

Rys. 3. Precesja osi bączka wokół lokalnego kierunku pola magnetycznego.

Precesja osi lewitronu zachodzi szybciej niż ruch na boki. Efekt żyroskopowy z kolei w ciągły sposób ustawia oś precesji bączka równolegle do lokalnego kierunku zewnętrznego pola magnetycznego  $\vec{B}(\vec{r})$ . Dzięki temu uśredniony względem czasu moment magnetyczny bączka jest zawsze ustawiony równolegle i przeciwnie do zewnętrznego pola, więc siły magnetyczne przeciwdziałają siłom grawitacji. Można sobie wyobrazić, że bączek powoli porusza się na boki, a szybka precesja zawsze znajduje nową oś precesji dla danego położenia bączka.

W optymalnych warunkach, czyli gdy bączek jest w stanie lewitacji dynamicznej, wielkość

$$\vec{\mu} \cdot \vec{B}(\vec{r})$$

jest niezmiennikiem adiabatycznym układu. Innymi słowy, dla ruchów dostatecznie powolnych w porównaniu z precesją i wirowaniem wielkość ta jest stała w czasie. Dzięki temu energię potencjalną całego układu, która jest w ogólności funkcją długości wektora indukcji pola magnetycznego  $\vec{B}$  i kąta, jaki ten wektor tworzy z momentem magnetycznym bączka  $\vec{\mu}$ , można zapisać jako funkcję wyłącznie długości wektora indukcji  $\vec{B}(\vec{r})$ , którego długość  $B$  ma lokalne ekstremum i tym samym istnieje punkt równowagi trwałej. Pozostaje to w zgodzie z przytoczonym na początku twierdzeniem Earnshawa, gdyż dotyczy ono tylko statycznych konfiguracji, a nasz układ jest dynamiczny.

Autor dziękuje za wsparcie DFG SFB 484.

#### Literatura

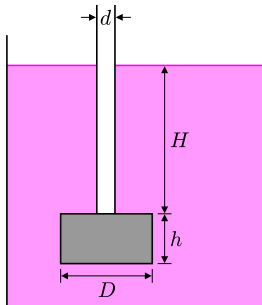
1. M.V. Berry, Proc. R. Soc. London A 452, 1207 (1996).
2. M.D. Simon, L.O. Heflinger i S.L. Ridgway, Am. J. Phys. 65, 286 (1997).
3. T.B. Jones, M. Washizu i R. Gans, J. Appl. Phys. 82, 883 (1997).
4. H.R. Dullin i R.W. Easton, Physica D 126, 1 (1999).



## Zadania

Redaguje Ewa CZUCHRY

**F 679.** W zbiorniku z wodą została umieszczona długa rurka o średnicy  $d$ , do której z dołu przylega cylindryczny krążek o grubości  $h$  i średnicy  $D$  (rys. 1). Gęstość materiału krążka  $\rho$  jest większa od gęstości wody  $\rho_w$ . Rurkę powoli podnosimy do góry. Na jakiej głębokości  $H$  krążek oderwie się od rurki?  
Rozwiązanie na str. 15



Rys. 1

**F 680.** Napięcie powierzchniowe na granicy woda–oliwa wynosi  $\alpha \approx 18 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ . Jaką pracę należy wykonać, aby kroplę oliwy o masie  $m = 1 \text{ g}$  rozdrobnić w wodzie na krople o promieniu  $r = 10^{-4} \text{ cm}$ ? Przyjmujemy, że gęstość oliwy to  $\rho = 0,9 \text{ g/cm}^3$ .  
Rozwiązanie na str. 5

Redaguje Waldemar POMPE

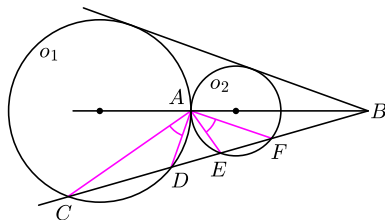
**M 1150.** Okręgi  $o_1$  i  $o_2$  są styczne zewnętrznie w punkcie  $A$  (rys. 2). Wspólna styczna zewnętrzna okręgów  $o_1$  i  $o_2$  przecina prostą łączącą ich środki w punkcie  $B$ . Prosta przechodząca przez punkt  $B$  przecina okrąg  $o_1$  w punktach  $C$  i  $D$ , a okrąg  $o_2$  w punktach  $E$  i  $F$ . Udowodnić, że

$$\sphericalangle CAD = \sphericalangle EAF.$$

Rozwiązanie na str. 15

**M 1151.** Dane są takie liczby całkowite  $a, b, c, d$ , że każda z tych liczb jest podzielna przez liczbę  $ab - cd$ . Wykazać, że  $|ab - cd| = 1$ .  
Rozwiązanie na str. 5

**M 1152.** Liczby rzeczywiste  $a, b, c$  spełniają zależności  $|a| \geq |b + c|$ ,  $|b| \geq |c + a|$ ,  $|c| \geq |a + b|$ . Dowieść, że  $a + b + c = 0$ .  
Rozwiązanie na str. 3



Rys. 2