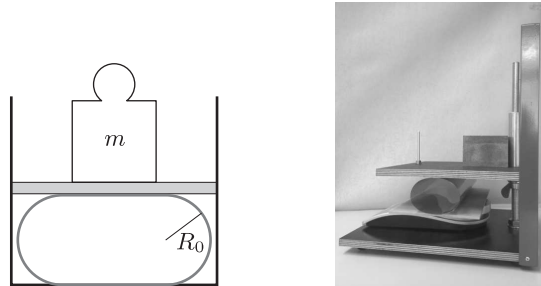


## Kísérleti feladat

A kísérleti feladat két részből állt, melyek megoldásához részben ugyanazokat a kísérleti eszközöket kellett használni.

### 1. feladat. Lapok rugalmassága

Ebben a feladatban írásvetítő fólia rugalmassági adatait, hajlítási szilárdságát és Young-modulusát vizsgálták a versenyzők. Először a fóliát henger alakúra kellett hajlítani, majd egy speciális „préssel” a hengert oldalról összenyomva a nyomóerő függvényében a benyomódást mérték. Az elrendezés elvi vázlatja és fényképe az 1. ábrán látható.



1. ábra. Az elrendezés elvi rajza, és a henger alakúra hajlított fólia a rugalmasságát mérő préssben

A prés alján egy digitális mérleg helyezkedett el, erről lehetett leolvasni az  $F = mg$  nyomóerőt. (A mérleg az  $m$  tömeget jelezte ki grammokban.) A prés felső lapját szárnyas anyacsavarral lehetett finoman mozgatni. A csavar elfordulásából következtetni lehetett a benyomódásra.

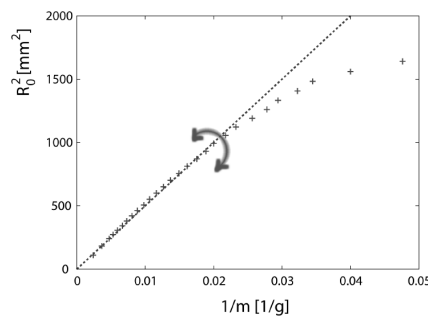
Elméleti megfontolások alapján a benyomott fólia alakja elegendően nagy összenyomás esetén jól közelíthető stadion alakúval, mely két  $R_0$  sugarú félkörből és két egyenes szakaszból áll. Ilyenkor az  $R_0$  sugár és az  $F$  nyomóerő között az

$$(*) \quad R_0^2 = \frac{l\kappa\pi}{2F}$$

összefüggés áll fenn, ahol  $\kappa$  a fólia anyagára jellemző hajlítási szilárdság,  $l$  pedig a henger magassága. Látható, hogy az elrendezés nem ideális rugóként viselkedik.

A versenyzőknek össze kellett állítaniuk a kísérleti elrendezést, és több fólia esetén is meg mérték az  $F$  erőt a prés  $2R_0$  szélességének függvényében. Fel kellett ismerjenek bizonyos szimmetriákat, továbbá feladatuk volt az egyensúlyi helyzetek megkeresése és ezek stabilitás-vizsgálata. Ezután alkalmasan transzformált adatok ábrázolásával igazolni kellett, hogy a (\*) formula valóban helyes egy bizonyos  $R_0 < R_c$  tartományban. Végül meg kellett határozni az  $\frac{R_0}{R_c}$  értéket, a  $\kappa$  hajlítási szilárdságot, és abból adott összefüggés alapján a fólia Young-modulusát.

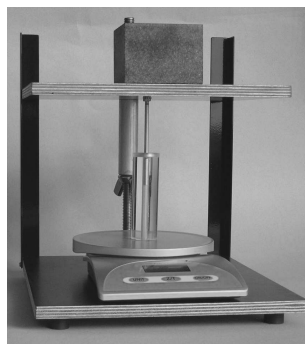
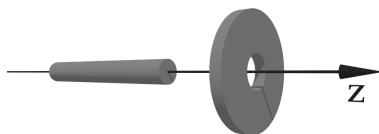
Kiértékeléskor nagyon fontos, hogy olyan transzformált mennyiségeket ábrázoljunk a grafikonon, melyek között lineáris kapcsolat van. Például ábrázolhatjuk  $R_0^2$ -et a mérleg által mutatott  $m = F/g$  tömeg reciprokának függvényében. A 2. ábrán egy valódi mérésből származó grafikon látható. A nyíl jelzi a stadion közelítés érvényességi tartományát. Jól láthatóan ebben a tartományban a transzformált adatok között egyenes arányosság áll fenn.



2. ábra. Az  $x = 1/m = g/F$ ,  $y = R_0^2$  mennyiségek ábrázolásával kapott grafikon

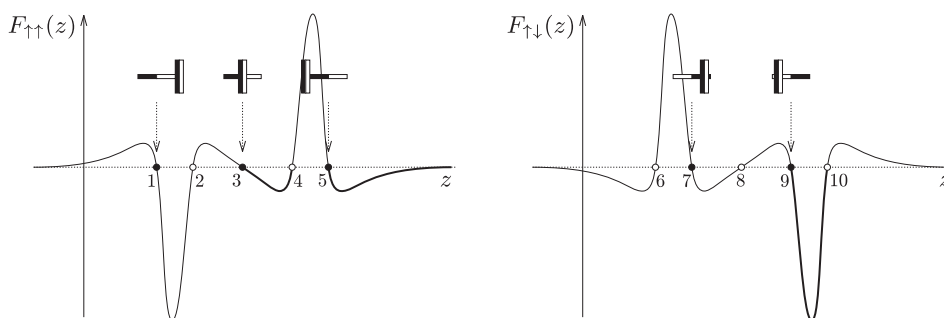
### 2. feladat. Mágnesek közötti erők, stabilitásvizsgálat, szimmetriák

Ebben a feladatban a versenyzők egy hosszú rúd mágnes és egy gyűrű alakú mágnes közti erőt mérték a mágnesek közti távolság függvényében. Fel kellett ismerjenek bizonyos szimmetriákat, továbbá feladatuk volt az egyensúlyi helyzetek megkeresése és ezek stabilitásának vizsgálata. A gyűrű alakú mágnes egy átlátszó műanyagcső végére volt ragasztva. A rúd mágneset ebbe a csőbe kellett bedugni, ez biztosította, hogy a két mágnes tengelye mindig egy egyenesbe essék (3. ábra). Az erőt az előző mérésnél is használt digitális mérlegre szerelt préssel mérték.



3. ábra. A két mágnes elvi rajza, és elhelyezkedésük a présben

A megoldást nehezítette, hogy a rúd mágnesre csak a felfelé irányban ható erőt lehetett mérni, hiszen a prés csak tolni tud, húzni nem. Persze ha a rúd mágnes polaritását megfordítjuk, akkor az erő iránya is ellenkezőjére vált, így lehet felvenni a teljes görbét. A 4. ábrán látható a mágnesek között mért  $F$  erő a rúd mágnes  $z$  helyzetének függvényében párhuzamos, illetve ellentétes polaritás esetén. (A két mágnes középpontjának távolsága  $z$ .)



4. ábra. A két mágnes között mérhető  $F$  erő a  $z$  távolság függvényében párhuzamos, illetve ellentétes polaritás esetén

A görbék meglepően bonyolultak, annak ellenére, hogy több érdekes szimmetriát is mutatnak! Mindkét függvény páratlan függvény, és az egyik mágnes polaritásának megváltoztatásakor az erő is előjelet vált, azaz:

$$F_{\uparrow\uparrow}(z) = -F_{\uparrow\uparrow}(-z), \quad F_{\uparrow\downarrow}(z) = -F_{\uparrow\downarrow}(-z), \quad F_{\uparrow\uparrow}(z) = -F_{\uparrow\downarrow}(z).$$

A görbék zérushelyei felelnek meg az egyensúlyi helyzeteknek. Az egyensúly stabil, ha az erő az egyensúlyból való kitéréssel ellentétes irányú, azaz ha a görbe negatív meredekséggel metszi az  $x$  tengelyt. Ellenkező esetben az egyensúlyi helyzet instabil. Az ábrán teli körök jelölik a stabil, üres körök az instabil egyensúlyi helyzeteket.

A versenyzőknek az egyensúlyi helyzeteket kellett megkeresniük és osztályozniuk, a szimmetriákat kellett megállapítaniuk, és az  $F(z)$  grafikonok egyes szakaszait kimérve, a szimmetriák figyelembevételével kvalitatíven fel kellett rajzolniuk a teljes grafikonok menetét.