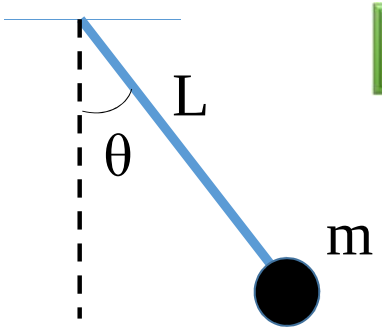
بسم الله الرحمن الرحيم

# آزمایش آونگ ساده

# آونگ ها

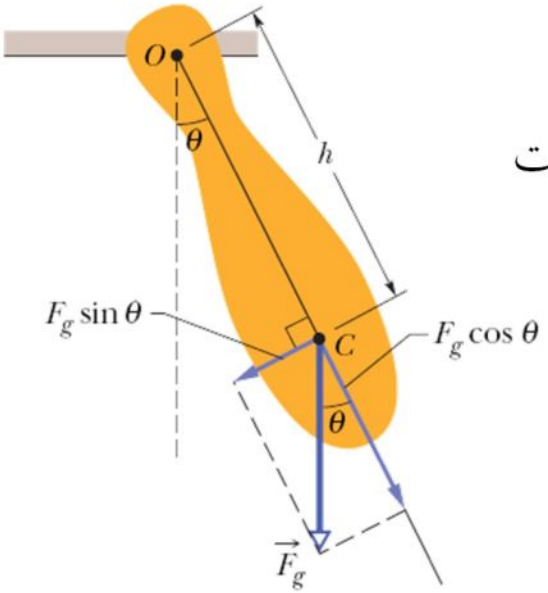
**نیروی بازگرداننده ناشی از نیروی گرانش**

❖ آونگ ساده



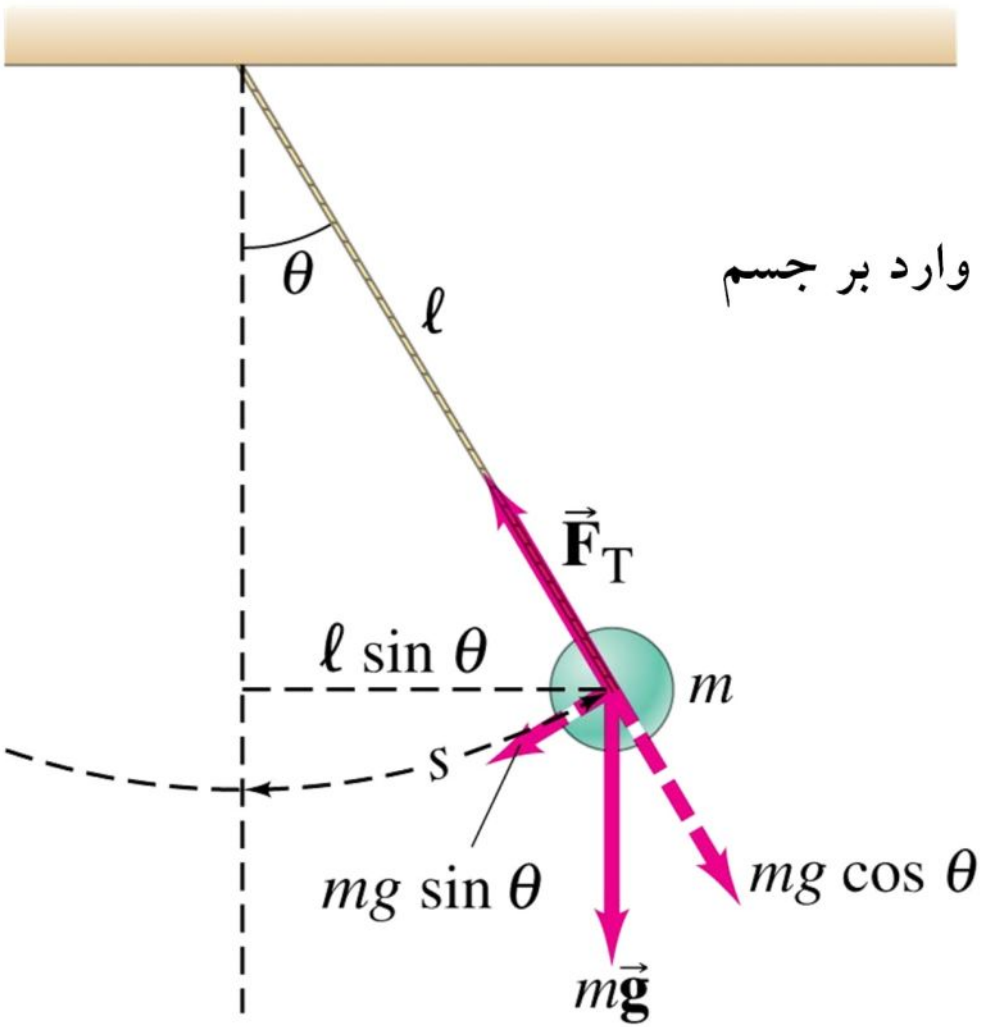

جسمی به جرم m که به ریسمان بدون جرمی متصل می باشد

❖ آونگ فیزیک




جسمی که از یک نقطه درون آن خارج از مرکز جرم آویزان شده است

# آونگ ساده (Simple Pendulum)




الف) بررسی حرکت براساس تحلیلی نیروهای وارد بر جسم

$$\begin{cases} T - mg\cos\theta = m\dfrac{v^2}{L} \\ mg\sin\theta = ma_t \quad \rightarrow \quad mg\sin\theta = -m\dfrac{d^2s}{dt^2} \end{cases}$$

$$a_t = r\alpha \quad \rightarrow \quad a_t = L\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$mg\sin\theta = -mL\frac{d^2\theta}{dt^2} \quad \rightarrow$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L}\sin\theta = 0$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}+\frac{g}{L}\sin\theta=0$$ معادله دیفرانسیل مرتبه دوم بیانگر حرکت آونگ ساده

$$\theta \le 6^\circ \quad \Rightarrow \quad \sin\theta \approx \theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}+\frac{g}{L}\theta=0$$

$\theta=\theta_m\cos(\omega t+\phi)$ جواب پیشنهادی برای معادله دیفرانسیل

جواب در صورتی در معادله صدق می کند که

$$\omega^2=\frac{g}{L} \quad \rightarrow \quad \omega=\sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$\omega=\frac{2\pi}{T} \quad \Rightarrow \quad T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

**TABLE 11–1**
**Sin $\theta$ at Small Angles**

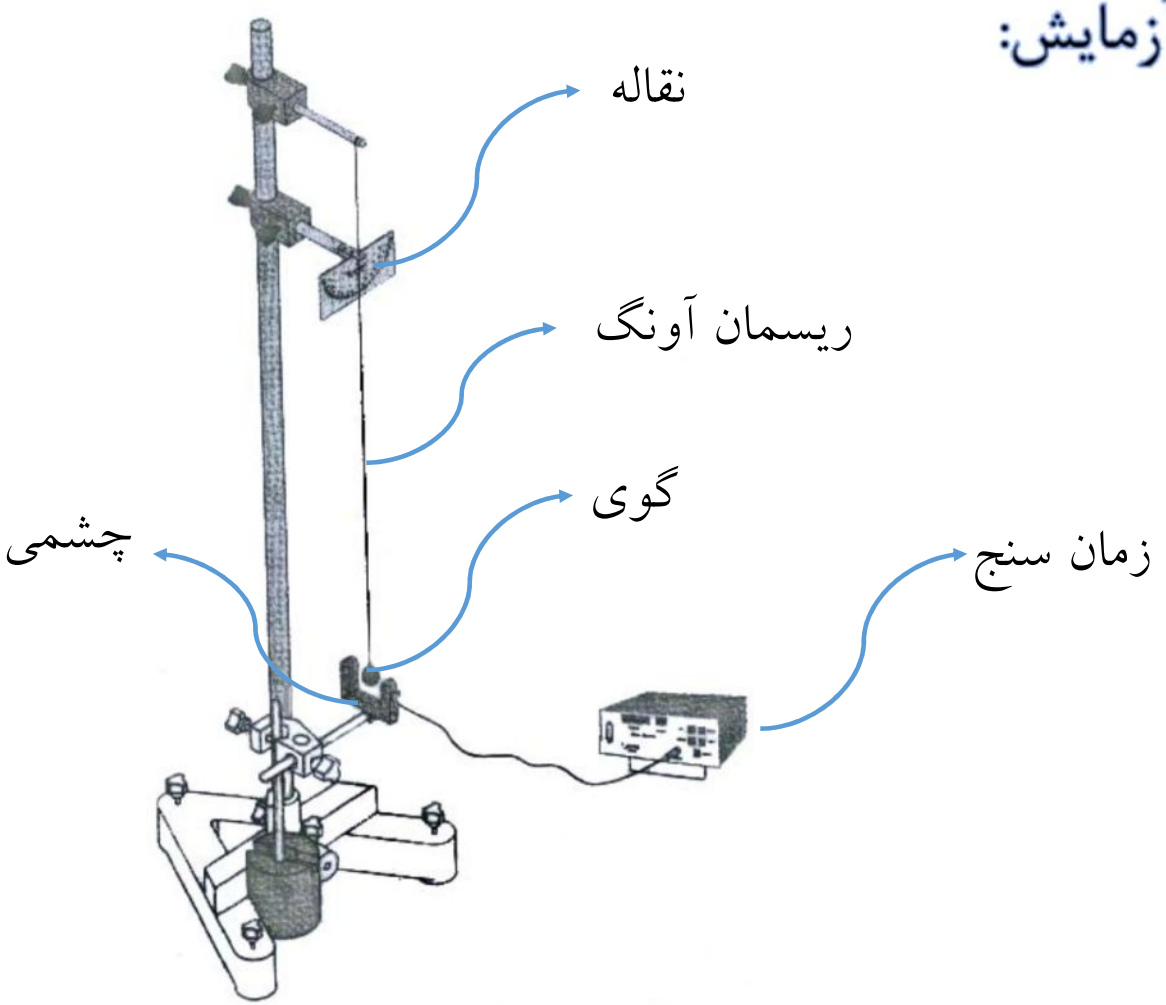
| $\theta$ (degrees) | $\theta$ (radians) | sin $\theta$ | % Difference |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1° | 0.01745 | 0.01745 | 0.005% |
| 5° | 0.08727 | 0.08716 | 0.1% |
| 10° | 0.17453 | 0.17365 | 0.5% |
| 15° | 0.26180 | 0.25882 | 1.1% |
| 20° | 0.34907 | 0.34202 | 2.0% |
| 30° | 0.52360 | 0.50000 | 4.5% |

زمـان تنـاوب نوسانات آونگ ساده به جرم و جنس گلوله، همچنین به زاویه‌ی نوسان آونـگ بسـتگی نـدارد.

اگـر دامنـه‌ی نوسان کوچک نباشد، می‌توان نشان داد که در این صورت زمان تناوب نوسانات آونـگ سـاده از رابطـه‌ی زیـر بـه دست می‌آید:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left(1+\frac{1}{4}\sin^2\frac{\theta_o}{2}+\frac{9}{64}\sin^4\frac{\theta_o}{2}+\cdots\right)$$

## روش انجام آزمایش:



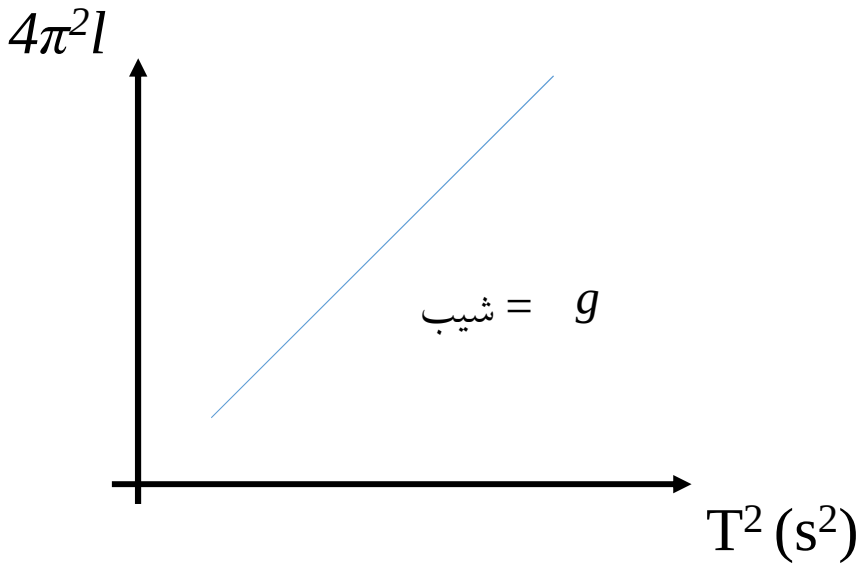
گلوله‌ی فلزی را به قطعه‌ی ریسمانی تقریباً بـه طـول یک متر متصل کرده و آن را به گیره و پایه بیاویزید.

با انتخاب طول آونگ (طول ریسمان+ شـعاع گلولـه‌ی فلزی) به اندازه‌ی ۴۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متـر، میـانگین دوره‌ی تناوب آونگ ساده را اندازه‌گیری کنیـد. یعنـی به ازای هر طول سه بار زمان را انـدازه‌گیـری کـرده و میانگین بگیرید. برای ایجاد حرکت نوسـانی، گلولـه را به ازای زاویه‌ی کمتر از ۶ درجه منحرف کنید.

با توجه به مقادیر معلوم $l$ و $T$، طبق رابطه‌ی (۱)، $g$ هر حالت را به دست آورید و بعد میانگین $g$ همـه‌ی حالت‌ها را محاسبه کنید.

| $l(m)$<br>طول آونگ | $\overline{T}(s)$<br>میانگین دوره تناوب | $g(m/s^2)$<br>شتاب جاذبه زمین | $\overline{g}(m/s^2)$ | درصد اختلاف (٪) نسبت به<br>$9.8(m/s^2)$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.4 | | | | |
| 0.5 | | | | |
| 0.6 | | | | |

نمودار $4\pi^2 l$ برحسب $T^2$ را رسم کرده و از روی شیب نمودار $g$ را همراه با خطای شیب به روش مطرح شده در ابتدای دستور کار به دست آورید.



## ۳. داده های اونگ ساده

| شماره داده ها | L1=0.300m | L2=0.450m | L3=0.600m |
|---|---|---|---|
| ۱ | T1=10.65s | T2=13.98s | T3=15.14s |
| ۲ | T1=10.91s | T2=13.20s | T3=15.44s |
| ۳ | T1=11.11s | T2=13.38s | T3=15.60s |
| ۴ | T1=10.61s | T2=13.98s | T3=15.14s |
| ۵ | T1=10.91s | T2=13.27s | T3=15.44s |
| ۶ | T1=11.11s | T2=13.38s | T3=15.65s |
| ۷ | T1=10.65s | T2=13.90s | T3=15.14s |
| ۸ | T1=10.91s | T2=13.20s | T3=15.44s |
| ۹ | T1=11.15s | T2=13.38s | T3=15.65s |

آدرس شبیه سازی ها

https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-ab/latest/pendulum-lab_en.html

https://www.walter-fendt.de/html5/phen/pendulum_en.htm