

به نام خدا

آزمایشگاه فیزیک ۱

آزمایش بررسی اصل بقای انرژی بوسیله چرخ ماکسول

محسن نجفی یزدی و حامد نیلی

گروه : C10

تئوری آزمایش:

هدف از انجام این آزمایش بررسی تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی و اندازه گیری شتاب مرکز جرم a_{cm} و

سرعت زاویه ای ω .

چنانچه چرخ ماکسول از ارتفاع h رها شود، می توان پس از طی مسافت h ، مقادیر a, ω را محاسبه نمود. از قانون

دوم نیوتن داریم:

$$(M + m)g - 2T = (M + m)a_{cm}$$

همچنین از رابطه گشتاور نیرو و شتاب زاویه ای α داریم:

$$\tau_{cm} = I_{cm}\alpha$$

از طرفی داریم:

$$I_{cm} = I + I'$$

که در آن I, I' اینرسی دورانی چرخ و میله نسبت به محور دوران می باشد. از طرفی:

$$2Tr = (I + mr^2)\alpha$$

$$2T = \frac{I + mr^2}{r^2}$$

مقدار کشش نخ T را در رابطه اول قرار می دهیم و شتاب مرکز جرم را محاسبه می کنیم:

$$a_{cm} = \frac{r^2(M + m)}{I + mr^2 + (M + m)r^2} g$$

که داریم:

M جرم چرخ و برابر 0.7kg ، r شعاع میله برابر 0.3cm ، R شعاع چرخ برابر 6.5cm ، I اینرسی دورانی چرخ برابر 13kgcm^2 ، m

جرم میله برابر 0.033kg .

همچنین از اصل بقای انرژی داریم:

$$(M + m)gh = \frac{1}{2}MV_1^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega_1^2$$

$$V_1 = R\omega, v_1 = r\omega$$

و از این روابط می توان ω را محاسبه نمود:

$$\omega^2 = \frac{2(M + m)h}{(MR^2 + mr^2) + (mr^2 + I)}$$



آزمایش اول:

با پیماندن نخ مول ممور چرخ و قرار دادن آن در ارتفاع h و رها کردن آن ، زمان سقوط ، t ، را به دست می آوریم و با تغییر ارتفاع به مقدار 2cm مقادیر مختلف t را اندازه گیری میکنیم. برای این آزمایش داده های زیر بدست آمد.

$h(\text{cm})$	$t(\text{s})$
47	4.9
45	4.7
43	4.7
41	4.5
39	4.4
37	4.4
35	4.3
33	4.1
31	3.9
29	3.8

با استفاده از رابطه $h = \frac{1}{2}at^2$ و به کارگیری روش حداقل مربعات مانده ها، شتاب قطبی مرکز جرم را محاسبه می کنیم. و با مقدار بدست آمده از طریق رابطه پنجم مقایسه می کنیم.

$$a_{cm} = \frac{r^2(M+m)}{I + mr^2 + (M+m)r^2} g$$

$\Rightarrow$

$$a_{cm} = \frac{0.3^2 \times (0.7 + 0.033)}{13 + 0.033 \times 0.3^2 + (0.7 + 0.033) \times 0.3^2} \times 9.8$$

$\Rightarrow$

$$a_{cm} = 0.04946889342 \frac{m}{s^2}$$

مال برای یافتن مقدار a_{cm} از طریق رابطه $h = \frac{1}{2}at^2$ تغییر متغیرهای زیر را انجام می دهیم:

$$h \rightarrow y$$

$$\frac{1}{2}a \rightarrow A$$

$$t \rightarrow x$$

پس داریم:

$$y = Ax$$

$$A = \frac{[xy]}{[xx]}$$

که برای این آزمایش داریم:

x(s ²)	y(cm)	xx	xy
24.01	47	576.4801	1128.47
22.09	45	487.9681	994.05
22.09	43	487.9681	949.87
20.25	41	410.0625	830.25
19.36	39	374.8096	755.04
19.36	37	374.8096	716.32
18.49	35	341.8801	647.15
16.81	33	282.5761	554.73
15.21	31	231.3441	471.51
14.44	29	208.5136	418.76
sum	sum	sum	sum
192.11	380	3776.412	7466.15

بنا بر این داریم:

$$A = \frac{[xy]}{[xx]} = \frac{7466.15}{3776.412} = 1.977048585 \frac{cm}{s^2}$$

→

$$a = 3.95409717 \frac{cm}{s^2}$$

⇒

$$a = 0.0395409717 \frac{m}{s^2}$$

آزمایش دوم:

وقتی چرخ ماکسول از ارتفاع h_1 رها می شود. بعد از بازگشت به ارتفاع دیگری مانند h_2 می رسد. برای چند حالت

متغلف ارتفاع ها را اندازه گیری می کنیم. در هر حالت مقدار انرژی پتانسیل را از طریق رابطه زیر بدست ما آوریم:

$$\Delta E_p = (M + m)g\Delta h$$

برای این آزمایش داده های زیر بدست آمد:

h1(cm)	h2(cm)	delta(h)(cm)	E(cJ)
55	51.8	3.2	22.98688
53	49.7	3.3	23.70522
51	47.8	3.2	22.98688
49	46.5	2.5	17.9585
47	44.6	2.4	17.24016
45	42.4	2.6	18.67684
43	40.8	2.2	15.80348
41	38.9	2.1	15.08514
39	37.1	1.9	13.64846
37	35.2	1.8	12.93012

چرا چرخ ماکسول بعد از سقوط هر مرحله به وضعیت اولیه باز نمیگردد؟

زیرا اصطکاک هوا باعث میشود که مقداری از انرژی جسم به صورت گرما به ممیاط اطراف انتقال یابد. همانطور که در جدول می بینیم ΔE را برای مقادیر مختلف بدست آوریم. اینها همان مقدار انرژی هایی هستند که از دست می روند.

خواسته اول:

ω را برای تمام آزمایش های اول بدست می آوریم:

$$\omega^2 = \frac{2(M+m)h}{(MR^2 + mr^2) + (mr^2 + I)} g$$

h(cm)	$\omega^2 (\frac{1}{s^2})$	$\omega^2 (\frac{1}{s^2})$	$\omega (\frac{1}{s})$
47	15.85779	1585.779	39.82184
45	15.18299	1518.299	38.96536
43	14.50819	1450.819	38.08962
41	13.83339	1383.339	37.19327
39	13.15859	1315.859	36.27477
37	12.48379	1248.379	35.33241
35	11.80899	1180.899	34.36421
33	11.13419	1113.419	33.36794
31	10.45939	1045.939	32.34099
29	9.784594	978.4594	31.28034

ω را تابعی بر حسب h می باشد:

$$\omega^2 = \frac{2(M+m)h}{(MR^2 + mr^2) + (mr^2 + I)} g$$

$\Rightarrow$

$$2\omega d\omega = \frac{2(M+m)}{(MR^2 + mr^2) + (mr^2 + I)} g dh$$

$\Rightarrow$

$$\Delta\omega = \frac{2(M+m)g\Delta h}{(MR^2 + mr^2) + (mr^2 + I)} \times \frac{1}{2\omega}$$

از طرفی داریم:

$$\Delta h = \frac{0.01}{2} = 0.005m$$

بنا بر این برای حالت اول داریم:

$$\Delta\omega_1 = \frac{2 \times (0.7 + 0.033kg) \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times 0.005m}{(0.7kg \times 0.065^2 m^2 + 0.033kg \times 0.003^2 m^2) + (0.033kg \times 0.003^2 m^2 + 13 \times 10^{-4} kgm^2)} \times \frac{1}{2 \times 39.82184 \frac{1}{s}}$$

$\Rightarrow$

$$\Delta\omega_1 = 0.2118185171 \frac{1}{s}$$

پس برای تصمیم ارقام داریم:

$$\omega_1 = 39.8 \pm 0.2 \frac{1}{s}$$

خواسته سوم :

معادله فطوط اعتماد را برای آزمایش اول بدست می آوریم. و نمودار آزمایش و منحنی فطها را رسم می کنیم.

برای معادله روبرو داریم:

$$y = Ax$$

$$\alpha^2 = \frac{[dd]}{N - 2}$$

که برای این آزمایش داریم:

x	y	xx	d	dd
24.01	47	576.4801	0.468937	0.219901
22.09	45	487.9681	-1.327	1.76092
22.09	43	487.9681	0.673003	0.452933
20.25	41	410.0625	-0.96477	0.930774
19.36	39	374.8096	-0.72434	0.524668
19.36	37	374.8096	1.275661	1.62731
18.49	35	341.8801	1.555628	2.41998
16.81	33	282.5761	0.234187	0.054843
15.21	31	231.3441	-0.92909	0.86321
14.44	29	208.5136	-0.45142	0.203779
sum		sum		sum
192.11		3776.412		9.058318

پس:

$$\alpha^2 = \frac{9.058318}{10 - 2} = 1.13228975$$

و همینطور فطای ضیرب A (α_A) طبق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\frac{\alpha_A^2}{N} = \frac{\alpha^2}{\Delta}$$

$\Rightarrow$

$$\alpha_A^2 = \frac{N\alpha^2}{\Delta}$$

که در آن Δ برابر است با:

$$\Delta = [xx] \times N - [x]^2$$

$\Rightarrow$

$$\Delta = 3776.412 \times 10 - 192.11^2 = 857.8679$$

پس:

$$\alpha_A^2 = \frac{10 \times 1.13228975}{857.8679} = 0.01319888237$$

$\Rightarrow$

$$\alpha_A = 0.114886389 \frac{cm}{s^2}$$

پس داریم:

$$y = (2.0 \pm 0.1)x$$

$\Rightarrow$

$$h_1 = 2.1t^2$$

$$h_2 = 1.9t^2$$

