

2. Mechanikai feketedoboz: golyó egy csőben

Egy M tömegű, üreges cső belsejében, a cső felső vége alatt z távolságban egy m tömegű, kicsiny, súlyos golyó van rögzítve. A csövön egy sor lyuk található, melyek merőlegesek a cső központi tengelyére. Ezek a lyukak tengelyként szolgálnak, így a cső függőleges síkú lengésbe hozható.

Ebben a feladatban olyan roncsolásmentes vizsgálatokat kell végezned, melyekkel a következő mennyiségeket kell meghatároznod a mérési hibák megadásával együtt:

- i. a golyó-cső rendszer tömegközéppontjának helyzete;

Készíts vázlatos rajzot is a tömegközéppont helyzetének meghatározásakor használt összeállításról!

[1.0 pont]

- ii. a golyó z távolsága a cső felső végétől;

[3.5 pont]

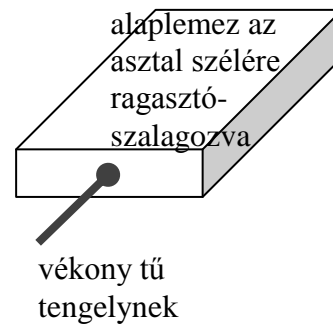
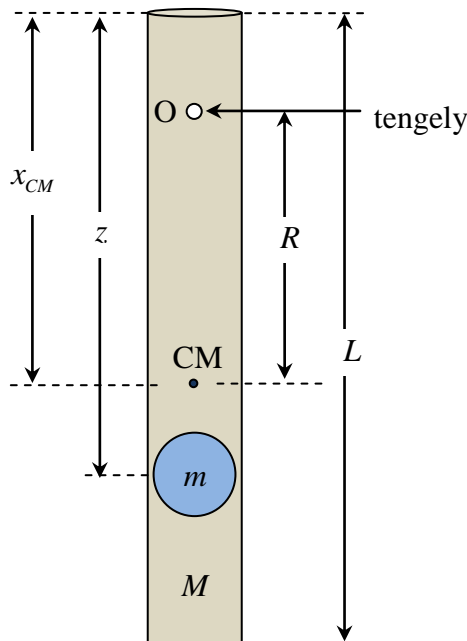
- iii. a $\frac{M}{m}$ arány;

[3.5 pont]

- iv. a g nehézségi gyorsulás mért értéke.

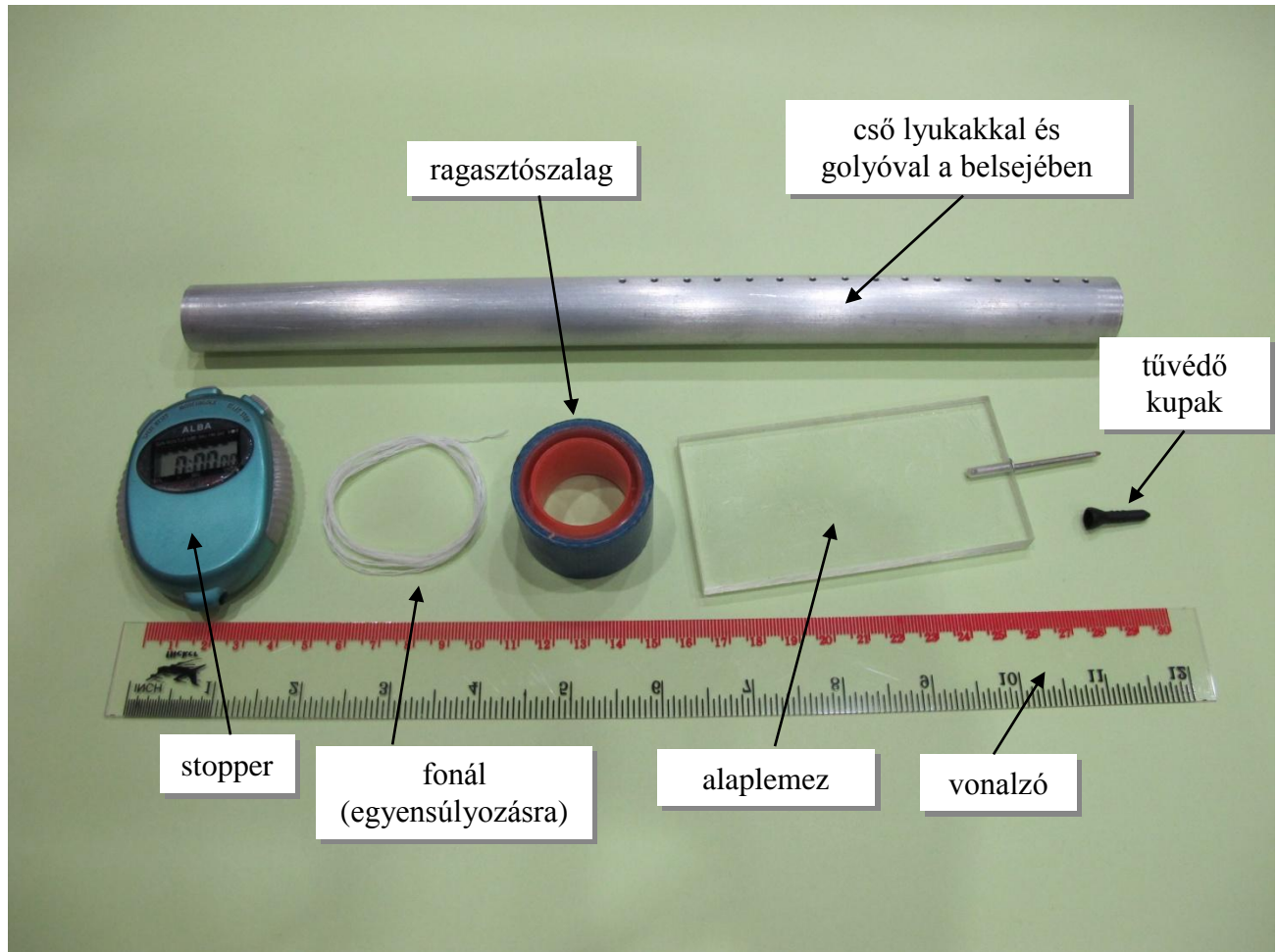
[2.0 pont]

Eszközök: egy cső lyukakkal és golyóval a belsejében, alaplemez kiálló tűvel, tűvédő kupak, vonalzó, stopper, fonál, egy ceruza és ragasztószalag;



x_{CM} - a tömegközéppont (CM, center of mass) távolsága a cső felső végétől mérve

R - a tömegközéppont tengelytől mért távolsága



Vigyázat: A tű hegyes. Ha nem használod, a biztonság kedvéért tedd rá a tűvédő kupakot!

Hasznos tudnivalók:

1. Erre a fizikai ingára kis kitérések esetén fennáll a $((M + m)R^2 + I_{CM}) \frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -g(M + m)R\theta$ közelítő összefüggés, ahol I_{CM} a cső-golyó rendszer tehetlenségi nyomatéka a közös tömegközéppontra vonatkoztatva, θ pedig a szögkitérés.
2. Egy L hosszúságú, M tömegű cső tehetlenségi nyomatékát a cső tömegközéppontjára vonatkoztatva, a szimmetriatengelyére merőleges forgási tengelyre közelítsd az $\frac{1}{3}M \left(\frac{L}{2}\right)^2$ formulával!
3. A Steiner-tétel szerint általánosan igaz, hogy egy \mathcal{M} tömegű test tehetlenségi nyomatéka tetszőleges forgástengelyre vonatkoztatva: $I = I_{TK} + \mathcal{M}x^2$, ahol I_{TK} a test tömegközépponton átmenő, az előzővel párhuzamos tengelyre vonatkozó tehetlenségi nyomatéka, x pedig a két tengely távolsága.
4. A golyó tömegpontként kezelhető, amely a cső szimmetriatengelyén helyezkedik el.
5. Tételezd fel, hogy a cső egyenletes tömegeloszlású és a végein található lezárások elhanyagolható tömegűek!