

12. A dinamika alaptörvényének alkalmazása

Feladat:

Határozza meg a kiskocsi által megtett út és az eltelt idő mérésével a kiskocsi gyorsulását! Számítsa ki a kiskocsit gyorsító súlyok (csavaralátétek) tömegét és a kiskocsi gördülési ellenállását!

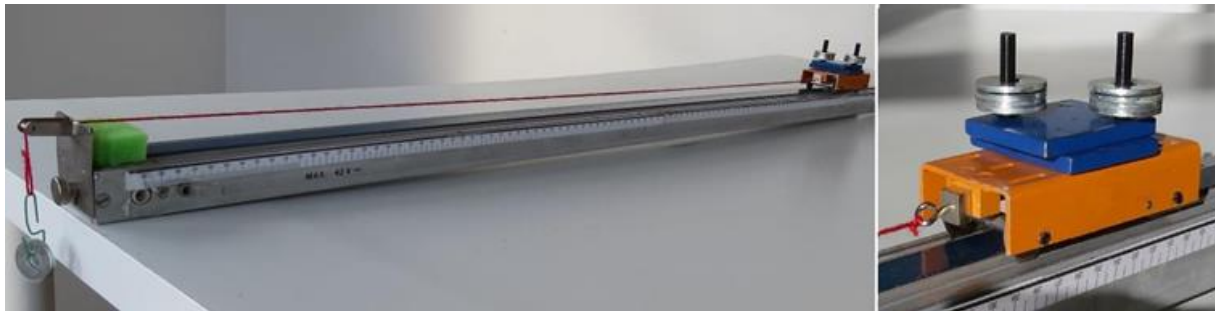
Szükséges eszközök:

Megnövelt tömegű kiskocsi; csavaralátétek; fonál; csigával ellátott sín; mérőszalag; könnyű kampó; szivacs (ütközőnek); milliméterpapír.

A kiskocsi és a csavaralátétek együttes tömege ismert. Megjegyzések: A kiskocsihoz megfelelő hosszúságú fonalat rögzítsen úgy, hogy a fonál másik végére akasztott súlyok (csavaralátétek) az asztalra helyezett, vízszintes sínen mozgó kiskocsi gyorsulása közben az asztal teljes magasságában mozogjanak, így a kiskocsi által befutott út nagyjából 70 cm legyen. A tömegeket úgy kell megválasztani, hogy a futási idők 2 s körüliek legyenek. Ezt úgy lehet elérni, ha az összeállítás teljes tömege nagyjából 40-szer, 80-szor nagyobb, mint egy csavaralátét tömege. (Ha egy alátét tömege túlságosan kicsi, akkor kettőt, hármat egymáshoz lehet ragasztani.) Az alátétek rögzítését a kiskocsihoz például kis rudakkal oldhatjuk meg. A kiskocsi védelmében célszerű egy szivacsdarabot tenni a sín végére.

A mérés leírása:

A fényképen látható elrendezésben helyezze el vízszintesen a sít, rá a kiskocsit és a kiskocsira az alátéteket! Rögzítse a fonál egyik végét a kiskocsihoz, a kiskocsiról vegyen le egy alátétet és ezt a kampó segítségével akassza a fonál másik végére! Úgy állítsa össze az elrendezést, hogy a fonál végére akasztott súly mindaddig ne érjen talajt, amíg a kiskocsi a vizsgált s hosszúságú távolságon (mondjuk 70 cm-en) mozog.



A kiskocsi mozgásának a leírására alkalmazza a dinamika alapegyenletét ebben a formában:

$$Ma = Nmg - S,$$

ahol M a rendszer megadott, teljes tömege, m egy alátét tömege, N a fonál végére akasztott alátétek száma, S pedig a gördülési ellenállási erő, ami jó közelítéssel így írható:

$$S = \mu_{\text{görd}} Mg,$$

ahol $\mu_{\text{görd}}$ a kiskocsi gördülési ellenállása.

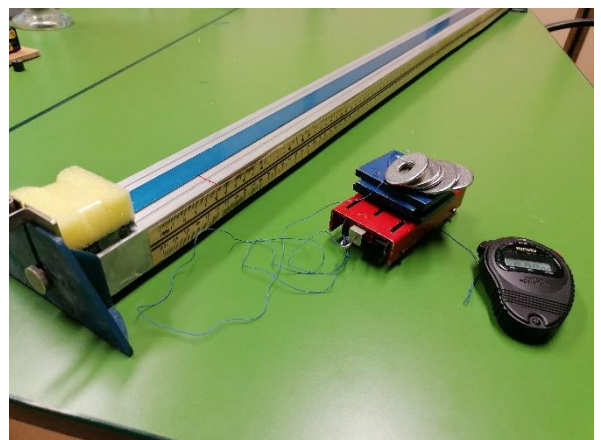
- Határozza meg a kiskocsi gyorsulását a megtett s út és az eltelt t idő ismeretében úgy, hogy újabb és újabb alátéteket akaszt a fonál végén lévő kampóra! Így összesen 5 különböző gyorsulást kell megmérnie. Minden mérést végezzen el kétszer, és a futási időket átlagolva számoljon! (Ha a két időérték nagyon eltér egymástól, akkor végezzen további időmérést!)
- Mérési adatait foglalja táblázatba!
- Ábrázolja grafikusan a kiskocsi gyorsulását a fonál végére akasztott alátétek számának függvényében milliméterpapíron! A pontokra illesszen egyenest!
- Olvassa le az illesztett egyenes meredekségét és negatív függőleges tengelymetszetét.
- A meredekségből és a teljes rendszer ismert M tömegéből számítsa ki az egyes alátétek m tömegét!
- Az illesztett egyenes negatív tengelymetszetéből határozza meg a kiskocsi gördülési ellenállását!
- Milyen tényezők befolyásolhatták a mérés pontosságát?

Mérés menete

A méréshez egy megnövelt tömegű kiskocsit és 6 db egyforma alátétet használtunk, melyeknek az együttes tömege **507 gramm** volt, a kampónak használt gémkapocs tömegét elhanyagoltuk.

Az idő mérésére használt óra pontossága 0,01 s.

A távolságnak **90 cm**-t vettünk fel. A sín végén álló kiskocsi elejét jelöltük a sínen, majd ettől a jeltől felvettünk úgy egy másik jelet hogy a lehető legközelebb legyen az ütköző szivacstól, és cm-ben megadva kerek szám legyen a két jel közötti távolság.



A kiskocsit a sín végére helyeztük, majd a kocsival cérnával összekötött kampóra helyeztünk egy alátétet, a maradék 5 alátétet pedig a kiskocsin helyeztük el. Elengedtük a kiskocsit, de az nem indult el. A kiskocsiról áthelyeztünk egy alátétet a kampóra, 2 alátét esetén már elindult a rendszer. Mértük a kocsi menetidejét az indítástól (első jel) a második jelhez való érkezés között. Ezt háromszor végeztük el. Ezután egyenként áthelyeztünk egy-egy alátétet a kocsirol a kampóra, így a rendszer össztömege nem változott. Minden esetben 3 mérést végeztünk, melynek adatait a táblázatban rögzítettük. A táblázatban még rögzítésre került a menetidő négyzete valamint a gyorsulás is. Az alátét tömegét m -mel jelöltük.

Mért és számított adatok:

út (m)	gyorsító tömegek (db)	kocsi tömege (g)	t (sec)	t ² (sec ²)	t átlag (számított) (sec)	t átlag ² (sec ²)	a értéke (számított) (m/s ²)	a (átlagból számított) (m/s ²)
0,9	1	507-m	nem indul el					
	2	507-2m	4,29	18,40	4,25	18,11	0,0978	0,0993
			4,23	17,89			0,1005	
			4,25	18,06			0,0996	
	3	507-3m	2,59	6,70	2,63	6,91	0,2683	0,2602
			2,69	7,23			0,2487	
			2,61	6,81			0,2642	
	4	507-4m	2,2	4,84	2,12	4,49	0,3719	0,4005
			2,07	4,28			0,4200	
			2,09	4,36			0,4120	
	5	507-5m	1,92	3,68	1,87	3,50	0,4882	0,5129
			1,89	3,57			0,5039	
			1,81	3,27			0,5494	
	6	507-6m	1,69	2,85	1,62	2,62	0,6302	0,6859
			1,58	2,49			0,7210	
			1,59	2,52			0,7119	

$$M \cdot a = N \cdot m \cdot g - \mu \cdot M \cdot g$$

A mozgásegyenletet átrendezve látható, hogy az a az N lineáris függvénye

$$a = \frac{m \cdot g}{M} \cdot N - \mu \cdot g$$

Gyorsulás- alátétek száma grafikon

A grafikon az a tengelyt $-0,205 \text{ m/s}^2$ -nél metszi. Ebből – és a fenti függvény egyenletéből - adódik, hogy

$$\mu = \frac{a}{g} = \frac{-0,205 \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2} = -0,0208$$

A grafikon meredekségét két jól leolvasható adatpár alapján határoztuk meg. A diagramon két ilyen választottunk, az ezekből számolt meredekségeket az alábbi táblázat tartalmazza.

N	a (m/s ²)	meredekség (k)(m/s ²)
2	0,096	0,153
6	0,708	
2,5	0,168	0,154
4,5	0,476	

$$\frac{m \cdot g}{M} = k \text{ a függvény meredeksége, ebből } m = \frac{k \cdot M}{g}$$

A fenti meredekségeket behelyettesítve, az alátétek tömegére adódik:

$$m = \frac{0,153 \text{ m/s}^2 \cdot 507 \text{ g}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 7,91 \text{ g}$$

$$m = \frac{0,154 \text{ m/s}^2 \cdot 507 \text{ g}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 7,96 \text{ g}$$

Hibaforrások:

Az indítás és leállítás pontatlansága, reakcióidő. A hosszúságmérés pontossága (esetünkben cm pontosság).

A kötéltre akasztott testek tömege nem jelenik meg a súrlódásierőben, ezt elhanyagoltuk.

Az egyenes illesztése szubjektív.

