Megoldás. Az űrállomáshoz rögzített forgó koordináta-rendszerben fellépő centrifugális erő nagysága akkor egyezik meg a földi gravitációs erővel, ha

$$mR\omega^2 = mg, \quad \text{azaz} \quad \omega = \omega_{\max} = \sqrt{\frac{g}{R}} = 0{,}99\ \frac{1}{\mathrm{s}} \approx 1\ \frac{1}{\mathrm{s}}.$$

A „mesterséges gravitáció” akkor csökken a szokásos érték felére, ha a szögsebességet

$$\omega = \omega_{\min} = \sqrt{\frac{g}{2R}} = 0{,}70\ \frac{1}{\mathrm{s}}$$

értékre változtatják. A szőnyegek akkor nem csúsznak el a padlón, ha a tapadási súrlódási erő legnagyobb értéke elegendő a szőnyegek lassításához:

$$mR|\beta| \le \mu \cdot mR\omega^2,$$

azaz az állandónak feltételezett szöggyorsulás nagysága

$$|\beta| \le \mu\omega_{\min}^2 = \frac{\mu g}{2R} = 0{,}05\ \frac{1}{\mathrm{s}^2}.$$

(A szőnyegek megcsúszása szempontjából a legkisebb szögsebesség elérésének pillanata, vagyis a fékezés legvége a kritikus.) A fékezés ideje

$$T = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{|\beta|} \approx 5{,}9\ \mathrm{s}.$$

Ha nem ragaszkodunk az egyenletes lassításhoz, akkor kezdetben – amikor a szögsebesség még nagy – erősebben fékezhetjük a tornatermet, s csak később, fokozatosan kell a szöggyorsulás nagyságát lecsökkentenünk. Ezzel a fékezés ideje nyilván lerövidíthető. Ha minden pillanatban éppen olyan ütemben csökkentjük a forgás szögsebességét, hogy a szőnyegek a megcsúszás határán legyenek, akkor a „szöglassulás” $|\beta| = -\dfrac{\Delta\omega}{\Delta t} = \mu\omega^2$, ahol ω a pillanatnyi szögsebesség ($\omega_{\max} \ge \omega \ge \omega_{\min}$). Osszuk fel gondolatban a kezdeti és a végső szögsebesség különbségét n egyenlő részre, és számítsuk ki, hogy az egyes szögsebesség-intervallumokon a „megengedett” legnagyobb fékezéssel számolva összesen mennyi időre van szükségünk a fékezéshez! Az i-edik intervallumban $|\beta_i| = \mu\omega_i^2$-tel számolva

$$T = \sum_{i=1}^{n} \Delta t_i = \frac{1}{\mu} \sum_{i=1}^{n} \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{\omega_i^2} \approx \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} \frac{1}{\omega^2}\, d\omega = \frac{1}{\mu}\left(\frac{1}{\omega_{\min}} - \frac{1}{\omega_{\max}}\right) = 4{,}2\ \mathrm{s}.$$

A fenti képletből az is leolvasható, hogy az $\omega_{\min} = 0$ esetnek megfelelő teljes súlytalanság véges hosszú fékezési idő alatt *nem* érhető el! () *Sepsi Örs* (Debreceni Ref. Koll. Gimnáziuma, 12. o.t.) dolgozata alapján

Megjegyzések. 1. A leggyorsabb megcsúszásmentes fékezés feltétele (vagyis hogy a szögsebesség idő szerinti deriváltja arányos a szögsebesség négyzetével) az $\omega(t)$ függvényre nézve egy differenciálegyenlet. Ennek megoldása módszeresen is meghatározható, de találgatással (pl. hatványfüggvények körében keresve) is megkapható. A megoldás: $\omega(t) = 1/(\mu t)$, ha az időt nem a lassítás megkezdésének pillanatától, hanem egy korábbi (a kezdeti szögsebesség által megszabott) időponttól mérjük. Látható, hogy a szögsebesség ilyen feltételek mellett soha nem csökken nullára, de tetszőlegesen megközelítheti a tökéletes súlytalanságnak megfelelő állapotot.

2. A feladatban szereplő űrtornateremnek még egyenletes forgás esetén is kellemetlen „mellékhatásai” lehetnek. Ha a tornaterem a földi g-nek megfelelő szögsebességgel forog, akkor a kerületi sebessége kb. 10 m/s. Ha valaki magasugróversenyt rendez ebben az űrtornateremben, akkor tanácsos, hogy a nekifutó pályát a henger egyik alkotója mentén, vagyis a forgástengellyel párhuzamosan jelölje ki. Ellenkező esetben az eredmények nem lennének hitelesek, ugyanis a hengerpalást belső felületén (a forgástengelyre merőleges irányban) „körbefutva” jelentős súlycsökkenést (vagy éppen súlynövekedést) lehetne elérni. Ha pl. a forgásiránnyal szemben haladva 6 m/s sebességgel sprintelünk (erre még egy átlagember is képes), a sebességünk az inerciarendszerhez képest 4 m/s-ra, a „nehézségi gyorsulás” pedig 1,6 m/s^2-re csökken. Egy jó sportoló jól tapadó cipőben, megfelelő technikával elvileg még a teljes súlytalanság elérésére is képes!

() *Sótér Anna* (Székesfehérvár, Ciszterci Szent István Gimn., 11. o.t.)