

Płyny

Rzeszów University of Technology

1 lutego 2023

Płyny - pod tą nazwą rozumiemy ciecze i gazy.

Płyn - w odróżnieniu od ciała stałego - to substancja zdolna do przepływu.

Gęstość

$$\rho_{sr} = \frac{\Delta m}{\Delta V}, \quad \rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V},$$

m , V - masa i objętość próbki. ρ - wielkość skalarna.
 $[\rho] = \text{kg}/\text{m}^3$.

Gęstość gazu bardzo silnie zależy od ciśnienia, a gęstość cieczy zależy od ciśnienia nieznacznie.

Ciśnienie

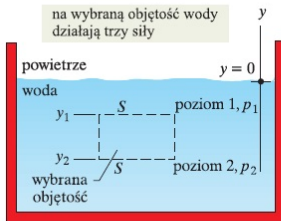
$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S}$$

Jednostka ciśnienia - Paskal (Pa): $[p] = \text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$

$1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ atm} = 760 \text{ Tr}$ (Tor - 1 milimetr słupa rtęci)

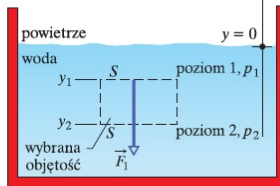
Substancja lub ciało	Gęstość [kg/m^3]
Przestrzeń międzygwiazdowa	10^{-20}
Najlepsza próżnia w laboratorium	10^{-17}
Powietrze (20°C, 1 atm)	1,21
Powietrze (20°C, 50 atm)	60,5
Styropian	$1 \cdot 10^2$
Lód	$0,917 \cdot 10^3$
Woda (20°C, 1 atm)	$0,998 \cdot 10^3$
Woda (20°C, 50 atm)	$1,000 \cdot 10^3$
Woda morska (20°C, 1 atm)	$1,024 \cdot 10^3$
Krew	$1,060 \cdot 10^3$
Żelazo	$7,9 \cdot 10^3$
Rtęć	$13,6 \cdot 10^3$
Ziemia (średnio)	$5,5 \cdot 10^3$
Ziemia (jądro)	$9,5 \cdot 10^3$
Ziemia (skorupa ziemska)	$2,8 \cdot 10^3$
Słońce (średnio)	$1,4 \cdot 10^3$
Słońce (jądro)	$1,6 \cdot 10^5$
Gwiazda w fazie białego karła (jądro)	10^{10}
Jądro uranu	$3 \cdot 10^{17}$
Gwiazda neutronowa (jądro)	10^{18}

Płyny w spoczynku



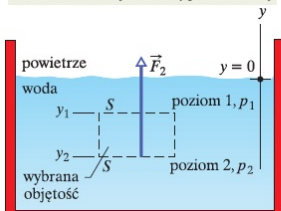
a)

siła działająca w dół pochodzi od ciśnienia wody na *górną* powierzchnię

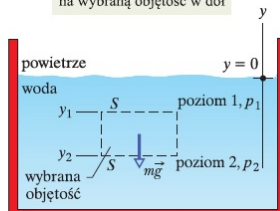


b)

siła działająca w górę pochodzi od ciśnienia wody na *dolną* powierzchnię



siła ciężkości działa na wybraną objętość w dół



Warunek równowagi sił działających na objętość wody

$$F_2 = F_1 + mg$$

$$p_2 S = p_1 S + \rho S(y_1 - y_2)g$$

$$p_2 = p_1 + \rho g(y_1 - y_2)$$

Oznaczmy przez p_0 ciśnienie atmosferyczne. Poziom 2 - na głębokości h pod powierzchnią wody, $p_2 = p$ przy $y_2 = -h$ (p jest ciśnienie na głębokości h)

$$p = p_0 + \rho gh$$

Ciśnienie atmosferyczne na wysokości d na poziomie wody

$$p = p_0 - \rho_{pow}gd$$

W zamkniętej objętości nieściśliwego płynu zmiana ciśnienia jest przenoszona bez zmiany wartości do każdego miejsca w płynie i do ścian zbiornika

Zmiana ciśnienia

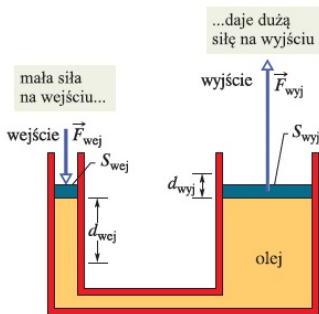
$$\Delta p = \frac{F_{wej}}{S_{wej}} = \frac{F_{wyj}}{S_{wyj}}$$

$$F_{wyj} = F_{wej} \frac{S_{wyj}}{S_{wej}}$$

Wykonana praca przy przemieszczeniu tłoka d_{wej} (d_{wyj})

$$W = F_{wyj} d_{wyj} = F_{wej} \frac{S_{wyj}}{S_{wej}} d_{wej} \frac{S_{wej}}{S_{wyj}} = F_{wej} d_{wej}$$

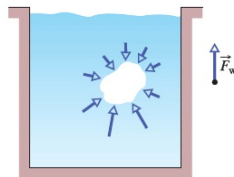
Prasa hydrauliczna umożliwia działanie mniejszą siłą na dłuższej drodze zamiast działania większą siłą na krótszej drodze



Na ciało całkowicie lub częściowo zanurzone w płynie działa ze strony płynu siła wyporu \vec{F}_w .

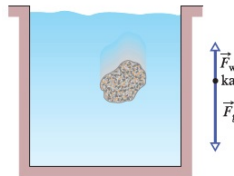
Jest ona skierowana pionowo do góry, a jej wartość równa ciężarowi $m_p g$ płynu wypartego przez ciało

$$F_w = m_p g$$



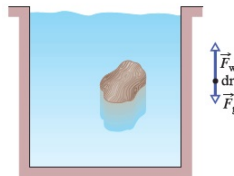
a)

siła wyporu pochodzi od ciśnienia otaczającej ciało wody



b)

siła wypadkowa działa w dół i w tym kierunku porusza się kamień



c)

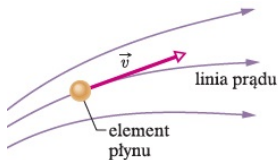
siła wypadkowa działa w górę i w tym kierunku porusza się drewno

Płyn nazywamy doskonałym, kiedy są spełnione założenia:

- Przepływ ustalony - prędkość w każdym punkcie nie zmienia się z czasem. Ustalony przepływ nazywamy **laminarnym**. Nieustalony - **turbulentnym**
- Przepływ nieściśliwy (gęstość jest stała)
- Przepływ nielepki. Lepkość jest miarą oporu, jaki stawia płyn jego przepływowi
- Przepływ bezwirowy

Przepływ płynu:

Linii prądu są torami cząstek płynu przy jego przepływie



Równanie ciągłości

W przedziale czasu Δt przepływa płyn o objętości $\Delta V = S\Delta x = Sd\Delta t$.

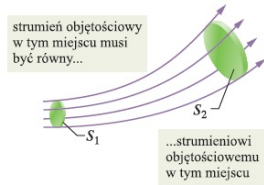
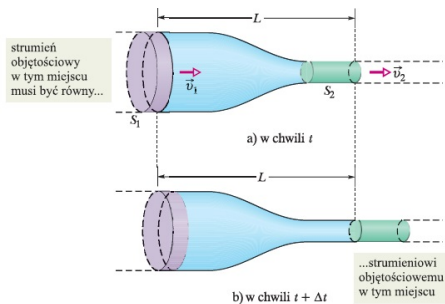
Dla lewego i prawego końca odcinka rury

$$\Delta V = S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t \quad \text{-- równanie ciągłości}$$

Stosujemy do strugi prądu

$$R_v = Sv = \text{const}, \quad R_m = \rho Rv = \rho Sv = \text{const}$$

gdzie R_v - szybkość przepływu objętości płynu (strumień objętościowy), R_m - szybkość przepływu masy (strumień masy).



Równanie Bernoulliego

Z zasady zachowania energii wynika

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g y_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g y_2$$

albo
$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g y = \text{const}$$

- równanie Bernoulliego dla płynu doskonałego.

1) Przy $v_1 = v_2 = 0$ (płyn w spoczynku):

$$p_2 = p_1 + \rho g(y_1 - y_2)$$

2) Przy $y_1 = y_2 = 0$ (przepływ w pionie):

$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$ tzn. *jeśli przy przepływie wzdłuż poziomej linii prądu prędkość elementu płynu wzrasta, to ciśnienie płynu maleje i na odwrót.*

Wprowadzenie równania Bernoulliego

Zmiana energii kinetycznej: $\Delta E_k = \frac{\Delta m v_2^2}{2} - \frac{\Delta m v_1^2}{2} = \frac{\rho \Delta V}{2} (v_2^2 - v_1^2)$

Zmiana energii potencjalnej: $\Delta E_p = \Delta m g(y_2 - y_1) = \rho \Delta V g(y_2 - y_1)$

Wykonana praca: $\Delta W = p_1 S_1 \Delta x_1 - p_2 S_2 \Delta x_2 = p_1 \Delta V - p_2 \Delta V$

$$\Delta W = \Delta E_k + \Delta E_p \Rightarrow p_1 - p_2 = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) + \rho g(y_2 - y_1)$$

