

حرکت پرتابی

هدف آزمایش:

۱. مطالعه ی حرکت پرتابی
۲. اندازه گیری برد و تعیین بستگی آن به زاویه ی پرتاب و سرعت اولیه
۳. اندازه گیری زمان حرکت و تعیین بستگی آن به زاویه ی پرتاب و سرعت اولیه
۴. مشاهده ی برخورد دو گلوله

وسایل مورد نیاز

دستگاه حرکت پرتابی - زمان سنج الکترونیکی - صفحه اتصال - کاغذ سفید - کاغذ کاربن - متر نواری

تئوری آزمایش

۱. حرکت پرتابی:

حرکت پرتابه حرکت ذره ای است که تحت زاویه ی اولیه نسبت به افق پرتاب می شود. به خاطر حضور جاذبه ی زمین. حرکت پرتابه در راستای قائم با شتاب ثابت به طرف مرکز زمین خواهد بود و در راستای افق چون به ذره نیرویی وارد نمی شود حرکت با سرعت ثابت است.

با توجه به معادلات حرکت باشتاب ثابت و سرعت ثابت به راحتی میتوان مولفه های کمیت های سینماتیکی حرکت و به دنبال آن معادله ی مسیر حرکت را به دست آورد. مطابق شکل ۱ اگر مبدا دستگاه را بر نقطه ی شروع حرکت منطبق بگیریم می توان نوشت:

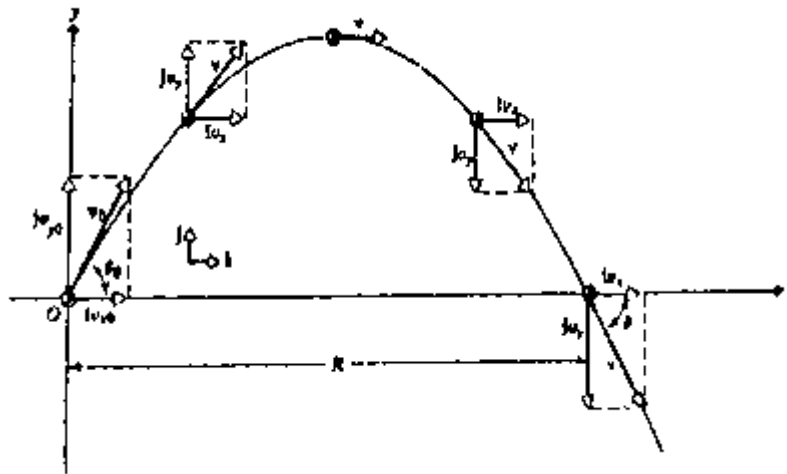
$$x_0 + y_0 = 0 \quad (1)$$

اگر پرتابه با زاویه پرتاب θ و سرعت اولیه v_0 پرتاب شود داریم:

$$v_{0x} = v_0 \sin \theta_0 \quad (2)$$

$$v_{0y} = v_0 \cos \theta_0$$

حرکت در راستای افق با سرعت ثابت و در راستای قائم شتابدار است. بنابراین می توان نوشت:



شکل (۱)

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta_0 \quad (۳)$$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \theta_0 - gt$$

که v_x و v_y سرعت‌های پرتابه در هر زمان t هستند.

$$x = v_{0x} t = v_0 t \cos \theta_0 \quad (۴)$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{0y}t = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t \sin \theta_0$$

با حذف t بین دو معادله ی بالا می توان معادله ی مسیر حرکت پرتابه را به دست آورد:

$$y = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} x^2 + x \tan \theta_0 \quad (۵)$$

در حالت خاص که مبدأ پرتاب بر سطح زمین منطبق است به راحتی میتوان به ازای $y = 0$ در معادله مسیر حرکت پرتابه برد پرتابه R را به دست آورد :

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \quad (۶)$$

به راحتی می توان نشان داد که برد پرتابه با زاویه ی ۴۵ درجه بیشترین مقدار خود را دارد و به دنبال آن زمان حرکت پرتابه ، با توجه به معادله مکان در راستای افق برابر است با :

$$T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g} \quad (۷)$$

اگر پرتابه در امتداد افق $\theta_0 = 0$ و با سرعت اولیه v_0 از ارتفاع H از سطح زمین انجام شود ، داریم :

$$v_{0x} = v_0 \quad (۸)$$

$$v_{0y} = 0$$

و بنابراین از رابطه ی (۳) داریم:

$$v_x = v_0 \quad (۹)$$

$$v_y = -gt$$

با استفاده از رابطه ی (۴) می توان محل فرود پرتابه را از رابطه ی زیر به دست آورد:

$$R = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (۱۰)$$

وسایل آزمایش

(۱) دستگاه حرکت پرتابی

این دستگاه می تواند گلوله ای را با ۳ سرعت مختلف تحت زوایای بین ۰ تا ۹۰ پرتاب کند . دستگاه شامل فنری است که فشرده شدن آن انرژی را ذخیره می کند و هنگام رها شدن گلوله ی فلزی را پرتاب می نماید . عمل متراکم کردن فنر توسط یک دستگیره انجام می گیرد . همچنین توسط یک ضامن فنر در حالت متراکم باقی می ماند که با آزاد کردن ضامن پرتاب انجام می شود . با باز کردن پیچ و مهره ای که به صفحه ی مدرجی وصل است می توان زاویه ی پرتاب را انتخاب کرد و با بستن آنها زاویه ی پرتاب ثابت می ماند. نمونه ای از دستگاه حرکت پرتابی در شکل (۲) نشان داده شده است .



شکل (۲)

نقطه ی رهایی گلوله حدود ۱۰ سانتی متر بالای صفحه ی زیرین دستگاه قرار دارد . دستگاه دارای کلیدی است که با رها کردن دستگیره بسته شده و زمان سنج الکترونیکی شروع به کار می کند . با قرار دادن ضامن درون شیار میله ی متصل به دستگیره دستگاه آماده ی پرتاب است . برای جلوگیری از خطای آزمایش دستگیره را باید بدون اینکه چرخانیده شود به عقب کشید به همین منظور دو علامت به صورت خط برروی دستگیره و محافظ فنر تعبیه شده است که باید در یک امتداد قرار بگیرند .

هشدار: در هنگام آزاد کردن ضامن هرگز انگشت خود را جلوی دستگیره قرار ندهید .

(۲) صفحه ی برخورد با کلید قطع و وصل

این دستگاه در تعیین زمان حرکت پرتابه به کار می رود . هنگامی که گلوله به قسمت جلوی صفحه برخورد کند زمان سنج الکترونیکی از کار می افتد . با پرتاب گلوله زمان سنج به کار می افتد و با برخورد آن به صفحه فوق زمان سنج متوقف می شود. در نتیجه زمان حرکت پرتابه تعیین می شود .

(۳) زمان سنج الکترونیکی

زمان حرکت توسط زمان سنج انجام می شود. برای این منظور سیم اتصال Start و Stop را به زمان سنج وصل کنید. با رها شدن گلوله زمان سنج به کار می افتد و پس از برخورد گلوله با صفحه ی برخورد مدار متصل به آن قطع شده و زمان سنج متوقف می گردد . در نتیجه زمان حرکت پرتابه تعیین می شود .

پراکندگی پرتابی در طول حدود $1 \pm$ تا $3 \pm$ سانتی متر و در عرض در حدود $1 \pm$ تا $2 \pm$ سانتی متر است .
البته پراکندگی پرتابی برای بیشترین سرعت اولیه بیشتر از بقیه است. قطر گلوله های پرتابی در حدود ۹ میلیمتر است .

نکات مهم در استفاده از دستگاه

۱. گیره های متصل کننده دستگاه به میز باید سفت باشند .
۲. سفت بودن پیچها بعد از چند پرتاب باید کنترل شود .
۳. برای کاهش خطای اندازه گیری پیستون در طول آزمایش نباید چرخیده باشد .
۴. اهرم آزاد کننده باید سریع و آنا" از شیار دستگاه بیرون کشیده شود .

روش آزمایش

۱) اندازه گیری سرعت اولیه ی گلوله ی پرتابی

دستگاه پرتاب را در وضعیت قائم قرار دهید . خط کش را که بر پایه ای سوار است و یک نوار فلزی را به نشانی آن متصل است در وضعیت قائم قرار دهید . دستگیری پرتاب را تا درجه ی ۱ آن به عقب بکشید و گلوله را پرتاب کنید. با بالا و پایین بردن نشانه ی خط کش محل دقیق نقطه ی بازگشت گلوله را تعیین کنید . (نقطه ای که گلوله قبل از تماس با نوار فلزی سقوط میکند . این عمل را چند بار تکرار کنید و میانگین ارتفاع گلوله را به دست آورید . می توانید برای اندازه گیری دقیقتر ارتفاع گلوله ی پرتاب شده، با در نظر گرفتن محل مناسب قرارگیری خودتان، از انجام آزمایش فیلمبرداری کنید و با آهسته کردن سرعت فیلم، ارتفاع دقیق را محاسبه کنید.) اندازه گیری ارتفاع ماکزیمم را برای درجات ۲ و ۳ پرتاب نیز انجام دهید و مقادیر را در جدول (۱) گزارش کار بنویسید . سپس سرعت گلوله را با استفاده از رابطه ی $v_0 = \sqrt{2gh}$ تعیین کنید

مرحله کشیدن فنر	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳
متوسط ارتفاع			
سرعت اولیه			

جدول ۱

۲) اندازه گیری برد حرکت پرتابی

اندازه گیری برد حرکت پرتابی را برای دو حالت زیر انجام دهید :

۱. هنگامی که نقطه ی پرتاب و فرود در یک ارتفاع باشند .
۲. هنگامی که نقطه ی پرتاب و فرود در یک ارتفاع نباشند .

یک سکو به ارتفاع مناسب را روی میز در جلوی دستگاه حرکت پرتابی قرار دهید و کاغذ کاربن را روی آن بگذارید. برای دقت بیشتر بهتر است میز پرتاب و میز برخورد از یکدیگر جدا باشند .

با کمترین سرعت پرتاب و زاویه ی ۲۰ درجه پرتاب را انجام دهید . سکو را در محلی قرار دهید که گلوله به آن برخورد کرده و اثر بگذارد . فاصله ی اثر گلوله را تا نقطه ی پرتاب که برد حرکت است به وسیله ی متر نواری اندازه بگیرید . عمل را با زوایای ۳۰ و ۴۰ و ۵۰ و ۶۰ و ۷۰ درجه تکرار کنید همین آزمایش را با دو سرعت دیگر دستگاه انجام دهید . مقادیر اندازه گیری شده را در جدول (۲) گزارش کار بنویسید . زوایا برحسب درجه و بردها برحسب متر هستند. مقدار برد را تا دو یا سه رقم اعشار نگه دارید.

زاویه پرتاب	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
برد با سرعت ۱						
برد با سرعت ۲						
برد با سرعت ۳						

جدول ۲

همین آزمایش را هنگامی که نقطه ی پرتاب و فرود در یک صفحه نیستند نیز تکرار کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول (۳) گزارش کار یادداشت کنید . در این حالت فاصله ی عمودی نقطه پرتاب تا نقطه فرود را با متر نواری اندازه گرفته و یادداشت کنید.

زاویه پرتاب	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
برد با سرعت ۱						
برد با سرعت ۲						
برد با سرعت ۳						

جدول ۳

(۳) اندازه گیری زمان حرکت

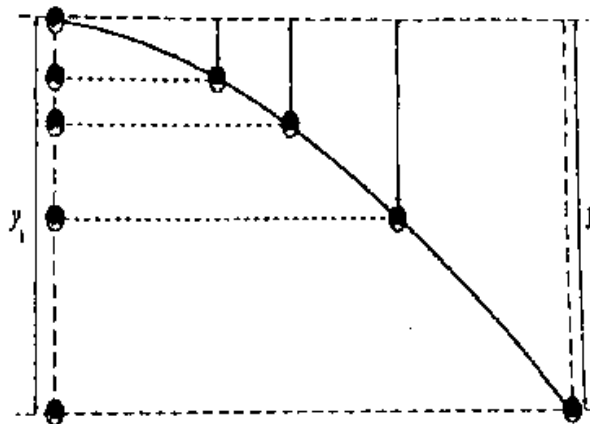
صفحه ی برخورد را در همان ارتفاع محل پرتاب قرار دهید. برای هر سرعت پرتاب با زاویه ی ۴۵ درجه زمان حرکت گلوله را اندازه بگیرید و در جدول (۴) گزارش کار یادداشت نمایید . مقدار زمان پرتاب را تا دو رقم اعشار برحسب ثانیه یادداشت کنید.

زمان با سرعت ۳	زمان با سرعت ۲	زمان با سرعت ۱	زاویه پرتاب
			۴۵

جدول ۴

(۴) مشاهده ی برخورد دو گلوله

آهن ربای الکتریکی را بر روی یک میله ی یک متری نصب کنید و آن را مطابق شکل (۴) در مقابل دستگاه پرتاب قرار دهید . فاصله ی دستگاه پرتاب و میله را نیم متر انتخاب کنید. دستگیره ی دستگاه پرتاب را به عقب بکشید و به وسیله ی ضامن آن را نگهدارید گلوله ی بزرگتری را در انتهای آهن ربای الکتریکی قرار دهید . چون کلید دستگاه در حالت اتصال کوتاه است جریان الکتریکی برقرار بوده و گلوله توسط آهن ربا جذب می شود . دستگاه پرتاب را درست به طرف گلوله ی متصل به آهن ربا نشانه بگیرید. می توانید از یک خط کش کمکی استفاده نمایید . حال با آزاد کردن ضامن، هم زمان با پرتاب گلوله ی کوچک از دستگاه پرتاب، جریان الکتریکی آهنربای الکتریکی هم قطع شده و گلوله ی بزرگ متصل به آن سقوط می کند. اگر نشانه گیری درست انجام شده باشد، دو گلوله برخورد می کنند . این عمل را با یکی از سه سرعت پرتاب انجام دهید و نتیجه را در گزارش کار بنویسید.



شکل ۴

محاسبات ، بررسی نتایج، پرسشها

- (۱) منحنی های برد حرکت پرتابی را برحسب زاویه پرتاب برای هر سه درجه سرعت ، با استفاده از مقادیر جدول ۲ بر روی یک کاغذ میلیمتری رسم کنید و آن را ضمیمه ی گزارش کار نمایید .
- (۲) بستگی برد به زاویه ی پرتاب چگونه است ؟ این بستگی را با روابط تئوری مقایسه کنید .
- (۳) از روی منحنی های رسم شده زاویه ی مربوط به برد ماکزیمم را برای ۳ سرعت پرتاب تعیین کنید .
- (۴) زاویه های به دست آمده در سؤال ۳ را با مقدار تئوری آن مقایسه و درصد خطای آزمایش را تعیین کنید .
- (۵) از روی منحنیهای فوق مقدار برد ماکزیمم را محاسبه کنید .
- (۶) بیشترین برد را برای ۳ سرعت از روابط تئوری محاسبه کنید .
- (۷) دلایل اختلاف مقادیر به دست آمده در آزمایش را با مقدار تئوری آن توضیح دهید .
- (۸) هم سطحی یا عدم هم سطحی نقاط پرتاب و فرود، چه تاثیری در مقدار برد دارد؟ (از مقایسه ی مقادیر برد به ازای زوایای پرتاب یکسان، در جدول ۲ و جدول ۳ استفاده نمایید).
- (۹) با استفاده از مقادیر زمان حرکت در جدول ۴ نیز سرعتهای اولیه را محاسبه کنید .
- (۱۰) برد میانگین به دست آمده برای هر ارتفاع را با مقدار تئوری مقایسه کرده و نتیجه گیری نمایید .
- (۱۱) در آزمایش برخورد دو گلوله ، این موضوع که برخورد دو گلوله با هر سرعت اولیه و هر زاویه ی پرتابی صورت می گیرد را چگونه توجیه می کنید ؟

دانشگاه بوعلی سینا