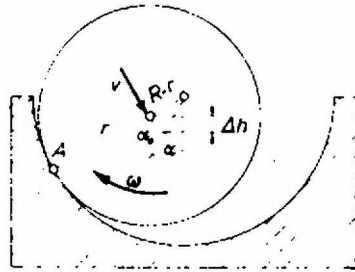


A henger, miközben súlypontja  $\Delta h$ -val mélyebbre, kerül,  $v$  sebességre és  $\omega$  szögsebességre tesz szert. Csúszásmentes gördülésnél alkalmazhatjuk a mechanikai energia megmaradásának törvényét:

$$(1) \quad (1/2)mv^2 + (1/2)\Theta\omega^2 - mg\Delta h.$$



1. ábra

Az 1. ábráról leolvasható, hogy

$$(2) \quad \Delta h = (R - r)(\cos \alpha - \cos \alpha_0),$$

ezenkívül tudjuk, hogy egy homogén tömegeloszlású henger tehetetlenségi nyomatéka a szimmetriatengelyére vonatkoztatva  $\Theta = mr^2/2$ .

Az (1) egyenletből csak akkor tudjuk meghatározni a sebességet, ha kiderítjük, hogy milyen megszorítást ad a csúszásmentes gördülés ténye  $v$  és  $\omega$  között. Írjuk fel a henger  $A$  pontjának sebességét a pályához képest! Ennek a pontnak a mozgása – ugyanúgy, mint henger bármely más pontjéé – két részből tehető össze. Egyrészt a súlypont haladó mozgásából adódóan  $v$  sebességgel mozog az érintő irányában lefelé, másrészt a forgás miatt  $r\omega$  sebessége van az érintő irányában felfelé. Az eredő  $r\omega - v$  sebesség viszont a csúszásmentes gördülés miatt nulla kell, hogy legyen:

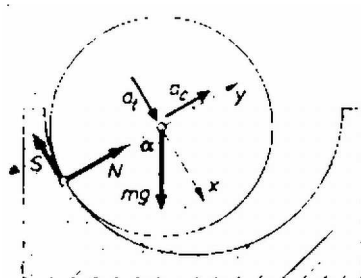
$$(3) \quad r\omega - v = 0.$$

Az (1)-(3) egyenletrendszer megoldása:

$$(4) \quad v = \sqrt{(4/3)g(R - r)(\cos \alpha - \cos \alpha_0)},$$

$$(5) \quad \omega = \sqrt{(4/3)(g/r^2)(R - r)(\cos \alpha - \cos \alpha_0)}.$$

A pályára kifejtett erő helyett kényelmesebb annak ellenerejét, vagyis a hengerre kifejtett erőt meghatározni. A hengerre a súlya és a pályától kifejtett erő hat. Az utóbbit célszerű sugár irányú nyomóerőre és érintőleges súrlódási erőre bontani (2. ábra).



2. ábra

Ezen erők hatására a henger  $\beta$  szöggyorsulással, súlypontja  $a_c$  centripetális és  $a_i$  érintőleges gyorsulással mozog. Írjuk fel a Newton egyenletet olyan koordináta-rendszerben, melynek  $x$ -tengelye érintőirányú,  $y$ -tengelye pedig sugárirányú!

$$N - mg \cos \alpha = ma_c, \quad (6) \quad mg \sin \alpha - S = ma_i. \quad (7)$$

A forgómozgás alapegyenlete szerint

$$(8) \quad Sr = \Theta\beta.$$

A csúszásmentes gördülés feltétele, (3) kis megváltozásokra is igaz:

$$\Delta v = r\Delta\omega.$$

A megváltozás  $\Delta t$  időtartamával osztva látható, hogy

$$(9) \quad a_t = r\beta.$$

A centripetális gyorsulásra az  $a_c = v^2/(R - r)$  képletből (4) felhasználásával kapjuk:

$$a_c = (4/3)g(\cos \alpha - \cos \alpha_0).$$

A (6)–(9) egyenletek megoldása az erőkre

$$(10) \quad N = \frac{7 \cos \alpha - 4 \cos \alpha_0}{3} mg,$$

$$(11) \quad S = \frac{mg \sin \alpha}{3}.$$

Az eredő erő abszolút értéke:

$$(12) \quad F = \sqrt{N^2 + S^2},$$

akkora erővel nyomja a henger a vályút.

A feladat numerikus adataival (4), (5) és (12) szerint

$\alpha = 30^\circ$ -nál	$v = 1,09$ m/s,	$\omega = 1,46$ s <sup>-1</sup> és	$F = 13,6$ kp,
$\alpha = 0^\circ$ -nál pedig	$v = 1,28$ m/s,	$\omega = 1,70$ s <sup>-1</sup> és	$F = 16,7$ kp

adódik.

*Korsós Gábor* (Budapest, I. István Gimn., IV. o. t.)

*Megjegyzések.* 1. Csúszásmentes gördülés csak akkor következhet be, ha a mozgás során végig fennáll az  $S \leq \mu N$  egyenlőtlenség. A (10) és (11) egyenletek felhasználásával ebből kapjuk a súrlódási együtthatóra a

$$\mu \geq \frac{\sin \alpha}{7 \cos \alpha - 4 \cos \alpha_0} \geq \frac{\sin \alpha_0}{7 \cos \alpha_0 - 4 \cos \alpha_0} = (1/3) \operatorname{tg} 60^\circ = 0,58$$

megszorítást.

*Pályi Imre* (Budapest, Móricz Zs. Gimn., IV. o. t.)

2. Sok megoldó helytelen gondolatmenettel (lásd az 1128. feladatot) a (3) kényszerfeltétel helyett a  $v = \frac{R-r}{R} r\omega$  összefüggést adta meg a csúszásmentes gördülés feltételeként. Hasonló okokból hibás több példatár megoldása is (p1. Pálfai: Felvételi tájékoztató és példatár, 373. feladat; Dér–Radnai–Soós: Fizikai feladatok I. kötet, 7.34 feladat). A (3) feltétel helyességéről úgy is meggyőződhetünk, hogy egy vályúhoz csatlakozó sík lapon nézzük a mozgást. A sík pályán nyilván érvényes a  $v = r\omega$  összefüggés, és ha a vályúban ez nem teljesülne, akkor a csatlakozásuknál vagy a súlypont sebességének, vagy a szögsebességnek ugrásszerűen meg kellene változnia. Ez pedig a dinamika alapegyenletei szerint nem lehetséges.

3. Több megoldó a  $g = 10$  m/s<sup>2</sup> értékkel számolt. Ez helyes abban az esetben, ha elhanyagolhatónak vesszük az így adódó kb. 2 %-os hibát. Ekkor viszont nincs értelme a végeredményt 3 tizedesjegy pontossággal megadni, hiszen a harmadik jegy már hibás.