Prawo Pascala

Jednostką ciśnienia jest 1 Pa (paskal)   
  
**1 Pa – to ciśnienie jakie wywiera siła 1N na powierzchnię 1m2**   
  
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 = 105 Pa  
milibar – 1 mbar = 102 Pa  
atmosfera – 1 atm = 1013,25 hPa

**- zasada działania prasy hydraulicznej**   
  
Prasa hydrauliczna to urządzenie techniczne zwielokrotniające siłę nacisku dzięki wykorzystaniu zjawiska stałości ciśnienia w zamkniętym układzie hydraulicznym. Tłok pompy o powierzchni S1, na który działa siła F1, wywołuje w układzie ciśnienie:

https://szkolnictwo.pl/rysunki_lekcje/5724/zdj6.gif

Zgodnie z prawem Pascala ciśnienie to rozchodzi się we wszystkich kierunkach i działa ono także na tłok roboczy o powierzchni S2 wywołując siłę F2:

https://szkolnictwo.pl/rysunki_lekcje/5724/zdj7.gif

Z powyższego wzoru wynika, że siła działająca na tłok roboczy jest tyle razy większa od siły działającej na tłok pompy ile razy powierzchnia tłoka roboczego jest większa od powierzchni tłoka pompy.

**Zadanie 1.**  
Podaj, jak duża siła działa na duży tłok prasy hydraulicznej, jeżeli na mały tłok działa siła F1 = 80N, a powierzchnie tłoków wynoszą odpowiednio s1 = 3cm2 i s2 = 90cm2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Dane:** F1=80N S1=3cm2=0,0003m2 S2=90cm2=0,009m2 |  | **Szukane:** F2=? |

**1. Obliczamy ciśnienie działające na pierwszy tłok:**  
https://szkolnictwo.pl/rysunki_lekcje/5724/zdj9.gif  
  
**2. Obliczamy siłę działającą na duży tłok korzystając ze wzoru:**  
F2 = p1S2  
F2 = 266666,7 Pa \* 0,009 m2 ≈ 2400N   
  
**Odpowiedź:** Na duży tłok działa siła o wartości 2400N.

**adanie 2**  
Wyznacz, jaką powierzchnię musi posiadać tłok, na którym spoczywa samochód o masie 1200kg, aby został podniesiony siłą 200N działającą na mniejszy tłok o powierzchni 3cm2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Dane:** F1=200N S1=3cm2=0,0003m2 |  | **Szukane:** F2=? |

**1. Znając masę samochodu możemy obliczyć siłę F2 działającą na duży tłok ze wzoru na ciężar:**  
https://szkolnictwo.pl/rysunki_lekcje/5724/zdj11.gif  
**2. Ciśnienia w obu ramionach podnośnika wynoszą:**  
https://szkolnictwo.pl/rysunki_lekcje/5724/zdj12.gif  
**3. Po wymnożeniu stronami otrzymujemy:** https://szkolnictwo.pl/rysunki_lekcje/5724/zdj13.gif  
stąd https://szkolnictwo.pl/rysunki_lekcje/5724/zdj14.gif  
  
**Odpowiedź:** Duży tłok musi mieć powierzchnię 180cm2

Nurek zanurzył się w jeziorze na głębokość czterdziestu metrów. Ile wynosi siła nacisku wody działająca na skafander nurka, jeżeli jego całkowita powierzchnia jest równa 3 m2? Gęstość wody jest znana i wynosi 1000 kg/m3.

rozwiązanie

Aby obliczyć wartość siły nacisku *F*  działającej na skafander nurka skorzystamy z definicji [ciśnienia](https://efizyka.net.pl/cisnienie-plynow) *p*  zgodnie, z którą:

p=FS

Przekształcając powyższy wzór względem *F*, otrzymamy wyrażenie na siłę nacisku wody na nurka:

F=pS

Powierzchnia *S*  jest podana w treści zadania. Ciśnienie *p*  na głębokości *h*  = 40 m musimy oczywiście znaleźć. W tym celu posłużymy się poniższym wyrażeniem, słusznym dla wszystkich przypadków, w których [płyn znajduje się w stanie spoczynku](https://efizyka.net.pl/plyny-w-spoczynku-cisnienie-hydrostatyczne) (w przypadku jeziora warunek ten jest oczywiście spełniony):

p=p0+ρwgh

gdzie:  
*p*0  – ciśnienie atmosferyczne, którego średnia wartość w warunkach normalnych wynosi 1013 hPa,  
*ρw*  – gęstość wody.

Po podstawieniu powyższego wyrażenia do wzoru na siłę, otrzymamy:

F=pS=(p0+ρwgh)S

Po podstawieniu wartości liczbowych oraz wykonaniu obliczeń, dostaniemy wartość siły nacisku *F*, równą:

F=(1013⋅102Pa+1000kgm3⋅9,81ms2⋅40m)⋅3m2=1481100N∼1,5MN

PRAWO ARCHIMEDESA

Wyznacz objętość przedmiotu pływającego w wodzie wiedząc, że siła wyporu działająca na przedmiot jest równa 100 N. Gęstość przedmiotu jest znana i wynosi 400 kg/m3.

rozwiązanie

Zgodnie z [prawem Archimedesa](https://efizyka.net.pl/sila-wyporu-prawo-archimedesa) na ciało zanurzone w płynie działa ze strony płynu siła wyporu →Fw

  skierowana ku górze o wartości równej ciężarowi płynu →Fg

  wypartego przez to ciało. W zależności od tego czy wartość siły wyporu jest mniejsza, większa lub równa sile ciężkości, przedmiot ten opada na dno, unosi się ku powierzchni wody lub, zgodnie z [pierwszą zasadą dynamiki Newtona](https://efizyka.net.pl/zasady-dynamiki-newtona), pozostaje w spoczynku.

W przypadku tego zadania ciało swobodnie pływa w wodzie, w związku z czym siła wyporu →Fw

  i siła ciężkości →Fg

  przyjmują jednakowe wartości. Zgodnie z tym faktem możemy zapisać, że:

Fw=Fg⟶Fw=mwg

gdzie *mw*  to masa wody wypartej przez przedmiot.

Ponieważ siły te równoważą się, masa wody *mw*  wypartej przez przedmiot musi być równa masie *mp*  tego przedmiotu:

Fw=mpg

Masa przedmiotu *mp*  nie jest znana. Korzystając z definicji [gęstości płynu](https://efizyka.net.pl/gestosc-plynow-i-cial-stalych) możemy ją jednak wyrazić następująco:

mp=Vpρp

gdzie *Vp*  i *ρp*  to odpowiednio objętość i gęstość przedmiotu.

Wstawiając powyższy wzór do wyrażenia na *Fw*  oraz przekształcając go następnie względem objętości *Vp* , dostaniemy:

Fw=Vpρpg⟶Vp=Fwρpg

i w efekcie szukaną wartość *Vp* , równą:

Vp=100N400kgm3⋅9,81ms2=0,025m3

Zadanie 2

Kotwica wykonana z ołowiu o gęstości 11350 kg/m3 wydaje się w wodzie lżejsza o 500 N, niż w powietrzu.

a) Oblicz objętość *Vk*  tej kotwicy.  
b) Ile wynosi jej ciężar w powietrzu?

Gęstość wody jest znana i wynosi 1000 kg/m3.

rozwiązanie

Na każde ciało zanurzone w płynie działa skierowana ku górze siła wyporu →Fw

  oraz siła ciężkości →Fg

, skierowana ku dołowi. Zgodnie z [prawem Archimedesa](https://efizyka.net.pl/sila-wyporu-prawo-archimedesa) wartość siły wyporu równa się ciężarowi płynu wypartego przez przedmiot:

Fw=mpg

gdzie *mp*  to masa wypartego płynu.

Konsekwencją działania siły wyporu jest to, że ciało zanurzone w płynie (np. w wodzie) wydaje nam się o wiele lżejsze, niż na lądzie. Ciężar takiego ciała nazywany jest **ciężarem pozornym** i zdefiniowany jest w następujący sposób:

Fg,poz=Fg–Fw

gdzie *Fg,poz*  i *Fg*  to odpowiednio ciężar pozorny i rzeczywisty ciała.

Zgodnie z treścią zadania różnica *Fg  – Fg,poz*  dla ołowianej kotwicy zanurzonej w wodzie wynosi 500 N, w związku z czym:

Fw=Fg–Fg,poz=500N

Porównując stronami obydwa wyrażenia na *Fw*, dostaniemy:

mwg=Fg–Fg,poz

gdzie *mw*  to masa wody wypartej przez kotwicę.

Masa wody *mw*  nie jest podana w treści zadania. Korzystając z definicji [gęstości płynów](https://efizyka.net.pl/gestosc-plynow-i-cial-stalych) możemy ją jednak wyrazić jako:

mw=Vwρw

Ponieważ objętość *Vw*  wody odpowiada objętości *Vk*  kotwicy (kotwica jest całkowicie zanurzona w wodzie), zatem:

Vkρwg=Fg–Fg,poz

Po przekształceniu powyższego wyrażenia względem *Vk* , podstawieniu wartości liczbowych oraz wykonaniu obliczeń, dostaniemy:

Vk=Fg–Fg,pozρwg=500N1000kgm3⋅9,81ms2=0,05m3

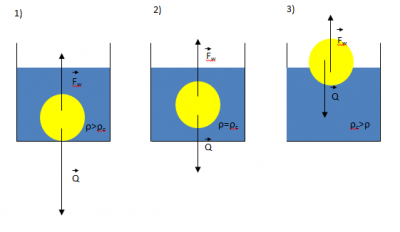
Znając objętość *Vk*  kotwicy możemy obliczyć jej ciężar:

Fg=mkg=Vkρkg

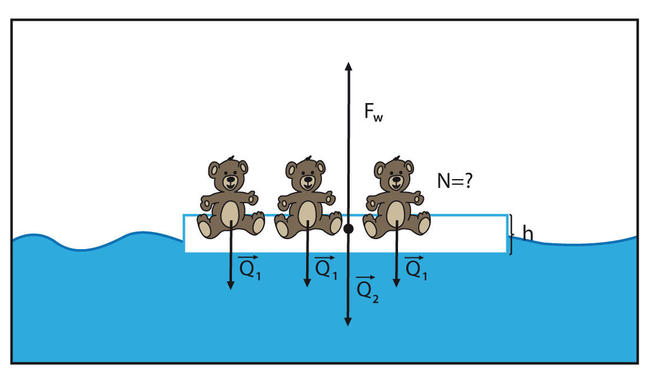
Wartości wszystkich wielkości występujących w powyższym wzorze są znane, w związku z czym *Fg*  wynosi:

Fg=0,05m3⋅11350kgm3⋅9,81ms2=5675N

**Warunki pływania ciał**

Jak wynika z **twierdzenia Archimedesa** na ciało zanurzone w płynie działa **siła wyporu**, której kierunek ma przeciwny zwrot niż ciężar tego ciała.  
Na rysunku przedstawiono trzy sytuacje, w których ciała zanurzone w płynie zachowują się w inny sposób.  
Sytuacja 1.  
Ciało tonie, gdyż jego **ciężar** (Q) jest większy od **siły wyporu** (Fw). Zatem wypadkowa siła działająca na ciało jest skierowana pionowo w dół. Sytuacja taka może mieć miejsce tylko wtedy, gdy gęstość ciała jest większa ρ od gęstości cieczy ρc.  
  
Sytuacja 2.   
Ciało pływa na dowolnej głębokości. W tej sytuacji, zgodnie z **pierwszą zasadą dynamiki**, działające na ciało siły grawitacji i **wyporu** się równoważą. Zatem **gęstości** ciała i cieczy muszą być sobie równe.  
  
Sytuacja 3.  
Ciało pływa częściowo zanurzone w cieczy. W tej sytuacji działające **siły grawitacji** i **wyporu** także się równoważą, jednak siła wyporu pochodzi jedynie od tej części ciała, która jest zanurzona w płynie. Oznacza to, że w tym przypadku **gęstość** ciała musi być mniejsza od **gęstości** cieczy.

**Warunki pływania ciał – przykład.**

Kra lodowa o powierzchni 100m2 i grubości 0,5m pływa po powierzchni morza. Ile maksymalnie niedźwiedzi polarnych o masie 500kg może znajdować się jednocześnie na krze, aby ona nie zatonęła? Przyjmij, że gęstości lodu i wody słonej są odpowiednio równe 920 kg/m3  1030 kg/m3.  
  
**Dane:                                     Szukane:**  
S = 100m2                            N = ?  
h = 0,5 m  
m = 500kg  
ρl = 920kg/m3  
ρw = 1030kg/m3  
  
**Rozwiązanie:**  


Rys. Monika Pilch

Aby kra nie zatonęła jej całkowity ciężar wraz z niedźwiedziami musi być zrównoważony przez **siłę wyporu**:

NQ _{1} +Q _{2} =F _{w}   
   
Odpowiednie siły są równe:

Q _{1} =mg

Q _{2} =m _{l} \cdot  g

F _{w} =m _{w}  \cdot g, zatem:

Nmg+m _{l} g=m _{w} g \Rightarrow N= \frac{m _{w}-m _{l}  }{m}   
   
Masy wypartej wody i kry są odpowiednio równe:

m _{w} = \rho  _{w} \cdot S \cdot h 

m _{l} = \rho  _{l} \cdot S \cdot h , więc:

N= \frac{ \rho  _{w}Sh-  \rho  _{l}Sh}{m} = \frac{Sh(  \rho  _{w}- \rho  _{l} )  }{m} 

N=11