

آزمایش شماره ۳: سقوط آزاد و حرکت پرتابی

الف - سقوط آزاد

هدف آزمایش: بدست آوردن شتاب جاذبه زمین به کمک قوانین مربوط به حرکت شتابدار با

شتاب ثابت

تئوری آزمایش:

چنانچه در مجاورت زمین (در ارتفاعات کم) مقاومت هوا وجود نداشته باشد، نیروی گرانشی زمین باعث می شود که اجسام مستقل از اندازه، جرم یا جنس آنها با شتاب تقریباً ثابتی سقوط کنند که به آن شتاب گرانش می گویند.

اگر جسمی تحت تاثیر نیروی گرانشی زمین سقوط نماید، معادله حرکت آن به شکل زیر خواهد بود:

$$y - y_0 = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t \quad (1)$$

در این رابطه $h = y - y_0$ ارتفاعی است که جسم در فاصله زمانی بین صفر تا t ثانیه طی کرده، v_0 سرعت اولیه جسم زمانی که در نقطه y_0 قرار داشته و g شتاب گرانش زمین است.

در صورتیکه بتوانیم زمان سقوط یک جسم را برای ارتفاع h بدست آوریم و علاوه بر آن سرعت اولیه جسم در لحظه اول مشخص باشد، می توانیم از رابطه بالا شتاب گرانش را بدست آوریم. اما چنانچه اندازه گیری سرعت اولیه گلوله میسر نباشد، بدلیل اینکه دو مجهول در رابطه وجود دارد محاسبه g از رابطه بالا ممکن نیست و باید به روش دیگری اقدام به این کار نمائیم.

ما در این آزمایش می خواهیم از طریق رسم نمودار مقدار شتاب ثقل را بدست آوریم.

وسایل آزمایش:

ساعت الکترونیکی، خط کش میلی متری، گلوله فلزی، سنسورهای نوری

روش انجام آزمایش:

دستگاه را مانند شکل آماده و اتصالات الکتریکی لازم را برقرار نمائید. منبع تغذیه را روشن و گلوله را به آهنربای الکتریکی وصل کنید. پیش از رها شدن گلوله دکمه *reset* ساعت الکترونیکی را بفشارید. سپس با زدن

دکمه *start* و قطع شدن خاصیت آهنربایی، گلوله رها می‌شود و با عبور از روبروی سنسورهای نوری دستگاه، ساعت الکترونیکی زمان سقوط گلوله را نشان خواهد داد. برای اطمینان هر اندازه‌گیری را ۳ مرتبه تکرار کنید. با خط‌کش فاصله بین دو سنسور نوری (h) را بدقت اندازه بگیرید. برای ارتفاع‌های مختلف که در جدول آمده است این کار را تکرار و زمان‌های سقوط را ثبت نمایید.

در رابطه شماره ۱ دو طرف رابطه را بر زمان t تقسیم می‌کنیم و به یک رابطه خطی بر حسب زمان می‌رسیم.

$$Y = \frac{h}{t} = \frac{1}{2}gt + v_0$$

در نرم افزار *Excel* نمودار نقطه‌ای Y بر حسب t را رسم کرده با برازش یک خط راست معادله **بهترین خط عبوری** از این نقاط را بدست می‌آوریم. از روی شیب این خط و برابر قرار دادن آن با $\frac{1}{2}g$ می‌توانیم مقدار شتاب گرانش را بدست آوریم.

توجه مهم: بدلیل دقت بسیار زیادی که در این روش نیاز داریم، انجام این کار بصورت دستی به نتیجه قابل قبولی منجر نخواهد شد و حتما باید توسط نرم افزار این کار صورت گیرد.

نتایج:

h cm	t_1 sec	t_2 sec	t_3 sec	t_{ave} sec	$Y = h/t_{ave}$ sec
35					
40					
45					
50					
55					
60					
65					
70					
75					
80					
85					
90					
95					
100					
105					

خواسته‌های آزمایش:

- با رسم نمودار نقطه‌ای Y بر حسب t و رسم بهترین خط عبوری و با در دست داشتن معادله این خط مقدار شتاب جاذبه را محاسبه نمایید.
- در مورد خطای اندازه‌گیری زمان در این آزمایش توضیح دهید.

ب - حرکت پرتابی

هدف آزمایش: بدست آوردن سرعت اولیه پرتابه از روی برد و زاویه پرتاب

تئوری آزمایش:

حرکت پرتابی به حرکتی گویند که در آن گلوله‌ای با سرعت اولیه v_0 که با سطح افق زاویه θ می‌سازد، پرتاب می‌شود. از آنجا که تنها نیروی وارد بر جسم پس از پرتاب با صرف نظر کردن از نیروی مقاومت هوا که در سرعت‌های پایین قابل اغماض است، نیروی جاذبه زمین است لذا جسم در دو راستای x و y حرکتهای متفاوتی داشته و می‌توان نوشت:

- چون در راستای افقی هیچ نیرویی به جسم وارد نمی‌شود، معادله حرکت آن در این راستا معادله حرکت یکنواخت با سرعت اولیه ثابت $v_0 \cos \theta$ خواهد بود.

$$x = v_0 t \cos \theta \quad (2)$$

- در راستای عمودی با فرض ثابت بودن نیروی جاذبه زمین، گلوله حرکت شتابدار با شتاب ثابت دارد و حرکت آن از معادله زیر پیروی می‌کند:

$$y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t \sin \theta + y_0 \quad (3)$$

که در اینجا $v_0 \sin \theta$ سرعت اولیه پرتابه در راستای عمودی است.

به کمک روابط ۲ و ۳ می‌توان بیشترین برد پرتابه را مطابق رابطه زیر بدست آورد.

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} \quad (4)$$

در این بخش از آزمایش می‌خواهیم بطور تجربی برد پرتابه را برای زوایای مختلف پرتاب بدست آوریم و به کمک رابطه بالا سرعت اولیه پرتاب v_0 را بدست آوریم.

وسایل آزمایش:

دستگاه پرتاب کننده، خط کش، کاغذ سفید، کاربن

روش انجام آزمایش:

- دسته فنر دستگاه را بکشید و ماشه را در یکی از شیارهای دستگاه قرار دهید. (شیار دوم)
 - با پیچ‌های تعبیه شده، دستگاه را روی زاویه پرتاب مورد نظر خود تنظیم کنید.
 - گلوله را در جای خود قرار دهید.
 - بر روی میز چوبی چند برگ کاغذ سفید بچسبانید و روی آنها کاربن قرار دهید.
 - ضامن دستگاه را بکشید تا گلوله پرتاب شود.
 - با استفاده از خط کش فاصله بین نقطه شروع پرتاب تا نقطه اثر برخورد گلوله بر روی کاربن را اندازه بگیرید.
- این فاصله برد پرتابه خواهد بود. R
- این کار را برای هر کدام از زوایای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه سه بار تکرار نمائید و میانگین برد پرتابه را در هر حالت بدست آورید.
 - با داشتن برد و زاویه پرتاب و استفاده از رابطه ۴ سرعت اولیه گلوله را محاسبه کنید.

نتایج:

θ deg	R_1 m	R_2 m	R_3 m	v_0 m/s
30				
45				
60				

خواسته‌های آزمایش:

- در صورتیکه در اندازه گیری زاویه پرتاب یک درجه خطا وجود داشته باشد، خطای اندازه گیری سرعت اولیه v_0 را از روش دیفرانسیلی بدست آورید.
- چه عواملی باعث ایجاد خطا در این آزمایش می‌شوند؟