



Płyny i ich własności

Płynem nazywamy ciało łatwo ulegające odkształceniom postaciowym. Przeciwnieństwem płynu jest ciało stałe, którego odkształcenie wymaga przyłożenia stosunkowo dużego naprężenia (siły). Ruch ciała łatwo podlegającego odkształceniom jest trudny, ponieważ nie można, jak w przypadku ciała stałego, takiego ciała sprowadzić do punktu materialnego. Z punktu widzenia naprężenia (siły) przyłożonego do ciała rozróżniamy:

- ciała sztywne (ciała stałe)
- płyny (ciecze i gazy)



PDF
Complete

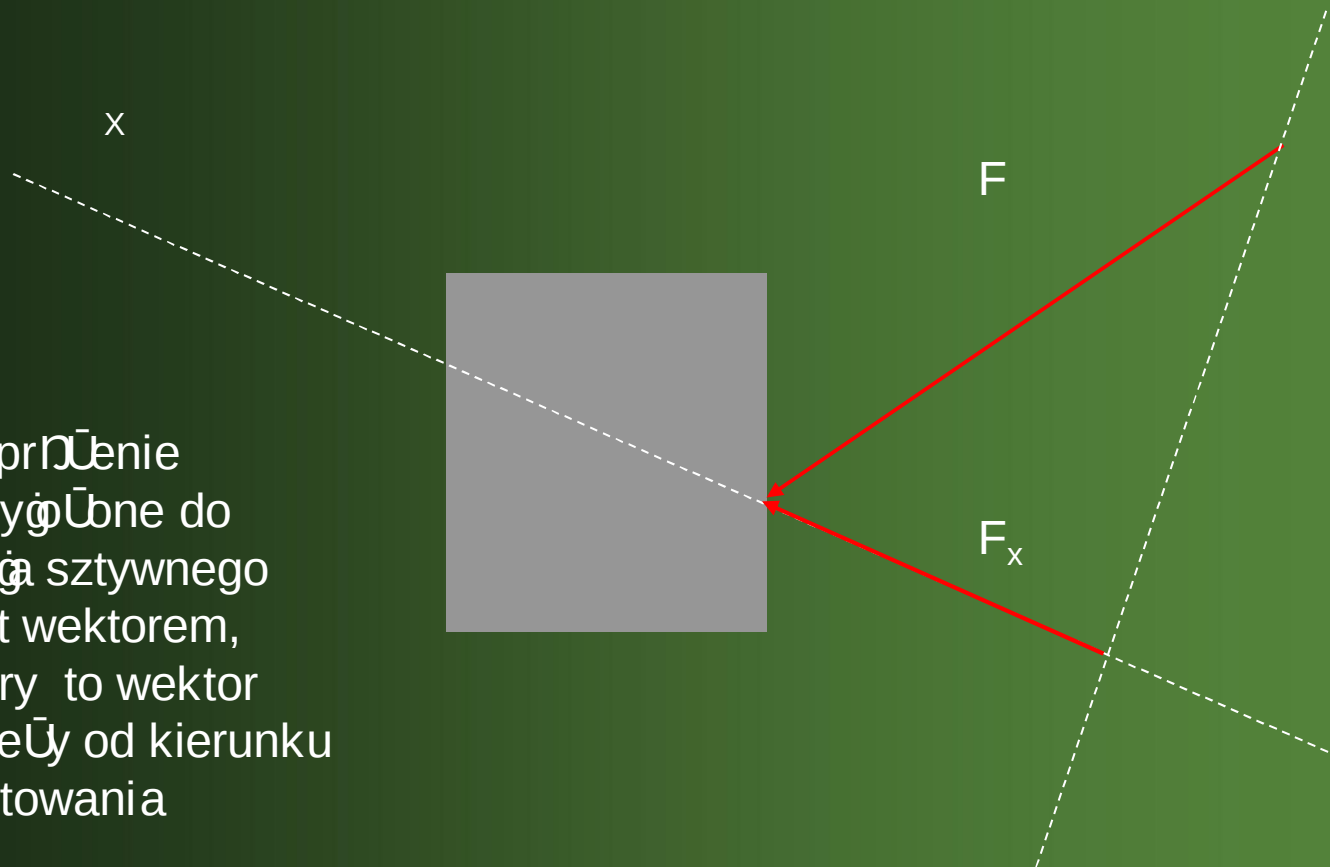
Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Naprężenie
przyłożone do
ciała sztywnego
jest wektorem,
który to wektor
zależy od kierunku
rzutowania

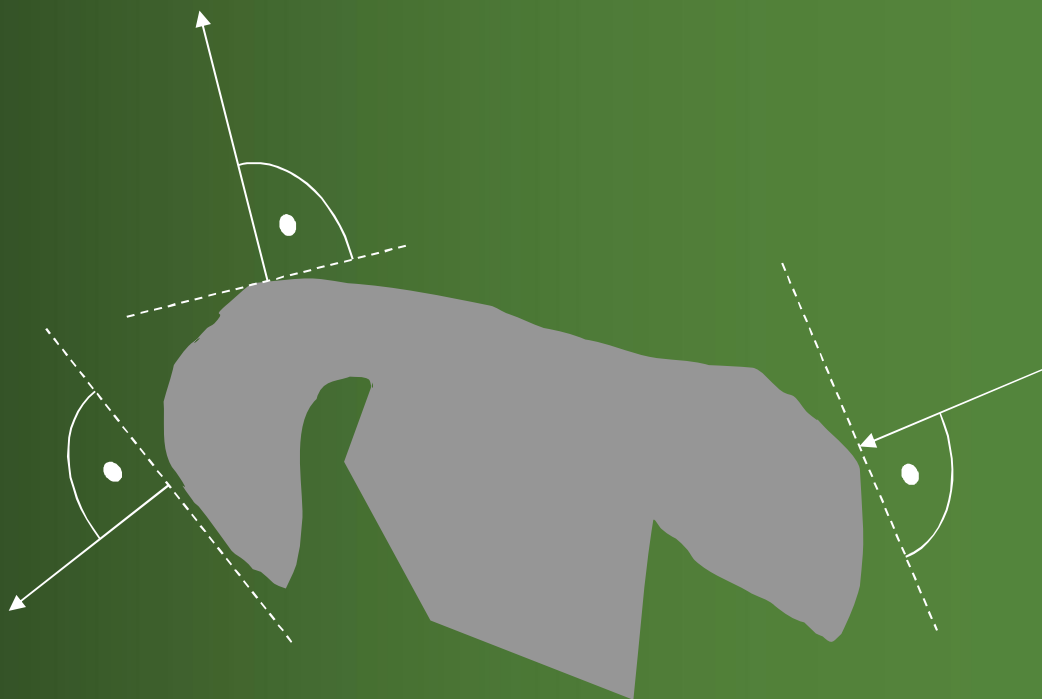




Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu

Napężenie
przyłożone do płynu
jest wektorem
normalnym. Wektor
normalny jest zawsze
prostopadły do
powierzchni, przez
którą działa i w
związku z tym jego
wartość nie zależy od
skierowania tej
powierzchni





Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu

Płyny charakteryzują się następującymi właściwościami:

- duża ruchliwość, cząstek płynu względem siebie
- doskonała sprężystość objętościowa
- odwracalna możliwość podziału na dowolną ilość części



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Ciecze i gazy nie różnią się podstawowymi własnościami, a jedynie ich wartością. W szczególności gęstość i lepkość cieczy jest wielokrotnie większa od gęstości i lepkości gazów



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Najważniejszymi z punktu widzenia mechaniki własnościami płynów są:

- gęstość ρ
- ciężar właściwy γ
- lepkość
- rozszerzalność objętościowa
(rozszerzalność cieplna)
- ścisłość



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad v = \frac{V}{m} \left[\frac{m^3}{kg} \right] \quad v = \frac{1}{\rho}$$

$$\gamma = \frac{Q}{V} \left[\frac{N}{m^3} \right] \quad \gamma = \frac{Q}{V} = \frac{m \bullet g}{V} = \rho \bullet g$$

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Z punktu widzenia ściśliwości (a także rozszerzalności cieplnej) płyny dzielimy na:

- płyny ściśliwe (gazy)
- płyny nieściśliwe (ciecze)

Dla gazów związek dla ciśnienia, gęstości i temperatury opisuje równanie Clapeyrona

$$\frac{p}{\rho} = R \bullet T$$



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Dla niedużych zmian ciśnienia gaz może być traktowany jako płyn nieściśliwy (np. przy przepływie w wentylatorze). Ciecze są traktowane jako płyny nieściśliwe, ponieważ dopiero przy ciśnieniach rzędu $100[\text{MPa}]$ ściśliwość cieczy może mieć wpływ na działanie maszyn lub urządzeń.

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Opór występujący wewnątrz płynu związany z ruchem cząstek płynu względem siebie nazywamy lepkością. Na zasadzie analogii lepkość może być określona jako tarcie wewnętrzne. Model tarcia

$$T = f \cdot N$$

nie jest właściwym modelem do opisu lepkości, ponieważ opór ruchu cząstek względem siebie w różnych miejscach płynu może być różny przy tej samej wartości naprężenia (siły) wywołującego ruch

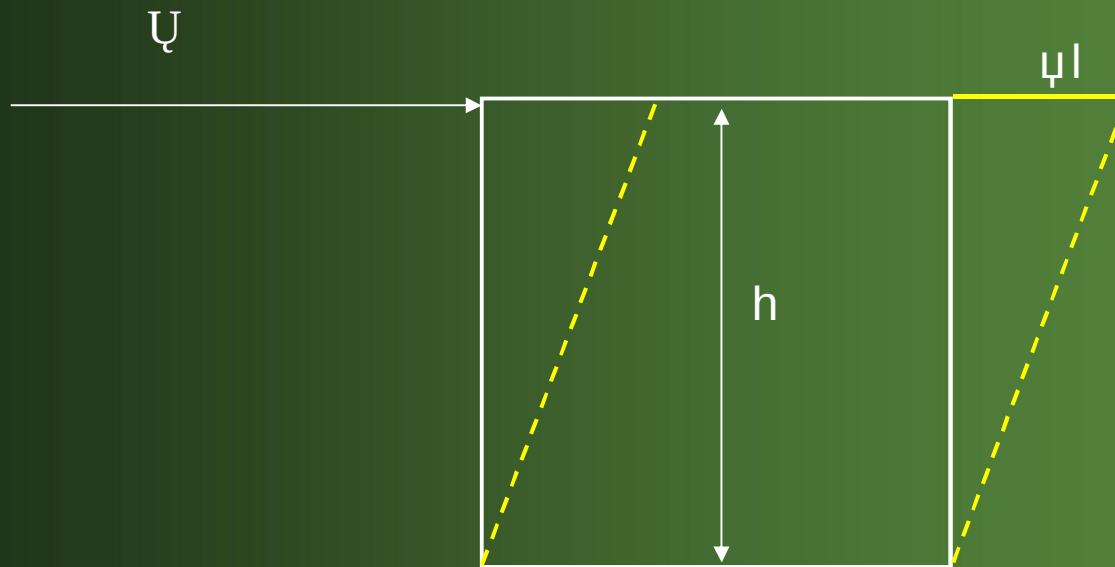


Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu

Model odkształcenia sprężystego ciała sztywnego
wywołanego naprężeniem stycznym

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$





Płyny i ich własności

Naprężenie styczne powoduje odkształcenie ciała sztywne o kształcie prostokąta. Ścianę przemieszczają na górną powierzchnię prostokąta o odległości h i wywołują odkształcenie względne

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{h}$$

Prawo Hooke'a przyjmuje postać

$$\tau = E \cdot \frac{\Delta l}{h}$$



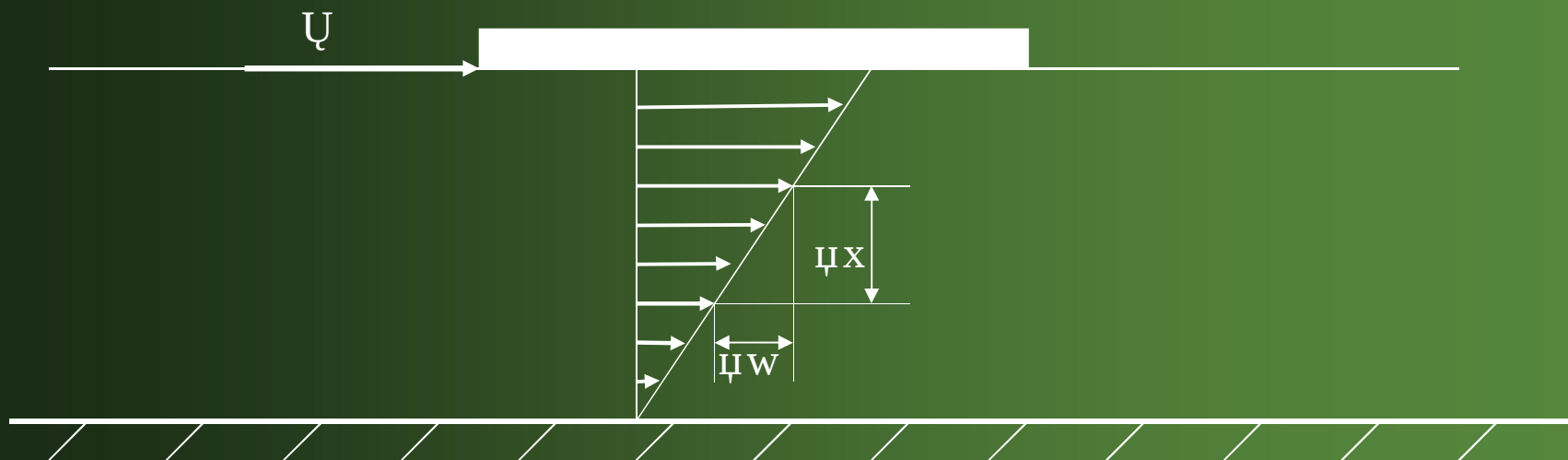
PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu





PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Równanie Newtona

$$\tau = \eta \cdot \frac{\Delta w}{\Delta x}$$



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Lepkość dynamiczna

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{\Delta w}{\Delta x}} \left[\frac{\frac{Pa}{m}}{\frac{s}{m}} \right] = Pa \cdot s$$



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Lepkość kinematyczna

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \left[\frac{Pa \cdot s}{\frac{kg}{m^3}} = \frac{kg}{s^2 \cdot m} \cdot s \cdot \frac{m^3}{kg} = \frac{m^2}{s} \right]$$



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Lepkość może być wyrażona także w następujących jednostkach:

- lepkość dynamiczna puaz [P]
 $1[P] = 0,1 [Pa \cdot s]$
- lepkość kinematyczna stokes [St]
 $1 [St] = 10^{-4} [m^2/s]$



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Lepkość płynów zależy od temperatury. Lepkość cieczy bardzo silnie maleje wraz ze wzrostem temperatury. Lepkość gazów w niewielkim stopniu zależy od temperatury. W przeciwieństwie do cieczy lepkość gazów rośnie wraz z temperaturą. Płyn spełniający równanie Newtona nazywany jest płynem niutonowskim. Lepkość płynu niutonowskiego nie zależy od ciśnienia. Płyn, którego lepkość zależy od ciśnienia nazywamy płynem tiksotropowym.



Płyny i ich własności

Siły działające w płynach można podzielić na:

- siły objętościowe (wartość siły zależy od ilości płynu i jest proporcjonalna do masy lub objętości płynu; siła objętościowa jest wektorem, który może być rozłożony na składowe)
 - siła ciężkości
 - siła bezwładności
- siły powierzchniowe (wartość siły nie zależy od ilości płynu i kierunku, zależy od wielkości powierzchni, przez którą działa; stąd siła powierzchniowa ma wymiar naprężenia)
 - siła normalna – ciśnienie
 - siła styczna – lepkość



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Próżnia (brak materii) jest zerem bezwzględnym dla ciśnienia. Ciśnienie bezwzględne jest to ciśnienie mierzone względem próżni. Każdy inny pomiar ciśnienia jest pomiarem względem otaczającej materii, czyli jest pomiarem względnym



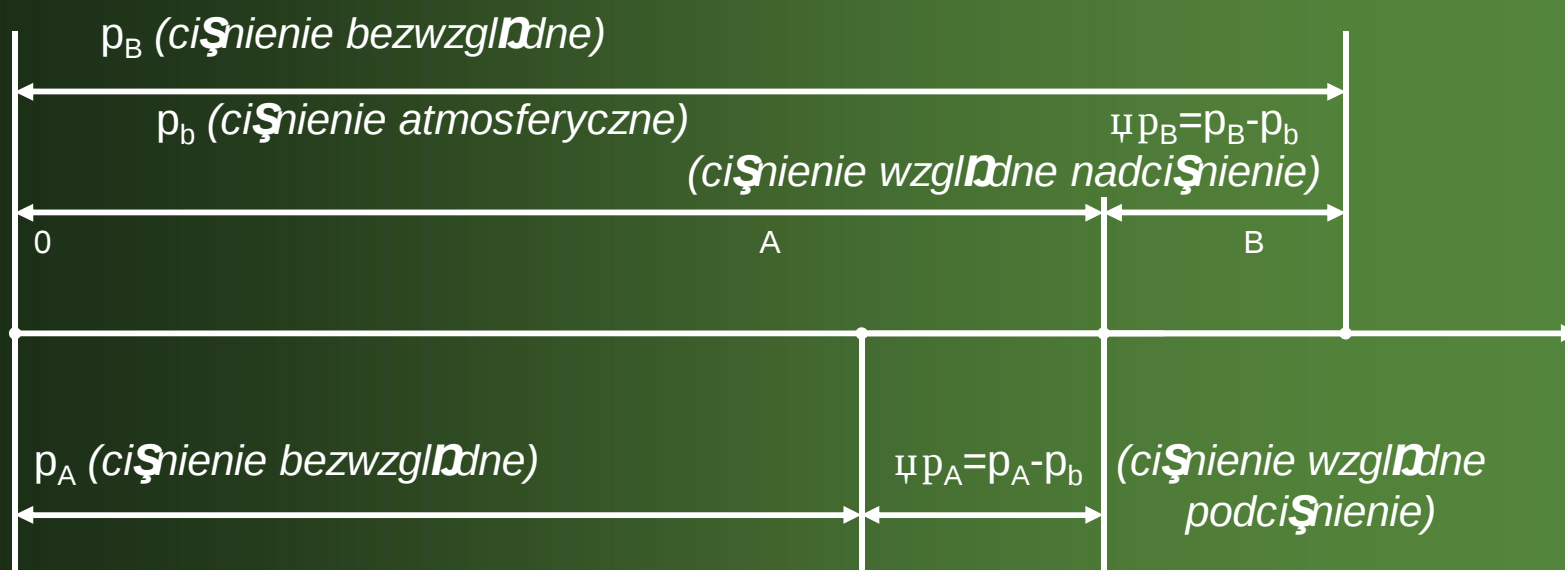
PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Ciśnienie atmosferyczne nie ma wartości stałej. Przybliżona wartość ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza wynosi $p_b = 1000 \text{ [hPa]} = 100 \text{ [kPa]} = 0,1 \text{ [MPa]}$. Ciśnienie atmosferyczne określa jednocześnie maksymalną wartość podciśnienia, które nie może być wyższe, niż ciśnienie atmosferyczne.



Płyny i ich własności

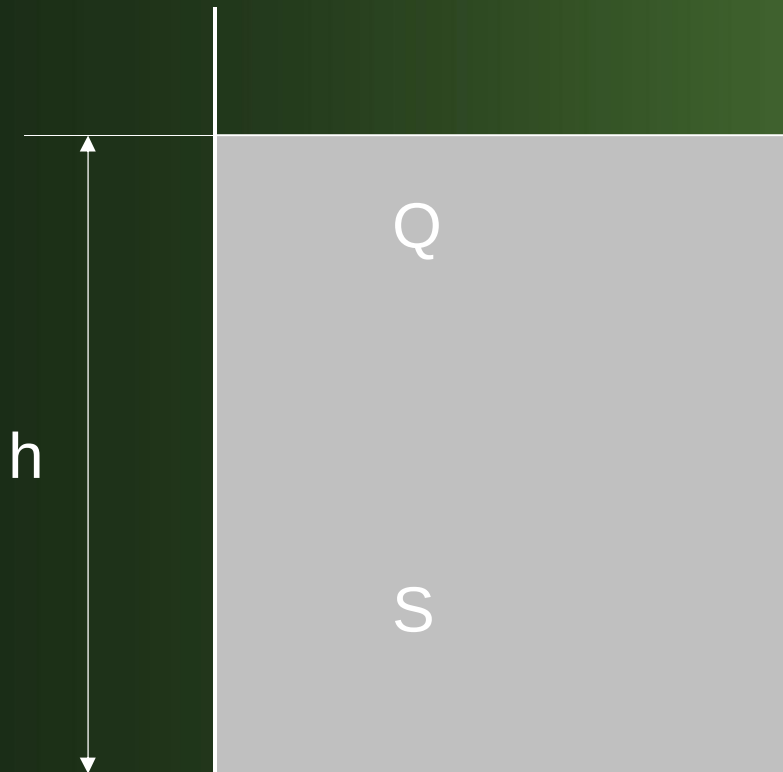
Aerodynamika i mechanika lotu

W płynach znajdujących się pod działaniem siły ciężkości występuje ciśnienie hydrostatyczne. Ciśnienie atmosferyczne jest ciśnieniem hydrostatycznym powietrza. Ciśnienie hydrostatyczne pochodzi od ciężaru płynu znajdującego się nad daną powierzchnią.



Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu



$$p = \frac{F}{S} = \frac{Q}{S} = \frac{m \cdot g}{S}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h$$

$$p = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot S \cdot h \cdot g}{S} = \rho \cdot g \cdot h$$

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Prawo Pascala mówi, że ciśnienie hydrostatyczne zależy od wysokości słupa cieczy, a nie zależy od ilości cieczy. Obecnie uogólnia się prawo Pascala do stwierdzenia: wartość bezwzględna ciśnienia nie zależy od skierowania elementu, przez które ono działa



Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu

$F_1 = 10 \text{ N}$ Applied force to the stopper

$A_1 = 5 \text{ cm}^2$

$P_1 = \frac{10 \text{ N}}{5 \text{ cm}^2} = 2 \text{ N/cm}^2$

Like a liquid lever, changing areas in an enclosed fluid permit multiplication of force

Pressure is transmitted undiminished in an enclosed static fluid.

$F_2 = P_2 A_2 = (2 \text{ N/cm}^2)(500 \text{ cm}^2) = 1000 \text{ N!!}$ plus the force from the weight of the liquid.

Resulting force on bottom of jug.

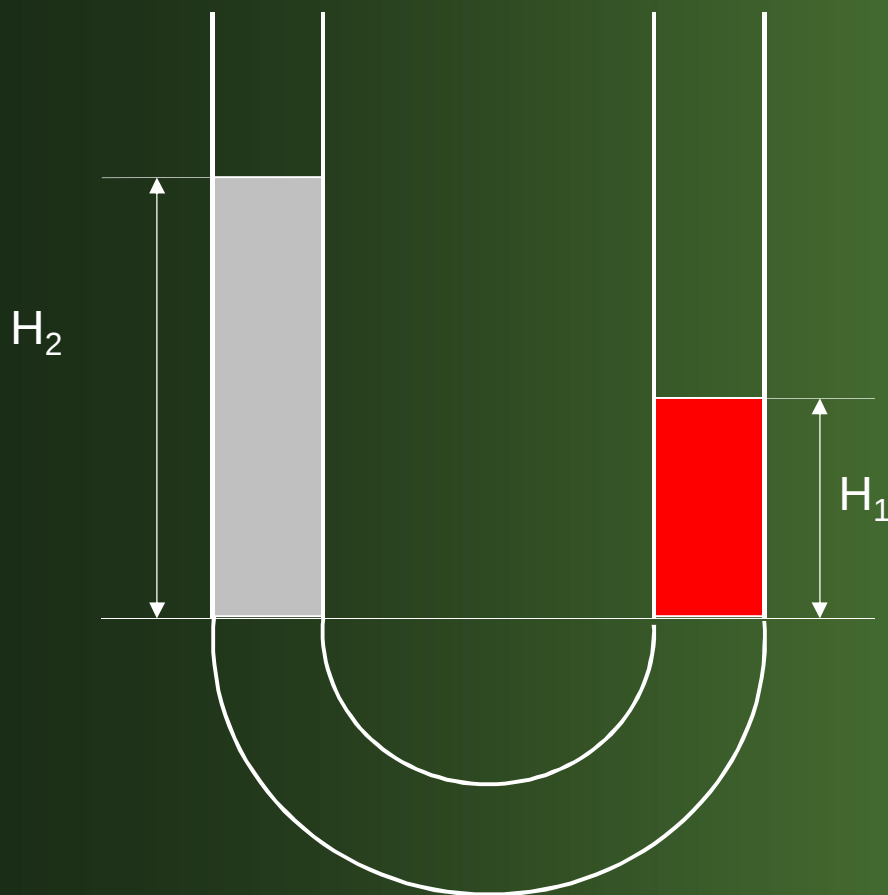
$A_2 = 500 \text{ cm}^2$

$P_2 = P_1 + \rho gh$ Static fluid pressure



Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu



$$p_1 = p_2$$

$$p = \rho \cdot g \cdot H$$

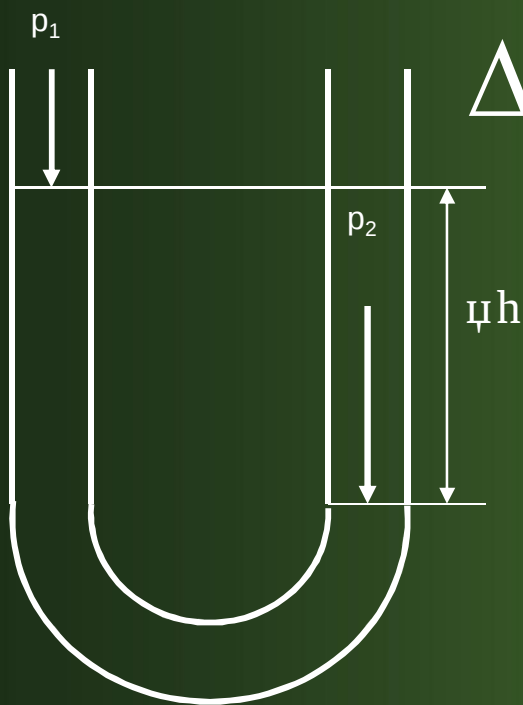
$$\rho_1 \cdot g \cdot H_1 = \rho_2 \cdot g \cdot H_2$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{H_2}{H_1}$$



Płyny i ich własności

U-rurka jest najprostszym przyrządem do pomiaru różnicy ciśnień



$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$



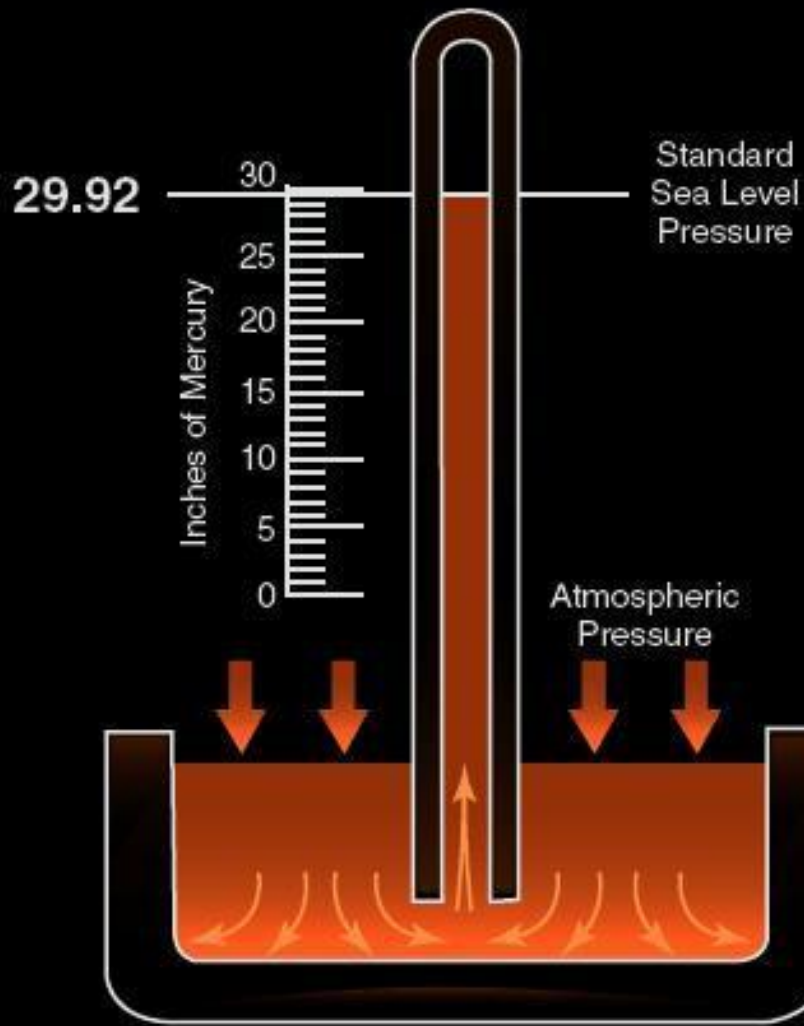
PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu





Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Do pomiaru różnicy ciśnień można także użyć membrany lub mieszka sprężystego. Miarą różnicy ciśnień jest ugięcie membrany lub przesunięcie mieszka sprężystego.



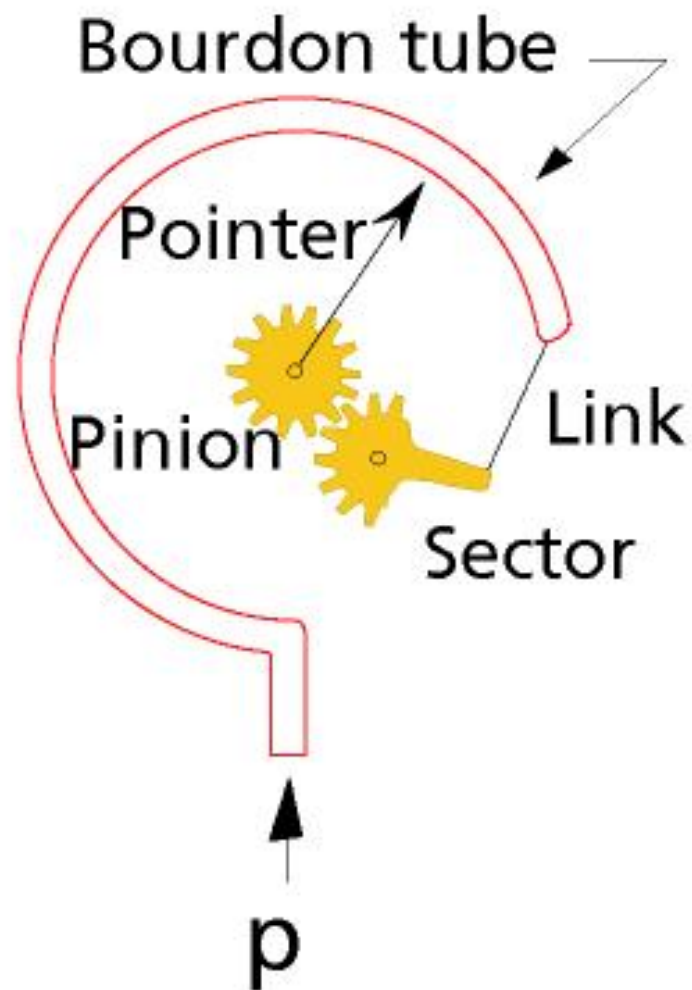
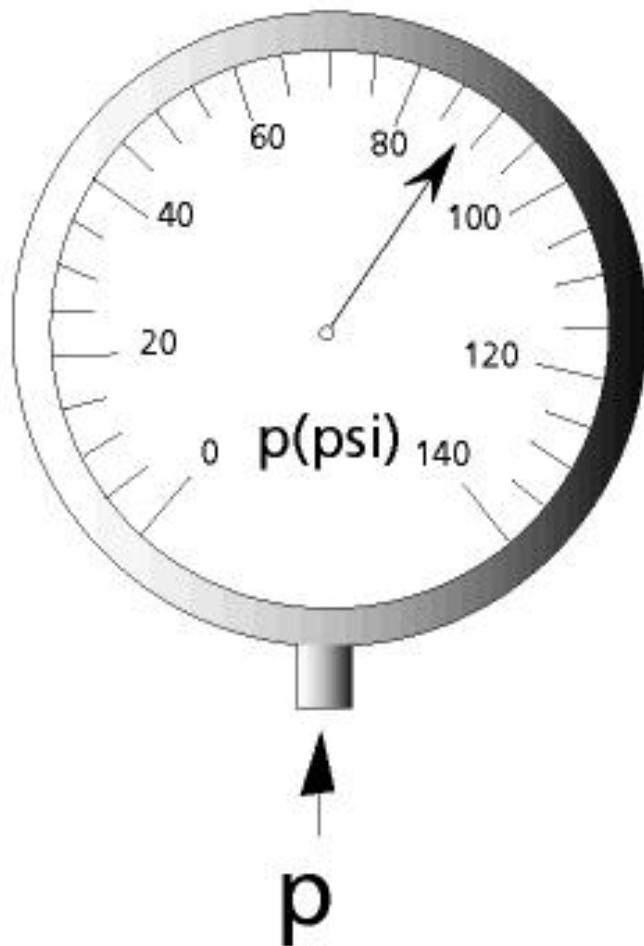
PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu





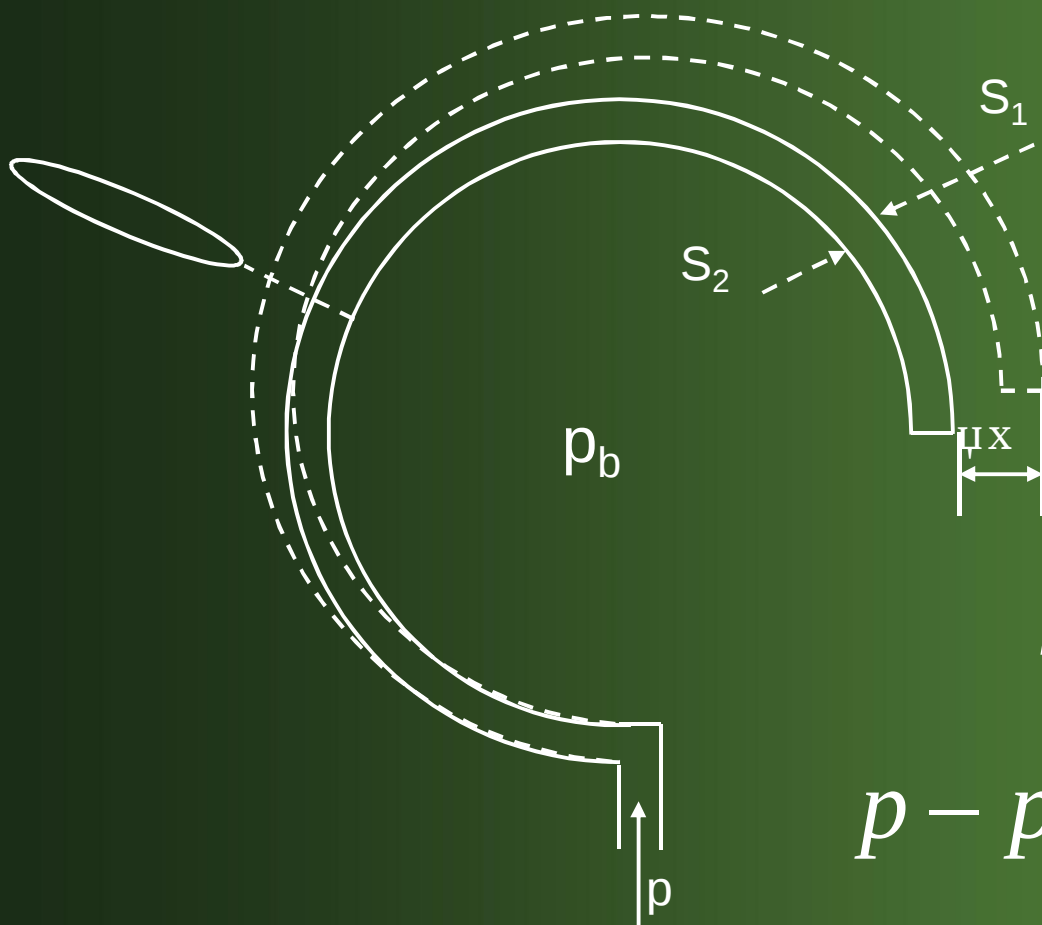
PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu



$$S_1 > S_2$$

$$F_1 = S_1 \cdot (p - p_b)$$

$$F_2 = S_2 \cdot (p - p_b)$$

$$F_{sprężystości} = k \cdot \Delta x$$

$$F_{sprężystości} = F_1 - F_2$$

$$k \cdot \Delta x = (S_1 - S_2) \cdot (p - p_b)$$

$$p - p_b = \frac{k}{S_1 - S_2} \cdot \Delta x$$



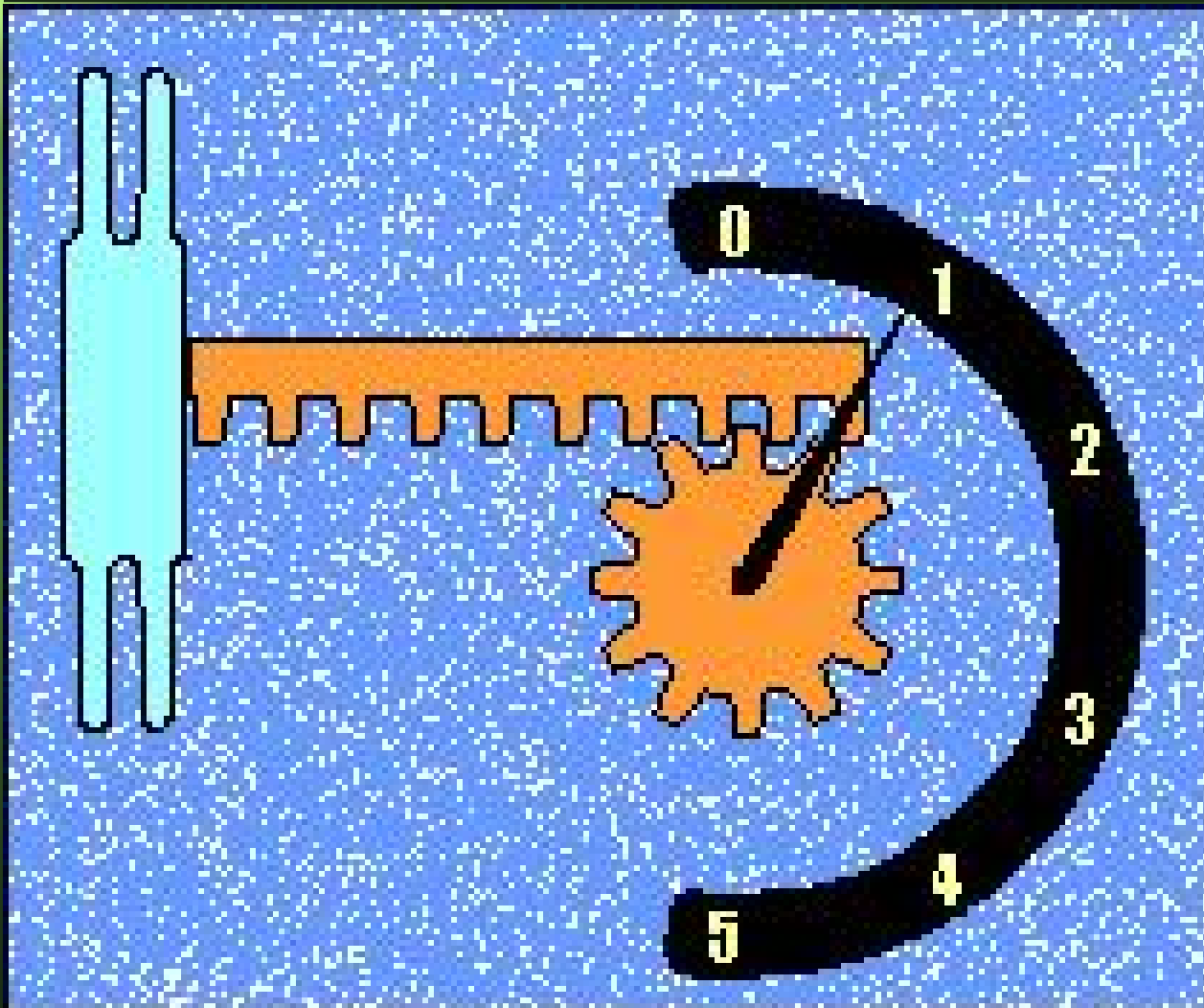
PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu





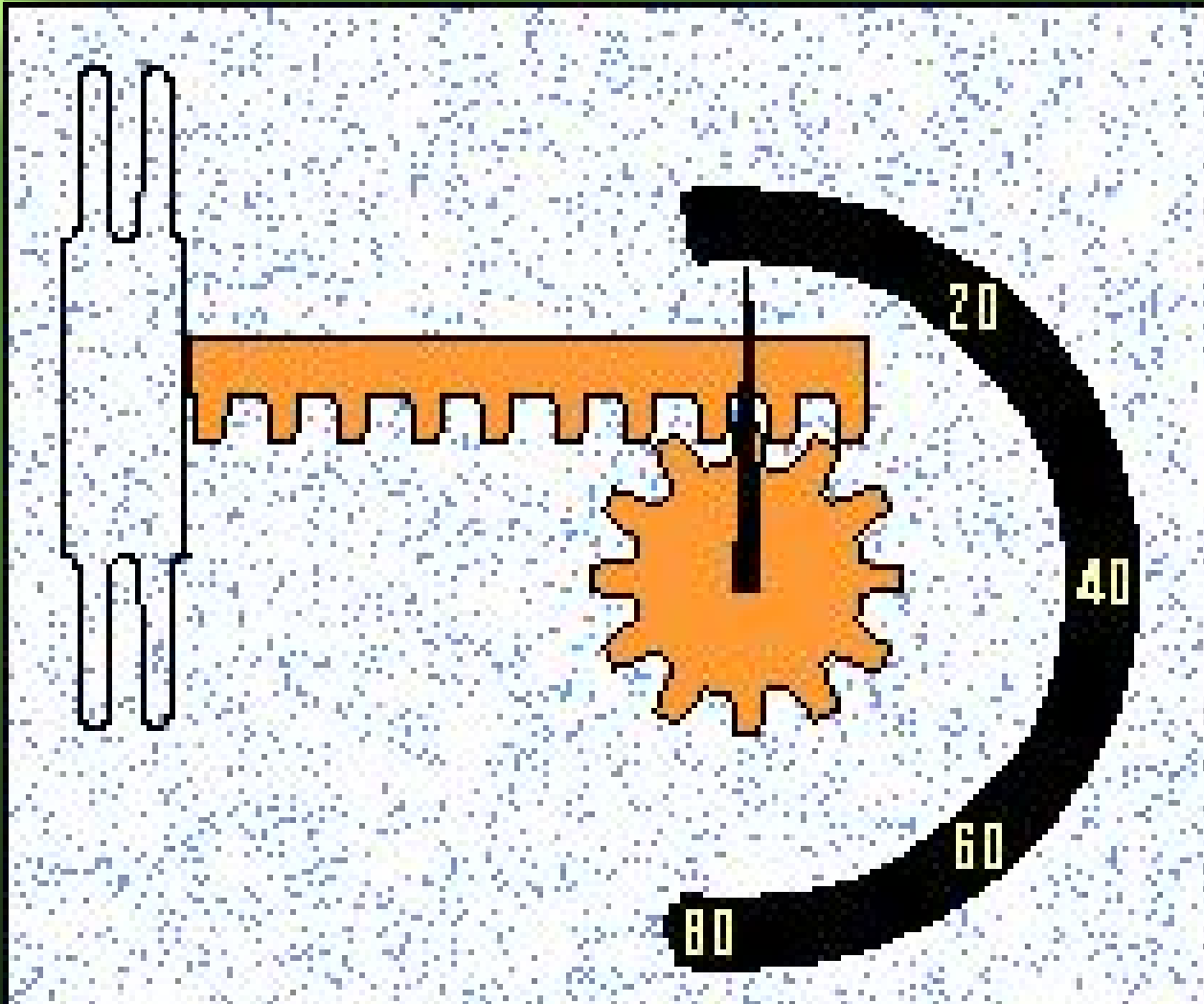
PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

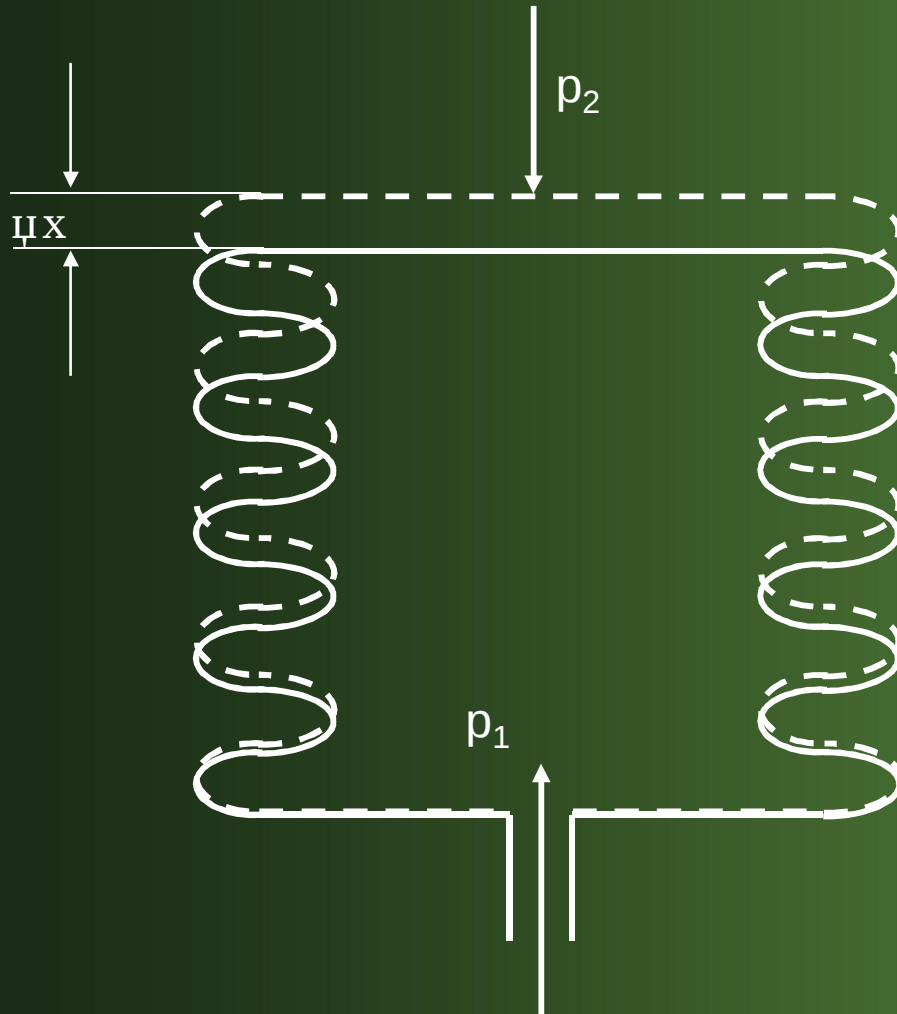
Aerodynamika i mechanika lotu





Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu



$$F_1 = S \cdot p_1$$

$$F_2 = S \cdot p_2$$

$$F_1 - F_2 = S \cdot (p_1 - p_2)$$

$$F_{spring} = k \cdot \Delta x$$

$$F_{spring} = F_1 - F_2$$

$$k \cdot \Delta x = S \cdot (p_1 - p_2)$$

$$p_1 - p_2 = \frac{k}{S} \cdot \Delta x$$



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Naczynia połączone zakończone elementami wykonawczymi w postaci tłoków stanowią prostą maszynę hydrauliczną – prasę hydrauliczną



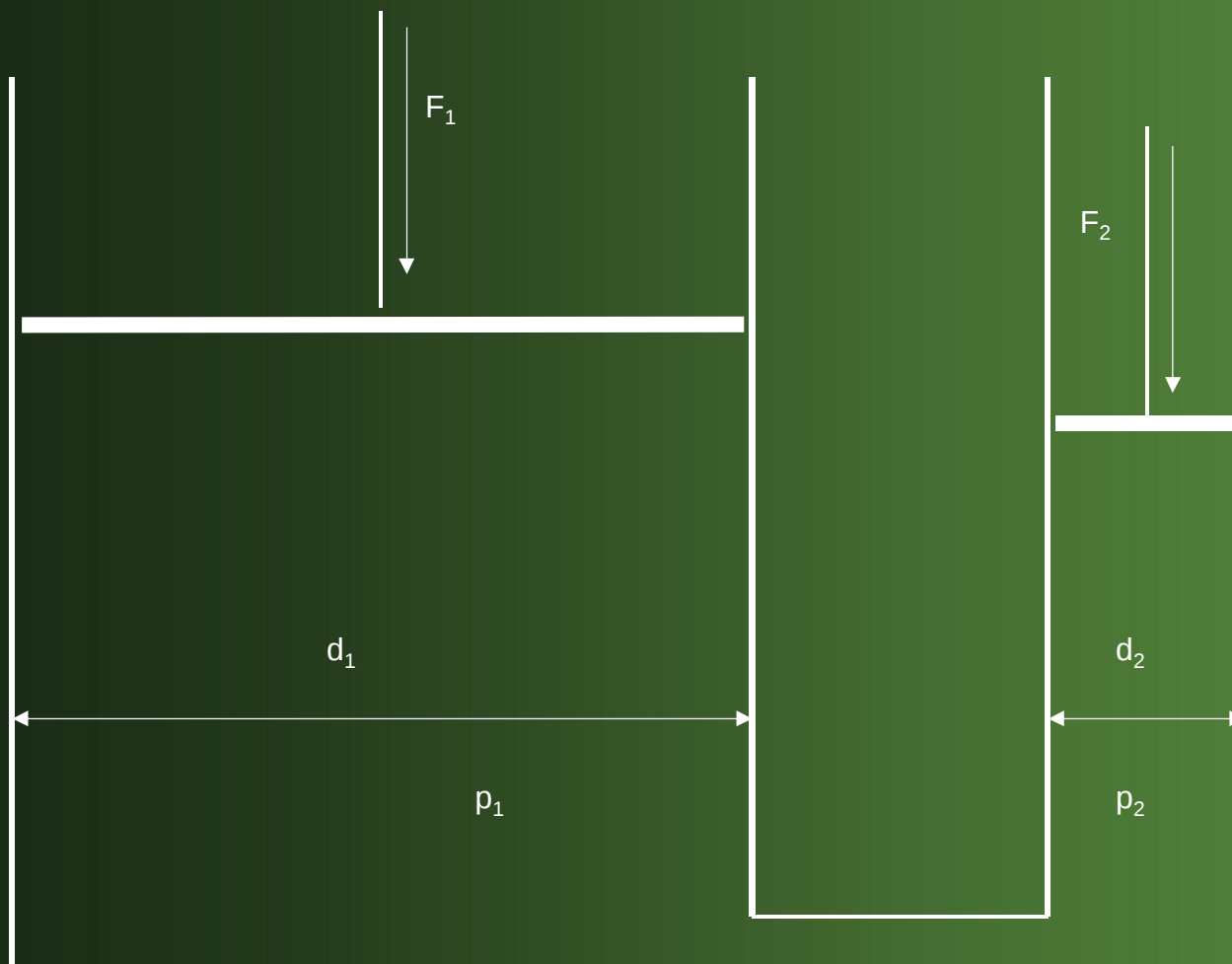
PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu





Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

$$p_1 = p_2 = p$$

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_1}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot d_1^2}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{4 F_2}{\pi \cdot d_2^2} = \frac{4 \cdot F_2}{\pi \cdot d_2^2}$$

$$\frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot F_2}{\pi \cdot d_2^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$



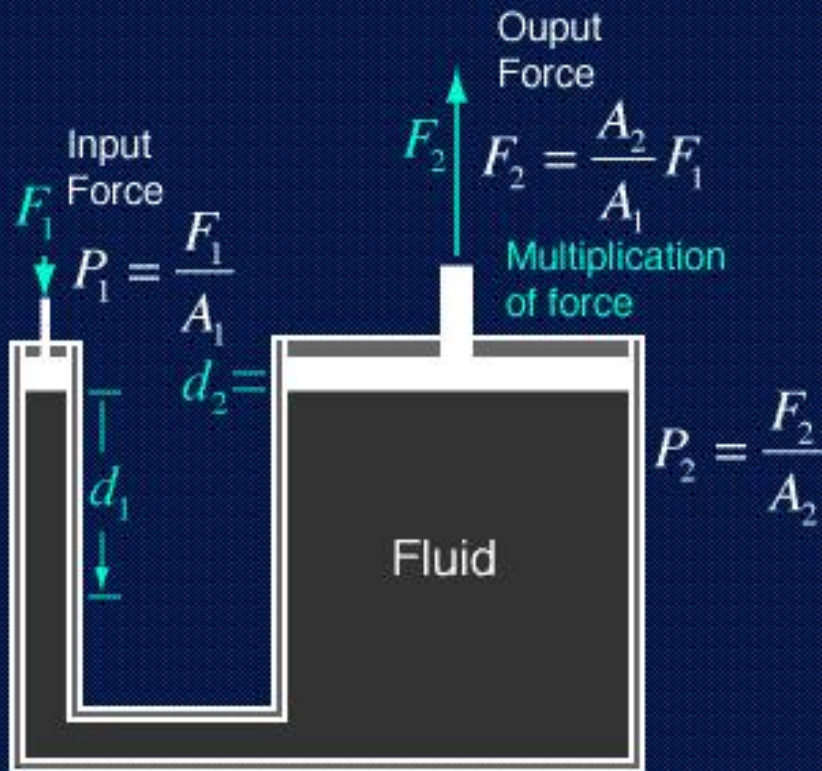
PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu



$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$d_1 = \frac{F_2}{F_1} d_2 = \frac{A_2}{A_1} d_2$$

You have to pay for the multiplied output force by exerting the smaller input force through a larger distance.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu

Prasa hydrauliczna pozwala na uzyskanie bardzo dużych sił przy dużym stosunku średnic tłoków nawet przy niedużym ciśnieniu w prasie



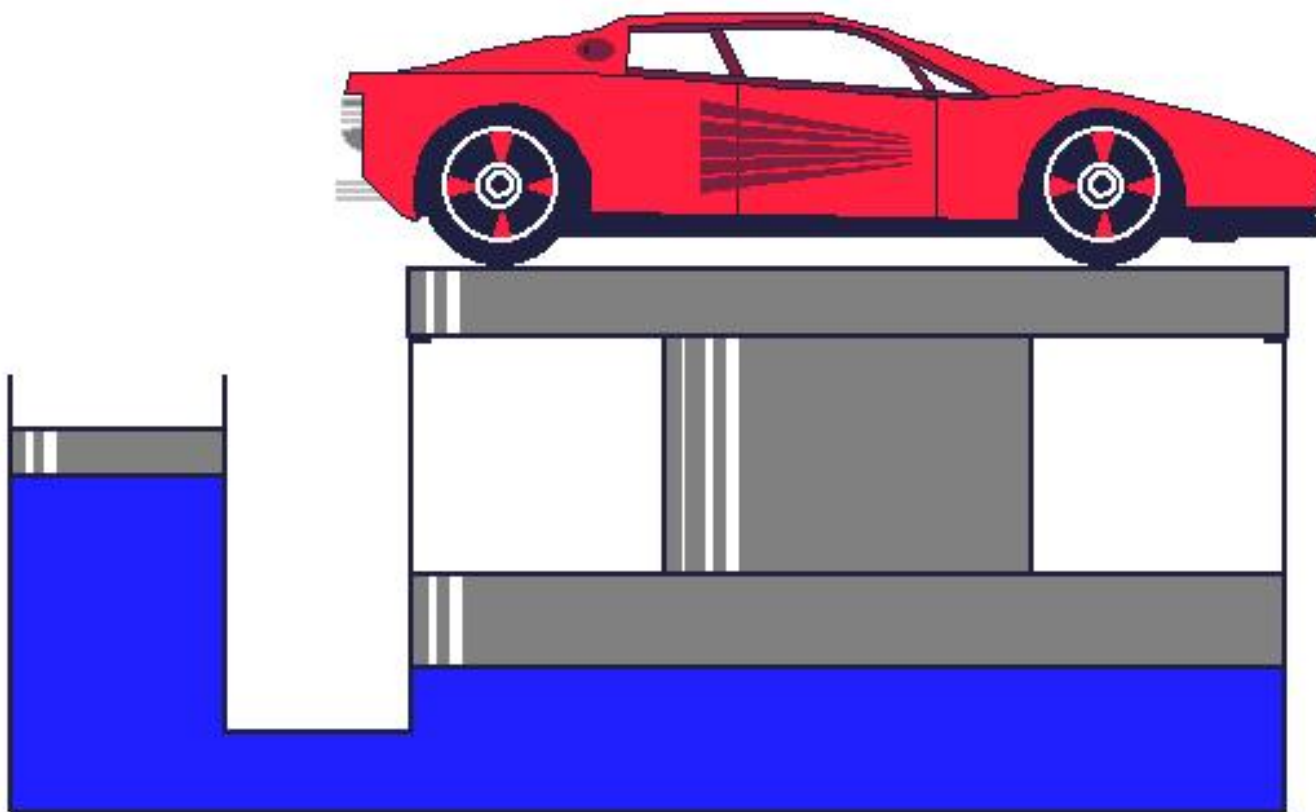
PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu





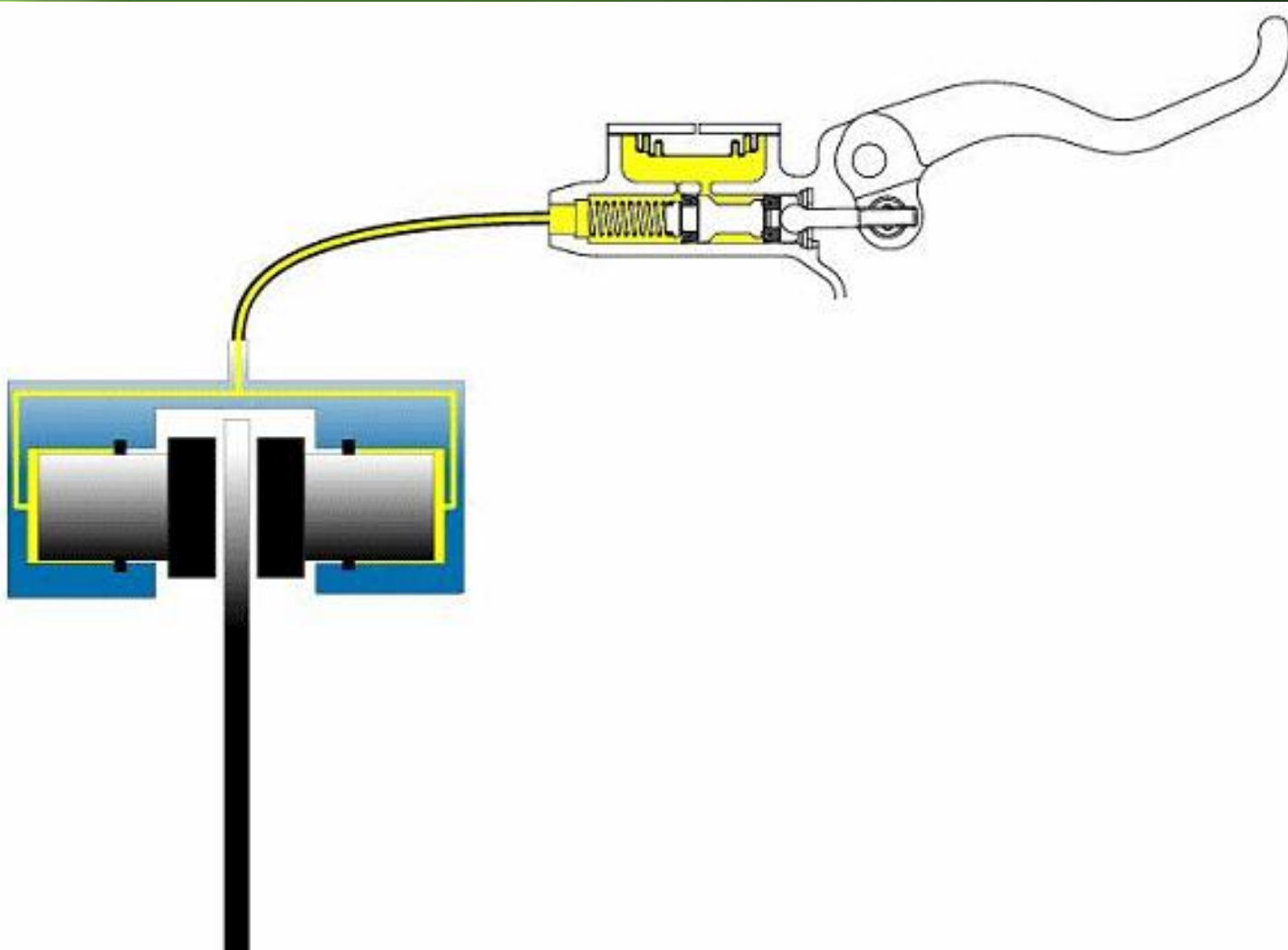
PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu





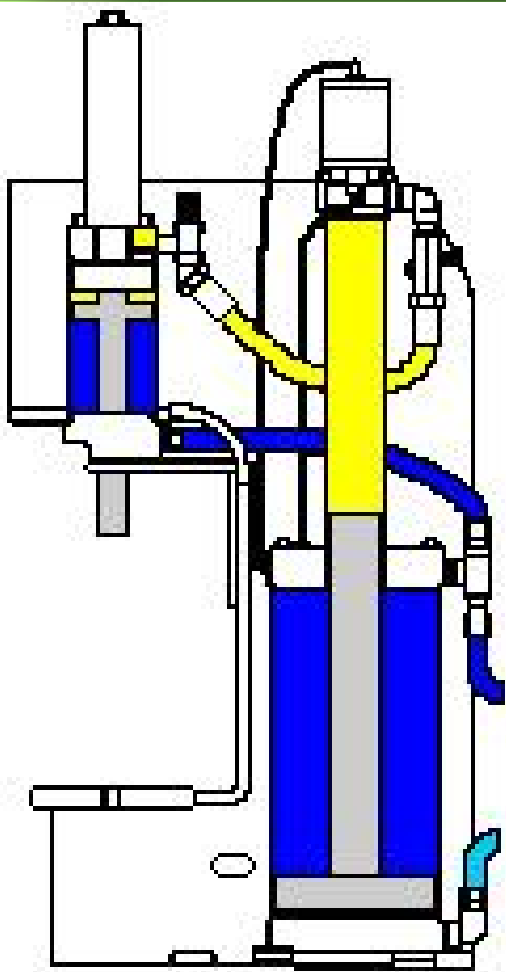
PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich własności

Aerodynamika i mechanika lotu





PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Płyny i ich właściwości

Aerodynamika i mechanika lotu

