A forgásmentes esetben a dugattyú és a henger alaplapjának távolsága $x_0=0{,}1$ m. A forgás során ez megváltozik. Természetesen a súlypont távolsága is ennek megfelelően nő a tengelytől mérve. Ekkor

$$r=r_0+x-x_0,$$

ahol r a súlypont új távolsága, x pedig a dugattyú távolsága a henger alapjától. Innen

$$x=r-r_0+x_0. \tag{1}$$

1985-12-477-1.eps

Írjuk fel a Boyle–Mariotte törvényt a bezárt levegőre, amelynek nyomása a mozgás során p:

$$Axp=Ax_0p_0. \tag{2}$$

(1) és (2) felhasználásával

$$p=\frac{x_0p_0}{r-r_0+x_0}. \tag{3}$$

Határozzuk meg r-et abban az esetben, amikor a henger egyensúlyban van! Ekkor az $F_{cp}=m\omega^2r$ centripetális erőt a nyomáskülönbségből származó $F_{ny}=A(p_0-p)$ erő szolgáltatja. (3) felhasználásával

$$m\omega^2r=Ap_0\frac{r-r_0}{r-r_0+x_0}. \tag{4}$$

Ezt az összefüggést átalakítva az r távolságra egy másodfokú egyenletet kapunk, amelynek gyökei:

$$r_1=0{,}69\text{ m},\qquad r_2=0{,}77\text{ m}.$$

Most vizsgáljuk az egyensúlyi helyzetek stabilitását! Az egyensúlyi helyzet akkor stabil, ha kis kimozdítás esetén a test visszatér ebbe a helyzetbe; azaz ha kis kitérítés esetén az egyensúlyi helyzetbe visszatérítő erő hat a testre.

1985-12-477-2.eps

r függvényében ábrázoltuk az F_{cp} centripetális erőt és a nyomáskülönbségből adódó F_{ny} erőt! (4) alapján

$$F_{cp}=m\omega^2r;\qquad F_{ny}=Ap_0\frac{r-r_0}{r-r_0+x_0}.$$

Az ábráról leolvasható, hogy az 1. esetben kis kimozdítás esetén az erő visszafelé, az egyensúlyi pont felé mutat, míg a 2. esetben ez pont fordítva van. Ez azt jelenti, hogy az $r_1=0{,}69$ m stabil egyensúlyi helyzet, az $r_2=0{,}77$ m pedig instabil.