

LXXIII OLIMPIADA FIZYCZNA

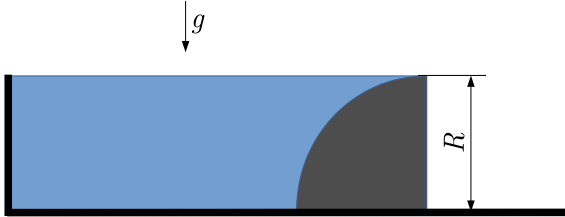
ZAWODY III STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA, 14.04.2024

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1

Wewnątrz prostopadłościennego zbiornika o płaskim poziomym dnie i szerokości L umieszczono, wzdłuż boku szerokości L , jednorodną zapórę w kształcie ćwierćwalca o promieniu R i długości L – patrz rysunek. Głębokość wody w zbiorniku wynosi również R – patrz rysunek:



Zapora nie jest w żaden sposób przymocowana – ani na dnie, ani na końcach, ale współczynnik tarcia materiału zapory o podłoże jest niezerowy i równy f .

Wyznacz minimalną masę m zapory, przy której woda jej nie przesunie, ani nie przewróci. Gęstość wody wynosi ρ , przyspieszenie ziemskie g .

Zakładamy, że woda nie podsącza się pod podstawę zapory, ale też zapora nie przysysa się do podłoża.

Zadanie 2

Zwojnica ma N równomiernie i gęsto nawiniętych zwojów, długość L oraz promień r , przy czym $L \gg r$. W płaszczyźnie prostopadłej do osi zwojownicy znajduje się nieprzewodzący, jednorodny pierścień o promieniu wewnętrznym R_1 , zewnętrznym R_2 ($L \gg R_2 > R_1 > r$) i masie m . Pierścień jest równo odległy od końców zwojownicy, równomiernie naładowany ładunkiem Q i może się swobodnie obracać wokół swojej osi, pokrywającej się z osią zwojownicy.

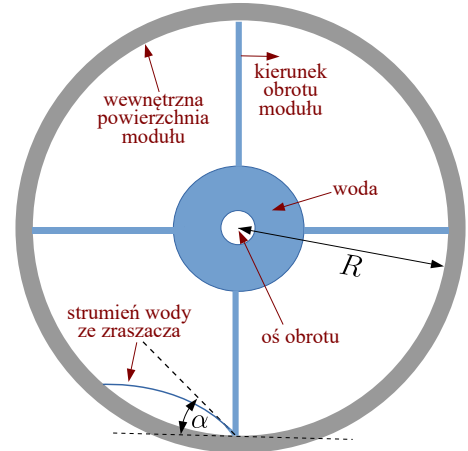
W chwili $t = 0$ pierścień się nie obraca. Wyznacz prędkość kątową obrotu pierścienia w chwili $t = T$, jeśli przez zwojnicę płynie prąd o zaleźnym od czasu natężeniu $I(t) = I_0 \cdot t/T$, gdzie I_0 jest stałą.

Pomiń pole magnetyczne wytwarzane przez pierścień oraz ładunek elektrostatyczny indukowany przez niego w obwodzie zwojownicy. Przyjmij, że układ znajduje się w próżni.

Moment bezwładności jednorodnego krążka o masie M i promieniu R względem jego osi jest równy $MR^2/2$.

Zadanie 3

Właśnie powstająca firma „Zrelaksuj się w drodze na Marsa” zamierza produkować moduły rekreacyjne do statków kosmicznych.



Schemat modułu. Strumień wody pokazany w układzie współobracającym się z modułem.

Taki moduł ma kształt wydrążonego walca, o promieniu wewnętrznym R . W trakcie podróży, gdy silniki rakietowe są wyłączone, walec obraca się wokół swojej osi z taką prędkością, by na wewnętrznej powierzchni efektywne przyspieszenie grawitacyjne było równe g . Ta wewnętrzna powierzchnia jest przysypana cienką warstwą ziemi, na której rośnie trawa. Trawa jest podlewana umieszczanymi na poziomie ziemi zraszaczami, zasilanymi ze zbiornika wody znajdującego się na osi obrotu. Ciśnienie powietrza wewnątrz modułu i w bardzo małej przestrzeni „nad” wodą (czyli tuż przy osi obrotu) jest równe ziemskiemu ciśnieniu atmosferycznemu p_0 . Jedyłą przyczyną powodującą przepływ wody do zraszacza, a potem jej wypływ z niego jest „sztuczna grawitacja” spowodowana ruchem obrotowym modułu.

Rozważmy strumień wody wylatujący w płaszczyźnie prostopadłej do osi obrotu pod kątem α w stosunku do ziemi, przy czym $\alpha = 0$ oznacza wypływ wody zgodnie z kierunkiem obrotu walca. Zakładamy, że tuż za wylotem z otworu, wszystkie elementy objętości wody poruszają się z taką samą prędkością i w tym samym kierunku.

Przyjmując, że nie występują straty energii – ani w trakcie przepływu wody do zraszacza, ani po wylocie wody ze zraszacza, wyznacz odległość (mierzoną wzdłuż wewnętrznej powierzchni walca) oraz maksymalną wysokość (mierzoną jako odległość wzdłuż promienia od ziemi), na jaką polecą rozważany strumień wody. Przyjmij również, że prędkość przepływu wody w rurach łączących zbiornik ze zraszaczem jest znacznie mniejsza od prędkości wody wypływającej ze zraszacza. Masa wypływającej wody jest znacznie mniejsza od masy stacji.