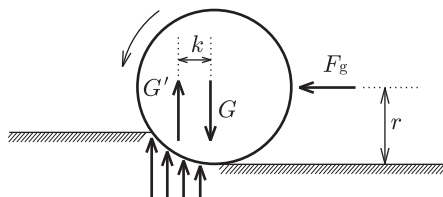


Megoldás. A mérési feladat megfogalmazása – a korábbiakhoz képest – szokatlanul laza volt, talán ez lehet az oka a beküldött dolgozatok változatosságának. Amint az a megoldók munkájából kiderült, gördülési ellenálláson érthető forgatónyomaték, erő vagy együtttható. Ennek ellenére az eredmények – ha ugyanarra a nyelvre „fordítjuk le” azokat, – meglepő, de tulajdonképpen érthető módon jó egyezést mutatnak.

A gördülésnél fellépő ellenállást *Sáfrány Ilona Virág* (Debrecen, Irinyi J. Szki., 11. évf.) mutatja be kellő részletességgel. Íme néhány gondolat a dolgozatából: A gördülési ellenállásnak az az oka, hogy „gördüléskor vagy a test, vagy a támasztófelület deformálódik aszerint, hogy melyik keményebb”. A továbbiakban egy r sugarú henger gördülését írja le vízszintes támasztófelületen. Úgy tekinti, hogy nem a test, hanem a felület deformálódik, és ennek következtében a gördülő test nem egy vonal, hanem kiterjedt felületdarabka mentén érintkezik a támasztófelülettel (1. ábra). Ezért a G' reakcióerő (amely nagyságát tekintve megegyezik a G súlyerővel) nem halad át a súlyponton, hanem attól k távolságra van. Feltételezve, hogy a testet a súlyponton átmenő F_g nagyságú vízszintes erő gördíti, az egyenletes gördülés dinamikai feltétele (a pillanatnyi forgástengelyre felírva): $F_g \cdot r = G' \cdot k$. Innen (felhasználva $G' = G$ -t is) adódik

$$F_g = k \frac{G}{r}.$$

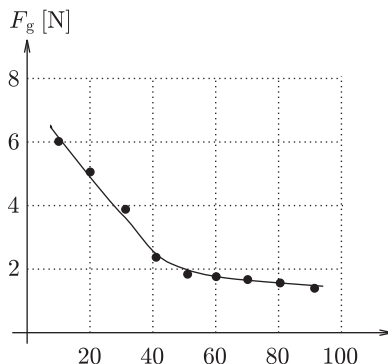


1. ábra

Ez az egyenlet – különböző jelölésekkel – majdnem minden versenyző dolgozatában megjelenik valamilyen formában, annak megfelelően, hogy ki melyik mennyiség meghatározására „végzett méréseket”. Mérték az $M_g = G'k$ „gördülő ellenállást”, azaz hosszabban: a gördülő ellenállási *nyomatékot*; az F_g gördülő ellenállási *erőt*, vagy a k gördülő ellenállási *együttthatót*. Ez utóbbi (melyet általában μ_g -vel jelöltek) a csúszási súrlódási együtthatóval ellentétben nem csak egy dimenzió nélküli szám, hanem hosszúság mértékegységű mennyiség, jelentése: a G' reakcióerő tömegközéppontra vonatkoztatott erőkarja.

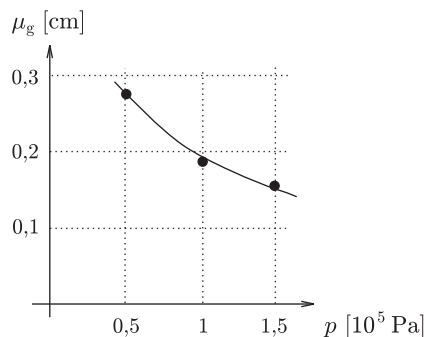
Nézzük a mérési módszereket! Ezek lényegében három csoportba sorolhatók: a kerékpár egyenletes mozgatása során végzett mérések; a kerékpár gyorsuló (vagy lassuló) mozgásakor végzett mérések; és egyéb (ebből csak egy van). Íme mindegyik módszerből egy-egy példa.

Varga Lajos (Gyula, Karácsonyi János Kat. Gimn., 11. évf.) a kerékpárra két oldalkereket szerelt, hogy ne boruljon fel. A hátsó kerék tömlőjének nyomását állandó értéken tartotta, csak az első kerék nyomását változtatta. A kerékpárt rugós erőmérő segítségével lassú, egyenletes mozgásba hozta, és mérte az ehhez szükséges erőt különböző tömlőnyomás esetén. A nyomást (pontosabban a légköri nyomáson felüli túlnyomást) megfelelő mérőműszer hiányában önkényes (pumpálásszám) egységekben adta meg. Mérési eredményeit a 2. ábra grafikonja szemlélteti. Hasonlóképpen mért *Csáki Ferenc* (Debrecen, Ref. Koll. Gimnáziuma, 10. évf.) és *Fischer Béla* (Beregszász, Magyar Gimn., 11. évf.) is.



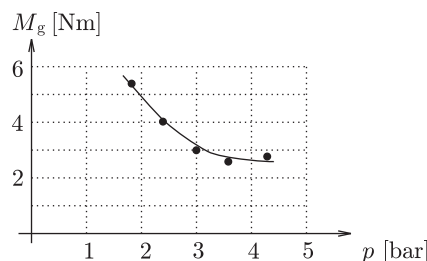
2. ábra. A kerékpárt fékező erő a pumpálások számának függvényében

Lantos Judit (Hódmezővásárhely, Bethlen G. Ref. Gimn., 11. évf.) egy sebességmérővel ellátott kerékpárral végezte méréseit. A kerékpárt bizonyos sebességre gyorsította, és mérte a megállásig eltelt időt. Ebből gyorsulást, majd gördülő súrlódási együtthatót számolt (3. ábra). (Sajnos csak 3 értelmezhető mérési adata van.)



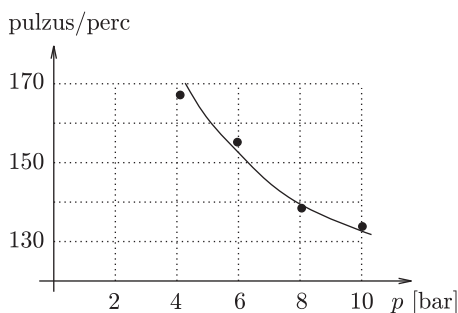
3. ábra. A gördülési súrlódási együttható a kerék túlnyomásának függvényében

A kerékpár lassulását mérte még *Mezei Márk* (Budapest, ELTE Radnóti M. Gyak. Gimn., 12. évf.), *Szabó Áron* (Debrecen, Fazekas M. Gimn., 12. évf.) és *Gálík Zsuzsanna* (Békéscsaba, Tevan A. Gimn., 11. évf.). Szabó Áron a gördülési nyomatékot (gördülési ellenállást) határozta meg, és ezt ábrázolta a tömlőben levő levegő nyomásának függvényében (4. ábra). Ezek a mérések egyedül nehezen végezhetőek el, ezért többen családtagok és barátok segítségét is igénybe vették. Ebben a sorozatban egészen érdekes *Gyenis András* (Veszprém, Lovassy L. Gimn., 11. évf.) mérése, aki egy kiserelt biciklikerek legurulási idejét mérte meg adott hosszúságú lejtőn; ebből gyorsulást, majd fékezőerőt számolt. A különböző nyomásokhoz tartozó erők között igen csekély különbséget talált csak, amit azzal magyarázott, hogy egyetlen kerék esetén sokkal kisebb a deformáció, mint az utassal megterhelt kerékpárnál.



4. ábra. A gördülési ellenállás (nyomaték) a keréknyomás függvényében

Az eddig ismertettektől egészen eltérő módszert választott Sáfrány Ilona Virág, aki a méréséhez egy versenykerékpáros segítségét vette igénybe, annak teljes felszerelésével. A legfontosabb elem egy „görgőnek” nevezett készülék volt, amely a hátsó kerék elmozdulás nélküli „egy helyben” történő forgását tette lehetővé. A versenykerékpáros különböző abroncsnyomások (10; 8; 6; 4 bar) esetén úgy hajtotta meg a kerékpárt, hogy a hátsó kerék mindig ugyanakkora fordulatszámmal forogjon. „Mivel a bicikli izomerővel, azaz bioenergiával működik, a növekvő teljesítményt a szív többletmunkája, így a növekvő pulzusszám jelzi.” A pulzusszámot a kerékpáros csuklójára szerelt pulzuszámoló mutatta. A mérés eredményét összegző 5. ábra azt mutatja, hogy az abroncsnyomás növelésével a pulzusszám csökken. (Érdeemes lett volna több mérési sorozat adatait is feltüntetni a grafikonon, mert a pulzusszám ingadozása információt szolgáltatott volna a mérés pontosságáról.)



5. ábra. A kerékpáros pulzusszáma a keréknyomás függvényében

Végül ejtsünk szót a nyomás méréséről és a mérési hibákról is. A mérést végzők többsége kézi- vagy benzinkútnál elérhető nyomásmérőt használt, néhányan azonban egy pumpa „fújásegysegeiben” mérték a tömlőnyomást. A mérés számbavehető hibáját a versenyzők 3–10%-osra becsülték, melynek fő forrása az időmérés pontatlansága volt. Ennél nagyobb *szisztematikus hibát* okoznak a kerékabroncstól független fékező hatások (tengelysúrlódás, légellenállás, pumpálás okozta felmelegedés stb.), melyek figyelembe vételére és a gördülési ellenállástól való elkülönítésére a versenyzők egyike sem vállalkozott.