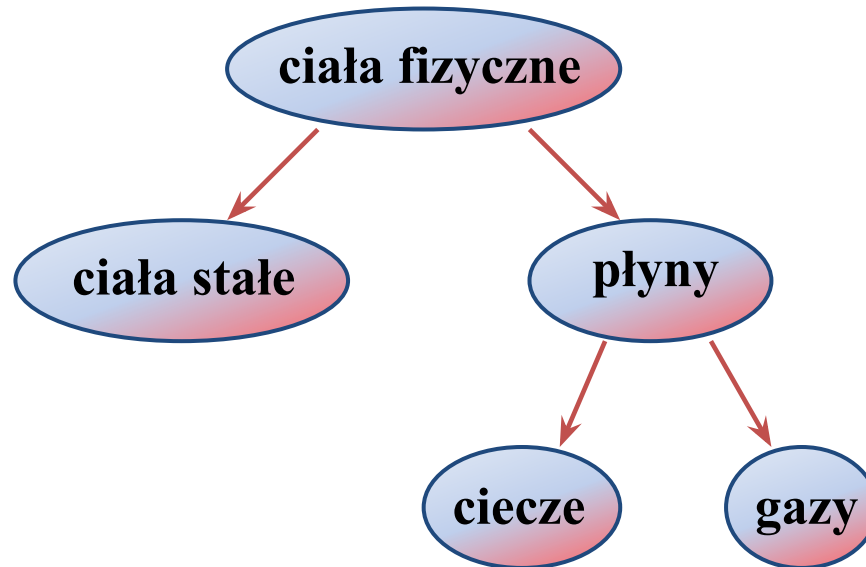


Mechanika płynów

Charakterystyka płynów



Płyn to:

- substancja zdolna do przepływu,
- przyjmuje kształt naczynia w którym się znajduje,
- może działać siłą prostopadłą do jej powierzchni,
- brak regularnego układu atomów (cząsteczek), rozciągającego się tak daleko jak w ciele stałym.

Czy takie scharakteryzowanie jest łatwe wystarczające?

Smoła - „Pitch drop experiment”

University of Queensland - Profesor Thomas Parnell w 1927 roku zapoczątkował wieloletni eksperyment, ilustrujący ciekłość i bardzo wysoką lepkość smoły. W 1930 roku smoła przedostała się do końca szyjki lejka i została obcięta.

kropla	data	czas trwania	
		lata	miesiące
1	grudzień 1938	8,1	98
2	luty 1947	8,2	99
3	kwiecień 1954	7,2	86
4	maj 1962	8,1	97
5	sierpień 1970	8,3	99
6	kwiecień 1979	8,7	104
7	lipiec 1988	9,2	111
8	listopad 2000	12,3	148
9	kwiecień 2014	13,4	156

Po 7 kropli zapewniono stabilizację temperatury. 17 kwietnia 2014 roku, 9 kropla dotknęła kropli 8, a 24 kwietnia 2014 została od niej odseparowana podczas wymiany zlewki.



* Lepkość smoły jest $230 \cdot 10^9$ razy większa od lepkości H_2O . Eksperyment potrwa jeszcze ponad 100 lat.

Gęstość

Gęstość to cecha materiałowa, która jest miarą ilości (masy) substancji w jednostce objętości.

Próbka jest dużo większa niż rozmiary atomów, a jej struktura jest „gładka” (ma stałą gęstość).

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

jednostką gęstości:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

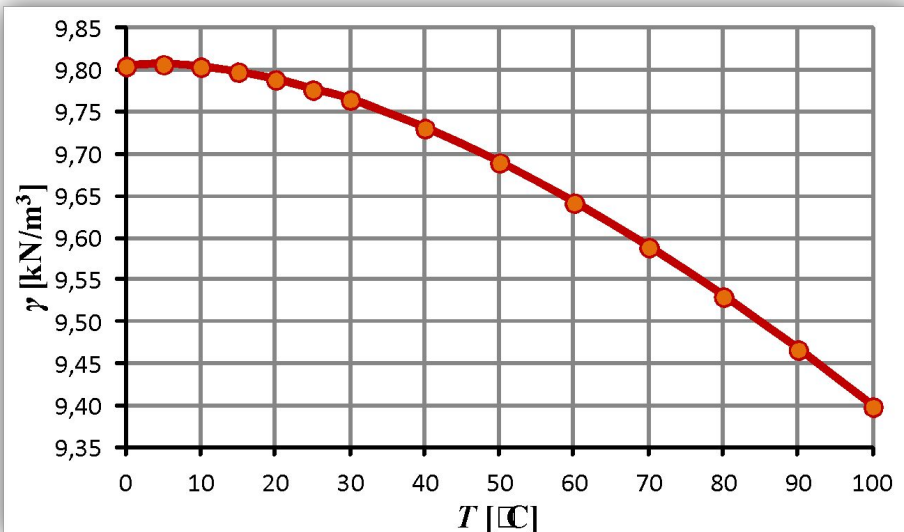
Substancja	ρ [kg/m ³]
najlepsza próżnia w lab.	10 ⁻¹⁷
powietrze (20°C, 1 atm)	1,21
powietrze (20°C, 50 atm)	60,5
styropian	10 ²
lód	0,917·10 ³
woda (20°C, 1 atm / 50 atm)	0,998·10 ³ / 1,000·10 ³
żelazo	7,9·10 ³
rtęć	13,6·10 ³
Ziemia (średnio / jądro / skorupa z.)	5,5·10 ³ / 9,5·10 ³ / 2,8·10 ³
Słońce (średnio / jądro)	1,4·10 ³ / 1,6·10 ⁵
czarna dziura (o masie Słońca)	10 ¹⁹

Ciężar właściwy

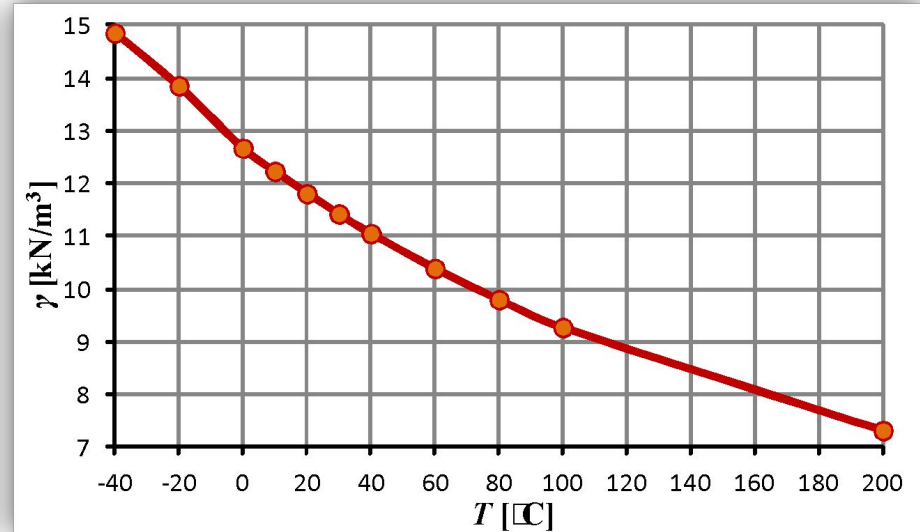
Ciężar właściwy definiowany jest jako stosunek ciężaru ciała do jego objętości.

$$\begin{array}{c} \boxtimes \\ \hline \boxtimes \end{array} \quad \text{lub:} \quad \begin{array}{c} \boxtimes \boxtimes \boxtimes \\ \hline \boxtimes \end{array} = \begin{array}{c} \boxtimes \boxtimes \boxtimes \end{array}$$
$$\begin{array}{c} \boxtimes \boxtimes \text{N} \\ \hline \text{m}^3 \boxtimes \end{array}$$

$\gamma (T)$ dla wody



$\gamma (T)$ dla powietrza



Ciśnienie

Ciśnienie definiuje się jako stosunek siły działającej na pewną powierzchnię do jej pola powierzchni.

W przypadku równomiernie rozłożonego nacisku działającego na płaską powierzchnię.

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

$$p = \frac{G}{A}$$

W układzie SI
Pascal jest jednostką gęstości:
 $p[\text{Pa}]$

Inne jednostki ciśnienia	Oznaczenie	w Pa
hektopaskal	hPa	100
atmosfera	atm	101325
bar	bar	10^5
Tor (milimetr słupa Hg)	Tr (mmHg)	133,3
pounds per square inch	PSI	6894,76
kilogram na metr kwadratowy	kg/m ²	9,81

	p [Pa]
największe ciśnienie uzyskane w lab.	$1,5 \cdot 10^{10}$
dno największej głębi oceanicznej	$1,1 \cdot 10^8$
obcas buta na szpilce	10^6
opona samochodowa (nadwyżka do atm.)	$2 \cdot 10^5$
ciśnienie krwi (= 120 mm Hg)	$1,6 \cdot 10^4$
najlepsza próżnia uzyskana w lab.	10^{-12}



Komu lepiej
jest dać się
podeptać

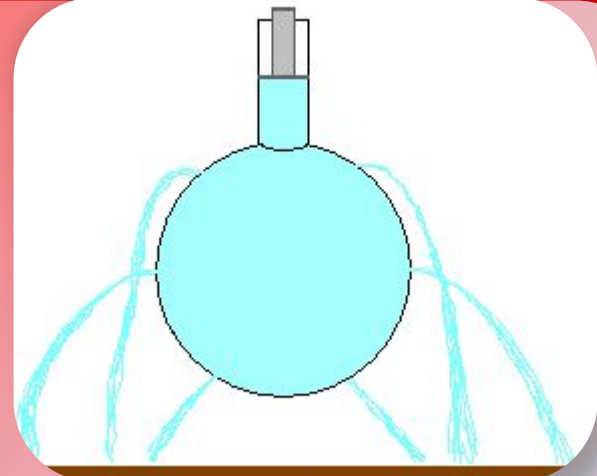


Prawo Pascala



Blaise Pascal

Jeżeli na płyn (ciecz lub gaz) znajdujący się w zamkniętym zbiorniku wywierane jest ciśnienie zewnętrzne, to (pomijając ciśnienie hydrostatyczne) ciśnienie wewnątrz tego zbiornika jest wszędzie jednakowe i równe ciśnieniu zewnętrznemu.



Prawo Pascala - zastosowania



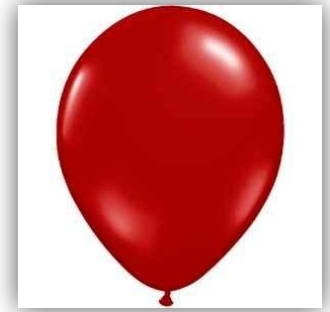
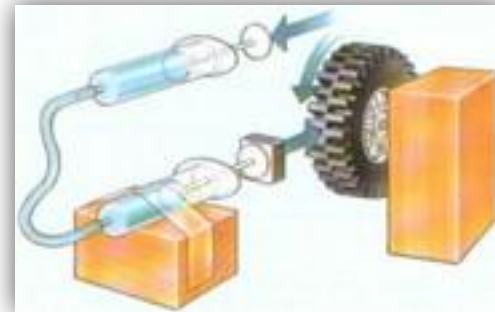
$$F_1 = \frac{F_1}{S_1}$$

$$F_2 = \frac{F_2}{S_2}$$

$$F_1 = F_2$$

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

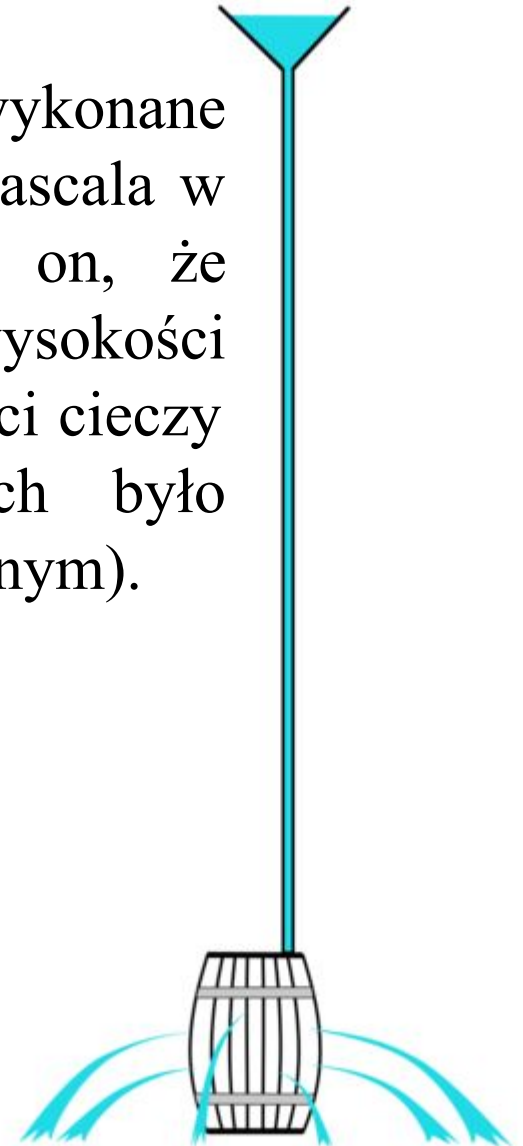
$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$



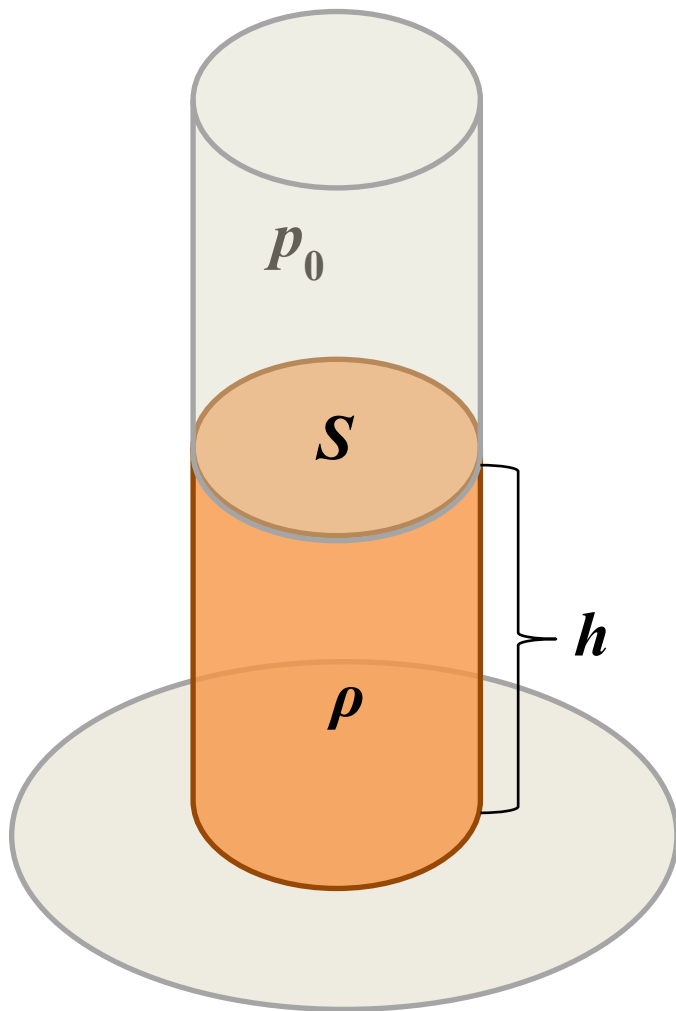
Paradoks Pascala



Doświadczenie zostało wykonane publicznie przez Blaise Pascala w 1648 roku. Udowodnił on, że ciśnienie zależy od wysokości słupa cieczy, a nie od ilości cieczy (co w tamtych czasach było stwierdzeniem paradoksalnym).



Ciśnienie hydrostatyczne



Wyprowadzenie wzoru:

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

$$F = G \cdot S$$

$$F = \frac{G}{S} \Rightarrow G = F \cdot S = G \cdot S$$

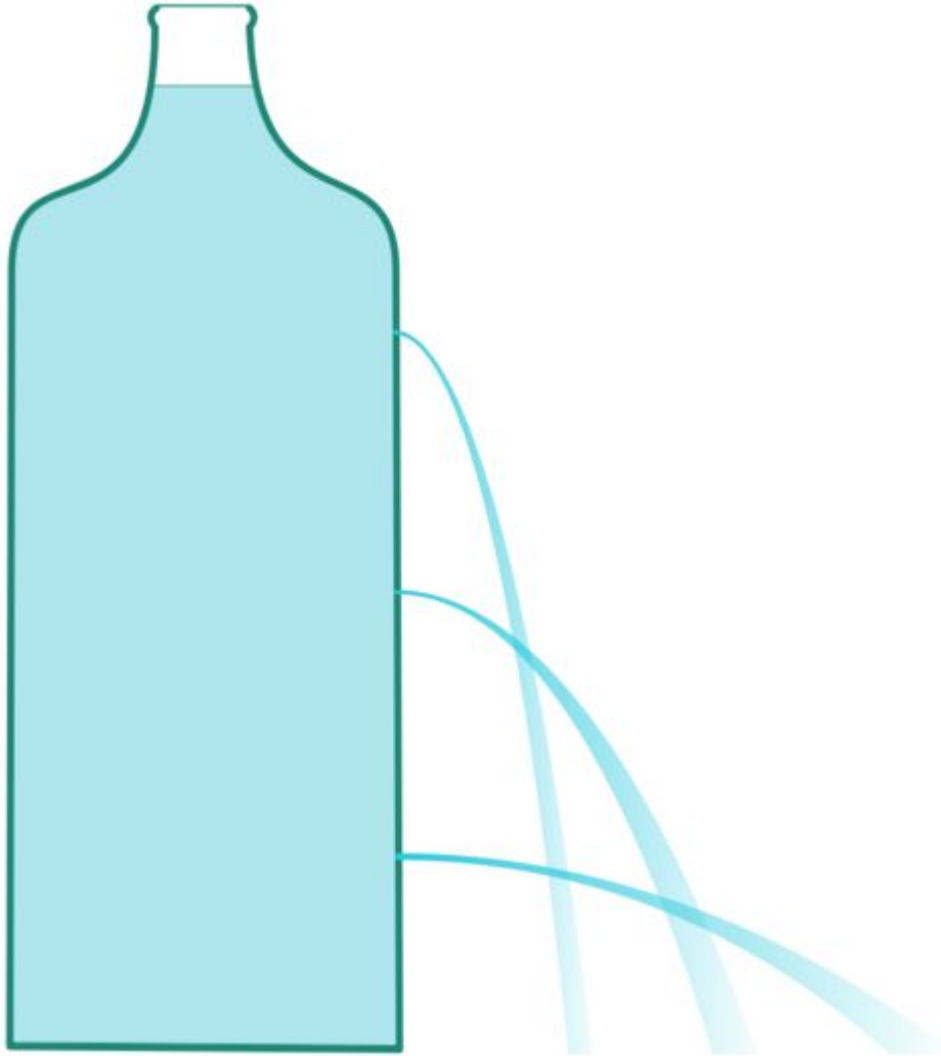
$$F = \frac{G \cdot S}{S}$$

$$F = G \cdot S$$

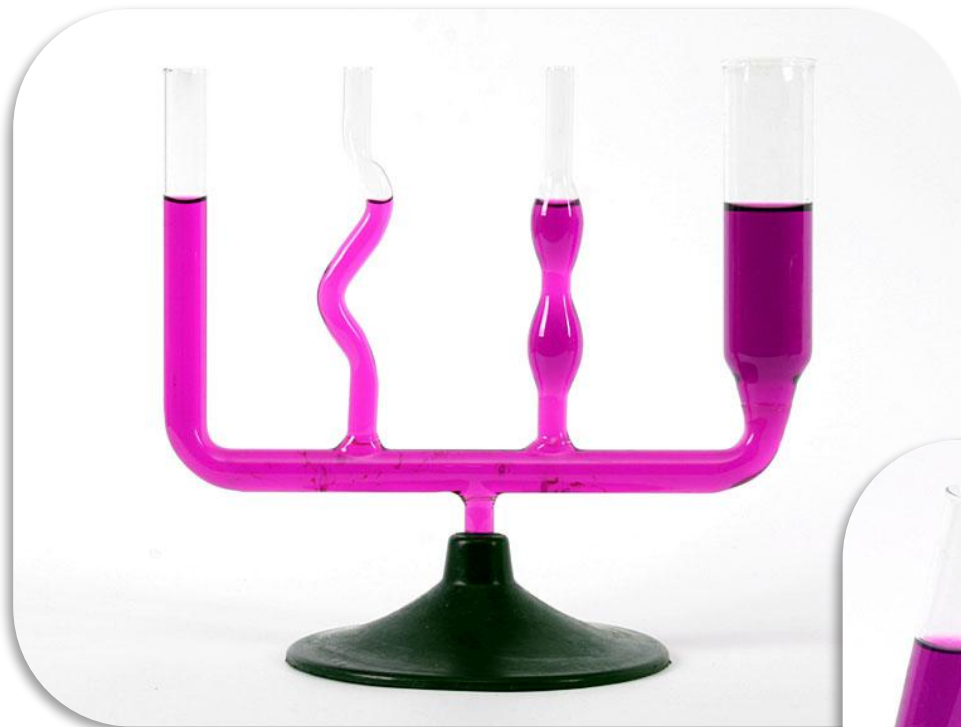
lub

$$p = p_0 + G \cdot S$$

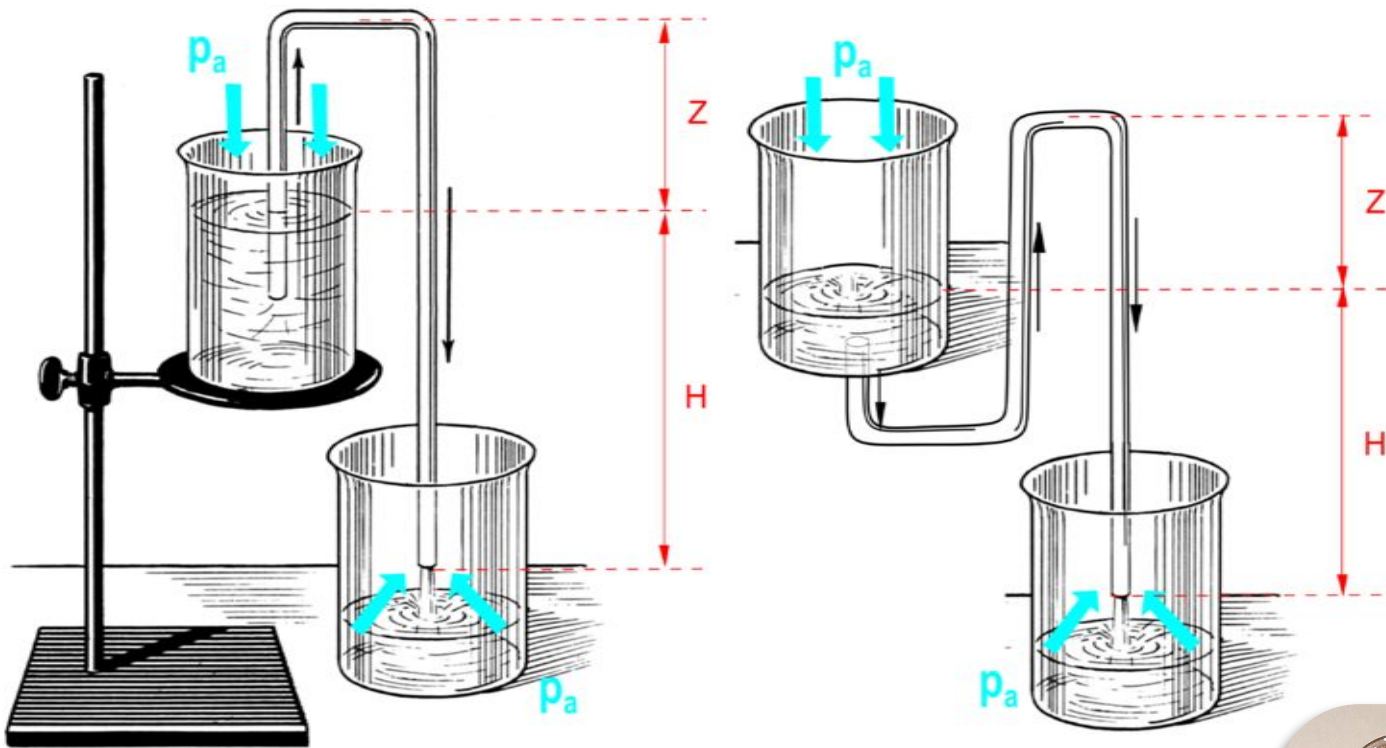
Ciśnienie hydrostatyczne



Naczynia połączone



Naczynia połączone



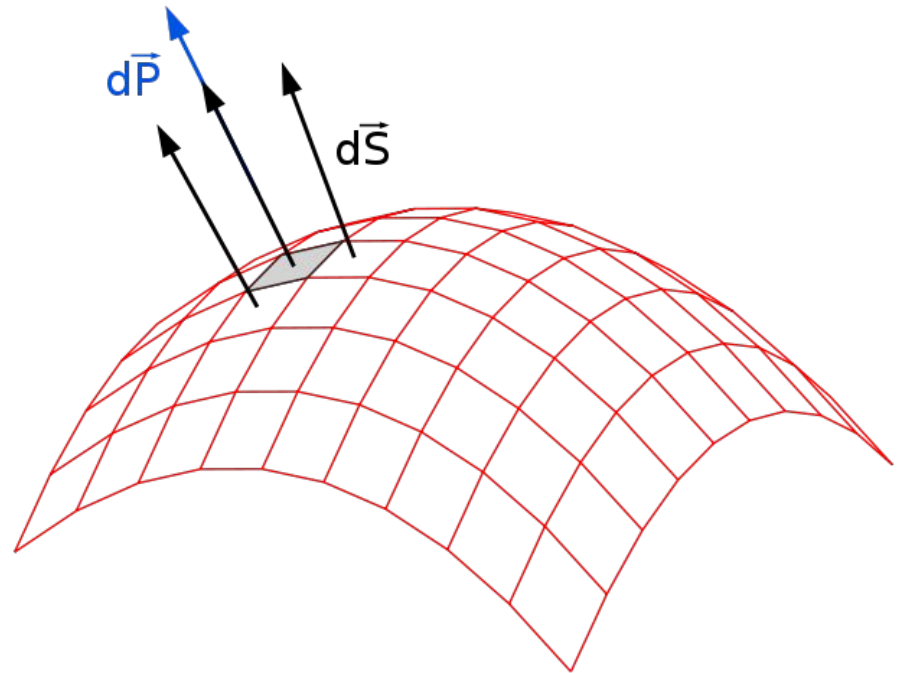
Parcie hydrostatyczne

Parcie hydrostatyczne jest to siła nacisku jaką płyn wywiera na daną powierzchnię. Siła ta jest prostopadła (normalna) do powierzchni.

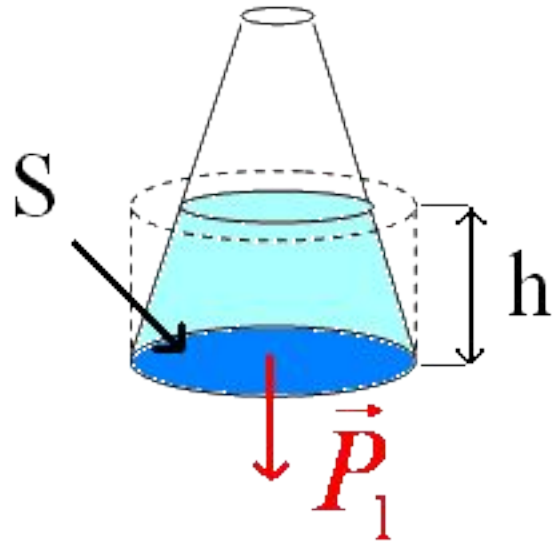
$$d\vec{F} = p d\vec{S}$$

Dla powierzchni płaskich oraz stałej wartości ciśnienia w każdym punkcie tej powierzchni:

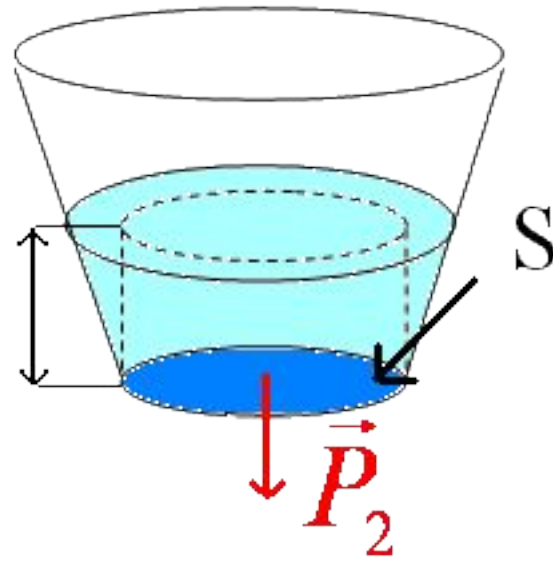
$$F = p S$$



Parcie hydrostatyczne



$$P_1 = \rho g h S$$



$$P_2 = \rho g h S$$

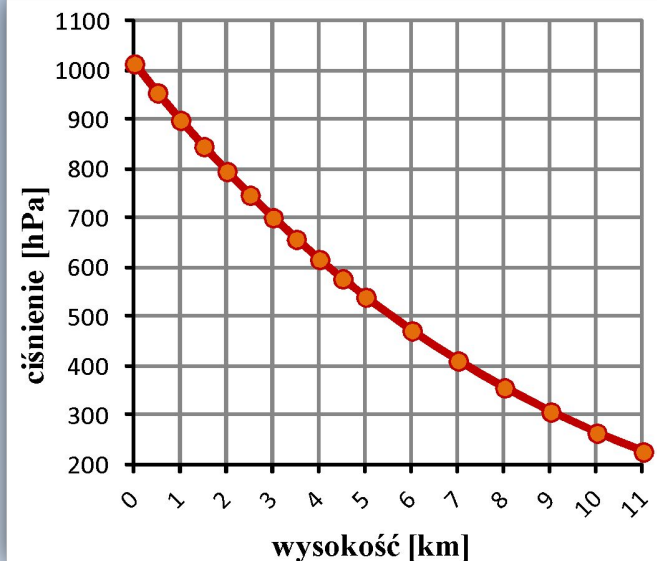
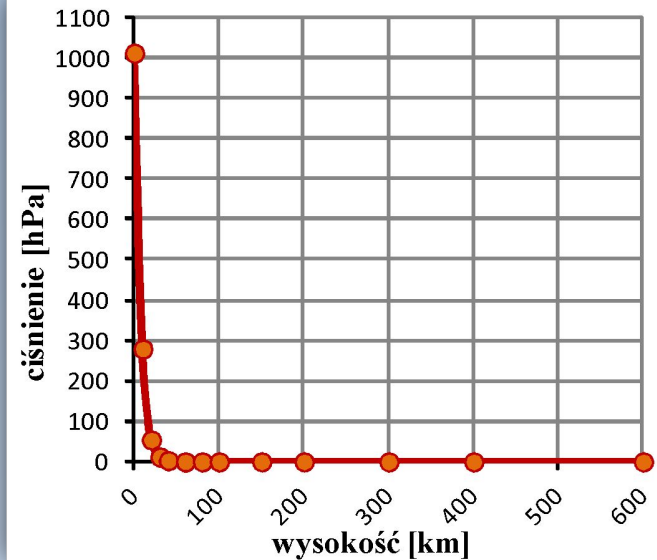
$$P_1 = P_2$$

Ciśnienie atmosferyczne

Ciśnienie atmosferyczne to stosunek wartości siły, z jaką słup powietrza naciska na powierzchnię Ziemi (innej planety), do powierzchni, na jaką ten słup naciska. W górach ciśnienie jest niższe niż na nizinach, ponieważ słup powietrza ma różne wysokości (oraz różną gęstość na różnych wys.).

h [km]	p [hPa]
0	1013,25
0,5	954,61
1	898,76
1,5	845,58
2	794,98
2,5	746,86
3	701,12
3,5	657,68
4	616,45
4,5	577,33
5	540,25
6	471,87
7	410,66
8	356,06
9	307,48
10	264,42
11	226,37
20	54,4
40	3,1
60	0,25
80	$1,2 \cdot 10^{-2}$
100	$6 \cdot 10^{-4}$
200	$4 \cdot 10^{-8}$
300	$2,5 \cdot 10^{-8}$
400	$6,5 \cdot 10^{-9}$
600	$8 \cdot 10^{-10}$

Ciało niebieskie	ciśnienie hPa
Wenus	93000
Ziemia	1013,25
Mars	7-9
Jowisz	70
Saturn	140
Tytan (księżyc Saturna)	1467
Uran	120 (poziom chmur)
Neptun	$\sim 10^{10}$ (powierzchnia)



Przykład



Początkujący pletwonurek na głębokości L nabiera w płuca pełno powietrza, po czym porzuca on aparat tlenowy i wypływa na powierzchnię nie wypuszczając przy tym powietrza z płuc. Gdy nurek dociera do powierzchni wody, różnica pomiędzy ciśnieniem działającym na niego z zewnątrz, a ciśnieniem powietrza w jego płucach jest równa 9,3 kPa. Na jakiej głębokości nurek porzucił aparat tlenowy?

Rozwiązanie:

Zaraz po wdechu ciśnienie powietrza w płucach nurka wynosiło:

$$p = p_0 + \rho g L$$

otrzymujemy stąd:

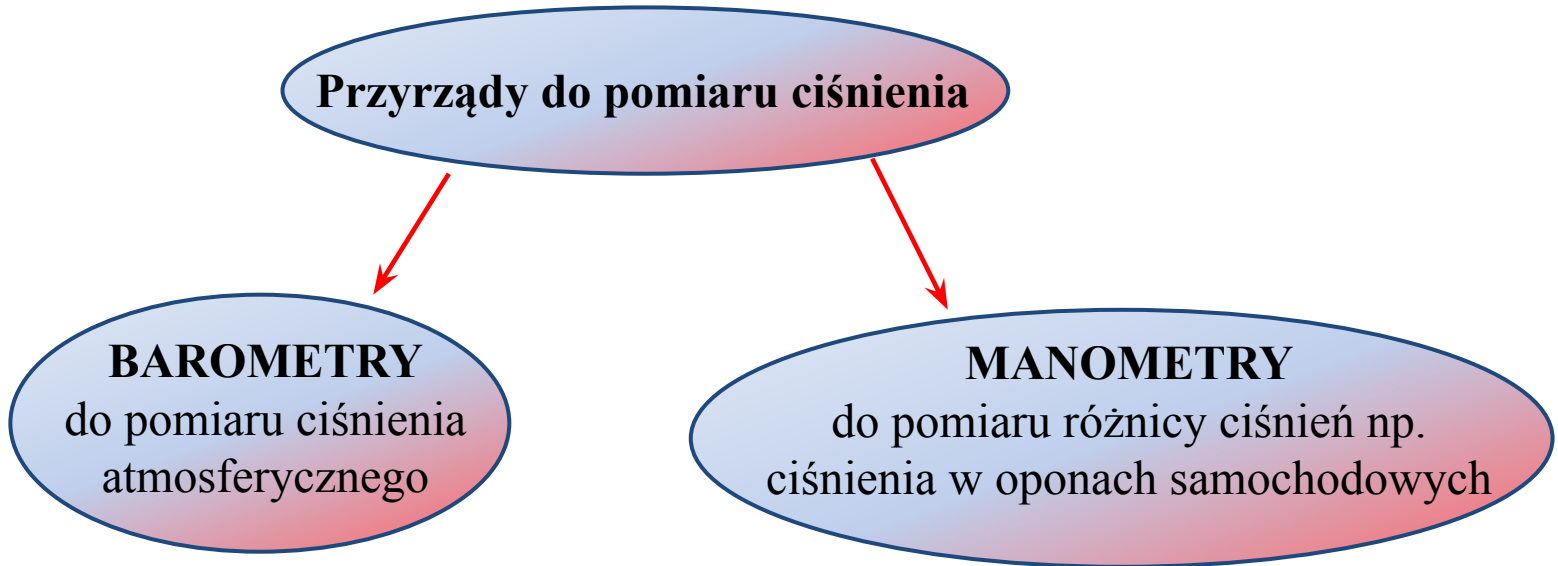
$$L = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{9300}{998 \cdot 9,81} \approx 0,95 \text{ m}$$

na powierzchni, różnica ciśnienia w płucach i ciśnienia zewnętrznego wynosiła:

$$\Delta p = p - p_0 = 9300$$

- Ciśnienie 9,3 kPa to około 9% ciśnienia atmosferycznego. Jest ono wystarczające aby rozerwać płuca! A 2-3 ml/kg powietrza we krwi może okazać się śmiertelne.

Pomiar ciśnienia



Bardziej szczegółowy podział:

absolutne, bezwzględne (barometry) – wskazują ciśnienie w odniesieniu do próżni,

różnicowe – wskazują różnicę ciśnień,

względne (manometry) – wskazują ciśnienie względem ciśnienia otoczenia (większe od niego),

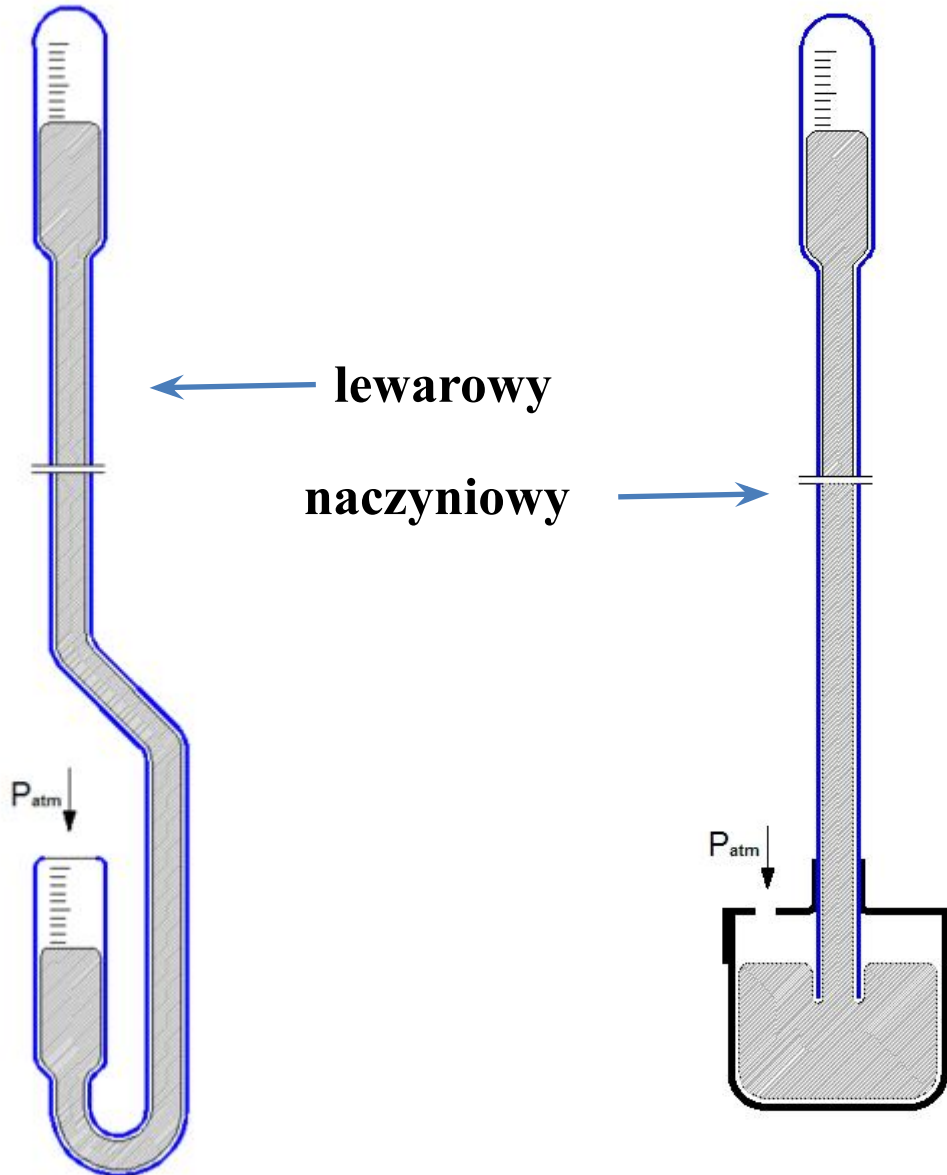
wakuometry – wskazują ciśnienie względne, mniejsze od ciśnienia otoczenia (podciśnienie),

manowakuometry – wskazują ciśnienie względne większe oraz mniejsze od ciśnienia otoczenia.

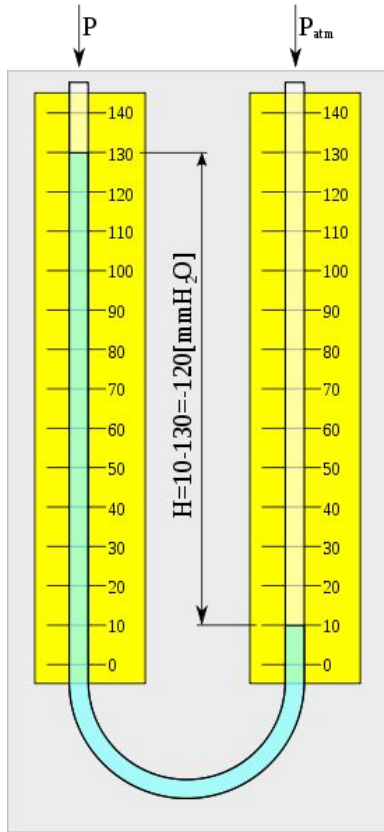
Barometry



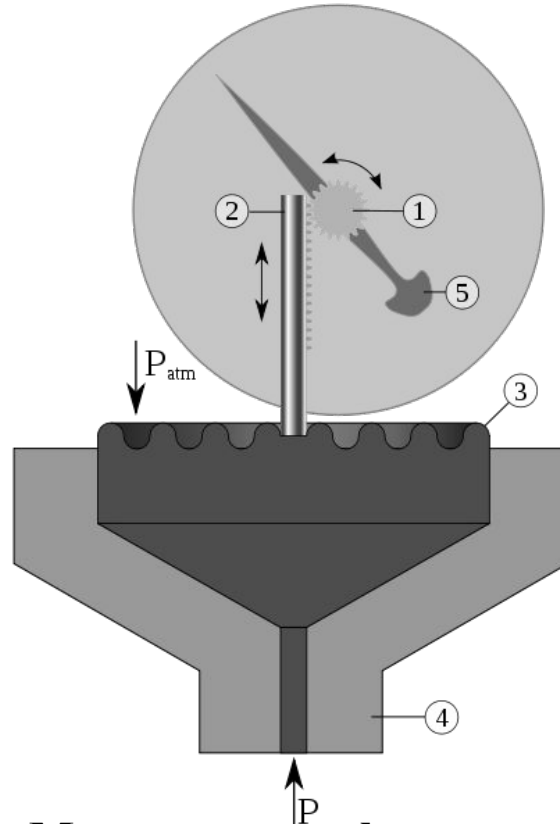
Evangelista Toricelli
zbudował w 1643 r.
pierwszy barometr
rtęciowy.



Manometry

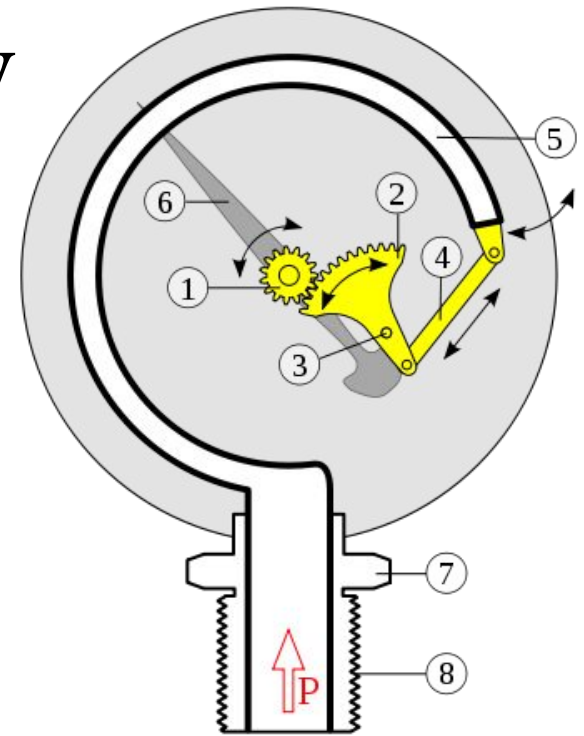


Manometr hydrostatyczny
tzw. „U-rurka”.



Manometr membranowy:

- 1 – koło zębate sprzężone z wskazówką (5),
- 2 – trzpień z zębatką połączony z membraną (3),
- 4 – korpus,
- 5 – wskazówka.



Manometr z rurką Bourdona:

- 1 – koło zębate sprzężone z wskazówką (6),
- 2 – dźwignia zębata,
- 3 – oś obrotu dźwigni zębatej (2),
- 4 – cięgno,
- 5 – sprężysta rurka,
- 6 – wskazówka,
- 7 – uchwyt,
- 8 – gwint do mocowania.

Półkule magdeburskie

Otton von Guricke 8 maja 1654r



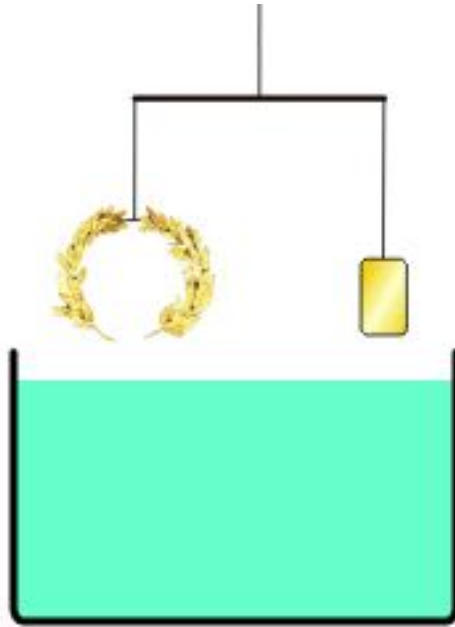
Prawo Archimedesesa



„Każde ciało zanurzone w cieczy traci pozornie na ciężarze tyle ile wynosi ciężar cieczy wypartej przez to ciało.”

Ciężar ciała zanurzonego jest równy ciężarowi wypartej przez nie cieczy.

Prawo Archimedes

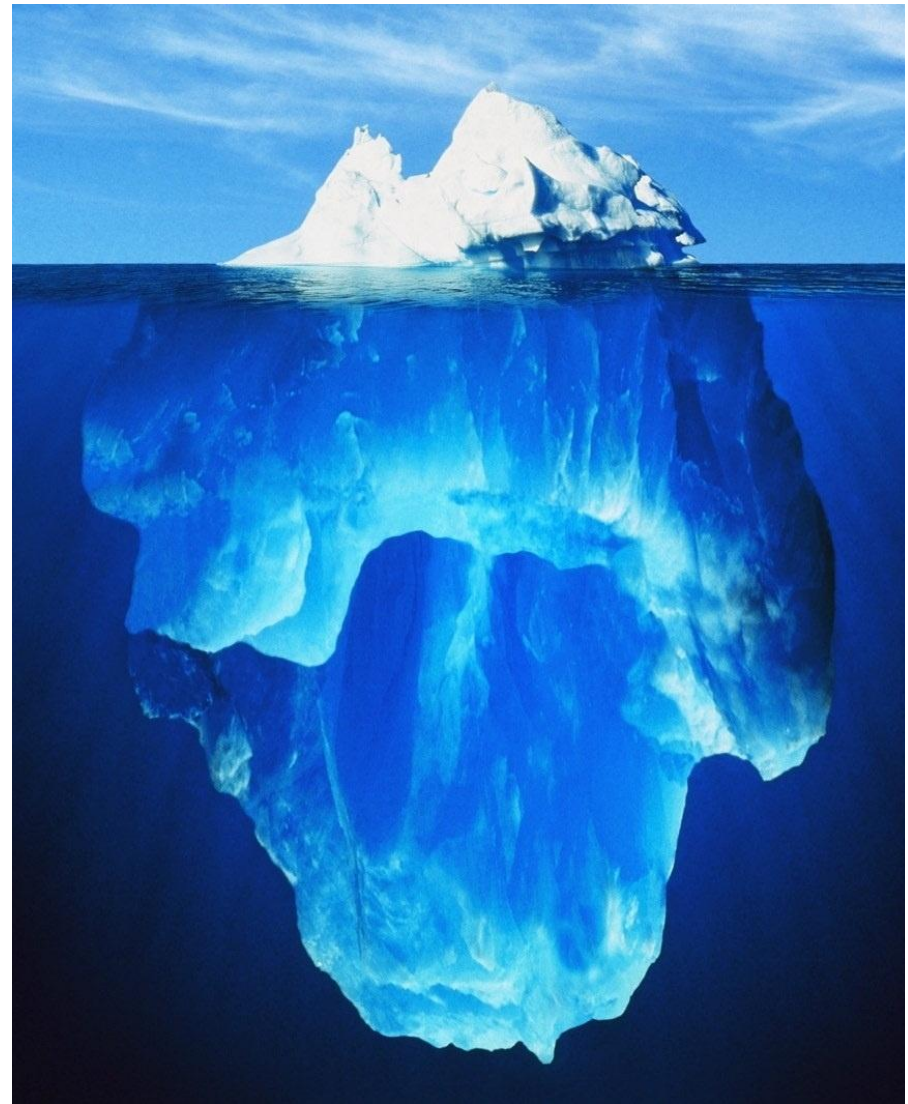


Gęstość srebra i złota:

$$\rho_{\text{Ag}} = 10490 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{Au}} = 19300 \text{ kg/m}^3$$

Pływanie ciał (unoszenie w powietrzu)



Wykorzystanie prawa Archimiedesa (aerometry)

