

دستور کار آزمایش ماشین آتوود

قانون اول نیوتن (قانون لختی یا اصل ماند): جسمی که تحت تأثیر نیروی خارجی واقع نباشد، حالت سکون یا حرکت راست خط یکنواخت خود را حفظ می کند.

قانون دوم نیوتن (اصل اساسی دینامیک): هرگاه بر نقطه ای مادی به جرم m نیروی خالص F وارد شود، این نقطه شتابی می گیرد که از رابطه $a = F/m$ به دست می آید.

هدف آزمایش: تحقیق اصول دینامیک در حرکت یک بعدی به کمک ماشین آتوود

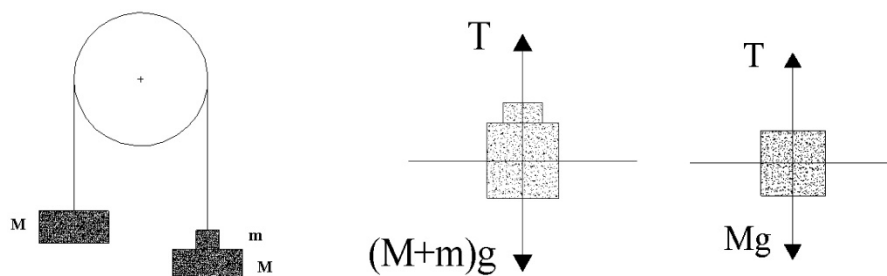
وسایل آزمایش: (بدنه ی دستگاه شامل: زرها کننده و گلوله گیر و بدنه ی مدرج و قرقره، ۲ عدد کفه وزنه و نخ مربوطه، پایه وزنه شامل وزنه های 5, 10, 20, 50 gr از هر کدام دو عدد، سرباره کوچک، سرباره بزرگ، ۲ عدد سنسور مادون قرمز، تایمر دیجیتال یک زمانه با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه، دکلانشور، تکیه گاه، سه پایه زمینی بزرگ قابل تنظیم)



تئوری آزمایش

ماشین آتوود در یک تعریف ایده آل دستگاهی است که از دو جرم نامساوی M و $M+m$ که توسط نخ سبک بهم متصل شده و از روی قرقره ای بی وزن و بدون اصطکاک (که به آسانی حول محورش می تواند بچرخد) می گذرد، تشکیل شده است.

در شکل زیر ماشین آتوود و نمودار جسم آزاد برای جرم های M و $M+m$ در دو طرف آن نشان داده شده است. (T کشش نخ است).



شکل (۱)

چنانچه دستگاه از حال سکون رها شود، وزنه ها با شتاب ثابت در امتداد قائم شروع به حرکت خواهند کرد. با توجه به نمودار جسم آزاد و بکارگیری قانون دوم نیوتن داریم: (جهت بالا را مثبت اختیاری کنیم)

$$M \text{ برای } \rightarrow \sum F = Ma \rightarrow T_1 - Mg = Ma \quad (۱)$$

$$M+m \text{ برای } \rightarrow \sum F = (M+m)a \rightarrow T_2 - (M+m)g = -(M+m)a \quad (۲)$$

چون دیسک شتاب می گیرد، برای گشتاوری که به دیسک اعمال می شود داریم:

$$\tau_2 - \tau_1 = -T_1 R + T_2 R = R(T_2 - T_1) = \alpha I$$

(قرقره را به صورت یک دیسک فرض کردیم)

$$I = \frac{MR^2}{2}$$

I گشتاور لختی دیسک و M' جرم دیسک است.

$$a = \alpha R$$

α شتاب زاویه ای و R شعاع دیسک است.

از ترکیب دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$a = \frac{T_1}{M} - g = g - \frac{T_2}{M+m} = \alpha R = \frac{R^2}{M' \frac{R^2}{2}} (T_2 - T_1)$$

$$a = \frac{2}{M'} (T_2 - T_1) = \frac{mg - Ma - (M+m)a}{\frac{M'}{2}}$$

$$a \cdot \frac{M'}{2} + Ma + (M+m)a = mg$$

$$a = \frac{mg}{\frac{M'}{2} + 2M + m}$$

بدیهی است که چنانچه وزنه ها در طرفین دستگاه یکسان ($m=0$) باشد، $a=0$ بوده و دستگاه ساکن و یا دارای حرکت یکنواخت خواهد بود (اصل ماند).

(۱) بررسی حرکت مستقیم الخط با شتاب ثابت

به دو طرف دستگاه وزنه های یکسان (M) را آویزان کرده و سپس تعدادی سربار ۲ گرمی را به وزنه های سمت راست اضافه می کنیم، کفه وزنه را طبق دستورالعمل در فک آتوود قرار داده حسگرخاتمه را در فاصله معین از آن (x) قرار می دهیم. با فشردن ضامن، وزنه ها در جهت وزنه بزرگتر (سمت راست) شروع به حرکت می کنند و پس از پیمودن فاصله X به حسگر خاتمه می رسند. به محض شروع حرکت، تایمر دیجیتال شروع به کار می کند و پس از رسیدن وزنه ها به حسگر خاتمه متوقف می شود. بدینوسیله زمان حرکت (t) یعنی زمان پیمایش مسافت X توسط وزنه ثبت می گردد.

فاصله x	زمان میانگین	$\frac{2x}{t^2}$ شتاب	Δt	Δa	$a - \Delta a < a < a + \Delta a$
$x_1 =$					
$x_2 =$					
$x_3 =$					

جدول (۱)

این آزمایش را سه بار برای مسافت های ثابت و مختلف $\left\{ \begin{matrix} X_3, X_2, X_1 \\ X'_3, X'_2, X'_1 \\ X''_3, X''_2, X''_1 \end{matrix} \right\}$ تکرار کرده و با استفاده از رابطه $X = \frac{1}{2}at^2$ مقدار

شتاب را برای هر مرحله به دست آورده و میانگین آن را حساب کنید. ایده آل ترین شکل تکرارآزمایش این است که برای یک مسافت ثابت بیش از ۳ بار یک آزمایش تکرار شود و سپس بعد از حذف اعداد احتمالی که اختلاف زیادی با سایر اعداد دارند، میانگین بقیه به عنوان حاصل این مرحله انتخاب شود، سپس برای مسافت بعدی به همین ترتیب عمل شود و تعداد مسافت های مورد آزمایش نیز بهتر است بیش از ۳ باشد مقدار شتاب حاصل از این آزمایش را با مقدار بدست آمده از رابطه :

$$a = \frac{mg}{\frac{M'}{2} + 2M + m}$$

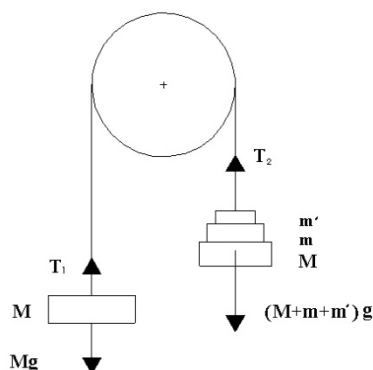
مقایسه کنید.

علت تفاوت در مقدار شتاب به دست آمده از طریق آزمایش و محاسبه نظری در چیست؟ توضیح دهید.

جدول (۱) را کامل نموده و نمودار تغییرات x برحسب t^2 را رسم کنید. با استفاده از این نمودار مقدار شتاب را نیز محاسبه کنید و خطای آن را به روش دیفرانسیل لگاریتمی محاسبه نموده و در جدول درج نمایید.

۲) تکرار آزمایش (۱) با در نظر گرفتن نیروی اصطکاک (f)

برای ایجاد نیرویی در مقابل اصطکاک بالشتک های قرقره پس از اضافه کردن سربار کوچک m' (حدود ۱ یا ۲ گرم) روی وزنه سمت راست آزمایش (۱) را تکرار کنید.



شکل (۲)

در این حالت :

$$(۱) \quad T_1 - Mg = Ma \quad \text{برای وزنه سمت چپ}$$

$$(۲) \quad T_2 - (M + m + m')g = -(M + m + m')a \quad \text{برای وزنه های سمت راست.}$$

$$\text{از طرفی} \quad f = m'g, T_2 = T_1 + f$$

پس از جایگزینی و حل روابط (۱) و (۲) برای a داریم:

$$(۳) \quad a = \frac{mg}{2M + m + m'}$$

این آزمایش را همانند آزمایش (۱) انجام داده و جدول (۲) را کامل کنید.

فاصله x	زمان میانگین	t^2	A	Δa	$\frac{\Delta a}{a}$	$a - \Delta a < a < a + \Delta a$
x_1						
x_2						
x_3						

جدول (۲)

الف) باتوجه به مقادیر بدست آمده در جدول آیا حرکت وزنه ها متشابه التغییر است؟ توضیح دهید.

ب) با رسم نمودار تغییرات x برحسب t^2 شتاب را محاسبه کنید.

ج) با استفاده از مقدار شتاب بدست آمده از قسمت (ب) و رابطه (۳) مقدار شتاب گرانش را حساب کنید و میزان خطا در اندازه گیری g را محاسبه کنید.

(۳) تحقیق اصل ماند

دستگاه را با دو وزنه مساوی (M) و سربار ۴ گرمی (m) بکاراندازید. پس از حذف سربار توسط حسگر شروع (چنانچه از نیروی اصطکاک در محور قرقره صرفنظر شود) چون برآیند نیروهای وارد بر دستگاه صفر است حرکت وزنه ها یکنواخت خواهد شد. با فشردن ضامن، دستگاه را به کار اندازید. وزنه ها با سرعت مشخصی به حسگرشروع می رسند و پس از حذف سربار توسط حسگر از این پس حرکت وزنه ها باید به صورت یکنواخت انجام پذیرد.

حسگر خاتمه را در فاصله مشخصی از حسگر شروع قرار داده و پرت های تایمر هر یک رابه حسگر مربوطه خود متصل می کنیم، در این حالت تایمر، زمان حرکت وزنه بین حسگر شروع و خاتمه را با دقتی که توسط اپراتور قابل تنظیم است اندازه گیری می کند. با انجام آزمایش برای فاصله های مختلف و تکرار آزمایش برای هر مرحله:

الف) جدول (۳) را پر کنید.

ب) نمودار تغییرات x را برحسب t رسم کرده و درستی اصل ماند را تحقیق کنید.

x	میانگین t	$v = \frac{x}{t}$	Δv
x_1			
x_2			
x_3			

جدول (۳)