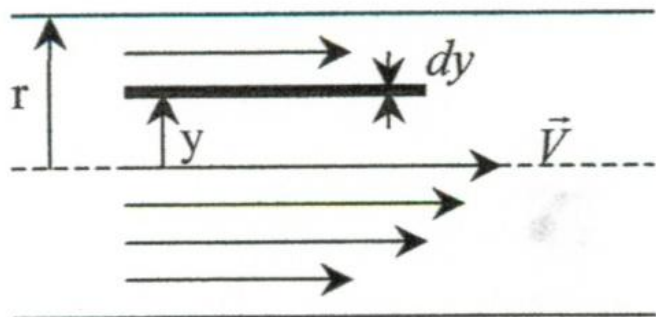
Rurka Pitota samolotu.

# Rurka Prandtla

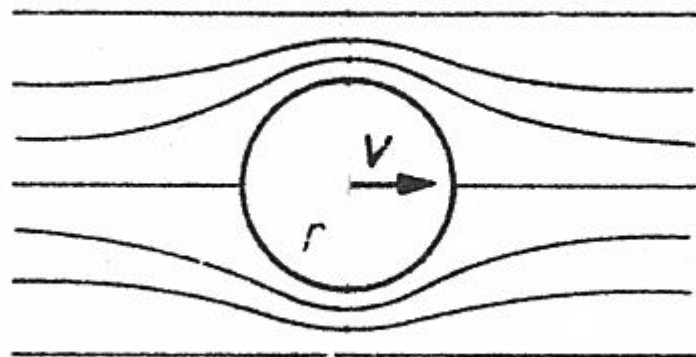


Rurka Prandtla.

# Lepkość



$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}$$



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

Wzór Stokesa

Lepkość wody w zależności od temperatury.

$T$ [°C]	$\eta$ [mPa·s]
20	1,002
30	0,798
40	0,654
50	0,548
60	0,468
70	0,406

# Lepkościomierze (wiskozymetry)



Lepkościomierz rotacyjny.



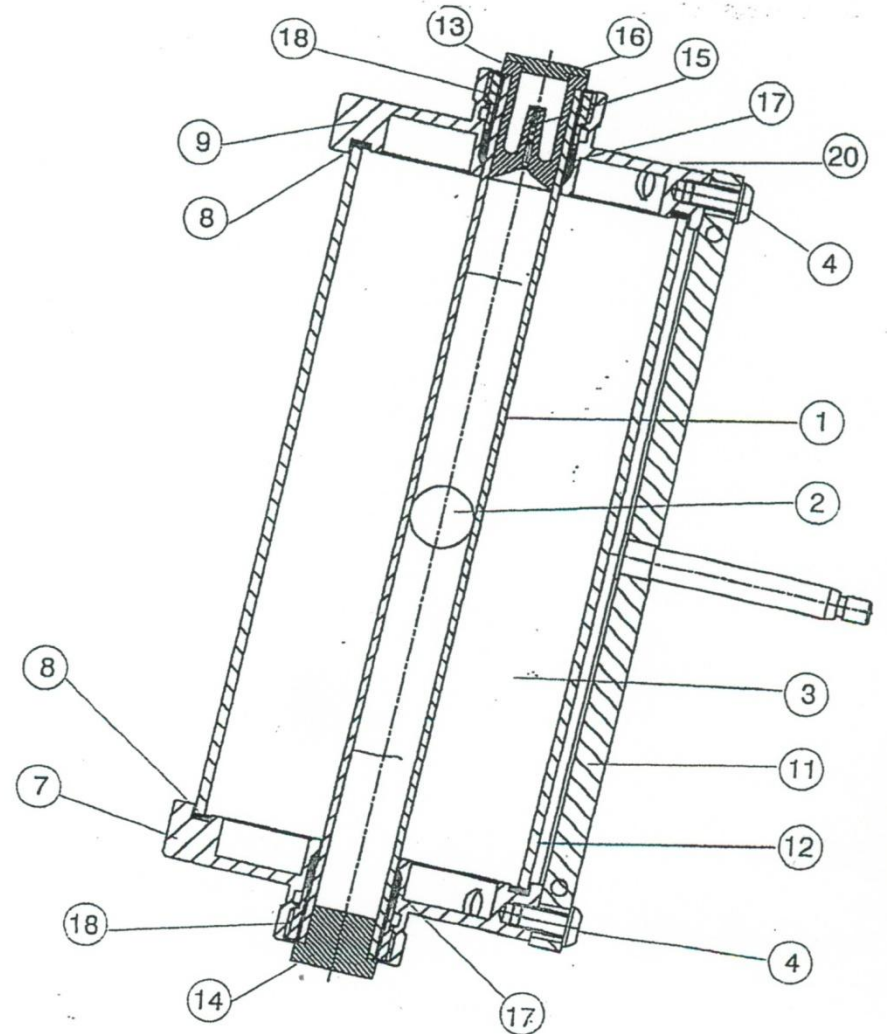
Lepkościomierz Hopplera.

# Lepkościomierze (wiskozymetry)

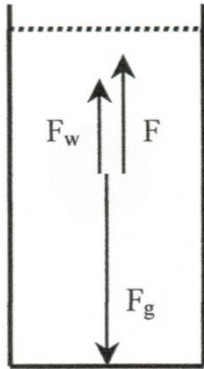


## Opis przyrządu:

- 1- tuba grawitacyjna
- 2- kulka
- 3- komora grzejna
- 4- śruba dociskowa
- 7,9 - pokrywa
- 8- uszczelka
- 11- uchwyt
- 12- cylinder szklany
- 13,14 - uszczelka
- 15- kapilara
- 16- nakrętka



# Wyznaczanie współczynnika lepkości metodą Stokesa



$$F_w = 6 \mu v r$$

$$F_w = F - F_g = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \rho_f) g$$

$$6 \mu v r = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \rho_f) g$$

$$\mu = \frac{2}{9} r^2 (\rho - \rho_f) g$$

$$\mu = \frac{2 r^2 (\rho - \rho_f) g}{9 v}$$