

# Hydrostatyka



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



# Hydrostatyka

**Hydrostatyka** zajmuje się opisem mechaniki płynów w stanie spoczynku. Płynami będziemy nazywać tu zarówno ciecze, jak i gazy.

**Ciśnienie** definiujemy jako stosunek siły  $F$  działającej prostopadle na powierzchnię  $S$  do wielkości tej powierzchni.

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

Ciśnienie jest wielkością skalarną, wyrażaną w paskalach [Pa].

$$\text{Pa} = \text{N/m}^2$$

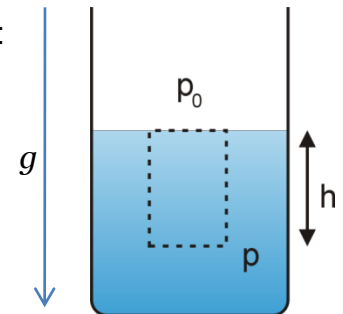
W zastosowaniach używamy również alternatywnych jednostek ciśnienia, takich jak:

- mm słupa rtęci = 133,3 Pa,
- bar = 1000 hPa,
- psi = 6,893 kPa.

W cieczech, w polu grawitacyjnym, ciśnienie zależy od głębokości pod powierzchnią cieczy:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

gdzie  $p_0$  – ciśnienie na powierzchni/na wybranym poziomie odniesienia,  $\rho$  - gęstość cieczy,  $h$  – wysokość słupa cieczy,  $g$  – przyspieszenie grawitacyjne.



## Ciśnienie słupa cieczy

### Zadanie 1

Do jednego ramienia rurki o kształcie litery „U”, stojącej pionowo, wiano wodę o gęstości  $1\text{ kg/dm}^3$ , a do drugiego benzynę o gęstości  $0,7\text{ kg/dm}^3$ . Ciecze nie mieszają się, a wysokość słupa benzyny wynosi  $H=10\text{ cm}$ . Na jakiej wysokości względem powierzchni benzyny ustali się powierzchnia wody w drugim ramieniu?

### Rozwiązanie

Ciśnienie cieczy na głębokości  $h$  wyrażone jest wzorem:  $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$

Wzór ten obowiązuje dla wszystkich cieczy. Zatem u podstawy słupa benzyny ciśnienie jest identyczne jak ciśnienie w drugim ramieniu U- rurki na tej samej wysokości. Układ jest w równowadze, a oba końce rurki są otwarte – ciśnienie wywierane przez słup wody o wysokości  $y$  jest takie samo jak przez słup benzyny o wysokości  $H$  (zakładamy, że dodatkowy „słup” powietrza o wysokości  $x$  można zaniedbać).

$$\text{Ramię lewe: } p_L = p_0 + \rho_B \cdot g \cdot H$$

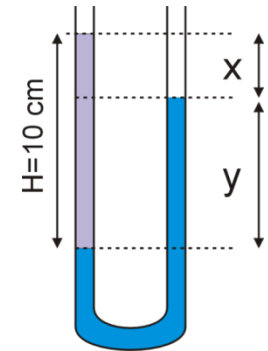
$$\text{Ramię prawe: } p_P = p_0 + \rho_W \cdot g \cdot y$$

gdzie  $p_0$  – ciśnienie atmosferyczne,  $\rho_W$  – gęstość wody,  $\rho_B$  – gęstość benzyny.

Na tej samej wysokości ciśnienia są równe, czyli  $p_L = p_P$ .

Ponieważ,  $H = x + y$ , więc otrzymujemy, że:  $\rho_B \cdot g \cdot H = \rho_W \cdot g \cdot (H - x)$

$$\text{Wyliczamy szukane } x: x = \frac{H(\rho_W - \rho_B)}{\rho_W} = \frac{0,1 \cdot 0,3}{1} [\text{m}] = 0,03 [\text{m}]$$



Odpowiedź: Powierzchnia wody jest 3 cm poniżej powierzchni benzyny w drugim ramieniu.

## Ciśnienie słupa cieczy

### Zadanie 2

Warstwa wody znajduje się na głębokości  $D=5\text{m}$ . Jakie ciśnienie należy wytworzyć w komorze pompy ssącej, aby mogła ona podnieść wodę na powierzchnię? Ciśnienie atmosferyczne  $p_0$  przyjmij jako  $1000\text{ hPa}$ ,  $g=10\text{ m/s}^2$  oraz gęstość wody  $\rho_W=1\text{ kg/dm}^3$ .

### Rozwiązanie

Ciśnienie cieczy na głębokości  $h$  wyrażone jest wzorem:  $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$

Zakładamy, że jeśli pompa podnosi wodę na powierzchnię, to w rurze doprowadzającej znajduje się słup wody o wysokości  $D$ . Zatem, u podstawy tego słupa (na powierzchni warstwy wodonośnej) ciśnienie wynosi:

$$p_1 = p_P + \rho_W \cdot g \cdot D$$

gdzie  $p_P$  – ciśnienie w komorze pompy.

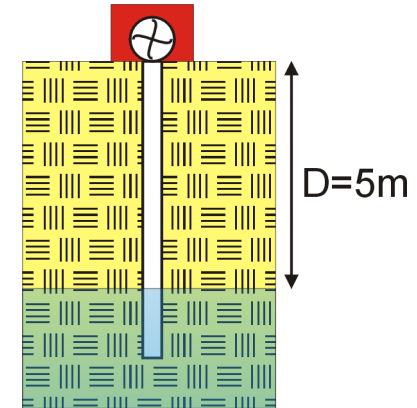
Wiemy jednocześnie, że na powierzchni warstwy wodonośnej ciśnienie jest równe atmosferycznemu – jeśli zaniedba się dodatkowe ciśnienie słupa powietrza o wysokości  $D$  oraz ciśnienie wywierane przez otaczające skały, czyli  $p_1 = p_0$

$$\text{Zatem: } p_P = p_0 - \rho_W \cdot g \cdot D$$

Przyjmując, że  $g=10\text{ m/s}^2$ ,  $p_0=1000\text{ hPa}$  oraz gęstość wody  $\rho_W=1000\text{ kg/m}^3$ , otrzymujemy

$$p_P = 1000\text{ hPa} - 1000 \cdot 10 \cdot 5\text{ Pa} = 500\text{ hPa}$$

Odpowiedź: Należy wytworzyć ciśnienie  $500\text{ hPa}$ .



## Prawo Pascala

W zamkniętej objętości nieściśliwego płynu zmiana ciśnienia jest przenoszona bez zmiany wartości do każdego miejsca w płynie i do ścian zbiornika.

### Zadanie 3

Na tłok podnośnika hydraulicznego o średnicy  $f_1 = 1$  cm działa siła  $F_1 = 100$  N. Jaką siłą będzie działał na podnoszony przedmiot drugi tłok o średnicy  $f_2 = 10$  cm? Jaki jest stosunek pracy wykonanej nad układem do pracy wykonanej przez układ?

### Rozwiązanie

Zakładamy, że oba tłoki znajdują się na tej samej wysokości (zaniedbujemy efekt związany z ciśnieniem słupa cieczy). Ciśnienie wywierane na tłok 1 jest przenoszone (bez zmiany wartości) na tłok 2,

$$\text{czyli } p_1 = p_2 \quad \text{oraz: } \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}, \quad \text{a stąd } F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$$

Powierzchnie tłoków będą odpowiednio  $S_1 = \pi \cdot \left(\frac{f_1}{2}\right)^2$   $S_2 = \pi \cdot \left(\frac{f_2}{2}\right)^2$

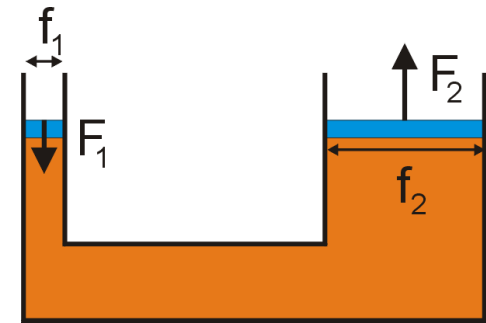
$$\text{Zatem: } F_2 = F_1 \cdot \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \quad \text{Po wstawieniu danych otrzymujemy: } F_2 = 100 \text{ N} \cdot 100 = 10 \text{ kN}$$

Praca jest w tym przypadku równa iloczynowi działającej siły i przemieszczenia tłoka:  $W_1 = F_1 \cdot x_1$   $W_2 = F_2 \cdot x_2$

Ciecz jest nieściśliwa – objętość wypchnięta przez jeden tłok pojawia się przy drugim  $S_1 \cdot x_1 = S_2 \cdot x_2$

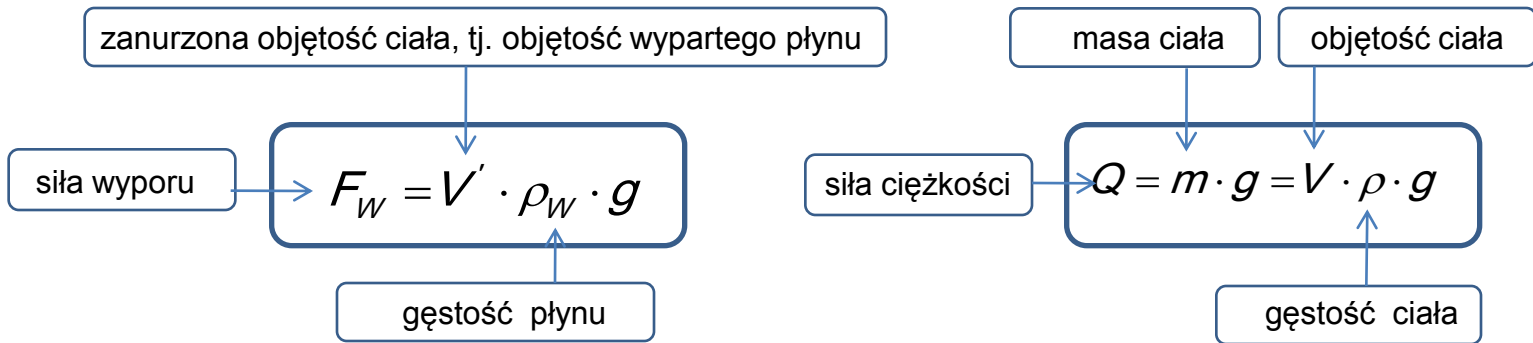
$$\text{Dlatego: } W_2 = F_2 \cdot \frac{S_1 \cdot x_1}{S_2} = F_1 \cdot x_1 = W_1$$

Odpowiedź: Praca wykonana nad układem jest równa pracy wykonanej przez układ – energia jest zachowana.

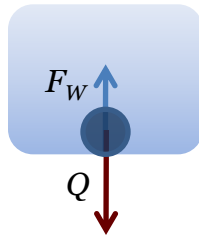


## Prawo Archimedesesa

Ciało zanurzone w płynie jest unoszone w górę siłą równą ciężarowi wypartego płynu.  
Ciało pływające na powierzchni płynu wypiera tyle płynu, ile samo waży.

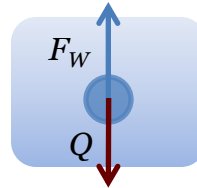


$$F_W < Q \quad \rho_W < \rho$$



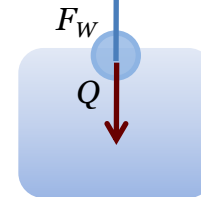
Ciało tonie

$$F_W = Q$$



Ciało w równowadze

$$F_W = Q \quad \rho_W > \rho$$



Ciało pływa

#### Zadanie 4

Sześcienne klocki z drewna o długości ścianki  $a = 10$  cm pływają na powierzchni wody. Poziom wody znajduje się 1 cm poniżej (znajdującej się w położeniu poziomym) górnej ścianki. Jaka jest gęstość drewna? Gęstość wody

$$\rho_W = 1 \text{ kg/dm}^3.$$

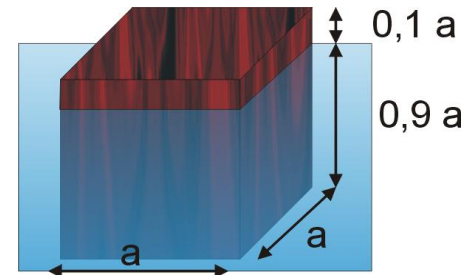
Rozwiązanie

Ciężar klocka jest równoważony przez siłę wyporu. Siła wyporu jest równa ciężarowi wypartej cieczy – jej objętość wynosi 0,9 objętości klocka.

$$g \cdot a \cdot a \cdot a \cdot \rho_k = g \cdot a \cdot a \cdot 0,9a \cdot \rho_W$$

Stąd bezpośrednio wyznaczamy gęstość drewna  $\rho_k$

$$\rho_k = 0,9 \cdot \rho_W$$



Odpowiedź: Jest ona równa 0,9 gęstości wody, a więc 0,9 kg/dm<sup>3</sup>.

## Prawo Archimedesesa

### Zadanie 5

Objętość  $V_1 = 1 \text{ dm}^3$  wody wiano do menzurki, a następnie umieszczono w niej blok lodu o gęstości  $\rho_L = 0,9 \text{ kg/dm}^3$  i objętości  $V_L = 0,3 \text{ dm}^3$ . Zanim wrzucono blok lodu, wysokość  $H$  powierzchni wody na ścianie menzurki wynosiła 10 cm. Jaka będzie wysokość powierzchni wody a) po wrzuceniu bloku, b) po roztopieniu się lodu? Zaniedbaj efekty związane z rozszerzalnością cieplną wody. Gęstość wody  $\rho_W = 1 \text{ kg/dm}^3$ .

### Rozwiązanie

a)

Siła wyporu jest równa ciężarowi wypartej cieczy i równoważy ciężar lodu:

$$V_W \cdot \rho_W \cdot g = V_L \cdot \rho_L \cdot g$$

Objętość wypartej wody wynosi: 
$$V_W = \frac{V_L \cdot \rho_L}{\rho_W}$$

Po obliczeniu otrzymujemy 
$$V_W = \frac{0,3 \cdot 0,9}{1} [\text{dm}^3] = 0,27 \text{ dm}^3$$

Zatem całkowita objętość wody i zanurzonego fragmentu lodu wynosi  $1,27 \text{ dm}^3$ .

Zakładając, że menzurka jest walcem o przekroju  $S$ : 
$$S = \frac{V_1}{H} = \frac{V_1 + V_W}{x}$$

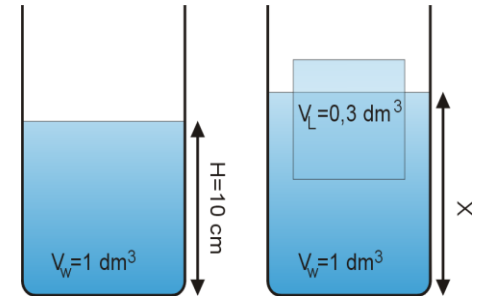
Stąd obliczamy szukane  $x = 12,7 \text{ cm}$ .

b)

Objętość wody powstałej z roztopienia bloku wynosi:

$$V_{WT} = \frac{m_L}{\rho_W} = \frac{V_L \cdot \rho_L}{\rho_W}$$

Odpowiedź: Wartość ta jest identyczna w przypadku a) i b) i wynosi  $1,27 \text{ dm}^3$ . Poziom wody po stopieniu lodu nie zmieni się.





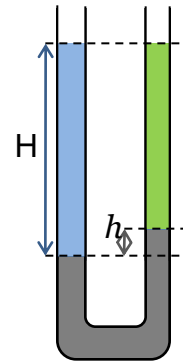
## Zadania z rozwiązaniami

### Zadanie 1

Do rurki o kształcie litery „U”, stojącej pionowo, wiano rtęć o gęstości  $13,6 \text{ kg/dm}^3$ . Następnie, do jednego z ramion nalano wody o gęstości  $1 \text{ kg/dm}^3$ , a do drugiego nieznaną ciecz. Ciecze nie mieszają się, a ich górne poziomy są na tej samej wysokości. Wysokość słupa wody wynosi  $H = 30 \text{ cm}$ , a poziom rtęci w drugim ramieniu jest wyższy o  $h = 0,5 \text{ cm}$  od poziomu wody. Oblicz gęstość nieznannej cieczy.

### Rozwiązanie

U podstawy słupa wody ciśnienie jest identyczne jak ciśnienie w drugim ramieniu U – rurki na tej samej wysokości. Układ jest w równowadze, a oba końce rurki są otwarte – ciśnienie wywierane przez słup wody o wysokości  $H$  jest takie samo jak przez słup benzyny o wysokości  $H - h$  i słupek rtęci o wysokości  $h$ .



$$\text{Ramię lewe: } p_L = p_0 + \rho_W \cdot g \cdot H$$

$$\text{Ramię prawe: } p_P = p_0 + \rho_x \cdot g \cdot (H - h) + \rho_r \cdot g \cdot h$$

gdzie  $p_0$  – ciśnienie atmosferyczne,  $\rho_W$  – gęstość wody,  $\rho_r$  – gęstość rtęci,  $\rho_x$  gęstość nieznannej cieczy.

Na tej samej wysokości ciśnienia są równe, czyli 
$$\rho_W \cdot H = \rho_x \cdot (H - h) + \rho_r \cdot h$$

$$\text{Obliczamy szukaną gęstość : } \rho_x = \frac{\rho_W \cdot H - \rho_r \cdot h}{H - h} = \frac{1 \cdot 30 - 13,6 \cdot 0,05}{30 - 0,05} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right] = 0,786 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right]$$

Odpowiedź Nieznana ciecz ma gęstość  $0,786 \text{ kg/dm}^3$ .

## Zadania z rozwiązaniami

### Zadanie 2

Na sprężynie zawieszona jest kulka. Gdy tę kulkę zanurzono w wodzie to długość sprężyny zmniejszyła się o  $\Delta x_1 = 2$  cm, a po jej zanurzeniu w nieznanej cieczy o  $\Delta x_2 = 1,6$  cm. Oblicz gęstość nieznanej cieczy. Dla wody  $\rho_W = 1$  kg/dm<sup>3</sup>.

### Rozwiązanie

Siła wyporu powoduje skrócenie sprężyny. Ponieważ kulka jest nieruchoma to z warunku równowagi sił mamy, że

gdy kulka zanurzona jest w wodzie

$$k \cdot \Delta x_1 = \rho_W \cdot V \cdot g$$

gdy kulka zanurzona jest w nieznanej cieczy

$$k \cdot \Delta x_2 = \rho \cdot V \cdot g$$

Gdzie:  $k$  to współczynnik sprężystości sprężyny,  $V$  – objętość kulki,  $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $\rho$  – gęstość nieznanej cieczy.

Dzieląc stronami powyższe równania, otrzymujemy

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{\rho_W}{\rho}$$

Stąd obliczamy gęstość nieznanej cieczy

$$\rho = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} \cdot \rho_W$$

Odpowiedź Nieznana ciecz ma gęstość 0,8 kg/dm<sup>3</sup>.

## Zadania z rozwiązaniami

### Zadanie 3

W warunkach normalnych, zmieszano dwa gazy, powietrze i hel. Jaka była gęstość mieszaniny gdy

a) objętości obu gazów były równe, b) masy obu gazów były równe. Przyjmij, że gęstość powietrza  $\rho_1 = 1,2 \text{ kg/m}^3$ , a helu  $\rho_2 = 0,179 \text{ kg/m}^3$ .

#### Rozwiązanie

a) Przed zmieszaniem gazów, dla powietrza i helu mamy, że  $\rho_1 = \frac{m_1}{V}$        $\rho_2 = \frac{m_2}{V}$

Po zmieszaniu gazów, dla mieszaniny, mamy, że  $\rho = \frac{m_1 + m_2}{V + V}$

Zatem dla mieszaniny,  $\rho = \frac{m_1 + m_2}{2 \cdot V} = \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_2)$       Po obliczeniu otrzymujemy  $\rho = 0,689 \text{ kg/m}^3$ .

b) Przed zmieszaniem gazów, dla powietrza i helu mamy, że  $\rho_1 = \frac{m}{V_1}$        $\rho_2 = \frac{m}{V_2}$

Po zmieszaniu gazów, dla mieszaniny, mamy, że  $\rho = \frac{m + m}{V_1 + V_2}$

Zatem dla mieszaniny,  $\rho = \frac{2 \cdot m}{V_1 + V_2} = \frac{2}{\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}} = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot \rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$

Odpowiedź: Wartość ta w przypadku a) wynosi  $0,689 \text{ kg/dm}^3$ , a w przypadku b) wynosi  $0,312 \text{ kg/dm}^3$

## Zadania z rozwiązaniami

### Zadanie 4

W naczyniu zmieszano  $V_1 = 1,2 \text{ dm}^3$  wody i  $V_2 = 1,5 \text{ dm}^3$  cieczy o gęstości  $\rho_2 = 0,789 \text{ kg/dm}^3$ . Czy korek o gęstości  $\rho_K = 0,820 \text{ kg/dm}^3$  będzie pływać czy utonie w tej mieszaninie? Dla wody  $\rho_1 = 1 \text{ kg/dm}^3$ .

### Rozwiązanie

Ciało będzie pływać w cieczy, gdy jego gęstość jest mniejsza od gęstości cieczy.  
Gęstość zmieszanych cieczy

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Obliczamy gęstość mieszaniny

$$\rho = \frac{1 \cdot 1,2 + 0,789 \cdot 1,5}{1,2 + 1,5} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \right] = 0,883 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

Ponieważ  $\rho_K = 0,820 \text{ kg/dm}^3$  więc  $\rho_K < \rho$ .

Odpowiedź: Korek będzie pływał.

## Zadania z rozwiązaniami

### Zadanie 5

W naczyniu z wodą, na głębokości  $h = 0,5$  m leży bardzo cienka, stalowa płytką o masie  $m = 0,01$  kg. Oblicz, nie uwzględniając oporów w ruchu, jaką pracę trzeba wykonać aby wydostać płytkę na powierzchnię wody. Dla wody  $\rho_w = 1$  kg/dm<sup>3</sup>, gęstość stali  $\rho_s = 7,7$  kg/dm<sup>3</sup>.

### Rozwiązanie

Na płytkę zanurzoną w wodzie działa siła ciężkości i przeciwnie skierowana siła wyporu cieczy. Przy podnoszeniu płytki należy wykonać pracę przeciwko wypadkowej tych sił.

$$F = m \cdot g - \frac{m}{\rho_s} \cdot \rho_w \cdot g$$

gdzie  $F$  – siła wypadkowa,  $g$  – przyspieszenie ziemskie oraz objętość płytki to iloraz  $\frac{m}{\rho_s}$

Wykonana praca na drodze  $h$  to  $W = F \cdot h$ , czyli

$$W = m \cdot g \cdot h \cdot \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_s}\right)$$

Po obliczeniu otrzymujemy  $W = 0,044$  J.

Odpowiedź: Obliczono, przy założeniach upraszczających, że trzeba wykonać pracę 0,044J.

## Zadania do rozwiązania

1. Łódź podwodna ma kształt walca o promieniu  $R = 2$  m i długości  $L = 40$  m. Całkowita masa łodzi wynosi 480 ton. Oblicz: a) jaką objętość wody łódź musi wpompować do zbiorników balastowych, by się zanurzyć?  
b) jakie przyspieszenie uzyskuje w czasie wynurzenia (zaniedbaj opór ośrodka) kiedy zbiorniki są całkowicie próżne? Gęstość wody  $\rho_W = 1 \text{ kg/dm}^3$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Odpowiedź a) Wpompować trzeba ponad  $22,4 \text{ m}^3$  wody b) uzyskuje przyspieszenie wynoszące około  $0,46 \text{ m/s}^2$ .

2. W cylindrze, znajdującym się na poziomie morza, umieszczono sprężynę między dnem a tłokiem. Początkowo tłok o średnicy  $f = 20$  cm znajduje się w odległości  $D_1 = 40$  cm od dna cylindra. Po odpompowaniu powietrza z wnętrza cylindra tłok znajduje się w odległości  $D_2 = 38$  cm od dna. Oblicz: a) stałą sprężystości sprężyny  $k$ , b) położenie tłoka po zanurzeniu cylindra na głębokość  $H = 50$  m. Ciśnienie atmosferyczne przyjmij jako  $1000 \text{ hPa}$ .

Odpowiedź a)  $k = \frac{\pi}{2} \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  b)  $D_3 = 28 \text{ cm}$

3. Wydrążona kula o promieniu zewnętrznym  $R_Z = 10$  cm i wewnętrznym  $R_W = 8$  cm pływa na powierzchni wody, zanurzona do połowy. Ile wynosi gęstość materiału, z którego jest wykonana? Dla wody  $\rho_W = 1 \text{ kg/dm}^3$ .

Odpowiedź  $\rho = 1,02 \text{ kg/dm}^3$

4. Po załadunku na płaskodenną barkę  $m_1 = 40$  ton węgla jej głębokość zanurzenia wynosi  $D_1 = 1,5$  m. Po wyładunku w porcie połowy węgla głębokość zanurzenia wynosi  $D_2 = 1,1$  m. Ile wynosi masa barki?

Odpowiedź Masa barki wynosi 35 ton.

5. Po włączeniu pompy, połączonej do jednego z ramion U-rurki wypełnionej rtęcią jej powierzchnia w drugim ramieniu znajduje się o  $D = 50$  cm niżej niż w pierwszym. Ile wynosi ciśnienie po stronie pompy? Ciśnienie atmosferyczne przyjmij jako  $1000 \text{ hPa}$ . Dla rtęci  $\rho = 13,6 \text{ kg/dm}^3$ .

Odpowiedź Ciśnienie to ma wartość  $320 \text{ hPa}$ .

## Zadania do rozwiązania

6. Do jednego z ramion U-rurki, wypełnionej wodą nalano nieznaną ciecz, nie mieszającą się z wodą. Po ustaleniu się poziomów powierzchnia słupa cieczy znajduje się  $d = 2$  cm wyżej niż powierzchnia wody w drugim ramieniu, a wysokość słupa cieczy wynosi  $H = 8$  cm. Ile wynosi gęstość cieczy? Dla wody  $\rho_w = 1$  kg/dm<sup>3</sup>

Odpowiedź Gęstość cieczy  $\rho = 750$  kg/m<sup>3</sup>

7. Masa balonu wynosi  $M = 1$  kg, a objętość  $V = 2$  m<sup>3</sup>. Na poziomie morza, w temperaturze 20°C gęstość powietrza wynosi około 1,2 kg/m<sup>3</sup>, a helu 0,179 kg/m<sup>3</sup>. Jaką minimalną objętość helu należy wpuścić do balonu (załóż, że przy napełnianiu hel wypycha powietrze, a ciśnienie w balonie pozostaje stałe), aby mógł on unosić się?

Odpowiedź Należy wpuścić co najmniej 0,98 m<sup>3</sup> helu.

## Zadania do rozwiązania

8. Sześcián o krawędzi  $a = 100$  cm wykonany z drewna o gęstości  $\rho = 800$  kg/m<sup>3</sup> pływa po powierzchni wody o gęstości  $\rho_w = 1000$  kg/m<sup>3</sup>. Jaka jest wysokość niezanurzonej części sześciánu?

Odpowiedź: Nad wodą jest 20 cm.

9. Ciężar stalowego odważnika wyznaczony w powietrzu wynosi  $Q_1 = 1$  N. Przy zanurzeniu tego odważnika w nieznaney cieczy jego ciężar maleje do  $Q_2 = 0,9$  N. Gęstość stali  $\rho = 7700$  kg/m<sup>3</sup>. Jaka była gęstość nieznaney cieczy?

Odpowiedź: Ciecz o gęstości 770 kg/m<sup>3</sup>.

10. Po powierzchni wody pływa kra lodowa o kształcie prostopadłościanu, który ma pole powierzchni  $S = 0,2$  m<sup>2</sup>. Kra wynurzona jest nad powierzchnię wody na wysokość 2 cm. Gęstość wody  $\rho_w = 1000$  kg/m<sup>3</sup>, gęstość lodu  $\rho_L = 900$  kg/m<sup>3</sup>. Oblicz jaka jest masa kry lodowej.

Odpowiedź: Masa tej kry wynosi 36 kg.

11. Średnice tłoków podnośnika hydraulicznego wynoszą odpowiednio  $f_1 = 5$  cm i  $f_2 = 50$  cm. Jaką siłą  $F_1$  trzeba działać na mniejszy tłok, aby podnieść ciało o ciężarze  $Q = 100$  N?

Odpowiedź: Siłą 1N

12. Po morzu pływa góra lodowa. Jaki jest stosunek objętości jej części znajdującey się nad powierzchnią wody do objętości jej podwodnej części? Gęstość wody  $\rho_w = 1000$  kg/m<sup>3</sup>, gęstość lodu  $\rho_L = 900$  kg/m<sup>3</sup>.

Odpowiedź: 1/9