

Promień otworu w dnie naczynia równy jest

$$r = \left[ R^2 - \left( \frac{R}{2} \right)^2 \right]^{0,5} = \frac{R}{2} \sqrt{3}.$$

Objętość czasy kuli wystającej na zewnątrz naczynia

$$V_{cz.k.} = \frac{1}{3} \pi h^2 (3R - h) = \frac{1}{3} \pi \left( \frac{R}{2} \right)^2 \left( 3R - \frac{R}{2} \right) = \frac{5}{24} \pi R^3.$$

A więc po odpowiednim podstawieniu otrzymamy objętości:

$$V_{k.z} = \frac{4}{3} \pi R^3 - \frac{5}{24} \pi R^3 = \frac{9}{8} \pi R^3.$$

$$V_w = \pi r^2 H = \pi \left( \frac{R}{2} \sqrt{3} \right)^2 4R = 3 \pi R^3.$$

Siła potrzebna do uniesienia kuli wyniesie:

$$\begin{aligned} P &> \frac{4}{3} \pi R^3 \gamma_k + \left( 3 \pi R^3 - \frac{9}{8} \pi R^3 \right) \gamma_{H_2O} = \pi R^3 \left( \frac{4}{3} \gamma_k + \frac{15}{8} \gamma_{H_2O} \right) = \\ &= \pi 0,2^3 \left( \frac{4}{3} \cdot 7800 + \frac{15}{8} \cdot 1000 \right), \end{aligned}$$

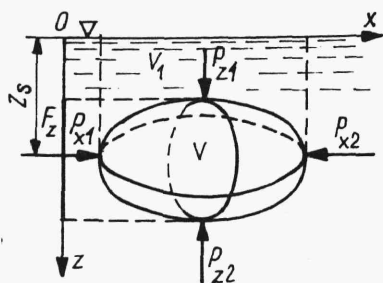
czyli

$$P > 306,9 \text{ kG} \quad \text{lub} \quad P > 3011,67 \text{ N}.$$

## 2.12. RÓWNOWAGA CIAŁ PŁYWAJĄCYCH

### 2.12.1. PRAWO ARCHIMEDESA

Rozważmy ciało dowolnego kształtu o objętości  $V$  zanurzone całkowicie w cieczy (rys.2.37). Na zamkniętą powierzchnię krzywą tego ciała działa parcie, które można określić za pomocą jego składowych w kierunku pionowym i poziomym.



Rys.2.37

Dla wyznaczenia wypadkowego parcia poziomego  $P_x$  podzielmy płaszczyzną pionową rozważaną powierzchnię ciała na dwie części, na które działają parcie  $P_{x1} = \gamma z_s F_z$  oraz przeciwnie skierowane parcie  $P_{x2} = \gamma z_s F_z$ , gdzie

$F_z$  oznacza rzut lewej i prawej części powierzchni ciała na płaszczyznę pionową y 0 z, a  $z_s$  - głębokość środka ciężkości pola  $F_z$  pod zwierciadłem cieczy.

Wypadkowe parcie w kierunku poziomym będzie więc równe zero  
 $P_x = P_{x1} - P_{x2} = 0$ .

Aby obliczyć wypadkowe parcie w kierunku pionowym podzielmy ciało płaszczyzną poziomą na powierzchnię górną i dolną. Na powierzchni górnej działa składowa pionowa parcia  $P_{z1}$ , skierowana w dół, równa objętości  $V_1$  pomnożonej przez ciężar właściwy cieczy:  $P_{z1} = \gamma V_1$ , gdzie  $V_1$  oznacza objętość słupa cieczy od górnej powierzchni ciała do zwierciadła cieczy.

Składowa  $P_{z2}$ , działająca na powierzchnię dolną pionowo w górę, równa jest ciężarowi słupa cieczy o objętości  $V_1 + V$ ;  $P_{z2} = \gamma(V_1 + V)$ , gdzie  $V$  oznacza objętość rozpatrywanego ciała. Zatem parcie wypadkowe w kierunku pionowym będzie równe

$$P_z = P_{z1} - P_{z2} = \gamma V_1 - \gamma(V_1 + V) = -\gamma V.$$

Całkowite parcie cieczy na zanurzone w niej ciało nazywamy wyporem, który oznaczamy przez  $W$ . A zatem

$$P_z = W = -\gamma V. \quad (2.45)$$

Zależność tę znaną jako prawo Archimedesesa można sformułować w następujący sposób: na ciało zanurzone w cieczy działa pionowo w górę wypór, równy ciężarowi cieczy wypartej przez to ciało.

Wypór cieczy przechodzi przez środek geometryczny ciała, zwany środkiem wyporu  $S_w$ .