

Vaja 10, Težni pospešek

Jure Kos

25.11.2021

Uvod

Na telo z maso m deluje teža, ki je sorazmerna z maso:

$$F = mg$$

Če ni drugih zunanjih sil, telo po Newtonovem zakonu enakomerno pospešeno pada s pospeškom g . Iz lastnosti enakomerno pospešenega gibanja vemo, da je pot po času t podana z:

$$s = \frac{gt^2}{2} + v_0t$$

če se je telo ob času $t = 0$ premikalo s hitrostjo v_0 .

0.1 Naloga

1. Preveriti, da je prosti pad enakomerno pospešen.
2. Izračunati težni pospešek.

0.2 Potrebščine

1. Elektronska ura,
2. dve optični stikali,
3. elektromagnet,
4. stojalo,
5. jeklena kroglica,
6. dva izvira enosmerne napetosti.

Potek

Kroglico magnetno obesimo pod konico elektromagnetnega držala. Ko se kroglica umiri preklopimo stikalo. Trenutek za tem se kroglica odlepi od konice jedra in pade mimo dveh optičnih stikal na tla. Rezultat na uri prepisemo. Opravimo nekaj testnih meritev, da ugotovimo, do katerega decimalnega mesta je čase smiselno prepisovati. Pomembno je, da določimo dolžino poti kroglice čim bolj natančno. Opravimo vsaj 50 meritev. Interval med najkrajšim in najdaljšim odčitkom časa razdelimo na 10 enakih delov. Število poskusov, ki padejo v en interval, deljeno s celotnim številom poskusov limitira pri naraščajočem številu meritev proti verjetnosti, da meritev pade v ta časovni interval. Pričakujemo normalno (Gaussovo) verjetnostno porazdelitev, ki se opiše z naslednjo verjetnostno gostoto (verjetnost na enoto intervala):

$$\omega(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

Pri tem je σ efektivni odmik in \bar{x} povprečna vrednost. Narišemo na isto sliko še ustrezno krivuljo za normalno porazdelitev. Verjetnost, da pade meritev v ozek časovni interval med $t' - \frac{dt}{2}$ in $t' + \frac{dt}{2}$ je enaka

$$P\left(t' - \frac{dt}{2} < t < t' + \frac{dt}{2}\right) = \omega(t')dt$$

Meritve

Izmerjene čase zapišemo v tabelo.

nt.	MERITVE $t_{\text{mer}}(n)$	nt.	$t_{\text{mer}}(n)$
1	0,176.557	27	0,176.575
2	0,176.575	28	0,176.521
3	0,176.551	29	0,176.664
4	0,176.567	30	0,176.710
5	0,176.488	31	0,176.536
6	0,176.657	32	0,176.658
7	0,176.591	33	0,176.567
8	0,176.505	34	0,176.558
9	0,176.517	35	0,176.589
10	0,176.564	36	0,176.542
11	0,176.579	37	0,176.860
12	0,176.517	38	0,176.578
13	0,176.528	39	0,176.734
14	0,176.682	40	0,176.705
15	0,176.639	41	0,176.593
16	0,176.564	42	0,176.609
17	0,176.557	43	0,176.634
18	0,176.640	44	0,176.569
19	0,176.583	45	0,176.765
20	0,176.656	46	0,176.524
21	0,176.581	47	0,176.554
22	0,176.573	48	0,176.583
23	0,176.571	49	0,176.559
24	0,176.712	50	0,176.602
25	0,176.556	51	0,176.604
26	0,176.623	52	0,176.722

Poleg tega smo višino 1 med kroglico in prvimi vrati izmerili kot $3.65\text{cm} \pm 0.11\text{cm}$
 Višino 2 med optičnimi vrati pa kot $29.86\text{cm} \pm 0.11\text{cm}$

Meritve razdelimo na 10 intervalov glede na zadnje 3 decimalke.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
-531	-557	-583	-609	-635	-661	-687	-713	-739	-765
505	542	559	591	634	657	664	710	734	765
517	557	558	589	623	639	682	705		
517	557	575	593		640		772		
521	557	567	602		656				
524	556	564	609		658				
528	536	579							
	542	564							
	554	583							
		581							
		573							
		571							
		575							
		567							
		578							
		569							
		583							

Računi

Najprej izračunamo povprečen čas padanja med merilnikoma.

$$\bar{t} = \frac{\sum_{n=1}^{50} t_n}{50} = 0,176.572s$$

Po enačbi za prosti pad je:

$$h_2 = v_0 t + \frac{gt^2}{2} = \sqrt{2gh_1}t + \frac{gt^2}{2}$$

$$h_2 - \frac{gt^2}{2} = \sqrt{2gh_1}t$$

$$\frac{g^2 t^4}{4} - gt^2(h_2 + 2h_1) + h_2^2$$

Če to obravnavamo kot kvadratno enačbo za g dobimo enačbo

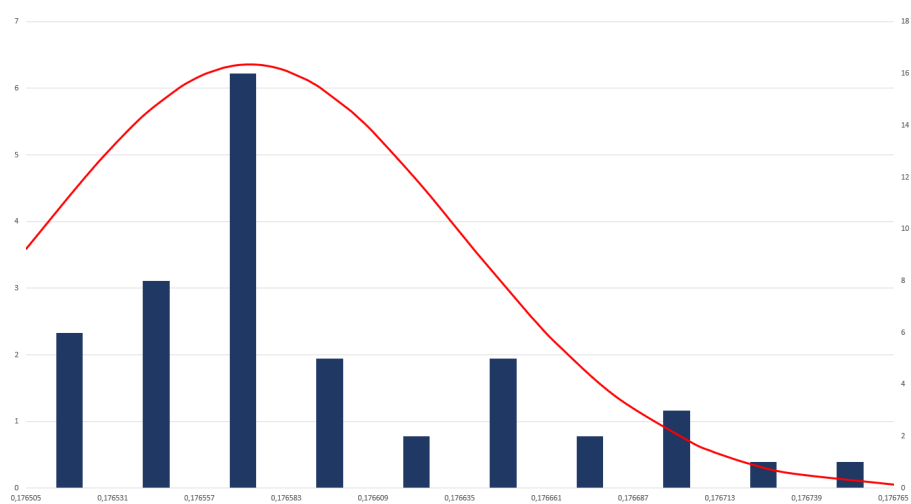
$$g = \frac{2}{t^2} \left(h_2 + 2h_1 - 2\sqrt{h_1 h_2 + h_1^2} \right)$$

Ko v dobljeno enačbo vstavimo podatke, dobimo za rezultat

$$g = 9,65m/s^2 \pm 0,53m/s^2$$

Grafi

Ko v graf vstavimo dobljene meritve po intervalih Dobimo stolpično porazdelitev ki ustreza izračunani normalni porazdelitvi okoli povprečne vrednosti izmerjenega časa.



Odgovori na vprašanja

Kako je negotovost dobljenega rezultata odvisna od razdalje med optičnimi vrati in višine, s katere spustimo kroglico?

Negotovost rezultatov je odvisna od napake narejene pri merjenju časov in razdalj. Ker je napaka pri času znatno manjša od napake pri razdalji na negotovost bolj vpliva napaka pri merjenju razdalj. Relativna napaka dolžine se obratno sorazmerno povečuje z razdaljo med optičnimi vrati.

Celotna izračunana vrednost pa odstopa tudi zaradi negotovosti hitrosti pri zgornjih vratcih. Večja kot je razdalja med mirovno lego in zgornjimi vratici večja je negotovost rezultata.

Kako nastaviti razdalje, da bo negotovost končnega rezultata čim manjša?

Razdaljo med vratici bi povečali da bi se relativna napaka zmanjšala, razdaljo med začetno lego žogice in prvimi vratici pa bi zmanjšali, da bi žogica prečkala prva vratca s čim manjšo hitrostjo.