

آونگ ساده

هدف آزمایش

(۱) تعیین زمان تناوب آونگ ساده و مشخصات آن

(۲) تعیین شتاب جاذبه ی زمین با استفاده از زمان تناوب آونگ ساده

وسایل مورد نیاز

زمان سنج ، گلوله های آهنی و چوبی ، شاقول ، نخ ، نقاله

تئوری آزمایش

آونگ ساده

آونگ ساده شامل یک جرم نقطه ای است که به وسیله ی نخ بدون وزن ناکشسانی از نقطه ی ثابتی در میدان گرانشی یکنواخت آویخته شده باشد و حول محور افقی خارج از مرکز جرم خود ، قابلیت نوسان داشته باشد . اگر گلوله ای به جرم m آویخته به نخ به طول L را به اندازه ی زاویه ی کوچک θ از موضع تعادل کشیده و سپس رها کنیم در اطراف موضع تعادلی خود حرکت نوسانی خواهد داشت .

شکل (۱) یک آونگ ساده و نیروهای حاکم بر آن را نشان می دهد . چنانکه دیده می شود مولفه ی عمود بر نخ نیروی وزن سبب بازگرداندن آونگ به وضع قائم می شود. یعنی:

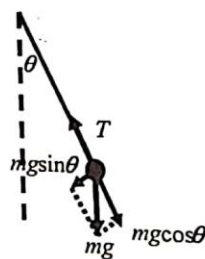
$$F = -mg \sin \theta = ma \quad (1)$$

برای زوایای کوچک (کمتر از 6 درجه) زاویه بر حسب رادیان و تانژانت و سینوس آن را می توان برابر قرار داد .

$$\sin \theta \cong \tan \theta \cong \theta \quad (2)$$

با جایگذاری مقدار زاویه بر حسب طول کمان مسیر حرکت گلوله ، خواهیم داشت :

$$F = -mg \theta = -mg \frac{x}{l} \quad (3)$$



شکل (۱)

با جایگذاری رابطه بالا در رابطه ۲ و با توجه به اینکه $a = \frac{d^2 x}{dt^2}$ است داریم :

$$-mg \frac{x}{l} = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (۴)$$

و یا

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{g}{l} x = 0 \quad (۵)$$

این معادله حرکت نوسانی است که در آن :

$$\omega^2 = \frac{g}{l} \quad (۶)$$

است بنابراین زمان تناوب T آونگ ساده برابر است با:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (۷)$$

همانطور که مشاهده می شود زمان تناوب آونگ ساده به جنس و جرم گلوله و نیز زاویه نوسان آونگ بستگی ندارد. اگر دامنه ی نوسان کوچک نباشد می توان نشان داد که زمان تناوب از رابطه ی زیر به دست می آید :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta_0}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\theta_0}{2} \right) \quad (۸)$$

روش آزمایش

(۱) تعیین بستگی زمان تناوب آونگ ساده و مشخصات آن

در آونگ ساده آزمایشگاه که در شکل (۲) نشان داده شده است یک بار گلوله فلزی و یک بار گلوله ی چوبی را قرار دهید و طول آونگ را در هر دو بار ۷۰ سانتی متر انتخاب کنید. در هر بار، زمان ده نوسان را برای نوسانات کم دامنه (با توجه به شرط $\theta < 6^\circ$) اندازه بگیرید. مقادیر را در جدول (۱) یادداشت کنید. سپس طول آونگ را ۷۰ سانتی متر انتخاب کنید و همین آزمایش را برای نوسان تحت زاویه ی تقریبی بیست درجه تکرار کنید و مقادیر را در جدول (۱) گزارش کار بنویسید.



اینک برای جدول (۳)، طول آونگ را ۱۴۰ سانتی متر انتخاب کنید. یک بار آونگ را با دامنه ی کمتر از ۶ درجه و بار دیگر بدون تغییر طول با دامنه ی حدود ۲۰ درجه به نوسان در آورید. هر بار زمان ده نوسان را اندازه بگیرید و در جدول (۳) گزارش کار یادداشت نمایید.

جنس گلوله	زمان ده نوسان (S)	زمان یک تناوب (زمان تناوب) (S)
چوب		
فلز		

جدول ۱

جنس گلوله	زمان ده نوسان (S)	زمان یک تناوب (زمان تناوب) (S)
چوب		
فلز		

جدول ۲

دامنه نوسان	زمان ده نوسان (S)	زمان یک تناوب (زمان تناوب) (S)
کمتر از ۶ درجه		
حدود ۲۰ درجه		

جدول ۳

(۳) تعیین شتاب جاذبه ی زمین با استفاده از زمان تناوب آونگ ساده

طول آونگ را ۱۴۰ سانتی متر بگیرید و زمان ده نوسان کم دامنه ($\theta < 6^\circ$) را اندازه بگیرید. همین عمل را برای طول های ۱۵۰ و ۱۶۰ و ۱۷۰ و ۱۸۰ متری آونگ تکرار کرده و مقادیر را در جدول (۴) گزارش کار بنویسید

طول آونگ m	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸
زمان نوسان S					
زمان تناوب S					
مجذور زمان تناوب S^2					

جدول ۴

محاسبات ، بررسی نتایج و پرسشها

(۱) منحنی مجذور زمان تناوب آونگ ساده را بر حسب طول آن بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید و آن را ضمیمه ی گزارش کار نمایید .

(۲) با استفاده از شیب منحنی فوق ، شتاب جاذبه ی زمین را محاسبه کنید .

(۳) شتاب جاذبه زمین در همدان $9.78 \frac{m}{s^2}$ است. درصد خطای اندازه گیری g چقدر است ؟

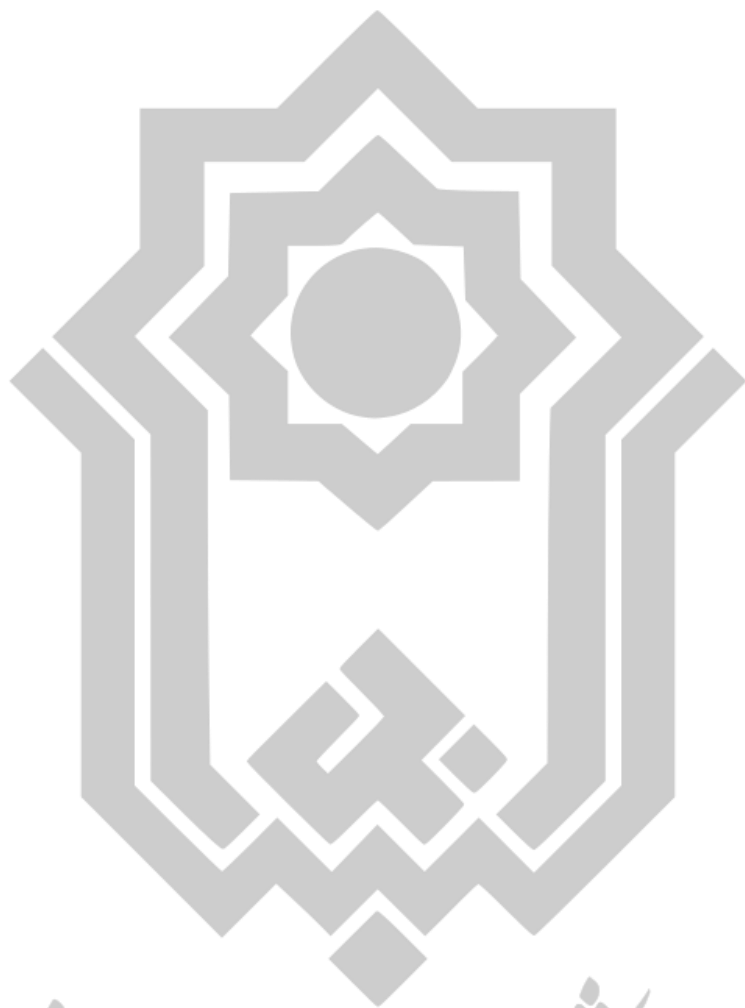
(۴) از مقادیر به دست آمده در جداول (۱) و (۲) ، چه نتیجه ای می توان گرفت ؟

(۵) از مقادیر به دست آمده در جدول (۳) ، چه نتیجه ای به دست می آورید ؟

(۶) از مقادیر به دست آمده در جدول (۴) ، چه نتیجه ای می گیرید ؟

(۷) آیا زمان تناوب آونگ در ارتفاعات مختلف از سطح زمین فرق می کند ؟ چرا ؟

۸) آیا زمان تناوب آونگ به طول آن بستگی دارد ؟ (آیا زمان تناوب آونگ به جنس آن بستگی دارد ؟



دانشگاه بوعلی سینا