Egyszerű mozgások vizsgálata

Asztalos Bogdán (7. mérőpár)

mérés időpontja: 2017. 03. 21.
jegyzőkönyv leadásának időpontja: 2017. 03. 28.

A mérés célja

A mérésben az egyszerű mozgásokra vonatkozó törvényszerűségeket vizsgáljuk. Két mozgásfajtát vizsgálunk, az egyenes vonalú egyenletes mozgást a Mikola-cső segítségével, és az egyenletesen gyorsuló mozgást ejtőgéppel. Az első esetben belátjuk, hogy a Mikola-csőben a buborékok úszása egyenletes, és megvizsgáljuk a sebességnek a szögtől való függését. A második esetben pedig az egyenletesen gyorsuló mozgást kinematikailag leíró $s = \frac{a}{2}t^2$ egyenletet bizonyítjuk kísérleti úton, és megmérjük a gravitációs gyorsulás értékét.

A továbbiakban ezt a két mérést egymástól függetlenül elemezzük.

1. Buborékok mozgásának vizsgálata Mikola-csőben

A mérés eszközei

- Mikola-cső, skálával az oldalán
- állvány, amin a Mikola-cső szöge beállítható és rögzíthető
- számítógép, a mérést segítő szoftverrel

A mérés menete

A Mikola-csövön meg volt jelölve hat pozíció, ezek helyét a skála 0 pontjától mérve leolvastuk, és beállítottuk a számítógépbe. A Mikola-cső az állványon úgy van elhelyezve, hogy tetszőleges szögben állva tudjuk rögzíteni. Miután a buborékot a cső gumival ellátott végébe ér, a gumit elszorítjuk, és a csövet beállítjuk a megfelelő állásba. Ezután, kiengedjük a gumiból a buborékot, és a számítógépen az ENTER megnyomásával jelezzük, hogy a buborék elérte a soron következő jelet. Az utolsó jel elérése után a szoftver elemzi, hogy melyik jelet mikor éri el, egyenest illeszt, és kiírja a kapott adatokat.

Ezt összesen 7 különböző állás mellett csináltuk meg, így a különböző szögben álló Mikola-csőben úszó hullámok sebességét is meg tudjuk vizsgálni.

Hibák

- A beosztások helyzetének hibás leolvasása
- A reakcióidő, ami eltelik a buborék az adott jelhez való elérése és az ENTER megnyomása között
- A billentyű megnyomásának érzékelésének időbeli bizonytalansága

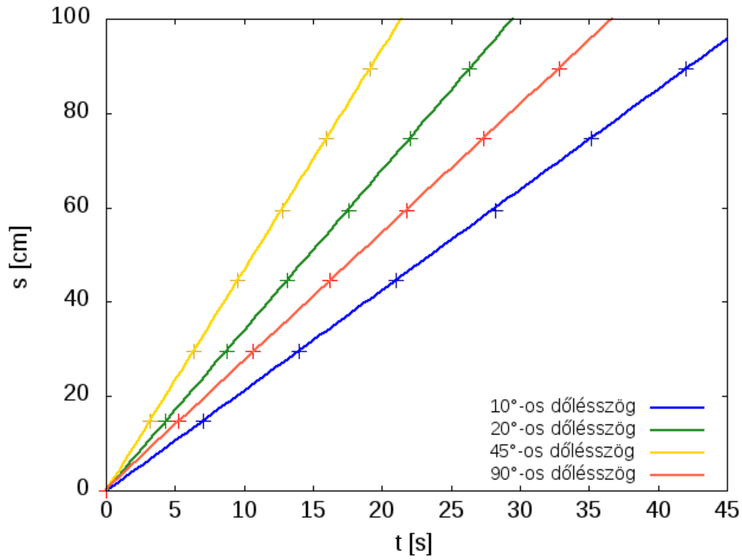
Kiértékelés

A mérési eredményeket az 1. táblázat tartalmazza. A gép által mért időket két tizedesjegyig írtam le, hiszen ennél pontosabban nem lehet mérni, mert pusztán a billentyű lenyomása tizedmásodperc nagyságrendű idő. A korrelációs együtthatók értéke minden esetben egy tízezrednél jobban megközelíti az 1-et, tehát a mérési adatok (a mérés pontosságán belül) teljes mértékben korrelálnak, vagyis egyértelműen kijelenthető, hogy a Mikola-csőben úszó buborék sebessége állandó.

s [cm]		Alfa [°]						
		10	20	40	45	50	70	90
		t [s]						
0.	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.	14,7	7,05	4,28	3,34	3,21	3,29	3,79	5,19
2.	29,5	13,94	8,76	6,54	6,36	6,43	7,48	10,67
3.	44,5	20,98	13,11	9,82	9,54	9,67	11,32	16,20
4.	59,5	28,16	17,60	13,08	12,77	12,88	15,22	21,78
5.	74,6	35,13	22,00	16,39	15,96	16,06	19,02	27,34
6.	89,5	41,98	26,33	19,42	19,13	19,21	22,74	32,84
v [cm/s]		2,13	3,39	4,60	4,68	4,67	3,93	2,72
R		0,999984	0,999987	0,999931	0,999993	0,999969	0,999986	0,999981

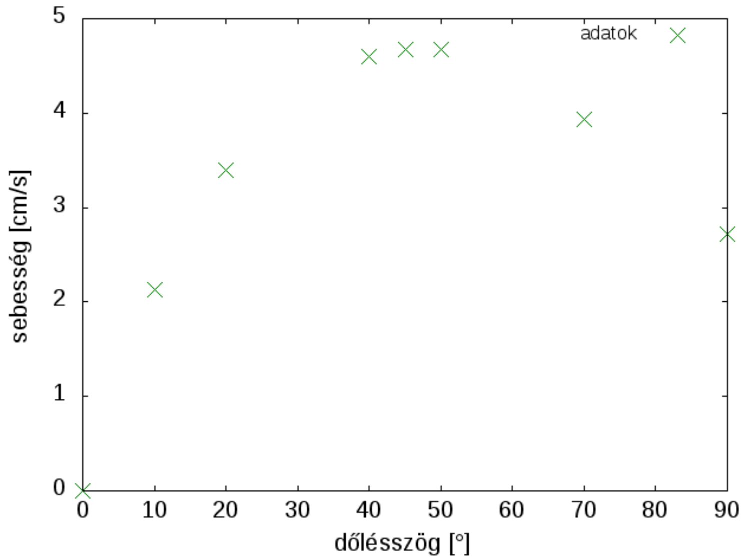
1. táblázat. A Mikola-csőben úszó buborék bizonyos utak megtételéhez szükséges idő a cső hajlásszögének függvényében.

A buborék mozgásának út-idő grafikonját néhány hajlásszög esetén az 1. ábra ábrázolja. Ezeken is látszik, hogy a mérési pontok szinte tökéletesen illeszkednek az egyenesre, valamint, hogy ezek az egyenesek meredekségei (azaz a buborék sebessége) különböző hajlásszögek esetén különböző.



1. ábra. A buborék mozgásának út-idő grafikonja különböző hajlásszögek esetén

Az, hogy a sebesség és a hajlásszög közötti összefüggés nem lineáris (még csak nem is monoton), az már az 1. ábráról is leolvasható, de a pontos karakterisztika nem. Részletesebb összefüggésért több mérési pontra lenne szükség, de az összefüggés milyensége ezekből is kivehető. A mért sebességet a Mikola-cső hajlásszögének függvényében a 2. ábra mutatja.



2. ábra. A Mikola-csőben úszó buborék sebessége a hajlásszög függvényében

A legnagyobb mért sebesség 45°-nál mértük, körülötte kisebbek. Ennek okát a buborékra ható erőkben kell keresni. Amikor a csövet megdöntjük, a buborék alsó végén nagyobb lesz a nyomás, mint a tetején, ezért indul el fölfele. Ugyanakkor, a buborék a cső tetejéhez szorul, ami súrlódásként mutatkozik meg, továbbá, a vízzel szembemenetel is közegellenállást mutat, így hatnak rá ellenerők is, ezért lehet, hogy a mozgása egyenletes. Kis dőlésszögeknél a fékezőerők nagysága nem változik olyan mértékben, mint a nyomáskülönbség, hiszen sem a buborék falhoz nyomódása, sem a folyadék áramlási körülményei nem sokat változnak, ezért van, hogy a dőlésszöget növelve, eleinte a sebesség is nőni fog.

Nagyobb szögeknél viszont a buborék nem egyértelműen a cső tetejéhez szorul, hanem egyre szélesebb lesz, így egyre nagyobb felületen érintkezik a fallal, ami egyrészt akadályozza a folyadék áramlását, és növeli a súrlódást. Mindkét hatás a buborék lassulását okozza, olyan szinten, hogy 45° körül a sebesség tendenciája megfordul és csökkenni kezd.

Diszkusszió

A buborék egyenes vonalú egyenletes mozgását kis hibán belül igazoltuk minden szög esetén. A sebességnek a szögfüggésének részletes leírásához több mérési helyre lenne szükség, és pontosabb mérési eszközökre, de az összefüggés főbb jellemzőit sikerült megállapítani, és ezekre magyarázatot találni.

2. Gravitációs gyorsulás vizsgálata ejtőgéppel

A mérés eszközei

- Elektronikus óra
- Fémgolyó
- Állvány

- Hosszmérésre alkalmas skála

A mérés menete

Az elektronikus óra indító-érzékelője közelében van egy mágnes, ami képes megtartani a fémgolyót. Amíg a mágnes tartja a fémgolyót, addig az érzékelő nullázza az órát. A mágnes kiengedésével a fémgolyó leesik, bele az óra leállító-érzékelőjébe. Az indítót az állvány segítségével olyan magasságra állíthatjuk be, amennyire akarjuk, és a magasságot az állvány oldalán lévő mérőskáláról leolvashatjuk. Bizonyos magasságból leejtett golyó esési idejét mérve, következtethetünk majd arra, hogy hogyan gyorsul a nehézségi erőtérben.

Hibák

- A magasság hibás mérése
- A légellenállás lassítóereje

Kiértékelés

10 cm-es és 95 cm-es magasságok között összesen 18 különböző magasságon végeztünk méréseket, mindenhol 3-szor. A kapott eredményeket a 2. táblázat (a) része tartalmazza.

Az egyenletesen gyorsuló testek mozgásegyenlete:

$$s = \frac{a}{2}t^2$$

ahol s a t idő alatt megtett út, ha a gyorsulás a. Azt szeretnénk bizonyítani, hogy a szabadon eső test egyenletesen gyorsul, vagyis, hogy fennáll a mozgására ez az összefüggés. A legegyszerűbb a megtett út, és az idő-négyzet közti lineáris kapcsolatot vizsgálni, így a mérési adatokból mindegyik magasság esetén kiszámoltam az adott magassághoz tartozó átlagos esési időt, és annak négyzetét, ezeket a 2. táblázat (b) része tartalmazza. Az esési utat az átlagos esési idő négyzetének függvényében ábrázoltam a 3. ábrán.

A kapott pontokra illesztettem egyenest, aminek egyenlete:

$$s = 0,000493\ \frac{cm}{ms^2} \cdot t^2 + 0,291\ cm$$

Mivel a 0,291 cm a mérésben előforduló távolság adatokhoz elég kicsi, ez tekinthető kísérleti hibának, vagyis az összefüggés valóban lineáris, tehát a szabadon eső test valóban egyenletes gyorsulással mozog.

A 2. táblázat (b) része szintén tartalmazza az egyenes egyenlete alapján illesztett s_ill értékeket, és ennek, valamint ezek, a mért s értékektől való Δs eltérését. A szimmetrikus téglalap módszere alapján az illesztett egyenes meredekségének hibája:

$$\Delta m = \frac{2\,|\Delta s_{max}|}{t_{min}^2 - t_{max}^2} = 1,16 \cdot 10^{-6} \frac{cm}{ms^2}$$

Feltételezve, hogy a golyót gyorsító egyetlen erő a nehézségi erő, a test gyorsulása a nehézségi gyorsulás, ami pedig az egyenes meredekségének a kétszerese, vagyis:

$$g = 9,86 \cdot 10^{-4} \frac{cm}{ms^2} \pm 1,16 \cdot 10^{-6} \frac{cm}{ms^2} = 9,86\ \frac{m}{s^2} \pm 0,0116\ \frac{m}{s^2}$$

s [cm]	t [ms]		
	1.	2.	3.
10	141	141	141
15	173	173	173
20	200	200	200
25	224	223	224
30	245	245	245
35	266	265	266
40	284	283	284
45	301	301	301
50	318	318	317
55	333	333	333
60	348	348	348
65	362	362	362
70	376	376	376
75	389	389	389
80	402	402	402
85	415	415	415
90	427	427	427
95	438	438	438

(a)

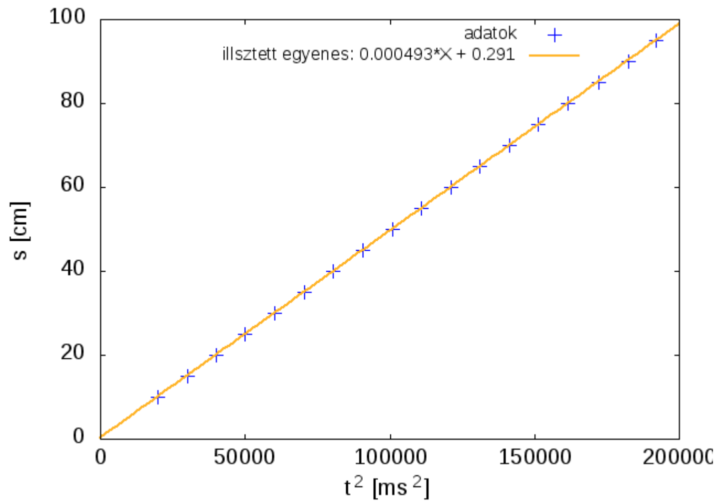
t [ms]	t^2 [ms^2]	$s_{mért}$ [cm]	s_{ill} [cm]	Δs [cm]
141	19881	10,0	10,09	-0,09
173	29929	15,0	15,05	-0,05
200	40000	20,0	20,01	-0,01
224	50027	25,0	24,95	0,05
245	60025	30,0	29,88	0,12
266	70579	35,0	35,09	-0,09
284	80467	40,0	39,96	0,04
301	90601	45,0	44,96	0,04
318	100912	50,0	50,04	-0,04
333	110889	55,0	54,96	0,04
348	121104	60,0	60,00	0,00
362	131044	65,0	64,90	0,10
376	141376	70,0	69,99	0,01
389	151321	75,0	74,89	0,11
402	161604	80,0	79,96	0,04
415	172225	85,0	85,20	-0,20
427	182329	90,0	90,18	-0,18
438	191844	95,0	94,87	0,13

(b)

2. táblázat. (a) Adott magassághoz tartozó esési idők; (b) A mért adatokból továbbszámolt értékek

Diszkusszió

Azt, hogy a test egyenletesen gyorsuló mozgást végez bizonyítottuk, a nehézségi gyorsulás értékére pedig $9,86\ \frac{m}{s^2}$ jött ki, ami közel van az irodalmi $9,81\ \frac{m}{s^2}$ értékhez, de ez nincs benne a hibahatárban. Ennek oka, hogy a mérés legfőbb hibaforrását, a magasságmérés hibáját nem vettük figyelembe a számolások során. A magasság beállítását 1-2 mm-es bizonytalansággal végeztük, amit figyelembe véve a számításoknál, nem sokkal módosítaná az eredményt, de a hibát megnövelné annyira, hogy beleessen az irodalmi adat.



3. ábra. Az esési magasság az esési idő négyzetének a függvényében