

Legyen  $\beta$  a golyótól a tengelyhez húzott sugár és a tengelyen átmenő függőleges sík által bezárt szög. Kezdetben  $\beta = 5^\circ$  (1. ábra).

1986-03-140-1.eps

1. ábra

1986-03-140-2.eps

2. ábra

Az  $mg$  nehézségi erő  $mg \sin \alpha$  nagyságú tengely irányú összetevője a cső hossziránya mentén gyorsítja a golyót. Az  $mg \cdot \cos \alpha$  nagyságú összetevő a tengelyre merőleges síkban fekszik, és lefelé mutat (2. ábra). Ennek a tengelytől sugárirányban kifelé mutató  $mg \cos \alpha \cos \beta$  nagyságú összetevőjével tart egyensúlyt a cső fala által kifejtett nyomóerő, az erre merőleges  $mg \cos \alpha \sin \beta$  nagyságú összetevője pedig a henger legalsó alkotója felé gyorsítja a golyót. A golyó mozgása tehát összetehető egy  $g \sin \alpha$  nagyságú tengelyirányú egyenletes gyorsulásból és egy erre merőleges rezgőmozgásból. Mivel kis kitérés esetén  $\beta \approx \sin \beta$ , a visszatérítő erő  $\beta \cdot mg \cos \alpha$ . A rezgőmozgás periódusideje:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{g \cos \alpha}},$$

ahol  $r$  a cső belső sugara.

1986-03-140-3.eps

3. ábra

A golyó sebessége akkor párhuzamos a henger tengelyével, amikor az indítása óta eltelt idő éppen egész számszorosa a periódusidő felének, azaz  $t = n \cdot (T/2)$ , ahol  $n$  egész. Ezalatt a cső hossziránya mentén megtett út:

$$l = (1/2)g \sin \alpha t^2 = (1/2)n^2 \pi^2 r \operatorname{tg} \alpha$$

Tehát ilyen hosszúnak kell lennie a csőnek.