

# Fizyka Nurkowania: Prawo Boyle'a-Mariotte'a

Dlaczego ciśnienie i objętość decydują o Twoim bezpieczeństwie?



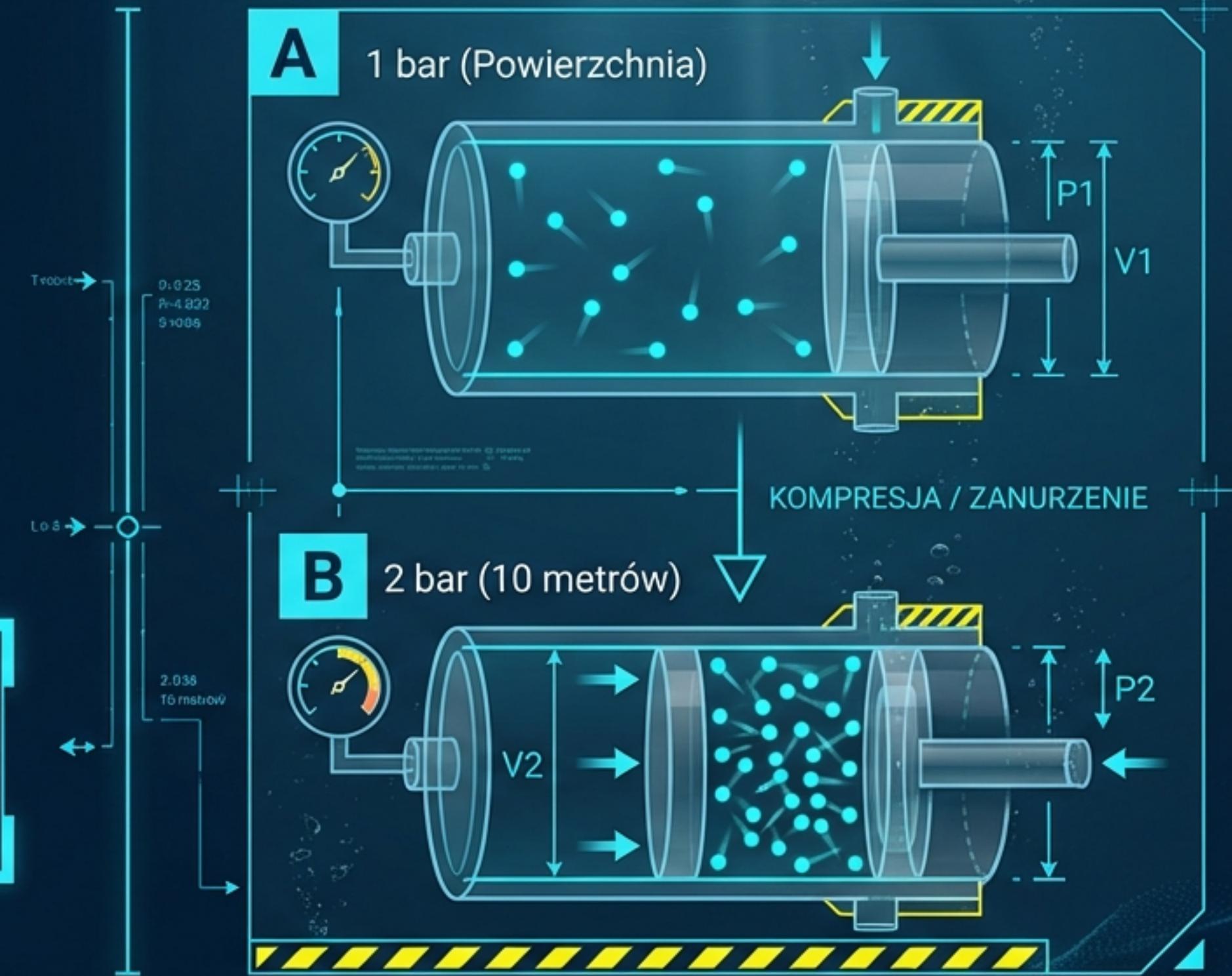
# Definicja Fizyczna: Niewidzialna Siła

W stałej temperaturze objętość danej masy gazu jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia absolutnego.

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

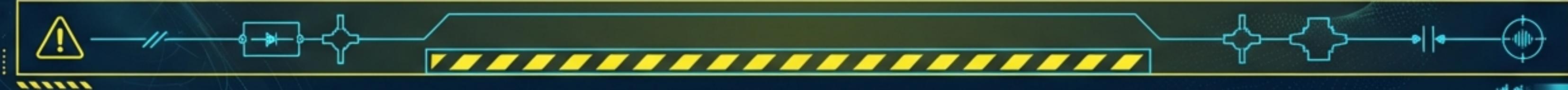
T=const    P=Pa    V=m<sup>3</sup>

T=const    P=Pa    V=m<sup>3</sup>



**Wzrost ciśnienia = Spadek objętości. Spadek ciśnienia = Wzrost objętości.**

# Wizualizacja: Co dzieje się z powietrzem pod wodą?



# Strefa Krytyczna: 0–10 metrów



## Zmiana 0–10 m

Wzrost ciśnienia o 100%  
(z 1 do 2 bar).

## Zmiana 30–40 m

Zmiana ciśnienia  
tylko o 20%.

## WNIOSEK INSTRUKTORSKI

Konieczność częstego wyrównywania  
ciśnienia natychmiast po zanurzeniu głowy.



# Fizjologia: Zanurzanie i Barotraumy Ucisku (Squeeze)

## Zatoki:

Ból w części czołowej  
lub szczękowej.

## Ucho środkowe:

Ryzyko pęknięcia  
 błony bębenkowej.

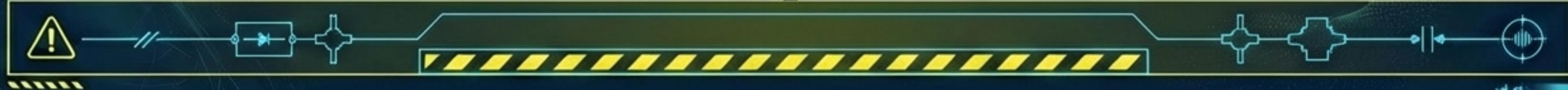
## Maska:

Przekrwienie oczu  
(Mask Squeeze).



**Mechanizm:** Podciśnienie 'wsysa' tkanki do środka.

**Zasada:** Wyrównuj ciśnienie ZANIM poczujesz ból.



# Fizjologia: Wynurzanie i Urazy Płuc

## ZAGROŻENIE ŻYCIA

Płuca tolerują nadciśnienie tylko ok. **0,12 bara**.

To różnica głębokości zaledwie **1,2 metra!**



### Urazy Płuc (od najczępszego)

- Tętniczy Zator Gazowy (AGE)** – Pęcherzyki gazu blokują przepływ krwi do mózgu.
- Odma opłucnowa** – Zapadnięcie płuca.
- Odma śródpiersiowa / Odma podskórna.**

**ZŁOTA ZASADA: NIGDY NIE WSTRZYMUJ ODDECHU PODCZAS NURKOWANIA**



# Prawo Boyle'a a Sprzęt: Kontrola Pływalności

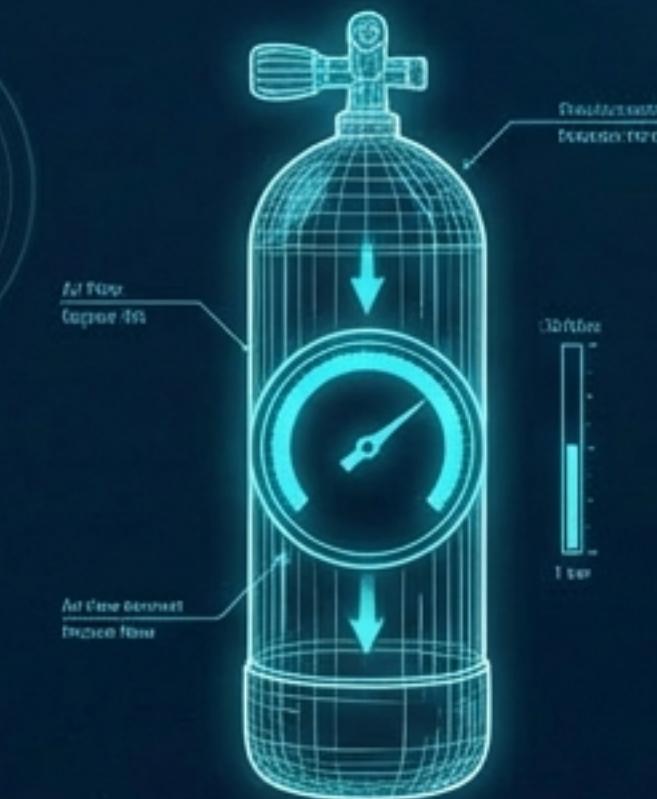


## Procedura Bezpieczeństwa:

Na bieżąco wypuszczaj gaz z BCD podczas wynurzania.  
Limit prędkości: max. 9-10 m/min.

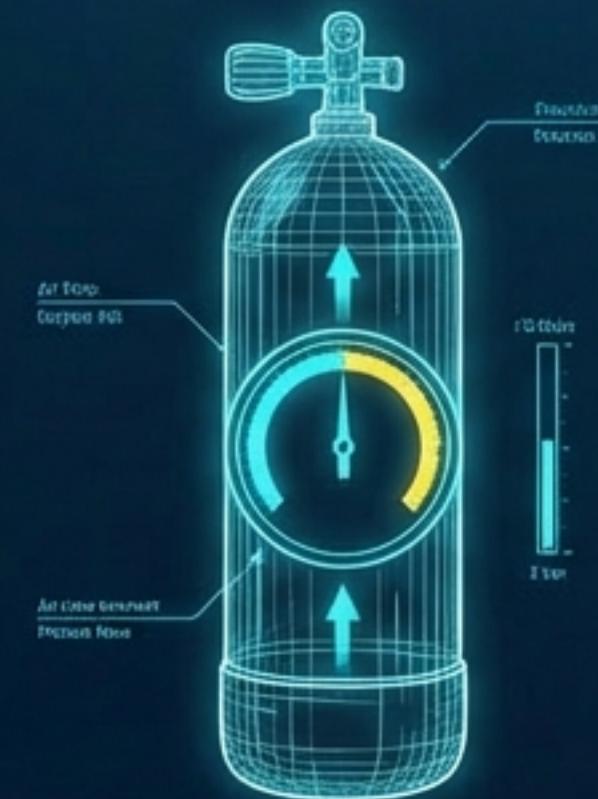
# Praktyka: Zużycie Powietrza a Głębokość

Powierzchnia (1 bar)



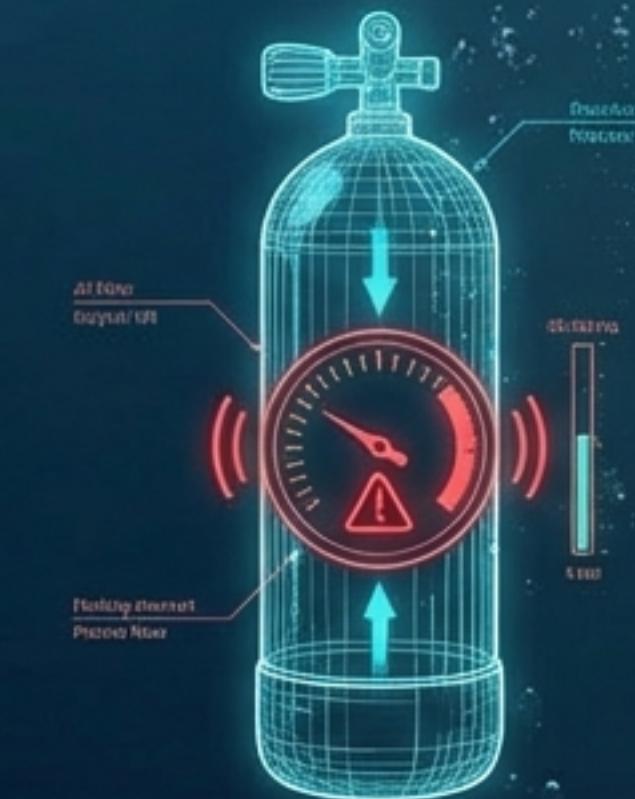
Zużycie: 20 l/min (x1)

10 m (2 bar)



Zużycie: 40 l/min (x2)

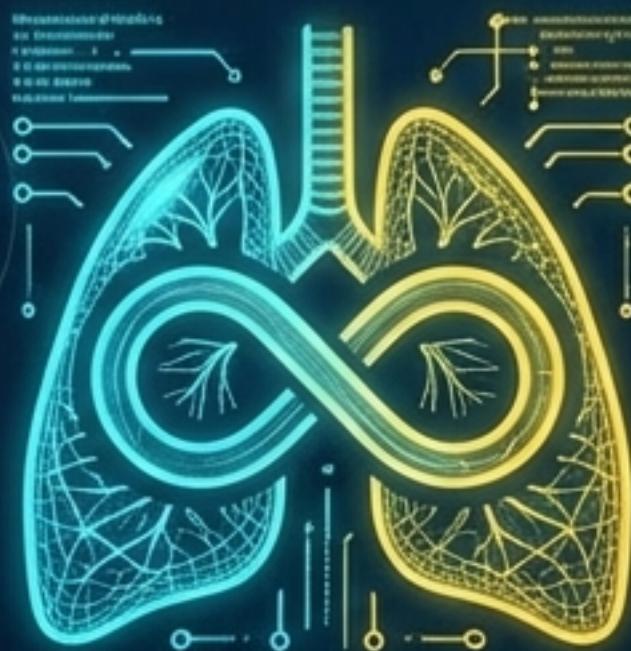
30 m (4 bar)



Zużycie: 80 l/min (x4)

**Na 30 metrach zużywasz powietrze 4 razy szybciej niż na powierzchni.  
Planowanie gazu (Gas Management) musi uwzględniać głębokość.**

# Podsumowanie: 3 Złote Zasady Bezpieczeństwa



## 1. Oddychaj ciągle

Nigdy nie wstrzymuj oddechu (ochrona płuc).



## 2. Wyrównuj wcześnie

Dbaj o uszy i zatoki, szczególnie w strefie 0-10 m.



## 3. Zwolnij

Kontroluj BCD przy wynurzaniu. Max 10 m/min.

*Fizyka działa zawsze – spraw, by działała na Twoją korzyść.*