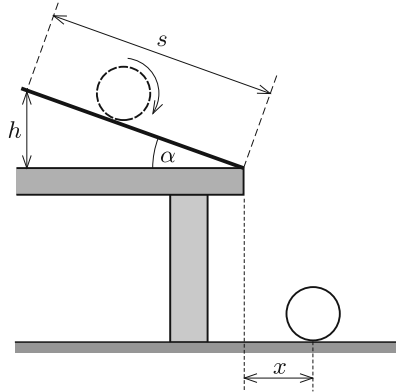


Mérési eszközök: lejtő, asztal, mérőszalag, vonalzó, olló, ragasztószalag, papírlapok.

Mérési elrendezés és a mérés menete

A lejtőt az asztal tetejére helyeztem. Az asztal szélével egyvonalban jelet tettem a padlóra, és odatettem a mérőszalag végét. A papírhengert és a pénzérmét a lejtőn mindig ugyanarról a helyről indítottam, majd a földre érkezés helyét a mérőszalag segítségével határoztam meg. A papírhengernél a padlóval történő első érintkezési pontját figyeltem, a léérkező érménél a pénzdarab „elejét” tekintettem. Az érménél öt mérésből, a papírhengernél különböző átmérőknél tíz-tíz mérésből átlagoltam.



Mérési adatok

$$h = 26,3 \text{ cm},$$

$$s = 73,5 \text{ cm},$$

$$\alpha \approx 22^\circ.$$

A pénzérme mért adatai (N a mérés sorszáma):

N	1	2	3	4	5
x [cm]	31,3	33	33	33,7	35,7

A papírhengerek mért adatai különböző d átmérő esetén:

$$d_1 = 8,9 \text{ cm}$$

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x [cm]	13	14	11	10	10	12	11	9	10	7

és így tovább összesen hat különböző átmérőjű papírhengernél ...

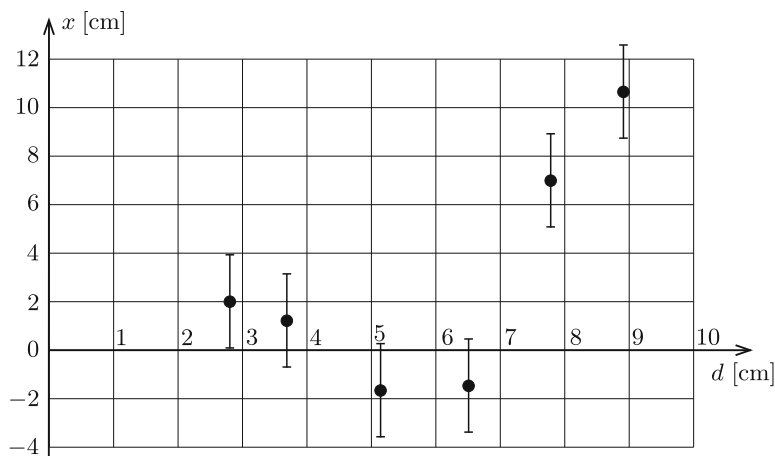
$$d_6 = 2,8 \text{ cm}$$

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x [cm]	0	0	2	4	2	3	2	1	3	3

A papírhengerekre vonatkozó adatok összesítése:

d [cm]	8,9	7,7	6,5	5,1	3,7	2,8
$x_{\text{átlag}}$ [cm]	10,7	6,8	-1,3	-1,6	1,1	2,0

A mért adatok meglehetősen nagy szórása azt mutatja, hogy az eredmények hibája kb. ± 2 cm.



A papírhenger vízszintes elmozdulása a henger átmérőjének függvényében

Hibaforrások:

- a papírhenger deformálódik, alakja eltérhet a hengertől,
- a hossz mérés pontatlansága (nem számottevő),
- a leérkezés helyének pontatlan meghatározása (ez a legjelentősebb hibaforrás),
- a papírhenger „könnyűsége” miatt már a viszonylag kis légáramlat is befolyásolja a mérést.

Az egyes hibaforrásokat nehéz számszerűen jellemezni, az egész mérés pontatlanságáról leginkább a mérési adatok erős szórása árulkodik.

Tapasztalatok

Amint az várható volt, a pénzérme sokkal távolabb érte el a padlót, mint a papírhenger, hiszen rá a tömegéhez képest sokkal kisebb közegellenállási erő hat. Igaz ugyan, hogy a csúszási súrlódási erő jobban fékezi a mozgást, mint a gördülési ellenállás, de – a tapasztalat szerint – a légellenállás mindkét hatásnál jelentősebb.

A mérés során megfigyelhetjük, hogy a henger egy eléggé szokatlan pályán mozog. Azt is észrevehetjük, hogy az $x-d$ grafikon egy viszonylag bonyolult görbe, a jelenséget tehát nem lehet egyszerűen megmagyarázni. A papírhenger egyszerre végez forgó- és haladó mozgást, így a légellenálláson kívül az ún. *Magnus-hatás* is megjelenik. (A forgó henger felülete és a vele érintkező levegő közötti „súrlódás” hatására a levegőben „cirkuláció” alakul ki, és ez a haladó mozgás irányára merőleges erőt eredményez.)

Meglepő tapasztalat, hogy a papírhenger vízszintes irányú x elmozdulása bizonyos hengerátmérők esetén negatív is lehet, vagyis a forogva eső henger visszakanyarodhat az asztal felé. Ezt a furcsa viselkedést a Magnus-hatás okozhatja.

Pácsi Péter (Zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimn., 11. évf.)