l

آزمایشگاه فیزیک پایه 1

گزارش کار آزمایش شماره 5

« سقوط آزاد وحرکت پرتابه »

گروه 2

محمدرضا مهدیه

تاریخ آزمایش : 8/8/1390

تاریخ تحویل گزارش کار: 15/8/1390

استاد: آقای روزبه ترکی

# تئوری آزمایش:

[جاذبه](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%AF%D8%B1%D8%A7%D9%86%D8%B4) یا به عبارت دقیقتر نیروی جاذبه نیرویی است که دو جسم را به طرف هم می‌کشد. این نیرو بین اجسام بزرگتر قویتر است. هر چه فاصله اجسام از هم بیشتر باشد، ضعیفتر عمل می‌کند. نیروی جاذبه زمین همه اشیاء سطح خود و یا نزدیک به سطح خود را به طرف مرکز خود می‌کشد. هرگاه یک توپ را به هوا پرتاب کنیم، توپ به زمین بر می‌گردد، این نیروی جاذبه است که آن را به طرف پایین می‌کشد و هر چه توپ را با نیروی بیشتری به هوا پرتاب کنیم، با همان نیرو به طرف زمین بر می‌گردد، و البته اگر بتوانیم با قدرت کافی آنرا پرتاب کنیم، می‌تواند از نیروی جاذبه زمین جدا شده و به فضا برود. برای بدست آوردن چنین نیرویی، به نیروی رانش موتور یک [موشک](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%D9%88%D8%B4%DA%A9) نیاز داریم.

# قانون نیوتن

فرضیه‌های [اسحاق نیوتن](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A7%D8%B3%D8%AD%D8%A7%D9%82+%D9%86%DB%8C%D9%88%D8%AA%D9%86) در سال 1687 در کتابش با عنوان اصول ریاضی در فلسفه طبیعی منتشر شد. در این اثر ، او قانون عمومی جاذبه‌اش را اعلام کرد که در این جهان برای دو جرم کاربرد دارد. اسحاق نیوتن چنین محاسبه کرد که قدرت نیروی جاذبه میان 2 جسم به سه عامل بستگی دارد: جرم آن دو جسم و فاصله میان مراکزشان. با فرمولهای ریاضی ، این قانون چنین بیان می‌شود:

F = Gm1m2/r2

که F قدرت نیروی جاذبه ، m2 ، m1 دو جرم و r فاصله میان مراکز دو جرم و G عدد ثابت یا ثابت عمومی جاذبه است. قانون عمومی جاذبه نشان می‌دهد که هر چه جرم دو جسم بیشتر و فاصله‌شان کمتر باشد، آنها بیشتر به طرف یکدیگر کشیده می‌شوند. رابطه آنها تحت تأثیر قانون عکس مجذور قرار دارد، که بیان می‌کند کشش میان دو جسم با مجذور فاصله آنها کاهش می‌یابد. اگر [زمین](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%B1%D9%87+%D8%B2%D9%85%DB%8C%D9%86) دو برابر مسافت فعلی از خورشید فاصله داشت، شدت نیروی جاذبه میان این دو جسم یک چهارم می‌شد. اگر زمین 5 برابر فاصله کنونی از خورشید دورتر بود، نیروی جاذبه 25 برابر کاهش می‌یافت.

|  |
| --- |
|  |

# پایداری و فرار در میدان جاذبه

# این نیروی جاذبه زمین است که یک ماهواره را در مدار زمین نگه می‌دارد. سرعت لازم برای رفتن به مدار اطراف ماه 28000 کیلومتر در ساعت (17500 مایل در ساعت) است. خارج شدن از مدار زمین و به فضا رفتن نیازمند سرعت بیشتری است که آن را سرعت گریز از نیروی می‌نامند.سرعت گریز از نیروی جاذبه زمین 40320 کیلومتر در ساعت (25000 مایل در ساعت) است. چون نیروی جاذبه هر یک از [سیارات](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B3%DB%8C%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA+%D9%85%D9%86%D8%B8%D9%88%D9%85%D9%87+%D8%B4%D9%85%D8%B3%DB%8C) و همچنین [ماه](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%D8%A7%DB%8C%DB%8C+%D9%85%D8%A7%D9%87) با سیاره دیگر متفاوت است.برای مثال ، سرعت گریز از جاذبه ماه یک پنجم سرعت گریز از جاذبه زمین است. [کاوشگری](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%DA%A9%D8%A7%D9%88%D8%B4%DA%AF%D8%B1+%D9%81%D8%B6%D8%A7%DB%8C%DB%8C) که از نیروی جاذبه زمین فرار می‌کند، در مدار خورشید باقی می‌ماند و این بخاطر نیروی جاذبه خورشید است. این کاوشگر اگر بخواهد از [منظومه شمسی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%D9%86%D8%B8%D9%88%D9%85%D9%87+%D8%B4%D9%85%D8%B3%DB%8C) خارج شود، باید سرعتی متناسب با سرعت گریز از جاذبه خورشید داشته باشد.

# تصویرسقوط آزاد :

هنگامی که جسمی از ارتفاعی رها شود، [شتاب](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B4%D8%AA%D8%A7%D8%A8) می‌گیرد و سرعتش از مقدار صفر افزایش مییابد. جالب توجه است که در خلا ، تمامی اجسام از قبیل سنگ ، پر ، [قطرات باران](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%A8%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D9%86) و ذرات گرد و غبار بطور یکنواخت شتاب می‌گیرند و باهم به زمین می‌رسند. این قاعده صرفا به دلیل مقاومت هوا در مقابل سقوط اجسام ، که اثر آن بر «پر» مؤثرتر از اثر آن بر سنگ است، در زندگی روزمره که در محیط خلأ صورت نمی‌گیرد، صادق نیست.

# شتاب حرکت سقوط آزاد

شتاب سقوط آزاد اجسام در خلا به طبیعت جسم بستگی ندارد. بلکه فقط به محل جسم بستگی دارد. این شتاب ثابت است و مقدار آن با شتاب گرانشی که با علامت g نشان داده می‌شود، برابر است که آن هم تحت عنوان شتاب ثقلی مطرح است و مقدار آن بر روی زمین برابر 9.8m/s2 می‌باشد.

# سقوط آزاد چیست؟

برای اینکه سنگی آزادانه سقوط کند، لازم نیست که شما آنرا در امتداد قائم رها کنید. می توانید سنگ را به طرف بالا ، پایین یا به اطراف پرتاب کنید. به محض اینکه سنگ در هر جهتی اختیاری از دست شما رها شود، سقوط آزاد خواهد کرد. اگر سنگی را در امتداد قائم به طرف بالا با سرعت 25m/s پرتاب کنید ، چون شتاب به سمت پایین و در خلاف جهت سرعت است، سنگ بایستی در نقطه اوج حرکتش متوقف شده و برگردد. چون در حالت پایین آمدن شتاب در جهت حرکت است، سنگ سرعت می‌گیرد. اگر جسم در حال سکون ، خیلی سبک و یا سطح آن تخت باشد و یا اینکه از فاصله خیلی دور سقوط کرده باشد، مقاومت هوا قابل توجه می‌شود و شتاب جاذبه زمین در چنین حالتی متغیر می‌باشد.

# آزمایش ساده

فرض کنید شخصی در پشت بام خانه ایستاده و توپی را در [راستای افق پرتاب](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AD%D8%B1%DA%A9%D8%AA+%D9%BE%D8%B1%D8%AA%D8%A7%D8%A8%DB%8C) می‌کند. توپ بدون هیچگونه سرعتی در راستای قائم ، از دست شخص رها می‌شود. اما ، [نیروی گرانشی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%86%DB%8C%D8%B1%D9%88%DB%8C+%DA%AF%D8%B1%D8%A7%D9%86%D8%B4%DB%8C) اجازه نمی‌دهد که این وضعیت ادامه یابد. توپ بعد از رها شدن از دست شخص رها می‌شود. اما ، نیروی گرانشی اجازه نمی‌دهد که این وضعیت ادامه یابد. توپ بعد از رها شدن از دست شخص با شتاب 9.8m/s2 به طرف پایین سرعت می‌گیرد و چون حرکت در امتداد قائم یک حرکت با شتاب یکنواخت است که از صفر شروع شده است، می‌توانیم از مجموعه معادلات استاندارد [حرکت با شتاب ثابت](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AD%D8%B1%DA%A9%D8%AA+%D8%A8%D8%A7+%D8%B4%D8%AA%D8%A7%D8%A8+%D8%AB%D8%A7%D8%A8%D8%AA) استفاده کنیم.

# معادلات حرکت سقوط آزاد

* معادله مکان حرکت سقوط آزاد جسم بر حسب زمان یک معادله سهمی شکل است که نقطه ماکزیمم (قله) سهمی در نقطه اوج جسم می‌باشد:

y = -gt2/2 + V0t

در این معادله Y مکان جسم ، t زمان ، g شتاب جاذبه زمین و V0 سرعت اولیه جسم می‌باشد.

* معادله سرعت حرکت سقوط آزاد بر حسب زمان یک معادله خطی است که تا نقطه اوج شیب خط منفی و حرکت کند شونده و از آن زمان به بعد حرکت شتابدار تند شونده با شیب مثبت می‌باشد:

V = -gt + V0

در این معادله V سرعت حرکت جسم می‌باشد.

* معادله شتاب حرکت سقوط آزاد جسم مستقل از زمان بوده و در نزدیکی سطح زمین مقداری ثابت است و مقدار آن با دقت بالایی با شتاب گرانشی بر روی سطح زمین برابر است. a = g = 9.8 m/s2
* معادله نیرو در این حرکت همانند شتاب مستقل از زمان بوده و با نیروی وزن جسم برابر است:

F = ma = mg =9.8 m/s2

* معادله مستقل از زمان حرکت سقوط آزاد :
در این معادله سرعت اولیه و نهایی ، ارتفاع سقوط و شتاب جاذبه در غیاب زمان به هم مربوط می‌شوند:

V2 - V02 = -2gy

# مسایل کاربردی سقوط آزاد

از این نوع حرکت و معادلاتش در توجیه حرکت جسم افتان ، پرتاب موشک ، حرکت پرتابی ، حرکت گلوله توپ ، صعود و فرود هواپیما ، حرکت نوسانی سیستم جرم و فنر آویزان و غیره که هر کدام یا خودشان کاربردهای علمی پدیده‌اند و یا مکانیزم عملشان این حرکت را در خود دارد و جهت کنترل و داشتن سیستمی پایدار با بازده بالا از مفاهیم و معادلات این حرکت در آنها استفاده می‌شود.

حرکت پرتابی

حرکت پرتابی یکی از انواع حرکت با شتاب ثابت است که در یک مسیر خمیده انجام می‌شود. در این حرکت جسم پرتاب شده پس از طی مسیری روی منحنی فرضی در فاصله‌ای دورتر از محل پرتاب به زمین می‌رسد.

در حالت کلی هر حرکتی با [شتاب](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%B4%D8%AA%D8%A7%D8%A8) و نوع مسیر حرکت مشخص می‌شود. به عنوان مثال ، در یک [حرکت یکنواخت](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D8%AD%D8%B1%DA%A9%D8%AA+%DB%8C%DA%A9%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%AE%D8%AA) در امتداد خط راست که اصطلاحا حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت گفته می‌شود، شتاب صفر بوده و مسیر حرکت یک خط راست می‌باشد. در تشریح انواع حرکت‌های شتابدار ، به دلیل سادگی ، حرکت با شتاب ثابت بیشتر مورد توجه است. حرکت پرتابی یکی از انواع حرکت با شتاب ثابت است که در یک مسیر خمیده انجام می‌شود. حرکت ایده‌آل توپ چوگان یا توپ گلف نمونه‌ای از حرکت پرتابی است.

# حرکت پرتابی در غیاب مقاومت هوا

اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، تنها نیرویی که بر جسم وارد می‌شود، نیروی گرانش است. این نیرو به خاطر [میدان گرانش زمین](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%DB%8C%D8%AF%D8%A7%D9%86+%DA%AF%D8%B1%D8%A7%D9%86%D8%B4%DB%8C) ، شتاب ثابت و رو به پایین g (شتاب گرانشی) را بر جسم وارد می‌کند. بنابراین شتاب تنها یک مولفه قائم خواهد داشت و مولفه افق شتاب صفر خواهد بود. البته لازم به ذکر است که جهت سادگی شتاب گرانشی را ثابت اختیار می‌کنیم. چون نیروی گرانشی یک [نیروی پایستار](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%86%DB%8C%D8%B1%D9%88%DB%8C+%D9%BE%D8%A7%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D8%B1) خواهد بود، بنابراین می‌توانیم یک نیروی پایستار تعریف کرده و هر جا که لازم شد، از [قانون بقای انرژی](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%82%D8%A7%D9%86%D9%88%D9%86+%D8%A8%D9%82%D8%A7%DB%8C+%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C) استفاده کنیم.

اگر در فضای سه بعدی جهت g را در امتداد محور z ها اختیار کنیم، چون در امتداد محورهای x و y شتابی وجود ندارد، لذا حرکت در این دو امتداد یکنواخت خواهد بود و تنها در جهت محور z حرکت شتابدار خواهیم داشت. به این ترتیب می‌توانیم معادلات حرکت را تشکیل داده و در مورد مسیر حرکت و سایر پارامترهای دیگر که در امر حرکت دخالت دارند، پیشگویی کنیم. اگر معادلات حرکت را با استفاده از روشهای حل [معادلات دیفرانسیل](http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php?page=%D9%85%D8%B9%D8%A7%D8%AF%D9%84%D8%A7%D8%AA+%D8%AF%DB%8C%D9%81%D8%B1%D8%A7%D9%86%D8%B3%DB%8C%D9%84) حل کنیم، معادله مسیر مشخص می‌شود. بنابراین ملاحظه می‌کنیم که مسیر حرکت یک سهمی خواهد بود.

|  |
| --- |
|  |

# حرکت پرتابی در حضور مقاوت هوا

در این حالت که تقریبا حالت واقعی‌تر حرکت یک پرتابه است، فرض می‌کنیم که مقاومت هوا به‌صورت یک نیروی تلف کننده بر پرتابه عمل کند. در این صورت حرکت پایا نبوده و در اثر آن اصطکاکی ناشی از مقاومت هوا ، انرژی کل بطور مداوم در حال کاهش می‌باشد. اگر برای سادگی فرض کنیم که نیروی مقاومت هوا به‌صورت خطی با سرعت تغییر کند، در این صورت دو نیرو بر پرتابه اثر می‌کند که یکی نیروی مقاومت هوا و دیگری نیروی گرانشی زمین است. بنابراین اگر معادلات حرکت را بنویسیم، در اینصورت در راستای سه محور مختصات شتاب خواهیم داشت.

حال اگر با استفاده روشهای حل معادلات دیفرانسیل ، معادلات حرکتی را حل کنیم، در این صورت به جوابهایی خواهیم رسید که توابعی نمایی از زمان هستند. در این حالت مسیر حرکت به‌صورت یک سهمی نیست، بلکه این مسیر به صورت منحنی است که زیر مسیر سهمی متناظر (حالت بدون مقاومت هوا) قرار دارد. البته لازم به ذکر است که در حرکت واقعی یک پرتابه در جو زمین ، قانون مقاومت هوا به صورت خطی نیست، بلکه به صورت تابع پیچیده‌ای از تندی است. با استفاده از روشهای انتگرال گیری عددی به کمک کامپیوترهای با سرعت بالا ، می‌توان محاسبات دقیق مسیر حرکت را انجام داد.

# برد حرکت پرتابی

اصطلاحا واژه برد به مسافت افقیی اطلاق می‌شود که پرتابه طی می‌کند تا به زمین برسد. بعد از حل معادلات حرکت و مشخص نمودن مولفه‌های حرکت در راستاهای مختلف ، در مؤلفه z حرکت z = 0 قرار داده و مقدار t را محاسبه می‌کنیم. حال این مقدار t را در مولفه‌های x و y جایگذاری می‌کنیم. طبیعی است که جذر مربع مجموع مولفه‌های x و y حرکت ، برابر برد پرتابه خواهد بود.

# کاربرد حرکت پرتابی

کاربرد حرکت پرتابی معمولا در موارد نظامی بیشتر از موارد دیگر است. به عنوان مثال ، دیدبان با استفاده از قوانین حرکت پرتابه مختصات محلی را که می‌خواهند بوسیله توپخانه هدف قرار دهند، تهیه می‌کند و آن را در اختیار افرادی که در کنار توپ قرار دارند، می‌دهد. سپس افراد دیگری این مختصات با تنظیم لوله توپ پیاده می‌کنند، حال اگر توپ شلیک شود، به هدف مورد نظر اصابت خواهد نمود. بنابراین حرکت پرتابی در امور نظامی و جنگی کاربرد فوق‌العاده مهمی دارد.

# بررسي حركت پرتابي و معادلات آن:

براي بررسي اين حركت محور ox رادر راستاي افق ومحور ox رادر راستاي g درنظر مي گيريم.درنتيجه حركت پرتابي راميتوان به صورت تركيب دو حركت  , يكي در راستاي افق وديگري درراستاي قائم درنظرگرفت.راحت تراست كه محل پرتاب جسم رانيز مبدا مختصات ( x0=0  و y0=0 )وجهت مثبت محور را به طرف بالا انتخاب كنيم. شكل زيرمسير حركت پرتابه راروي صفحه مختصاتxoy ,همراه بابردارشتاب  و نيزبردارسرعت اوليه جسم  كه باافق زاويه a مي سازد. نشان مي دهد.دراين شكل مولفه هاي بردارشتاب   بارابطه هاي زيرداده مي شوند:

ax= 0    , ay=-g

مولفه هاي سرعت اوليه    نيز برابرندبا:

V0x=v0 cos a         ,        V0y=v0 sin a

  ax=0  است يعني حركت درراستاي افقيx باسرعت ثابت Vx=v0 cos a   انجام مي شود.بنابراين باتوجه به معادلات حركت باشتاب ثابت خواهيم داشت:

 x=(v0 cos a)t

Vx=v0 cos a   = ثابت

 شتاب درراستاي قائم نيز برابرg - است نتيجه مي شود:





باحذفt بين معادلات حركتx وyمعادله مسير حركت نيز به دست مي أيد:





رابطه بالانشان مي دهدكه مسير حركت پرتابي درشرائط خلا’سهمي است.(معادله فوق رابامعادله سهمي مقايسه كنيد كه درآ ن ثابت        وB=tan a  ثابت هستند).درحركت پرتابي فاصله افقي اي راكه پرتابه طي مي كندتا دوباره به ارتفاع اوليه پرتاب برگردد ,  برد پرتابه مي نامند و آنرابا نماد R نشان مي دهند.مختصات نقطه بازگشت به ارتفاع اوليه باتوجه به اين كه ( X=R و Y=0  )است,بااستفاده ازمعادله مسيربرابر خواهدبودبا:





نقطه اوج نيزدرحركت پرتابي,بالاترين نقطه ايست كه پرتابه به أن مي رسد.سرعت درراستاي محور   درنقطه اوج صفر است زيرابردارسرعت كه همواره برمسيرمماس است دراين نقطه افقي است ومولفه اي درراستاي قائم ندارد.خواهيم داشت : (با توجه به معادله y)

زمان رسيدن به تقطه اوج زمان  باجايگذاري اين زمان درمعادله y ,ارتفاع نقطه اوج نيزبه دست مي أيد:

 

اگرمعادلات حركت پرتابي مايل رابامعادلات حركت پرتابي درراستاي قائم مقايسه كنيد شباهت كامل أنها راملاحظه خواهيدكردبااين تفاوت كه درحركت پرتابي مايل به مقدار  V0 ضريب   sina  نيزاضافه مي شود.

 اگر پرتاب افقي و به زير سطح باشد برد پرتابه از رابطه ي زير حاصل مي شود :

وسایل آزمایش:

دستگاه سقوط آزاد ، کلید مورس ، کرنومتر الکتریکی ، منبع تغذیه ، خط کش قائم و شاخص، گلوله فلزی ، متر فلزی، دستگاه حرکت پرتابه ای، کاربن

شرح عملی آزمایش:

**خط کش**

**کلید مورس**

**منبع تغذیه**

**سیم پیچ**

**گلوله فلزی**

**کلید صفر کننده**

قسمت 1)سقوط آزاد:

ابتدا دستگاه سقوط آزاد و کرنومتر مانند شکل مقابل بسته شد سپس مقدار ولتاژ منبع در حدی قرار داده شد که گلوله ، لغزشی برای جدا شدن انجام دهد. سپس کلید مورس زده می شود تا علامتی به کرنومتر داده شود و در همین لحظه نیز گلوله رها می شود و با برخورد با حسگر محل فرود ، علامتی دیگر به کرنومتر ارسال می شود و با عث توقف آن می گردد. حال زمان سقوط و ارتفاع سقوط را در جدول (1) یادداشت شد.این مرحله برای چهار ارتفاع متفاوت و برای هر ارتفاع سه بار اندازه گیری شد.

قسمت2)حرکت پرتابه افقی:

ابتدا دستگاه مطابق شکل روبرو بسته شد. سپس گلوله روی سطح شیب دار قرار گرفت وسپس رها شد. گلوله با رسیدن به اولین اتصالات به کرنومتر علامت داده و کرنومتر شروع به کار می کند و رسیدن به اتصال دوم کرنومتر متوقف شد که این زمان و فاصله d در جدول (2) ثبت شد. گلوله بعد از عبور از اتصال دوم به لبه میز می رسد و یک حرکت پرتابه افقی انجام می دهد که مقدار برد و ارتفاع میز نیز اندازه گیری و در همان جدول به ثبت رسید .این مرحله نیز چهار مرتبه انجام شد.

**محل اتصالات**

جداول:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 491 | 691 | 791 | 828 | y(mm) |
| 1 | 1 | 1 | 1 | Δy(mm) |
| 317 | 373 | 400 | 409 | t1(ms) |
| 318 | 373 | 395 | 411 | t2(ms) |
| 314 | 374 | 398 | 410 | t3(ms) |
| 316.3 | 373.3 | 397.7 | 410 | tm(ms) |
| 0.1000457 | 0.1393529 | 0.1580858 | 0.1681 | t2m(s)2 |
| 3.3 | 1.7 | 3.7 | 2 | Δtm(ms) |
| 2.087 | 1.269 | 2.942 | 1.64 | Δt2m(ms2) |

جدول (1)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $g=\frac{2v\_{0}^{2}y}{x^{2}}$(m/s2) | x(cm) | y(cm) | v=d/t’(m/s) | t'(ms) | d(cm) |
| **10.66** | 50.2 | 91.8 | **1.21** | 525 | 63.5 |
| **10.76** | 46.5 | 91.8 | **1.13** | 564 | 63.5 |
| **10.43** | 54.7 | 91.8 | **1.30** | 487 | 63.5 |
| **12.56** | 19.5 | 91.8 | **0.51** | 1245 | 63.5 |

جدول (2)

محاسبات و خطاها:

قسمت 1)

برای مقدار زمان میانگین داریم:

$$t\_{m1}=\frac{t\_{1}+t\_{2}+t\_{3}}{3}=\frac{409+411+410}{3}=410 ms$$

$$t\_{m2}=\frac{t\_{1}+t\_{2}+t\_{3}}{3}=\frac{400+395+398}{3}=397.66 ms$$

$$t\_{m3}=\frac{t\_{1}+t\_{2}+t\_{3}}{3}=\frac{373+373+374}{3}=373.33 ms$$

$$t\_{m4}=\frac{t\_{1}+t\_{2}+t\_{3}}{3}=\frac{317+318+314}{3}=316.3 ms$$

که برای مجذور زمان نیز داریم:

$t\_{m1}^{2}=(410×10^{-3})^{2}=0.1681 s^{2}$ $ t\_{m2}^{2}=(397.7×10^{-3})^{2}=0.1580858 s^{2}$

$t\_{m3}^{2}=(373.3×10^{-3})^{2}=0.1393529 s^{2}$ $t\_{m4}^{2}=(316.3×10^{-3})^{2}=0.1000457s^{2}$

با توجه به اینکه برای رسم نمودار به خطای مجذور زمان نیازمندیم در جدول ردیف دیگری به آن اختصاص می دهیم و آنرا نیز محاسبه می کنیم.

حال کافی است از t2m دیفرانسیل بگیریم که خواهیم داشت:

$$d\left(t\_{m}^{2}\right)=2t\_{m}dt\_{m}⟹∆t\_{m}^{2}=2t\_{m}∆t\_{m}$$

برای خطای Δtm داریم:

$$δt\_{m1}=max\left\{\left|t\_{i}-t\_{m}\right|\right\}=max\left\{\left|409-410\right|,\left|411-410\right|,\left|410-410\right|\right\}=max\left\{1,1,0\right\}=1 ms$$

$$δt\_{m2}=max\left\{\left|t\_{i}-t\_{m}\right|\right\}=max\left\{\left|400-397.7\right|,\left|398-397.7\right|,\left|395-397.7\right|\right\}=max\left\{2.3,0.3,2.7\right\}=2.7 ms$$

$$δt\_{m3}=max\left\{\left|t\_{i}-t\_{m}\right|\right\}=max\left\{\left|373-373.3\right|,\left|373-373.3\right|,\left|374-373.3\right|\right\}=max\left\{0.3,0.3,0.7\right\}=0.7 ms$$

$$δt\_{m4}=max\left\{\left|t\_{i}-t\_{m}\right|\right\}=max\left\{\left|317-316.3\right|,\left|318-316.3\right|,\left|314-316.3\right|\right\}=max\left\{0.7,1.7,2.3\right\}=2.3 ms$$

$$∆t\_{m}=گیری اندازه دستگاه خطای+آزمایشگر خطای$$

$∆t\_{m1}=1 ms+1ms=2 ms$ $∆t\_{m2}=1 ms+2.7ms=3.7 ms$

$∆t\_{m3}=1 ms+0.7ms=1.7 ms$ $∆t\_{m4}=1 ms+2.3ms=3.3 ms$

$∆t\_{m1}^{2}=2t\_{m1}∆t\_{m1}=2×410m×2m=1.64 ms^{2}$ $∆t\_{m2}^{2}=2t\_{m2}∆t\_{m2}=2×397.7m×3.7m=2.942 ms^{2}$

$∆t\_{m3}^{2}=2t\_{m3}∆t\_{m3}=2×373.3m×1.7m=1.269 ms^{2}$ $∆t\_{m4}^{2}=2t\_{m4}∆t\_{m4}=2×316.3m×3.3m=2.087 ms^{2}$

 مقدار g از روی بهترین، کمترین و بیشترین شیب به شرح زیر است(نمودار به صورت ضمیمه پیوست شده است.)

(نکته: چون نمودار برحسب t2 به y است پس شیب دو برابر نسبت عکس آن است پس به صورت ظاهری در این نمودار شیب بیشتر مقدار g کمتر وشیب کمتر مقدار g بیشتری را دربر می گیرد)

$$g=\frac{2y}{t^{2}}$$

 بهترین شیب$g=\frac{2(y\_{2}-y\_{1})}{(t\_{2}^{2}-t\_{1}^{2})}=\frac{2(0.95-0.4)}{(180-73.3)×10^{-3}}=10.30 m/s^{2}$

 کمترین شیب$g=\frac{2(y\_{2}-y\_{1})}{(t\_{2}^{2}-t\_{1}^{2})}=\frac{2(0.901-0.481)}{(166.46-102.132)×10^{-3}}=13.05 m/s^{2}$

 بیشترین شیب$g=\frac{2(y\_{2}-y\_{1})}{(t\_{2}^{2}-t\_{1}^{2})}=\frac{2(0.69-0.492)}{(140.621-97.9758)×10^{-3}}=9.28 m/s^{2}$

$$g\_{m}=\frac{g\_{1}+g\_{2}+g\_{3}}{3}=10.88 m/s^{2}$$

$$δ\_{g}=max\left\{\left|g\_{i}-g\_{m}\right|\right\}=max\left\{\left|10.30-10.88\right|,\left|13.05-10.88\right|,\left|9.28-10.88\right|\right\}=max\left\{0.58,2.17,1.6\right\}=2.17 m/s^{2}$$

قسمت 2)

برای محاسبه سرعت داریم:

$$v=\frac{d}{\acute{t}}⟹v\_{1}=\frac{63.5×10^{-2}}{525×10^{-3}}=1.21m/s v\_{2}=\frac{63.5×10^{-2}}{564×10^{-3}}=1.13 m/s v\_{3}=\frac{63.5×10^{-2}}{487×10^{-3}}=1.30 m/s $$

$$v\_{4}=\frac{63.5×10^{-2}}{1245×10^{-3}}=0.51 m/s$$

 و برای مقدار g داریم:

$g=\frac{2v\_{0}^{2}y}{x^{2}}⟹g\_{1}=\frac{2(1.21)^{2}91.8×10^{-2}}{(50.2×10^{-2})^{2}}=10.66 m/s^{2} $ $g\_{2}=\frac{2(1.13)^{2}91.8×10^{-2}}{(46.5×10^{-2})^{2}}=10.76m/s^{2} $

$g\_{3}=\frac{2(1.30)^{2}91.8×10^{-2}}{(54.7×10^{-2})^{2}}=10.43 m/s^{2}$ $g\_{4}=\frac{2(0.51)^{2}91.8×10^{-2}}{(19.5×10^{-2})^{2}}=12.56 m/s^{2}$

$$g\_{m}=\frac{g\_{1}+g\_{2}+g\_{3}+g\_{4}}{4}=11.10 m/s^{2}$$

$$δ\_{g}=max\left\{\left|g\_{i}-g\_{m}\right|\right\}=max\left\{\left|10.66-11.10\right|,\left|10.76-11.10\right|,\left|10.43-11.10\right|,\left|12.56-11.10\right|\right\}=max\left\{0.44,0.34,0.67,1.46\right\}=1.46 m/s^{2}$$

نتیجه گیری:

 همانطور که مشخص شد می توان به کمک دو نوع حرکت پرتابی و سقوط آزاد مقدار شتاب گرانش را بدست آورد که کم و بیش در هردو آزمایش این مقدار برابر است.

پرسشها:

1. آیا جنس و اندازه گلوله در سقوط آزاد تاثیری دارد؟ توضیح دهید.

خیر. در هیچ کدام از موارد بالا نه به جنس گلوله اشاره ای شد و نه به اندازه آن . بلکه آنچه مهم بود زمان سقوط و یا مسافت طی شده است که رابطه ای با جنس یا اندازه آن ندارد.(هرچند اگر گلوله بزرگتر و یا سبک تر گردد نیروی مقاومت هوا موثر تر خواهد شد).

1. کار کلید مورس در سقوط آزاد چیست؟

هرگاه ولتاژ به قدری کم می شد که گلوله در آستانه حرکت قرار می گرفت کلید مورس به سمت چپ کشیده می شدو بااین کار همان لحظه گلوله رها شده و همچنین هم زمان یک علامت به دستگاه کرنومتر ارسال می شود که باعث شروع به کار انداختن آن می شود و هنگامی که گلوله به حسگر پایین برخورد میکرد مجددا علامتی به کرنومتر ارسال می شد که باعث توقف کرنومتر می گردید. پس کار کلید مورس فرستادن علامت جهت شروع حرکت سقوط آزاد است.

1. جنس و اندازه گلوله در حرکت پرتابه افقی چه تاثیری دارد؟

در این حرکت چون جسم با سطح شیب دار تماس دارد پس عامل مهم دیگری در این آزمایش باعث ایجاد خطا می شود و آن اصطکاک است که هم به اندازه سطح تماس بستگی دارد و هم به جنس گلوله.(همچنین هنگام پرتاب نیز مقاومت هوا مانند سقوط آزاد موثر خواهد بود).

1. آیا در قسمت اول حرکت پرتابه ای استفاده از فرمول V=d/t’صحیح است؟

اگر شرای ایده آل باشد می توان از این فرمول استفاده کرد . ولی در حالت کلی باید مقدار اصطکاک نیز در این فرآیند محاسبه می شد.(اگر اصطکاک حساب بشود دیگر حرکت یکنواخت نخواهد بود و شتابدار با شتاب منفی خواهد بود(در سطح مستقیم d))

1. کدامیک از دو روش آزمایش برای تعیین g دقیقتر است؟چرا؟

در هردو آزمایش خطاهایی موجود می باشد مثلاً در آزمایش اول تنظیم دقیق ولتاژ برای اینکه گلوله در حدی قرار گیرد که در آستانه حرکت قرار گیرد و یا در نظر نگرفتن مقاومت هوا و همچنین حساس نبودن حسگر و.. و هم چنین در آزمایش دوم وجود اصطکاک سطحی ودر قسمت بعد آن اصطکاک هوا و حتی تراز نبودن دقیق افقی حرکت گلوله و... .

ولی در حالت کلی به دلیل کم بودن اصطکاک و نبودن خطای تنظیم افقی می توان گفت آزمایش اول دقیقتر از آزمایش دوم می باشد.