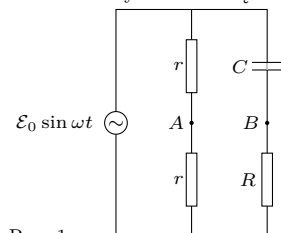


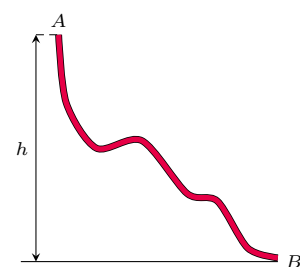
# Klub 44 F



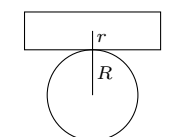
Termin nadsyłania rozwiązań: 31 III 2020



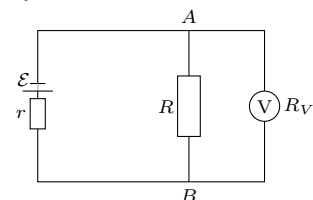
Rys. 1



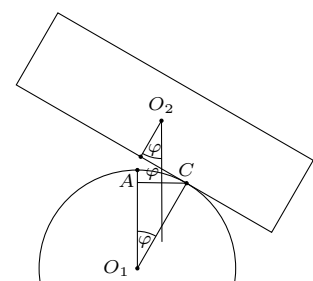
Rys. 2



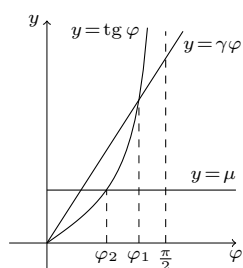
Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6

## Zadania z fizyki nr 690, 691

Redaguje Elżbieta ZAWISTOWSKA

**690.** Jak zależy amplituda napięcia między punktami  $A$  i  $B$ , w obwodzie przedstawionym na rysunku 1, od oporu  $R$ ?

**691.** Elastyczna rurka o długości  $l$  łączy w przestrzeni punkty  $A$  i  $B$ . Różnica wysokości między tymi punktami wynosi  $h$  (rys. 2). Wewnątrz rurki wzdłuż całej jej długości leży sznurek, który przytrzymywany jest w punkcie  $A$ . Z jakim przyspieszeniem zacznie poruszać się sznurek w pierwszej chwili po jego oswobodzeniu? Tarcie między sznurkiem a ściankami rurki zaniedbujemy.

## Rozwiązania zadań z numeru 9/2019

Przypominamy treść zadań:

**682.** Na nieruchomym, poziomym walcu o promieniu  $R$  leży walec o promieniu  $r$ , również poziomo (rys. 3). Osie walców są wzajemnie prostopadłe. Przy jakim stosunku promieni równowaga górnego walca będzie trwała? O jaki maksymalny kąt można przy tym odchylić od poziomu górny walec? Współczynnik tarcia między walcami jest równy  $\mu$ .

**683.** W obwodzie przedstawionym na rysunku 4 opór zewnętrzny  $R$  jest dużo większy niż opór wewnętrzny ogniwa:  $r \ll R$ . Podłączenie woltomierza o oporze  $R_V$  powoduje zmianę napięcia między punktami  $A$  i  $B$ . Jaka powinna być relacja między oporami  $R$  i  $R_V$ , aby to zaburzenie było jak najmniejsze?

**682.** W położeniu równowagi środki mas obu walców leżą na wspólnej prostej pionowej. Odchylimy górny walec z położenia równowagi o pewien kąt  $\varphi$  (rys. 5). Załóżmy na początku, że tarcie statyczne jest na tyle duże, że nie ma poślizgu między walcami. Punkt styczności walców przemieszcza się z punktu  $A$  do punktu  $C$ , punkt górnego walca, który stykał się z walcem, przemieszcza się do punktu  $B$ . Ponieważ nie ma poślizgu, długość łuku  $AC$  równa jest długości odcinka  $BC$ :  $R\varphi = |BC|$ . Jeżeli prosta pionowa przechodząca przez środek masy  $O_2$  odchylonego walca znajduje się z lewej strony nowego punktu styczności  $C$ , siła ciężkości będzie powodować powrót górnego walca do położenia równowagi. Spełniony musi być warunek:  $r \sin \varphi < |BC| \cos \varphi = R\varphi \cos \varphi$ . Stąd  $r/R = \varphi / \tan \varphi$ . Ponieważ  $0 < \varphi < \pi/2$ , więc  $\tan \varphi > \varphi$ . Równowaga górnego walca będzie trwała, gdy  $r/R < 1$ .

Szukany stosunek promieni możemy też znaleźć z żądania, że energia potencjalna odchylonego walca musi być większa niż energia początkowa. Rozważmy przyczyny ograniczające wartość dopuszczalnego kąta odchylenia. Po pierwsze, dla dużych kątów odchylenia linia pionowa przechodząca przez środek ciężkości górnego walca może znaleźć się po prawej stronie punktu styczności  $C$ . Przy ustalonym stosunku promieni  $\gamma = R/r > 1$  maksymalny kąt odchylenia dany jest równaniem  $\tan \varphi_1 = \gamma \varphi_1$ . Rozwiązanie tego równania można znaleźć metodą graficzną (rys. 6). Po drugie, walec nie powinien się ześlizgiwać, zatem kąt odchylenia ograniczony jest warunkiem  $\tan \varphi_2 = \mu$ . Z rysunku 6 widać, że maksymalny kąt odchylenia jest równy mniejszej z dwóch wartości  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ . Ponieważ współczynnik tarcia  $\mu$  jest zwykle mniejszy od jedynki, dopuszczalny kąt odchylenia na ogół określony jest przez warunek poślizgu, czyli przez kąt  $\varphi_2$ .

**683.** Przed podłączeniem woltomierza napięcie między punktami  $A$  i  $B$  wynosi  $U = \varepsilon R / (r + R)$ . Po podłączeniu  $U_1 = \varepsilon R_z / (r + R_z)$ , gdzie  $R_z = RR_V / (R + R_V)$ . Podłączenie woltomierza powoduje wzrost natężenia prądu płynącego przez źródło, co pociąga za sobą wzrost napięcia na oporze wewnętrznym źródła i obniżenie napięcia między punktami  $A$  i  $B$ . Zachodzi relacja  $U_1 < U$ . Względne zaburzenie napięcia między punktami  $A$  i  $B$  wynosi

$$\Delta U / U = (U - U_1) / U = rR / (RR_V + r(r + R_V)),$$

co można oszacować

$$\Delta U / U \approx \begin{cases} r / (R_V + 2r) \approx r / R_V, & \text{gdy } r \ll R \approx R_V, \\ r / (R_V + r) \approx r / R_V, & \text{gdy } r \ll R_V \ll R, \\ r / R_V, & \text{gdy } r \ll R \ll R_V. \end{cases}$$

Względne zaburzenie pomiaru jest tym mniejsze, im większy jest stosunek oporu woltomierza do oporu wewnętrznego ogniwa, niezależnie od relacji między  $R$  i  $R_V$ .