

A mérés megkezdése előtt célszerű néhány próbaejtést végezni, hogy meghatározzuk, milyen tartományban érdemes változtatni a pálcák hosszát, az ejtés magasságát, és körülbelül mekkora merülési mélységekre számíthatunk. Láthatjuk, hogy a pálcikák hosszát nem érdemes túl kicsire (10 cm-nél rövidebbre) választani, ugyanis ekkor a pálca igen gyakran elferdül és közben, és nem függőlegesen csapódik a vízbe. A hurkapálcikák hossza körülbelül 40 cm, így ennél hosszabb pálcákkal sem kísérletezhetünk. Az ejtési magasságot növelve is azt tapasztaljuk, hogy egyre nehezebb a pálcák pontos, függőleges indítása, a hosszabb ideig tartó és alatt a pálcák könnyebben elferdülnek. Így a maximális ejtési magasságot egy–másfél méter körüli értékek célszerű választani. Ilyen értékek mellett a legnagyobb merülési mélység 40–50 cm, így ennek megfelelően elegendően mély edényt (pl. nagy akváriumot, hosszú mérőhengert) kell használnunk a kísérlethez.

A kísérletezőknek általában a pálcák pontos, függőleges indítása és a merülési mélység pontos leolvasása okozott gondot. A precíz indítás megvalósítására különböző ötletek születtek; volt, aki a hurkapálcikát cérnaszálra függesztette, és azt elégetve indította az esést, volt aki csipesszel oldotta meg az indítást, és voltak, akik a hurkapálcánál alig vastagabb csőben ejtették a pálcát a vízbe, így biztosítva, hogy függőlegesen essék. A merülési mélységet a legtöbb kísérletező úgy határozta meg, hogy az átlátszó falú vizes edénybe jól látható skálát helyezett, és szemmel olvasta le a maximális merülési mélységet. Néhány megoldó úgy állította be a víz szintjét, hogy (adott ejtési magasság mellett) a pálca éppen „koppanjon” (vagy éppen ne koppanjon) az edény alján, és így mérte a merülési mélységet. Ez a módszer pontosabb a szemmel való leolvasásnál, azonban gondos próbálgatást, több türelmet igényel. Mások színezett vízbe ejtették a hurkapálcát, és abból következtek a legnagyobb merülési mélységre, hogy meddig fogta meg a színes folyadék a pálcát. (Természetesen ez a módszer csak abban az esetben alkalmazható, ha a hurkapálca nem merül el teljesen.) *Horváth Péter* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., IV. o.t.) minden egyes ejtést videokamerával rögzített, és a maximális merülési mélységet a felvett képsor „kikockázásával” állapította meg. Minthogy a kamera másodpercenként 25 képet készít, ez a módszer igen pontos.

A mérés elvégzésekor még néhány apróságra érdemes figyelmet fordítanunk! A hurkapálcák néhány ejtés után jelentősen megszívják magukat vízzel, fajsúlyuk megnő, mélyebbre süllyednek. Ezért a méréseket célszerű egyforma nedvességű pálcákkal végezni. (Vagy szárítsuk meg a pálcákat a mérések után, vagy minden mérést egyforma nedvességű pálcával végezzünk.) Törekedjünk arra, hogy a felhasznált hurkapálcák szabályosak legyenek, ne legyenek görbék, és a végük se legyen törött.

*1. grafikon*

Süllyedési mélység az ejtési magasság függvényében

*Liptai Bernadett* (Kazincbarcika, Ságvári E. Gimn., I. o.t.) a hurkapálcák hosszát 10 cm és 40 cm között változtatta, az ejtési magasságot pedig 10 cm-től 186 cm-ig növelte 5–10 centiméteres lépésekben. Mérési adatait a *táblázat*, illetve az *1. és 2. grafikon* mutatja. A táblázatban minden adat öt független mérés átlaga. A  $H$  ejtési magasság, illetve a  $h$  süllyedési mélység a víz szintje és a hurkapálca alsó vége közötti távolságot jelenti. A mérési adatok relatív hibája 1–2

százalékos.

Ejtési magasság [cm]	A hurkapálca hossza						
	10	15	20	25	30	35	40
10	12,2	13,5	22,8	25,8	29,0	30,5	34,3
15	13,7	15,8	24,1	27,0	30,5	32,5	35,7
20	15,0	17,8	25,0	28,0	31,6	36,6	36,5
25	17,8	19,8	26,2	30,0	33,6	37,7	37,5
30	18,8	21,4	27,0	31,0	34,2	38,2	37,6
35	20,0	22,5	27,9	33,1	35,1	28,7	38,1
40	21,3	24,2	28,9	34,2	36,6	39,0	38,5
45	22,5	25,4	30,3	35,2	37,9	39,7	39,0
50	23,4	26,5	31,3	36,0	38,8	40,5	39,5
60	24,9	28,2	33,0	37,4	40,0	41,3	40,0
70	26,0	29,4	34,0	38,6	41,1	42,0	40,6
80	27,2	30,6	35,1	40,0	42,8	42,5	41,3
90	27,6	31,4	36,6	41,3	43,9	43,3	42,5
100	–	–	35,4	–	44,0	43,7	–
110	–	–	35,8	–	–	43,3	–
120	–	–	35,6	–	–	43,3	–
125	–	–	–	–	43,9	–	–
130	–	–	35,6	–	–	43,5	–
140	–	–	35,4	–	–	43,3	–
150	–	–	35,0	–	43,9	43,3	–
160	–	–	34,9	–	–	43,1	–
170	–	–	34,8	–	–	43,1	–
175	–	–	–	–	43,5	–	–
186	–	–	34,8	–	–	–	–

A maximális merülési mélység a hurkapálca hossza és az ejtési magasság függvényében

## 2. grafikon

Süllyedési mélység a pálca hosszának függvényében

Az *1. grafikonról* jól látható, hogy (bármely pálcahossz mellett) a maximális süllyedési mélység kezdetben lineárisan nő az ejtési magassággal, majd a görbe ellaposodik, telítésbe megy. A *2. grafikon* azt mutatja, hogy a süllyedési mélység a pálcahosszak függvényében is közel lineárisan nő (rögzített ejtési magasság mellett).

*Major Zsuzsanna* (Stuttgart, Friedrich-Eugens Gymn., III. o.t.) rövid számolást végzett azzal az egyszerűsítéssel,

hogy a süllyedő pálcára csak a nehézségi- és a felhajtóerő hat, a közegellenállási erő azonban nem. Megmutatta, hogy ebben az esetben maximális süllyedés lineárisan függ mind az ejtési magasságtól, mind a pálcahossztól, így az 1. grafikonon a görbék „ellaposodása”, a lineáristól való eltérése azt jelzi, hogy ebben a tartományban a közegellenállás jelentősen befolyásolja a vízben a mozgást.