

## آزمایش 8

### آونگ مرکب

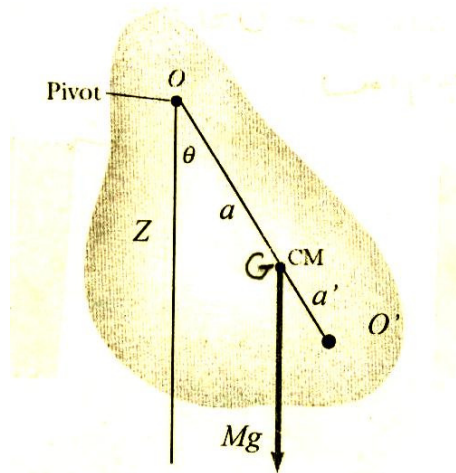
هدف آزمایش: اندازه گیری شتاب گرانش زمین به کمک آونگ مرکب

#### تئوری:

هر جسمی که بتواند حول یک محور ثابت افقی تحت اثر نیروی جاذبه زمین نوسان کند، آونگ مرکب نامیده می شود (شکل 1). دوره نوسانات یک آونگ مرکب حول محوری

مانند O به فاصله a از مرکز جرم (CM) برابر است با: 
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mga}}$$

در این رابطه، T دوره تناوب نوسانات آونگ حول محور O، M جرم آونگ و I لختی دورانی آن نسبت به محور O است. می توان نشان داد که در صفحه شامل محور O و مرکز جرم (CM)، محور دیگری مانند O' به موازات O و در امتداد OG به فاصله ی a' از مرکز جرم وجود دارد به طوری که دوره تناوب نوسانات آونگ حول آن نیز برابر با T است. در این حالت فاصله ی دو محور یعنی  $L = a + a'$  برابر طول آونگ ساده ایست که زمان تناوب آن نیز همان T می باشد. برابر بود نوسان آونگ مرکب با آونگ ساده ای به طول  $L = a + a'$  را می توان از رابطه زیر نتیجه گرفت:



شکل 1- نمایی از محورهای یک آونگ مرکب

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mga}} \quad (1)$$

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{I'}{Mga'}} \quad (2)$$

حال چنانچه  $T=T'$  باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{I}{a} = \frac{I'}{a'} \Rightarrow I' = \frac{a'I}{a} \quad (3)$$

از طرفی در صورتی که لختی دورانی جسم حول مرکز جرم  $I_G$  باشد، لختی دورانی آن حول محور  $O$  و  $O'$  که به ترتیب به فواصل  $a$  و  $a'$  از مرکز جرم جسم قرار گرفته اند،

طبق قضیه محورهای موازی به صورت زیر خواهد بود:

$$I = I_G + Ma^2 \quad (4)$$

$$I' = I_G + Ma^2 \quad (5)$$

از تفاضل روابط (4) و (5) خواهیم داشت:

$$I - I' = M(a^2 - a'^2) \longrightarrow I - \frac{a'I}{a} = M(a^2 - a'^2) \Rightarrow \frac{I(a-a')}{a} = M(a-a')(a+a') \quad (6)$$

$$\Rightarrow I = Ma(a+a')$$

اگر مقدار  $I$  از رابطه ی (6) را در رابطه ی (1) قرار دهیم خواهیم داشت:

$$T = T' = 2\pi \sqrt{\frac{a+a'}{g}} \xrightarrow{L=a+a'} T = T' = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

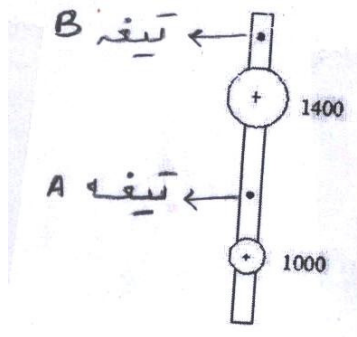
و  $L$  را طول آونگ ساده همزمان با آونگ مرکب می نامیم.

بدین ترتیب می توان در یک آزمایش ابتدا طول  $L$  را تعیین کرده سپس با اندازه گیری دوره تناوب حول دو نقطه ی نوسان، مقدار  $g$  را به دست می آوریم. این روش نخستین بار در سال 1818 توسط کاتر به کار رفت و یکی از دقیق ترین روش هایی است که برای اندازه گیری  $g$  به کار می رود. در این آزمایش به جای تغییر فاصله ی  $L$ ، با جابجایی مکان یکی از روزنه ها، محل مرکز جرم دستگاه را آنقدر تغییر میدهیم تا دوره تناوب نوسان نسبت به دو محور با هم برابر شود.

روش آزمایش:

دستگاه آونگ مرکب تشکیل شده از میله ای که در دو طرف آن در تیغه برای نوسان تعبیه شده و روی این میله دو وزنه به شکل استوانه نصب گردیده که محل قرار گرفتن آن در روی میله به وسیله ی پیچی قابل تغییر است.

وزنه ای که خارج از دو محور قرار دارد 1000 گرم و وزنه ای که ما بین دو تیغه قرار دارد، 1400 گرم جرم دارد.



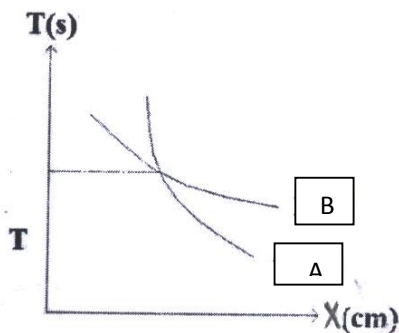
شکل 2- نمای کلی آونگ مرکب

وزنه ی 1000 گرمی را در فاصله ی نزدیک به انتهای میله ثابت کنید سپس با استفاده از پیچی که روی وزنه ی 1400 گرمی قرار دارد، آن را در فاصله ی 10 سانتی متری از تیغه A (تیغه ی نزدیک به جرم 1000 گرمی) قرار داده و آونگ را از محل تیغه ی A روی گیره ی نصب شده بر دیوار قرار دهید. آونگ را از حالت قائم تقریباً به اندازه ی 10 درجه منحرف کرده و رها کنید سپس به کمک کروномتر مدت زمان 20 نوسان کامل آن را اندازه گیری کنید و دوره نوسان را بدست آورید و آن را  $T_A$  بنامید.

محل جرم ها را تغییر ندهید. نوسانگر را برگردانید و آن را از تیغه ی B آویزان کنید و دوباره آونگ را به اندازه 10 درجه منحرف کرده و رها کنید و مدت زمان 20 نوسان کامل را اندازه گیری کنید و دوره نوسان را بدست آورید و آن را  $T_B$  بنامید.

آونگ را دوباره از تیغه ی A آویزان کنید، محل وزنه ی 1000 گرمی را تغییر ندهید و وزنه ی 1400 گرمی را 5 سانتی متر از تیغه ی A دور کنید و دوباره  $T_A$  و  $T_B$  را بدست آورید. این کار تا فاصله ی 50 سانتی متری وزنه ی 1400 گرمی از تیغه ی A ادامه دهید و نتایج را در جدول زیر ثبت کنید.

ردیف	X(cm)	$T_A(S)$	$T_B(S)$
1	10		
2	15		
3	20		
4	25		
5	30		
6	35		
7	40		
8	45		
9	50		



نمودار  $T_A$  و  $T_B$  را برحسب  $X$  رسم کنید. محل تلاقی نمودارهای  $T_A$  و  $T_B$  را

مشخص کنید. در نقطه تلاقی دو نمودار  $T=T_A=T_B$  می باشد.

اکنون با معلوم بودن  $L=1\text{m}$  و  $T$  به کمک رابطه ی  $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ،  $g$  را محاسبه کنید.

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

خطای نسبی  $\frac{\Delta g}{g}$  و نیز خطای مطلق  $\Delta g$  را محاسبه کنید.

در این آزمایش می توانید آونگ ساده ای به طول  $L=1\text{m}$  طراحی کنید و مدت زمان

20 نوسان کامل آن را بدست آورید. سپس دوره نوسان  $T$  را بدست آورده و آن را با

$T'$  مقایسه کنید.