A mérésekben a következő „láncféleségek” fordultak elő: nyaklánc, óralánc, különböző gyöngysorok, karácsonyfadíszek, kerékpárlánc, kutyalánc, bikalánc, vontatólánc stb. Néhányan többféle lánccal és többféle felületen (sőt, a mérési eredmények hitelességének ellenőrzésére többféle módszerrel) is elvégezték a mérést.

A mérési módszerek is sokfélék voltak. Aszerint, hogy milyen helyzetű felületen mozgott a lánc, a módszerek $2+1$ csoportba sorolhatók: egyesek vízszintes felületen, mások lejtőn mozgó láncot vizsgáltak. A $+1$ módszer csak egyetlen versenyző mérésére vonatkozik, de érdemes lesz ezt is megismerni.

A versenyzők többsége vízszintes felületen mozgatta a láncot, vagy gyöngysort. A tapadási súrlódás mérésénél sokan azt vizsgálták, hogy az asztal széléről részben lelógó lánc milyen helyzetben kezd el csúszni. A lelógó és az asztalon levő lánchosszak (láncszemszámok) arányából kapták meg a tapadási súrlódás együtthatóját. Többen észrevették, hogy ennél a módszernél elég nagy *szisztematikus hibát* okoz a láncszemek megakadása az asztal szélén. *Geresdi Attila* (Pécs, Árpád Fejedelem Gimn., 12. o.t.) arra a következtetésre jutott, hogy az ilyen módszerrel mért tapadási együttható értéke ($0{,}45\pm0{,}01$) lényegesen nagyobb, mint ugyanannak a láncnak ugyanazon a felületen más módszerrel mért súrlódási együtthatója ($0{,}27\pm0{,}04$). Ezen szisztematikus hiba csökkentése érdekében egyesek csigát vagy rudat szereltek az asztal szélére, és azon vetették át a láncot.

Mindkét fajta súrlódási együttható mérésénél többen alkalmazták azt a módszert, hogy az egész láncot húzták vízszintes felületen, és közben mérték a lánc elmozdításához, illetve egyenletes (vagy gyorsuló) mozgatásához szükséges erőt. Ehhez a lánc tömegétől függően különböző méréshatárú és érzékenységű rugós erőmérőket alkalmaztak, illetve valamilyen ismert (és változtatható) tömegű nehezéket használtak. *Biró István* (Marosvásárhely, Bolyai F. Líceum 11. o.t.) pl. homokot szórt egy kis serpenyőbe, amely egy csigán átvetett cérna segítségével mozgatta a láncot. *Vigh Máté* (Pécs, Babits M. Gimn., 10. o.t.) egy olyan rugós erőmérőt használt, amely közvetlenül a maximális erőt mérte, ugyanis a rugó megakadt a legnagyobb kitérésnél, s így kellő pontossággal jelezte a lánc megmozdításához szükséges erőt. Ugyancsak ő a láncot egy játékautóból kiszerelt villanymotorral mozgatta, mert – érvelése szerint – a sebesség állandóságát akár „szemre” is meg lehet állapítani, de pontosabb, ha egy kis villanymotor segítségével oldjuk meg a lánc vontatását.

A másik – ugyancsak többek által alkalmazott – módszer a lánc lejtőn való csúsztatása volt. Ennél a módszernél a lejtő hajlásszögét változtathatjuk, s mérhetjük, hogy mekkora hajlásszög esetén csúszik meg a lánc, illetve mekkora szög esetén csúszik egyenletesen vagy gyorsulva. *Szilágyi Péter* (Debreceni Egyetem Kossuth L. Gyak. Gimn., 10. o.t.) mérési jegyzőkönyve szerint a lánc elhelyezése a lejtőn némi gondot okozott. Ha vízszintesen helyezte el a láncot, az gurulni kezdett; ha kupacba tömörítette, akkor a különböző láncszemek másképpen mozogtak; a lejtő mentén lerakott lánc szemei pedig helyenként egymásba csúsztak. (Tapasztalata szerint még a „hosszanti” láncfektetés bizonyult a leghasználhatóbbnak.)

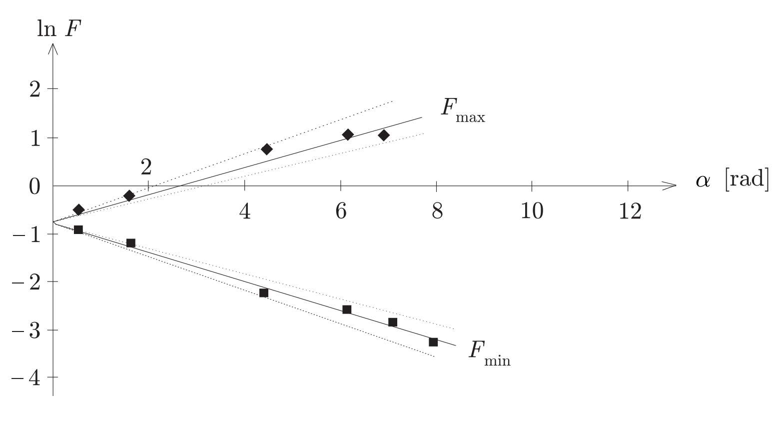
Geresdi Attila egy harmadik – mások által nem alkalmazott – módszert is talált a tapadási súrlódási együttható mérésére. Azt vizsgálta, hogy mekkora F erővel lehet az egyik végénél fogva egyensúlyban tartani egy rögzített hengerre felcsévélt láncot, ha a lánc másik végét F_0 nagyságú erő feszíti. Elméleti megfontolások szerint az egyensúly feltétele:

$$F \le F_{\max} = F_0 e^{\mu\alpha},$$

illetve

$$F \ge F_{\min} = F_0 e^{-\mu\alpha},$$

ahol α a láncnak a hengerrel érintkező részét jellemző szög (radiánban), μ pedig a tapadási együttható. Az idézett képletek abban a közelítésben érvényesek, ha a lánc súlya a láncot feszítő erőkhöz képest elhanyagolható; ennek biztosítása érdekében egy igen könnyű (4 g tömegű) láncot választott, amelyet az egyik végén 50 g-os súllyal terhelt. Fahenger gyanánt az iskolai szertárban talált, 3 különböző átmérőjű hengerből álló lakkozott facsigát használt, melynek középső, 3 cm széles tartománya alkalmas volt a méréshez. A lánc feltekerésének szögét $\pi/4$ és 4π értékek között változtatva rugós erőmérővel megmérte $F_{\max}$ és $F_{\min}$ értékeit (az egyik a súly felhúzásának, a másik a leengedésének határesetéhez tartozó erő), majd ezek természetes alapú logaritmusát ábrázolta α függvényében. A mérési adatokra egy-egy egyenest illesztett (lásd az *ábrát*), és ezek meredekségéből leolvasta a tapadási súrlódási együttható mért értékét, valamint (a pontozott vonalak meredekségéből) a mérés becsült hibáját. Így kapta a korábban már idézett $\mu_{\rm t}=0{,}27\pm0{,}04$ eredményt.



A mérési eredmények nehezen lennének összehasonlíthatók, hiszen a legkülönbözőbb felületeken és igen különböző láncokkal mértek a versenyzők. Valamennyien arra következtettek, hogy a tapadási együttható nagyobb, mint a csúszási súrlódásé, de a két érték különbsége nem jelentős, néhol alig nagyobb, mint a mérési hiba. Néhány tipikus tekinthető eredmény *Biró István* méréseiből (az első szám a csúszási, a második a tapadási együttható):

– gyöngy festett lemezen:	0,20	0,26
– gyöngy fémen:	0,28	0,31
– gyöngy csiszolópapíron:	0,66	0,89
– kutyalánc festett lemezen:	0,20	0,26
– kutyalánc fémen:	0,23	0,26
– kutyalánc csiszolópapíron:	0,69	0,76

A mérés hibáját elsősorban az erőmérés pontossága, illetve a lejtős módszernél a szögmérés hibája határozza meg. Statisztikus hiba a különböző körülmények, illetve különböző módszerekkel mért adatok szórásából becsülhető. Reálisnak tekinthető a 3–5%-os relatív hiba (erőmérő használata esetén), illetve 2–3%-os relatív hiba (lejtős módszernél).

Megjegyzés. A versenyzők többsége a fentiekhez hasonló mérési eredményeket és hibaszázalékokat kapott. Ettől lényegesen eltérő számokat csak egyetlen tanuló adott meg, ő a súrlódási együtthatókra

$$\mu_{\text{tapadási}} = (5{,}150 - 6{,}760) \cdot 10^{-3}, \qquad \mu_{\text{csúszási}} = (4{,}010 - 6{,}514) \cdot 10^{-3}$$

értékeket mért. Lehetséges, hogy a láncának „kereke” volt?