

به نام خدا

راهنما جابجی محمد مهدی ارباب

هدف آزمایش بررسی حرکت هماهنگ ساده و تحقیق نسبت گرانشی

کمیت مورد آزمایش دوره تناوب و نسبت گرانشی

- تعریف کمیت دوره تناوب یعنی مدت زمانی که طول می کشد تا نوسانگر یک دوره (حرکت هماهنگ ساده) را طی کند. نماد آن T
نسبت گرانشی نسبتی است که یک جسم به عدد نیروی گرانشی درایند می کند. نماد آن g

- واحد کمیت واحد دوره تناوب ثانیه (s) است
واحد نسبت گرانشی متر بر مجذور ثانیه است m/s^2

- بیان سین حرکت

$$[T] = T^1 = M^0 L^0 T^1$$
$$[g] = LT^{-2} = M^0 L^1 T^{-2}$$

تئوری آزمایش

آونگ ساده شامل یک جسم نقطه ای است که از نخ سبک آویزان شده و اکثر آونگ را به یک طرف برده (تحت زوایای کوچک) و رها کنیم تحت تاثیر نیروی وزن در یک صفحه قائم نوسان می کند (یک نوسان کامل یعنی آونگ از یک وضعیت ثابت ۲ بار عبور کند). این آزمایش ۲ هدف دارد: ① اندازه گیری دوره نوسان به عنوان تابعی از طول آونگ در زوایای کوچک ② اندازه گیری نسبت گرانشی

برای هدف ① در زوایای بزرگتر و کوچکتر از ۶ درجه دو فرمول زیر را داریم

$$\theta > 6 \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \theta + \dots \right)$$

قبل صرف نظر

$$\theta \leq 6 \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

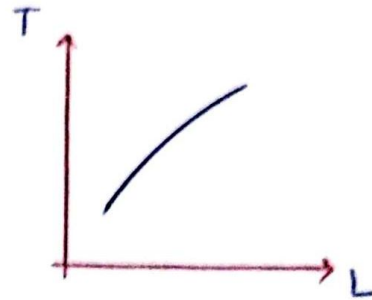
که در آن T دوره تناوب (یک رفت و برگشت کامل)
 L طول آونگ (فاصله جسم تا محل آویز)
 g نسبت گرانشی

سه در زوایای مختلف و طبق فرمول $T = \frac{t}{n}$ زمان ۱۰ نوسان را برای طول های مختلف اندازه گیری می کنیم و آن را رسم می کنیم

که در آن } n تعداد نوسان
 t مدت زمان انجام نوسان

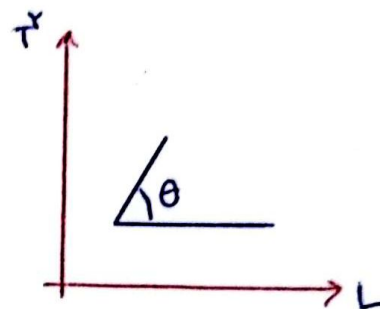
$$T = \frac{t}{n}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } \theta > 5 \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{\theta^2}{16}\right) \\ \text{if } \theta \leq 5 \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \end{array} \right.$$



برای هدف ④ ابتدا مجذور T را به دست آورده و آنرا به شکل تابعی از طول رسم می‌کنیم

$$\left\{ \begin{array}{l} T^2 = 4\pi^2 \frac{L}{g} \\ \tan \theta = \frac{4\pi^2}{g} \end{array} \right.$$



مراحل انجام آزمایش

برای اندازه‌گیری دوره تناوب و حساب گرانژی نیاز به یک گوی، نخ، نقطه، پایه و کرنومتر داریم تا آونگ ساده را تشکیل دهیم. با کرنومتر نقطه دوره نوسان را حساب می‌کنیم در واقع مدت زمانی که ما نوسان انجام شده را اندازه‌گیری می‌گیریم.

هدف ① ابتدا آونگ را در سه زاویه مختلف ۴ و ۶ و ۸ درجه انحراف می‌دهیم و دوره نوسان هر کدام را طبق فرمول حساب می‌کنیم (که شامل ما نوسان است) و حساب گرانژی هر کدام را حساب می‌کنیم

هدف ② در زوایای کوچکتر از ۵ درجه دوره نوسان را در طول‌های مختلف آونگ در مدت زمان که ما نوسان انجام می‌دهیم حساب کرده پس مجدداً آنرا حساب کرده تا طبق فرمول بتوانیم حساب گرانژی را حساب کنیم

* توجه شود که جرم گوی طبق فرمول تأثیری در دوره نوسان ندارد

① جدول

L (cm)	θ	t (s)	T (s)	g (cm/s ²)
	۴	۱۳٫۸	۱٫۳۸	۱۰۳۵٫۴۵
ω۰	۶	۱٫۴	۱٫۴	۱۰۵۶٫۰۸
	۸	۱٫۳	۱٫۳	۱۱۷۸٫۱۴

$$T = \frac{t}{n} \quad n=10 \rightarrow \begin{cases} T_1 = 1,38 \text{ s} \\ T_2 = 1,4 \text{ s} \\ T_3 = 1,3 \text{ s} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 1,38 = 2\pi \sqrt{\frac{\omega_0}{g_1}} \\ 1,4 = 2\pi \sqrt{\frac{\omega_0}{g_2}} \\ 1,3 = 2\pi \sqrt{\frac{\omega_0}{g_3}} \left(1 + \frac{1}{\xi} \sin^2 \theta\right) \end{cases}$$

$$g_1 = \frac{\omega_0}{0,00484} \approx 1035,45 \text{ cm/s}^2$$

$$g_2 = \frac{\omega_0}{0,00496} \approx 1056,08 \text{ cm/s}^2 \rightarrow \bar{g} = \frac{1035,45 + 1056,08 + 1178,14}{3} = 1073,22 \text{ cm/s}^2$$

$$g_3 = \frac{\omega_0}{0,00424} \approx 1178,14 \text{ cm/s}^2$$

$$\begin{cases} \Delta g_i = |g_i - g_r| \\ g_r = 980 \text{ cm/s}^2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \Delta g_1 = |1035,45 - 980| = 55,45 \text{ cm/s}^2 \\ \Delta g_2 = |1056,08 - 980| = 76,08 \text{ cm/s}^2 \\ \Delta g_3 = |1178,14 - 980| = 198,14 \text{ cm/s}^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_i = \frac{\Delta g_i}{g_r} \\ g_r = 980 \text{ cm/s}^2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} E_1 = \frac{55,45}{980} = 0,0565 \xrightarrow{\text{درصد خطای نسبی} \times 100} 5,65\% \\ E_2 = \frac{76,08}{980} = 0,0776 \rightarrow 7,76\% \\ E_3 = \frac{198,14}{980} = 0,202 \rightarrow 20,2\% \end{cases}$$

نسبت به میانگین داده ها

$$\begin{cases} \Delta g_i = 27,77 \text{ cm/s}^2 \\ \Delta g_2 = 57,14 \text{ cm/s}^2 \\ \Delta g_3 = 106,92 \text{ cm/s}^2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} E_1 = 0,0283 \xrightarrow{\text{درصد خطای نسبی}} 2,83\% \\ E_2 = 0,0583 \rightarrow 5,83\% \\ E_3 = 0,0998 \rightarrow 9,98\% \end{cases}$$

$$\bar{g} = 1073,22 \text{ cm/s}^2$$

⑤ جبل

L (cm)	t (s)	T (s)	T ^r (s)	g (cm/s ²)
ε ₀	12,8	1,28	1,0275	1020/97
ω ₀	18	1,8	1,95	1005/08
س ₀	10/6	1,00	2,8020	988/93
ν ₀	15	1,5	2,05	1078/39

$$T = \frac{t}{n}$$

$$n = 10$$

$$T_1 = 1,28 \text{ s}$$

$$T_1^r = 1,0275 \text{ s}$$

$$T_2 = 1,8 \text{ s}$$

$$T_2^r = 1,95 \text{ s}$$

$$T_3 = 1,00 \text{ s}$$

$$T_3^r = 2,8020 \text{ s}$$

$$T_4 = 1,5 \text{ s}$$

$$T_4^r = 2,05 \text{ s}$$

$$T^r = \frac{\epsilon \pi^r L}{g}$$

$$g_1 = \frac{\epsilon \pi^r \epsilon_0}{T_1^r} = 1020/97 \text{ cm/s}^2$$

$$g_2 = \frac{\epsilon \pi^r \omega_0}{T_2^r} = 1005/08 \text{ cm/s}^2$$

$$g_3 = \frac{\epsilon \pi^r s_0}{T_3^r} = 988/93 \text{ cm/s}^2$$

$$g_4 = \frac{\epsilon \pi^r \nu_0}{T_4^r} = 1078/39 \text{ cm/s}^2$$

$$\bar{g} = \frac{1020/97 + 1005/08 + 988/93 + 1078/39}{4} = 1023/88 \text{ cm/s}^2$$

خطای مطلق $\begin{cases} \Delta g_i = |g_i - g_r| \\ g_r = 980 \text{ cm/s}^2 \end{cases}$

$$\begin{cases} \Delta g_1 = |1020/97 - 980| = 80/97 \text{ cm/s}^2 \\ \Delta g_2 = |1005/08 - 980| = 25/08 \text{ cm/s}^2 \\ \Delta g_3 = |988/93 - 980| = 8/93 \text{ cm/s}^2 \\ \Delta g_4 = |1078/39 - 980| = 98/39 \text{ cm/s}^2 \end{cases}$$

خطای نسبی $\begin{cases} E_i = \frac{\Delta g_i}{g_r} \\ g_r = 980 \end{cases}$

$$\begin{cases} E_1 = \frac{80/97}{980} = 0,0817 \text{ ————— } \xrightarrow{\text{درصد خطای نسبی}} 8,17\% \\ E_2 = \frac{25/08}{980} = 0,0255 \text{ ————— } \xrightarrow{\hspace{1cm}} 2,55\% \\ E_3 = \frac{8/93}{980} = 0,000847 \text{ ————— } \xrightarrow{\hspace{1cm}} 0,000847\% \\ E_4 = \frac{98/39}{980} = 0,1 \text{ ————— } \xrightarrow{\hspace{1cm}} 10\% \end{cases}$$

نسبت به بیشترین داده ها

خطای مطلق

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma g_1 = 2,127 \text{ cm/s}^2 \\ \sigma g_2 = 17,762 \text{ cm/s}^2 \\ \sigma g_3 = 22,912 \text{ cm/s}^2 \\ \sigma g_4 = 54,547 \text{ cm/s}^2 \end{array} \right.$$

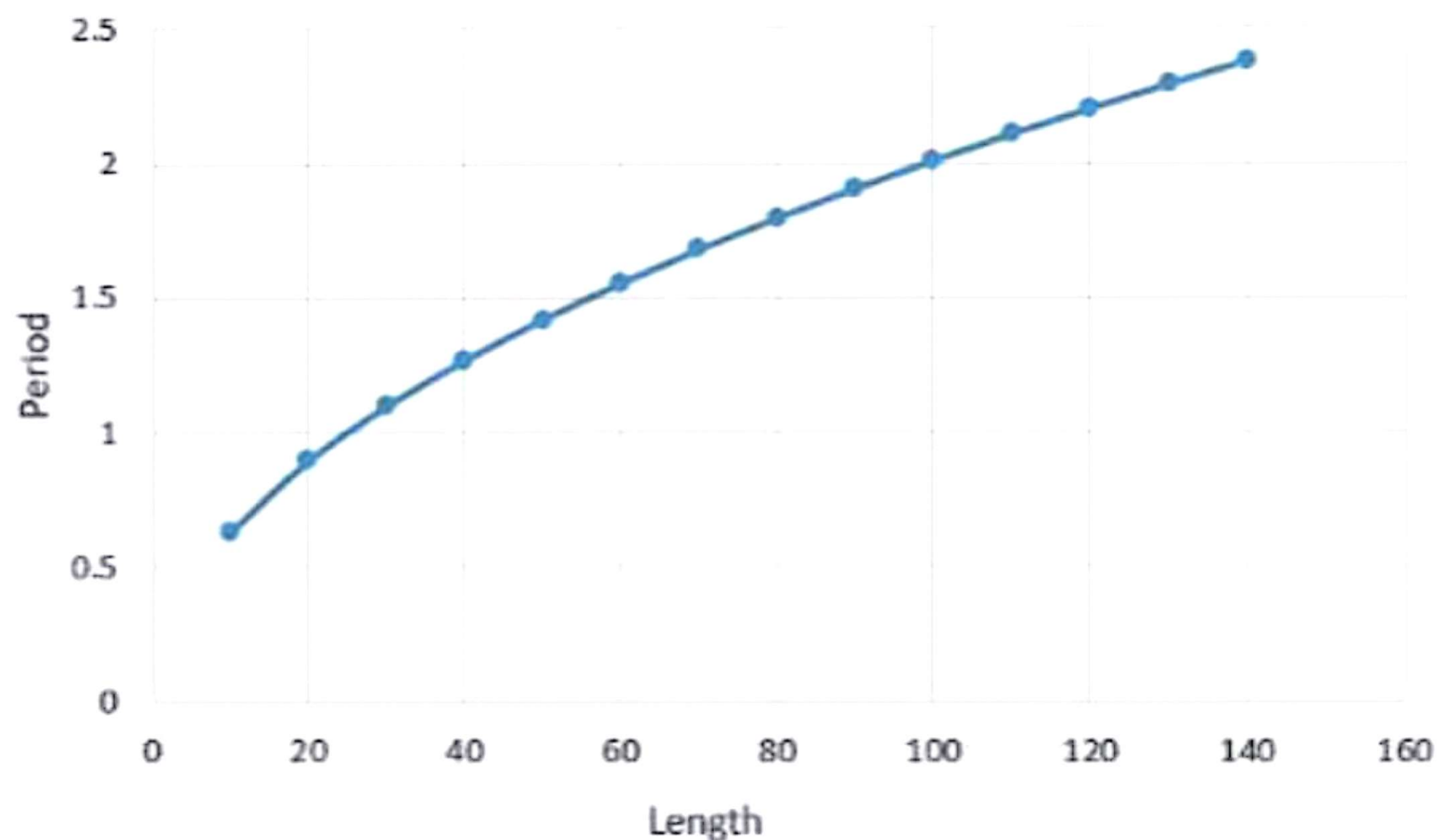
$$\bar{g} = 1023,18 \text{ cm/s}^2$$

درصد خطا

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 = 0,0021 \longrightarrow 0,21\% \\ E_2 = 0,0176 \longrightarrow 1,76\% \\ E_3 = 0,0229 \longrightarrow 2,29\% \\ E_4 = 0,0545 \longrightarrow 5,45\% \end{array} \right.$$

نمودار

1	Length (cm)	Period (s)
2	10	0.634374
3	20	0.89714
4	30	1.098768
5	40	1.268748
6	50	1.418503
7	60	1.553893
8	70	1.678396
9	80	1.794281
10	90	1.903122
11	100	2.006067
12	110	2.10398
13	120	2.197536
14	130	2.287268
15	140	2.37361



Length (cm)	Period (s)	
10	0.634374	0.40243
20	0.89714	0.804861
30	1.098768	1.207291
40	1.268748	1.609721
50	1.418503	2.012152
60	1.553893	2.414582
70	1.678396	2.817012
80	1.794281	3.219443
90	1.903122	3.621873
100	2.006067	4.024304
110	2.10398	4.426734
120	2.197536	4.829164
130	2.287268	5.231595
140	2.37361	5.634025

