



# PRAWO PASCALA

# Blaise Pascal (1623 – 1662)



- Francuski matematyk, fizyk, filozof i pisarz.  
Przyczynił się do rozwoju hydromechaniki, matematyki i fizyki. Sformułował między innymi prawo Pascala dotyczące ciśnienia w cieczach, a także matematyczny trójkąt Pascala.

# PRAWO PASCALA

## Doświadczenie

- Potrzebne są:
  - strzykawka z grubą igłą
  - igła lub szpilka
  - woda
  - piłeczka pingpongowa

# PRAWO PASCALA

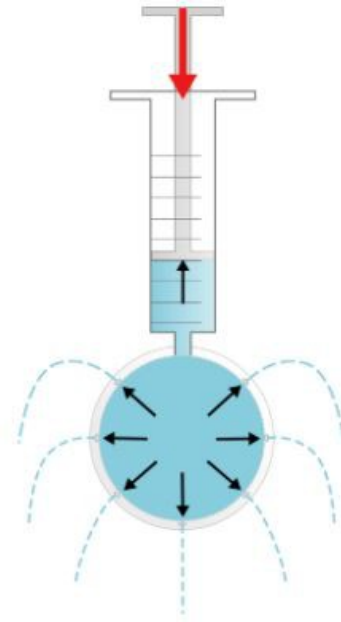
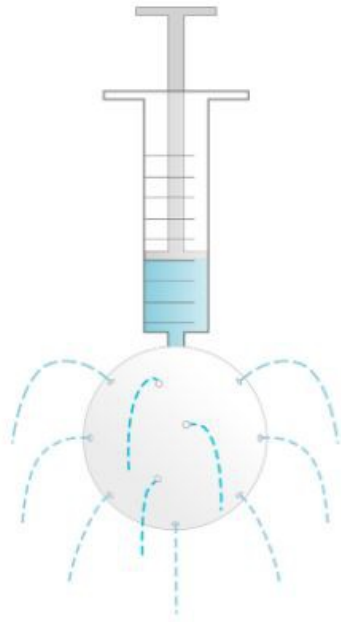
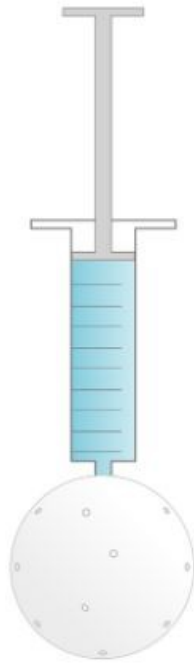
## Doświadczenie

- Instrukcja:
  - Za pomocą szpilki wykonaj otwory w piłeczce – równomiernie na całej jej powierzchni.
  - Nabierz wodę do strzykawki.
  - Przebij powierzchnię piłeczki igłą i wsuń ją dość głęboko.
  - Napełnij piłeczkę wodą ze strzykawki. Jeśli wody w strzykawce nie wystarczy, odłącz ją od igły, nabierz do niej ponownie wodę, połącz z igłą i napełniaj piłeczkę, aż ta będzie pełna.
  - Gdy piłeczka i strzykawka zostaną wypełnione wodą, naciśnij tłok strzykawki.
  - Obserwuj strumienie wody tryskające z otworów na powierzchni piłeczki.

# PRAWO PASCALA

## Doświadczenie

- Demonstracja doświadczenia:

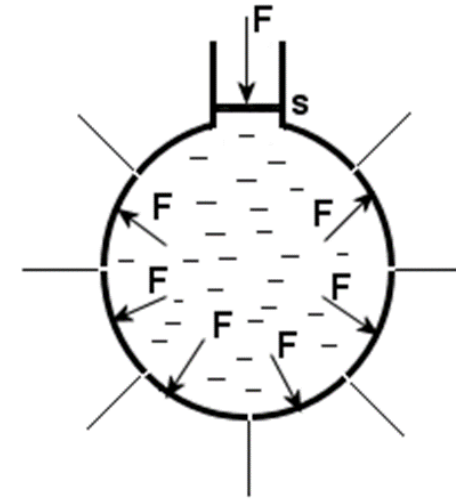


# PRAWO PASCALA

## Doświadczenie

- Podsumowanie:

Siła z jaką naciskamy na tłok strzykawki, wytwarza takie samo ciśnienie w całej objętości cieczy. Widzimy, że z każdego otworu piłeczki (położonego na dole, z boku, u góry) woda tryska tak samo. Pokazuje to, że we wszystkie strony działa takie samo parcie, wywołane naciskaniem tłoka.



Dla przypomnienia:

$$p = \frac{F}{S}$$

p – ciśnienie  
F – siła parcia (nacisku)  
S – pole powierzchni

# PRAWO PASCALA

- Prawo Pascala brzmi:

*Jeżeli na zamkniętą w zbiorniku ciecz lub zamknięty w nim gaz działamy siłą, to wytworzone w ten sposób dodatkowe ciśnienie jest jednakowe w całej objętości tej cieczy lub tego gazu.*

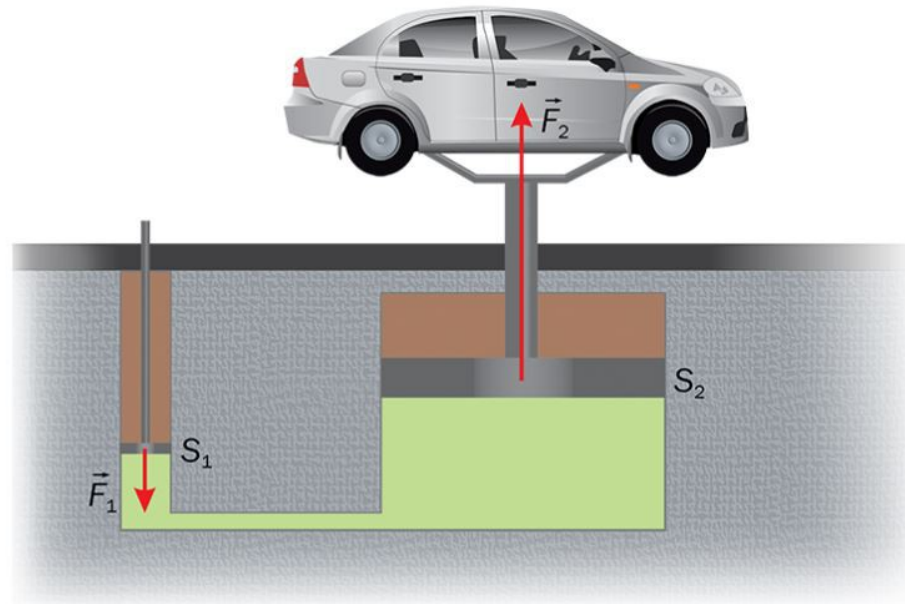
# Zastosowanie prawa Pascala

- układy hamulcowe (np. samochodów, roweru, tramwaju)
  - działanie urządzeń pneumatycznych (prasa pneumatyczna)
  - pompa hydrauliczna
  - działanie urządzeń hydraulicznych (podnośnik hydrauliczny, młot pneumatyczny)
  - siłowniki
  - zamek centralny
  - dmuchanie balonów
  - pompowanie materaca
- i wiele innych...



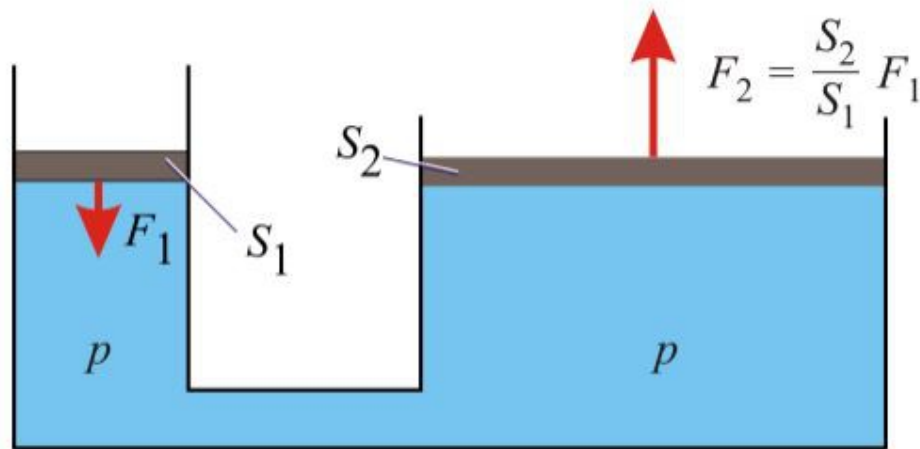
# Podnośnik hydrauliczny

- Jest urządzenie techniczne z wielokrotniające siłę dzięki wykorzystaniu zjawiska stałości ciśnienia w zamkniętym układzie hydraulicznym, czyli innymi słowy wykorzystuje prawo Pascala.



# Podnośnik hydrauliczny

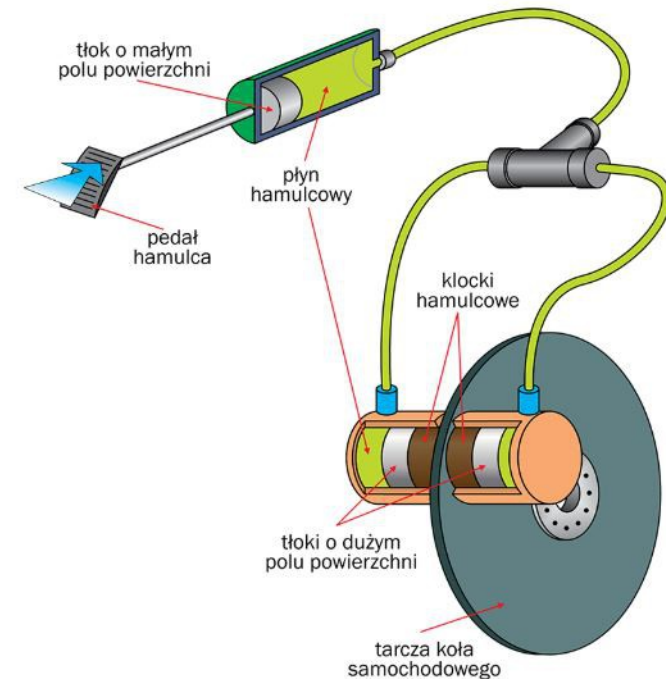
- Prosty podnośnik zbudowany jest z dwóch połączonych ze sobą cylindrów, które są wypełnione olejem hydraulicznym i zamknięte szczelnymi tłokami. Cylinder roboczy ma zwykle znacznie większą powierzchnię  $S_2$  niż cylinder spełniający funkcję pompy  $S_1$ . Jeśli działamy określoną siłą na tłok pompy  $F_1$ , to na tłok roboczy działa znacznie większa siła  $F_2$ .



$$F_2 = p \cdot S_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot S_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$$

# Układ hamulcowy

Na tej samej zasadzie co podnośnik hydrauliczny, działa wiele innych urządzeń, np. prasa hydrauliczna stosowana do tłoczenia z blachy karoserii samochodu czy też hydrauliczny układ hamulcowy w samochodzie (rysunek obok).



# Układ hamulcowy - działanie

Aby zatrzymać pojazd kierujący naciska nogą pedał hamulca. Układ dźwigni przenosi i wzmacnia siłę nacisku na tłoczki pompy hamulcowej. Pompa tłoczy nieściśliwy płyn hamulcowy przez przewody hamulcowe do cylinderków. Tłoczki cylinderków naciskają na klocki hamulcowe. Klocki hamulcowe dociskane są do tarcz hamulcowych. Tarcze są zamocowane do piast kół. W konsekwencji tarcie klocków hamulcowych o tarcze powoduje hamowanie kół jezdnych.

# Jednostka ciśnienia - przypomnienie

Jednostką ciśnienia jest 1 Pa (paskal)

1 Pa – to ciśnienie jakie wywiera siła 1N na powierzchnię 1m<sup>2</sup>

1 Pa jest bardzo małą jednostką ciśnienia, dlatego w praktyce używa się wielokrotności tej jednostki:

1 hektopaskal – 1 hPa = 100 Pa

1 kilopaskal – 1 kPa = 1 000 Pa

1 megapaskal – 1MPa = 1 000 000 Pa

Przy ciśnieniu atmosferycznym używane są również następujące jednostki ciśnienia:

bar – 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa

milibar – 1 mbar = 10<sup>2</sup> Pa

atmosfera – 1 atm = 1013,25 hPa

# Przykładowe zadania:

## *Zadanie 1.*

*Podaj, jak duża siła działa na duży tłok prasy hydraulicznej, jeżeli na mały tłok działa siła  $F_1 = 80\text{N}$ , a powierzchnie tłoków wynoszą odpowiednio  $s_1 = 3\text{cm}^2$  i  $s_2 = 90\text{cm}^2$ .*

## *Zadanie 2*

*Wyznacz, jaką powierzchnię musi posiadać tłok, na którym spoczywa samochód o masie  $1200\text{kg}$ , aby został podniesiony siłą  $200\text{N}$  działającą na mniejszy tłok o powierzchni  $3\text{cm}^2$ .*

## **Rozwiązanie zadania 1.**

**Dane:**

$$F_1 = 80 \text{ N}$$

$$S_1 = 3 \text{ cm}^2 = 0,0003 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 90 \text{ cm}^2 = 0,009 \text{ m}^2$$

**Szukane:**

$$F_2 = ?$$

**1. Obliczamy ciśnienie działające na pierwszy tłok:**

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} \quad p_1 = \frac{80 \text{ N}}{0,0003 \text{ m}^2} = 266666,7 \text{ Pa}$$

**2. Obliczamy siłę działającą na duży tłok korzystając ze wzoru:**

$$F_2 = p_1 S_2 \quad F_2 = 266666,7 \text{ Pa} \cdot 0,009 \text{ m}^2 \approx 2400 \text{ N}$$

**Odpowiedź:** Na duży tłok działa siła o wartości 2400 N

## Rozwiązanie zadania 2.

**Dane:**

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

$$S_1 = 3 \text{ cm}^2 = 0,0003 \text{ m}^2$$

**Szukane:**

$$F_2 = ?$$

1. Znając masę samochodu możemy obliczyć siłę  $F_2$  działającą na duży tłok ze wzoru na ciężar:

$$F = m \cdot g \quad F_2 = 1200 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1200 \text{ N}$$

2. Ciśnienia w obu ramionach podnośnika wynoszą:

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} \quad p_2 = \frac{F_2}{S_2} \quad \text{ponieważ } p_1 = p_2 \quad \text{to} \quad \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

3. Po wymnożeniu stronami otrzymujemy:

$$F_1 S_2 = F_2 S_1 / : F_1$$

stąd

$$S_2 = \frac{F_2 S_1}{F_1} = \frac{1200 \text{ N} \cdot 0,0003 \text{ m}^2}{200 \text{ N}} = 0,018 \text{ m}^2 = 180 \text{ cm}^2$$

**Odpowiedź:** Duży tłok musi mieć powierzchnię  $180 \text{ cm}^2$