

A dinamika alaptörvényének vizsgálata Fletcher-kocsival

Asztalos Bogdán (7. mérőpár)

mérés időpontja: 2017. 04. 11.

jegyzőkönyv leadásának időpontja: 2017. 04. 25.

A mérés célja

Newton második törvénye, azaz a dinamika alaptörvénye szerint egy test gyorsulása arányos az erőhatás mértékével, ami hat rá. Az arányossági tényező a tehetetlenség mértéke, vagyis a test tömege. Ez alapján, tehát a test mozgásegyenlete: $Ma = F$, ahol M a tömeg, a a gyorsulás F pedig a ható erő. A mérés célja ezt az összefüggést igazolni a Fletcher-kocsi mozgásának tanulmányozásával.

A mérés eszközei

- Fletcher-kocsi és sín, amin egyenes vonalban mozoghat
- Fonal, egy állócsigán átvetve
- 10 g -os tömegek, amik a lógó fonál végére akaszthatunk
- Fénykapus jeladó, amely a kocsi helyzetét tudja mérni, valamint a Science Workshop interface, ami ennek az adatait a számítógépre továbbítja
- Data Stúdió nevű szoftver, ami az adatokat feldolgozza

A mérés menete

A fonál végére súlyt helyeztünk, a kocsit pedig elhúztuk a sínnek a csigával átellenes végéig, majd elengedtük. Mivel a lelógó testre hat a nehézségi erő, ez elkezd húzni a kocsit, így mozgásba jön. A fénykapu méri a kocsi helyzetét az idő függvényében, és ezeket az adatokat továbbítja a Data Stúdió nevű szoftvernek. A program az $s - t$ adatpárokat $v - t$ adatpárokká alakítja, és ezeket ábrázolja a képernyőn. Feltételezve, hogy a kocsi gyorsulása egyenletes, az adatokra egyenest illesztve, az egyenes meredekségeként kapjuk a gyorsulást.

Ismerve a kocsi, és a lelógó test tömegét ki tudjuk számolni mind a rendszer tömegét, mind pedig a rendszerre ható erő nagyságát. Különböző tömeg-párok mellett megmérve a gyorsulást, már megvizsgálhatjuk, hogy mennyire teljesül a dinamika alaptörvénye. Összesen 3 féle kocsitömegnél ($M_i = 500\text{ g}$ -os, 1000 g -os és 1500 g -os kocsiknál) mértünk, és minden alkalommal a fonál végére 6 féle tömeget akasztottunk (10 g -onként). Minden tömegpár esetén három különböző alkalommal mértünk gyorsulást.

Hibák

- A fonál végén lévő súlyok kilengése
- Súrlódás és közegellenállás
- A kocsi meglökése és elengedése adhat a kocsinak nem kívánt hatásokat
- Szisztematikus hiba a számítógépes programban

Kiértékelés

A mért adatokat a három kocsi-tömeg esetén az 1 - 3. táblázatok tartalmazzák. Emellett, tartalmazza még lévő testre ható nehézségi erőt ($g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ nehézségi gyorsulás értékkel számolva), ami a rendszert gyorsító erő.

M_i [g]	μ_i [g]	$\mu_i \cdot g$ [N]	$a_{mért}$ [m/s ²]			$a_{átl.}$ [m/s ²]	$m_i \cdot a$ [N]
			1.	2.	3.		
500	11	0,1079	0,1781	0,1760	0,1800	0,1780	0,0942
	21	0,2060	0,3510	0,3531	0,3503	0,3515	0,1894
	31	0,3041	0,5196	0,5494	0,5205	0,5298	0,2909
	41	0,4022	0,6980	0,6938	0,6831	0,6916	0,3866
	51	0,5003	0,8363	0,8344	0,8415	0,8374	0,4765
	61	0,5984	0,9988	0,9941	1,0081	1,0003	0,5792

1. táblázat. A mérés adatai 500 g-os tömeg esetén

M_i [g]	μ_i [g]	$\mu_i \cdot g$ [N]	$a_{mért}$ [m/s ²]			$a_{átl.}$ [m/s ²]	$m_i \cdot a$ [N]
			1.	2.	3.		
1000	11	0,1079	0,0777	0,0771	0,0728	0,0759	0,0781
	21	0,2060	0,1679	0,1868	0,1875	0,1807	0,1878
	31	0,3041	0,2756	0,2837	0,2764	0,2786	0,2922
	41	0,4022	0,3550	0,3438	0,3656	0,3548	0,3757
	51	0,5003	0,4347	0,4466	0,4433	0,4415	0,4720
	61	0,5984	0,5269	0,5142	0,5414	0,5275	0,5692

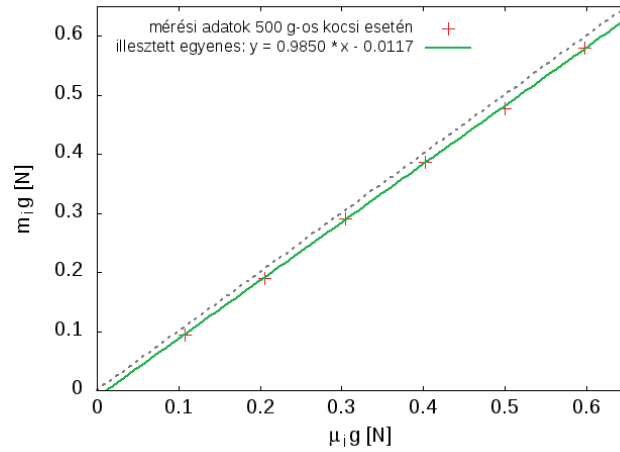
2. táblázat. A mérés adatai 1000 g-os tömeg esetén

M_i [g]	μ_i [g]	$\mu_i \cdot g$ [N]	$a_{mért}$ [m/s ²]			$a_{átl.}$ [m/s ²]	$m_i \cdot a$ [N]
			1.	2.	3.		
1500	11	0,1079	0,0409	0,0455	0,0642	0,0502	0,0768
	21	0,2060	0,1260	0,1140	0,1216	0,1205	0,1855
	31	0,3041	0,1906	0,1694	0,1912	0,1837	0,2846
	41	0,4022	0,2506	0,2349	0,2518	0,2458	0,3832
	51	0,5003	0,3140	0,3135	0,3136	0,3137	0,4922
	61	0,5984	0,3495	0,3725	0,3723	0,3648	0,5760

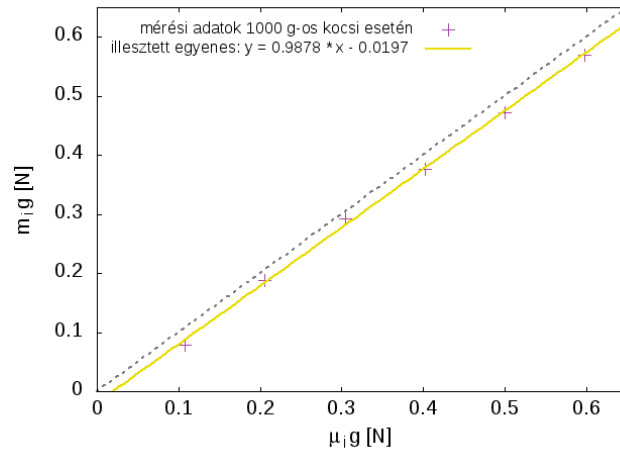
3. táblázat. A mérés adatai 1500 g-os tömeg esetén

Kiszámítottam a gyorsulások átlagát, és a rendszer m_i tömegének, és az átlag gyorsulások szorzatát. Ezeket szintén az 1 - 3. táblázatok tartalmazzák.

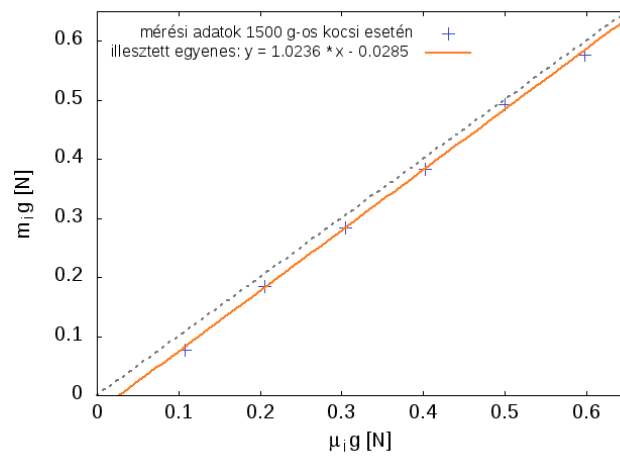
A dinamika alaptörvénye szerint egy rendszer mozgásegyenlete $F = ma$. A jelenlegi kocsifonál rendszert gyorsító erő a fonálon lógó testre ható nehézségi erő, azaz a táblázatban található $\mu_i g$ érték, a rendszer tömege pedig a m_i , így tehát az erőnek a $m_i a$ értékkel kell egyenlőnek lennie az elmélet szerint. Ennek ellenőrzésére, ábrázoljuk a rendszer tömegének és gyorsulásának szorzatát a gyorsító erő függvényében! Az ábrázolt adatok az 1 - 3. ábrákon látható. A mért adatok a grafikonon nagyon jól illeszkednek egy egyenesre, amit az ábrákon illesztettem is rájuk. Az ábrákra rárajzoltam a $m_i g = \mu_i g$ egyenest,



1. ábra. A rendszer gyorsulása a gyorsító erő függvényében 500 g-os tömeg esetén



2. ábra. A rendszer gyorsulása a gyorsító erő függvényében 1000 g-os tömeg esetén



3. ábra. A rendszer gyorsulása a gyorsító erő függvényében 1500 g-os tömeg esetén

ami az elméletben várt összefüggés. Jól látszódik, hogy ettől egyik esetben sem tér el az illesztett egyenes, de minden esetben alatta van.

Az illesztett egyenesek M meredeksége a különböző tömegek esetén: $M_{500} = 0,9850$, $M_{1000} = 0,9878$ és $M_{1500} = 1,0236$, vagyis mindegyik közel van az 1-hez, ám a tengelymetszetük negatív. A b tengelymetszésük: $b_{500} = -0,0117$, $b_{1000} = -0,0197$ és $b_{1500} = -0,0285$, vagyis a tömeg növekedésével a mérési eredmény az elméletből elvárt értékétől való eltérése nő.

Diszkusszió

Az ideális gyorsulásnál jobban gyorsulni nyilvánvalóan nem gyorsulhat semmilyen húzóerő esetén sem, hiszen vannak veszteségek, de az eredmények azt mutatják, hogy ezt közel meghaladja. Hogy az eltérés kocsitömegével nő, azt jelenti, hogy van olyan veszteség ami a kocsitömegétől függ. A legnagyobb veszteséget valószínűleg a gördülési ellenállás és a kerekek csapágyának súrlódása okozza, ami valóban arányos a kocsitömegével, így ha a helyes kapcsolat a lelógó tömeg és a gyorsulás között: $m_i a = \mu_i g - M_i k$, ahol k a kocsitömeg és a sín közötti súrlódásra jellemző érték. Annak megállapítására, hogy ez a kapcsolat mennyire teljesül, és hogy mennyi a k értéke több kocsitömeg esetén kéne mérni.

Arra viszont ez a mérés is elég, hogy lássuk, hogy a súrlódás nélküli elmélet is nagyon jól közelít a valósághoz, így kijelenthetjük, hogy a Fletcher-kocsis rendszer úgy viselkedik, ahogy a dinamika alaptörvénye leírja.