

حرکت مستقیم الخط

هدف آزمایش

۱. مطالعه ی حرکت یکنواخت
۲. مطالعه ی حرکت با شتاب ثابت
۳. بررسی قانون اول نیوتن
۴. بررسی قانون دوم نیوتن

وسایل مورد نیاز

دستگاه بالشک هوا ، پمپ هوا ، لغزنده ، سیم های رابط ، خط کش ، آهن ربای الکتریکی

تئوری آزمایش

هر گاه مکان جسمی نسبت به یک مبدا تغییر کند می گوئیم آن جسم نسبت به مبدا مورد نظر ، در حال حرکت است . مکان جسم را می توان با بردار مکان آن تعیین کرد ، به طوری که انتهای بردار مکان در هر لحظه مکان متحرک را نشان می دهد . اگر مکان متحرک با زمان تغییر کند جسم در آن دستگاه مختصات در حرکت است . مسیر حرکت جسم ، مکان هندسی نقاطی است که متحرک از آن نقاط می گذرد . بنابر این چگونگی تابعیت بردار مکان بر حسب زمان مسیر حرکت جسم را تعیین می کند . برای تعیین چگونگی طی مسیر ، می توان سرعت را تعریف کرد . سرعت متوسط برابر با تغییر مکان متحرک نسبت به زمان است . یعنی :

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (۱)$$

که $\Delta \vec{r}$ تغییر بردار مکان جسم است که در مدت زمان Δt اتفاق می افتد . اما این سرعت اطلاعی در مورد چگونگی مسیر در هر لحظه به دست نمیدهد . به عنوان مثال اگر متحرک مسیر بسته ای را طی کند و دوباره به مکان اول خود بازگردد ، سرعت متوسط آن صفر می شود . بنابراین اگر بخواهیم از آهنگ تغییر مکان متحرک مطلع شویم سرعت لحظه ای را تعریف می کنیم که حد سرعت متوسط به ازای بازه زمانی بسیار کوچک است . به بیان ریاضی :

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (۲)$$

بدیهی است سرعت لحظه ای همواره مماس بر مسیر حرکت است . اگر آهنگ تغییر مکان جسم با زمان ثابت باشد حرکت با سرعت یکنواخت ، و چنانچه آهنگ تغییر مکان جسم با زمان ثابت نباشد حرکت شتابدار است . اگر آهنگ تغییر سرعت جسم با زمان ثابت باشد حرکت با شتاب ثابت خواهد بود . برای تعیین چگونگی تغییرات سرعت با زمان ، شتاب متوسط و شتاب لحظه ای را به ترتیب به صورتهای زیر تعریف می کنیم:

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (۳)$$

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (۴)$$

در حالت خاص که حرکت مستقیم الخط است اعداد جبری به جای بردار می توانند معرف حرکت باشند و داریم:

$$v(t) = v \quad (۵)$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} \quad (۶)$$

از روابط فوق مشاهده می شود اگر منحنی مسافت طی شده بر حسب زمان را داشته باشیم شیب آن در هر نقطه سرعت خطی ، و شیب منحنی سرعت بر حسب زمان ، شتاب حرکت را تعیین می کند.

۱) حرکت یکنواخت

در این حرکت ، سرعت لحظه ای و سرعت متوسط برابر و شتاب حرکت صفر $a = 0$ است و داریم :

$$v(t) = v \quad (۷)$$

معادله ی حرکت عبارت است از :

$$x(t) = vt + x_0 \quad (۸)$$

۲) حرکت با شتاب ثابت

در این حرکت شتاب لحظه ای و شتاب متوسط برابر است و داریم:

$$a(t) = a \quad (۹)$$

معادلات حرکت عبارت اند از:

$$v(t) = at + v_0 \quad (۱۰)$$

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \quad (11)$$

اگر علامت سرعت و شتاب یکی باشد حرکت تند شونده و اگر علامت سرعت و شتاب متفاوت باشد حرکت کند شونده است.

۳) قانون اول نیوتن

از تجربه می دانیم اگر به جسم ساکنی نیرو وارد نشود، آن جسم تا ابد بطور ساکن می ماند. همچنین امروزه می دانیم برای اینکه جسم حرکت مستقیم الخط یکنواخت خود را حفظ کند نیازی به وارد کردن نیرو نیست. به عبارت دیگر اگر بتوانیم نیروی اصطکاک را به طور کامل حذف کنیم جسم با سرعت ثابت حرکت خود را در امتداد مسیر مستقیم ادامه خواهد داد. این موضوع را اولین بار نیوتن دریافت و آن را به عنوان اولین قانون از سه قانونش برای حرکت برگزید. نیوتن قانون اولش را به صورت زیر بیان کرد: "هر جسم که در حالت سکون یا حرکت یکنواخت در امتداد یک خط مستقیم باشد در این حالت باقی خواهد ماند مگر اینکه در اثر نیروهای وارد بر آن مجبور شود آن حالت را تغییر دهد."

از نظر قانون اول نیوتن فرقی بین یک جسم ساکن و یک جسم متحرک که با سرعت ثابت در امتداد مسیر مستقیم حرکت می کند وجود ندارد. به علاوه بین نبودن نیرو و وجود نیروهایی که برآیندشان صفر است تفاوتی نیست. مثلاً اگر فشاری که دست ما به یک جسم وارد می آورد با نیروی اصطکاک برابر باشد، این جسم با سرعت ثابت حرکت می کند. بنابراین می توان قانون اول نیوتن را به صورت زیر نیز بیان کرد: "اگر نیروی خالصی به جسم اثر نکند شتاب جسم صفر خواهد بود."

۴) قانون دوم نیوتن

می دانیم که جسم ساکن به خودی خود شروع به حرکت نمی کند و این کار تنها با کشیدن یا هل دادن آن صورت می گیرد. به علاوه برای اینکه جسم متحرکی را ساکن کنیم و یا اندازه و جهت سرعت آن را تغییر دهیم احتیاج به نیرو داریم. در کلیه حالات فوق که بردار سرعت تغییر می کند جسم دارای شتاب است.

آزمایش نشان می دهد که ایجاد شتاب در جسم مستلزم وارد آوردن نیروی خارجی است. به طوری که شتاب هر جسم مستقیماً با نیروی وارد بر آن متناسب است. ضریب تناسب را جرم جسم می نامند.

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (12)$$

این معادله را قانون دوم نیوتن می نامند . این رابطه نشان می دهد اجسام با جرمهای متفاوت در برابر نیروی خارجی یکسان ، شتاب های متفاوتی را کسب می کنند . آنچه باید به آن توجه نمود آن است که رابطه ی فوق برای یک ذره ی مادی صحیح است زیرا در حالت کلی نیروی وارد بر یک جسم می تواند سبب چرخش جسم نیز بشود که در این حالت تمام ذرات جسم شتاب یکسان ندارند . در این حالت رابطه ی فوق برای مرکز جرم جسم معتبر است .

وسایل آزمایش

(۱) ریل هوا و قطعات وابسته

برای اجتناب از وارد آمدن نیروی اصطکاک ، آزمایش بر روی ریل هوا صورت می گیرد . ریل هوا لوله ای است آلومینیومی با سطح مقطع مربع شکل به طول ۲ متر که بر روی سطح فوقانی آن چهار ردیف سوراخ های ریز تعبیه شده است . هوای دمیده شده توسط یک پمپ هوا توسط یک لوله خرطومی به ابتدای ریل وارد شده و از سوراخ های آن خارج می گردد . با چرخاندن پیچ تنظیم شدت هوا ، هوای دمیده شده به داخل ریل هوا کنترل می شود . پس از وارد شدن هوا به داخل ریل ، لغزنده ی موجود روی ریل بر روی لایه ای از هوا قرار می گیرد و در نتیجه می تواند با اصطکاک ناچیزی حرکت نماید . ریل و قطعات همراه آن در شکل ۱ نشان داده شده.



شکل ۱

(۲) زمان سنج نوری

برای اندازه گیری مدت زمان حرکت از زمان سنج نوری دو حالتی شکل ۲ استفاده می شود . دقت اندازه گیری زمان سنج تا هزارم ثانیه است . به هنگام استفاده از زمان سنج ابتدا باید کلید دستگاه را در حالت ON قرار داد تا دستگاه روشن شود . سپس با فشردن دکمه RESET ، نمایشگر دستگاه صفر شده و آماده انتخاب حالت ۱ یا حالت ۲ است . با فشردن دکمه MODE چراغ کوچک کنار جای فیش S متناظر با حالت ۱ یا حالت ۲ روشن می شود .



شکل ۲

اگر حالت ۱ را انتخاب کنید باید فیش حسگر نوری را به جای فیش S وصل کنید . در این حالت دستگاه فقط با یک حسگر نوری کار می کند . در این وضعیت با رسیدن ابتدای جسم متحرک به جلوی حسگر زمان سنج شمارش زمان را آغاز می کند . شمارش زمان تا زمانی که متحرک از جلوی حسگر در حال عبور است ادامه دارد . و به محض گذشتن آخرین نقطه ی جسم متحرک از جلوی حسگر شمارش زمان متوقف می گردد . به این ترتیب مدت زمان عبور جسم از مقابل حسگر به روی صفحه ی نمایش ثبت می شود . با داشتن طول جسم متحرک و مدت زمان عبور می توان سرعت آنرا به دست آورد .

اگر حالت ۲ را انتخاب کنید باید فیشهای دو حسگر نوری را به هر دو فیش S وصل کنید . به این ترتیب به محض عبور متحرک از مقابل حسگر اول شمارش زمان آغاز و با گذشتن آن از مقابل حسگر دوم شمارش زمان متوقف می گردد . بنابراین با داشتن فاصله بین دو حسگر و زمان عبور می توان سرعت متحرک را تعیین کرد .

(۳) دستگاه آغازگر حرکت

از این دستگاه برای دادن سرعت اولیه به متحرک در روی ریل هوا استفاده می شود . دستگاه آغاز گر حرکت شامل سیم پیچ استوانه شکلی است که در داخل آن یک میله ی آهنی قرار دارد . با فشردن دکمه START روی منبع تغذیه ، میله ضربه ای به جسم متحرک واقع بر ریل هوا زده و جسم حرکت خود را آغاز می کند . سرعت متحرک توسط پیچ SPEED کنترل می شود .

روش آزمایش

وسایل آزمایش را مطابق شکل ۱ ببینید . قبل از انجام آزمایش باید ریل را به خوبی تمیز و در امتداد افقی تنظیم نمود . برای تمیز کردن ریل پمپ هوا را روشن کرده و آن را بر روی بیشترین سرعت کار قرار می دهیم . سپس به وسیله ی برس سطح فوقانی آن را تمیز می کنیم . برای افقی کردن ریل دو پیچ را که در زیر آن قرار دارد به کار می بریم . ریل وقتی افقی است که اگر هنگام کار کردن پمپ ، لغزنده را در محل های مختلف ریل قرار دهیم در هیچ جهتی حرکت نکند . از آنجا که وزش باد بر سوراخها نیز نیرویی بر لغزنده وارد می کند هنگام تنظیم افقی لغزنده را باید به نحوی قرار داد که ابتدا و انتهای آن بر روی یک جفت سوراخ قرار گیرد .

(۱) حرکت یکنواخت و قانون اول نیوتن

الف) دستگاه زمان سنج را به حسگر نوری وصل کنید و آن را بر روی حالت ۱ قرار دهید . تیغه ی پایه دار ۱۰ سانتی متری را بر روی لغزنده سوار کنید و لغزنده را در کنار آغازگر حرکت قرار دهید . پس از روشن نمودن دستگاه آغازگر حرکت ، سرعت آنرا تنظیم کنید . سپس دکمه START را فشار دهید تا لغزنده حرکت خود را آغاز کند . مدت زمان عبور تیغه ی پایه دار را از روی زمان سنج خوانده و در جدول ۱ یادداشت کنید . این آزمایش را سه بار تکرار کنید . سپس آزمایش را برای تیغه های پایه دار ۱۰ و ۵ سانتی متری نیز تکرار کنید و در جدول ۱ گزارش کار یادداشت نمایید.

$x(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$\bar{t}(s)$	$v(m/s)$

جدول ۱

ب) مراحل آزمایش قبل را تکرار کنید. با این تفاوت که زمان سنج را روی حالت ۲ قرار دهید. حسگرها را در فاصله ی ۲۰ سانتی متری از هم قرار دهید. یکی از تیغه های پایه دار را بر روی لغزنده سوار کنید و با فشردن دکمه START لغزنده را به حرکت درآورید. مدت زمان لازم برای حرکت میان دو حسگر را از روی زمان سنج خوانده و در جدول ۲ یادداشت کنید. این آزمایش را سه بار تکرار کنید. سپس آزمایش را برای فواصل ۲۰ و ۳۰ و ۱۰ سانتی متری نیز تکرار کنید و در جدول ۲ گزارش کار یادداشت نمایید.

$x(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$\bar{t}(s)$	$v(m/s)$

جدول ۲

(۲) حرکت با شتاب ثابت و قانون دوم نیوتن

الف) زمان سنج را بر روی حالت ۲ تنظیم کنید. حسگر اول را در ابتدای ریل در محل لغزنده قرار دهید به گونه ای که لحظه ی شروع حرکت بر مبدا زمان منطبق باشد. در این صورت سرعت اولیه برابر صفر خواهد بود. حسگر دوم را در فواصل ۲۰ و ۳۰ و ۴۰ و ۵۰ و ۶۰ سانتی متری از حسگر اول قرار دهید. جرم جسم متحرک M را اندازه گیری کنید. وزن نگهدارنده ی وزنه و وزنه های داخل آن $F = mg$ را اندازه گیری کنید. توجه کنید که با صرف نظر از نیروی اصطکاک قرقره و مقاومت هوا این تنها نیروی موثر در حرکت است. زمان لازم برای طی مسافت را با رها کردن وزنه اندازه گیری کنید و به کمک رابطه ی ۱۱ شتاب حرکت را به دست آورید. شتاب حرکت را از رابطه ی ۱۲ نیز به دست آورید و مقادیر را در جدول ۳ گزارش کار بنویسید.

$x(m)$	$t(s)$	$m(kg)$	$F = mg$	$a = \frac{2x}{t^2}$	$a = F/M$

جدول ۳

ب) دستگاه را مطابق آزمایش قبل تکرار کنید با این تفاوت که حسگر اول را در محل دیگری غیر از محل لغزنده قرار دهید. حسگر دوم را در دو فاصله ی متفاوت x_1 و x_2 از حسگر اول قرار دهید. جرم جسم متحرک را اندازه گیری کنید. وزن نگهدارنده ی وزنه و وزنه های داخل آن را اندازه گیری کنید. زمان لازم برای طی مسافت x بین دو حسگر را با رها کردن وزنه، برای دو فاصله ی مذکور اندازه گیری کنید (t_1 و t_2) و به کمک رابطه ی ۱۱ و با حل دو معادله و دو مجهول سرعت اولیه و شتاب حرکت را به دست آورید. شتاب حرکت را از رابطه ی ۱۲ نیز به دست آورید و مقادیر را در جدول ۴ گزارش کار بنویسید. آزمایش را برای ۵ نیروی محرک مختلف تکرار کرده و در جدول ۴ گزارش کار بنویسید.

$a(m/s^2)$	$v_0(m/s)$	$t(s)$	$x(m)$	$a = F/M$	$F = mg$	M	
							۱
							۲
							۳
							۴
							۵

جدول ۴

دانشگاه بوعلی سینا

محاسبات ، بررسی نتایج و پرسشها

- (۱) در آزمایش ۱ سرعتهای به دست آمده از جدول ۱ را با یکدیگر مقایسه کرده و نتیجه گیری نمایید.
- (۲) در آزمایش ۱ با استفاده از مقادیر جدول ۲ نمودار مسافت طی شده بر حسب زمان را بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید .
- (۳) شیب منحنی فوق را تعیین کنید و بستگی مسافت و زمان را نتیجه بگیرید .
- (۴) شیب نمودار فوق معرف به کمیتی است ؟
- (۵) با استفاده از شیب به دست آمده سرعت متحرک را تعیین کرده و با مقادیر جدول ۲ مقایسه کنید .
- (۶) با مقایسه نسبت مسافت طی شده و زمان حرکت ، قانون اول نیوتن را تحقیق نمایید .
- (۷) در آزمایش ۲ با استفاده از مقادیر جدول ۳ نمودار مسافت طی شده بر حسب زمان را روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم کنید.
- (۸) شیب منحنی فوق را تعیین کنید و بستگی مسافت و زمان را نتیجه بگیرید .
- (۹) سرعت متحرک را در نقاط ۲۰ و ۳۰ و ۴۰ و ۵۰ و ۶۰ سانتی متری تعیین کنید .
- (۱۰) با استفاده از مقادیر به دست آمده نمودار سرعت را بر حسب زمان بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید .
- (۱۱) شیب نمودار فوق را تعیین کرده و شتاب حرکت را با استفاده از آن به دست آورید .
- (۱۲) شتابهای حرکت در آزمایش (۲ - ب) را با یکدیگر مقایسه و نتیجه گیری کنید .
- (۱۳) با مقایسه نسبت نیرو و شتاب در آزمایش (۲ - ب) ، قانون دوم نیوتن را تحقیق نمایید .
- (۱۴) چگونه می توان از روی نمودار مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت ، نوع حرکت تند شونده یا کند شونده را تشخیص داد ؟
- (۱۵) چگونه می توان از روی نمودار سرعت - زمان ، جابجایی متحرک را محاسبه کرد ؟

دانشگاه بوعلی سینا