



آزمایشگاه فیزیک پایه ۱

گزارش کار آزمایش شماره ۶

« ماشین آتوود و قوانین حرکت »

گروه ۲

محمد رضا مهدیه

تاریخ آزمایش : ۱۳۹۰/۷/۱۷

تاریخ تحویل گزارش کار: ۱۳۹۰/۷/۲۴

استاد: آقای (روزبه ترکی

تئوری آزمایش:

در مکانیک کلاسیک قوانین نیوتن از اهمیت زیادی برخوردارند و مبنای حل بسیاری از مسائل مکانیک کلاسیک می باشند. در اینجا قوانین اول و دوم نیوتن را مورد بررسی قرار می دهیم:

الف) قانون اول نیوتن: هرگاه به جسمی نیرویی وارد نگردد و یا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد، چنانچه جسم در حال سکون بوده ساکن خواهد ماند و چنانچه جسم متحرک باشد حرکت آن مستقیم الخط خواهد بود.

ب) قانون دوم نیوتن: در صورتی که برآیند نیروهای وارد بر جسم غیر صفر باشد، شتاب حاصله متناسب با برآیند نیروها بوده و ضریب تناسب را با (m) نشان داده که m همان جرم جسم است:

$$\sum \vec{F} \propto \vec{a} \Rightarrow \sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

برای تحقیق قوانین فوق از دستگاهی بنام ماشین آتوود استفاده می شود. این دستگاه تشکیل شده است از یک قرقره که به پایه ی دستگاه متصل شده و به دو طرف نخ آویزان از آن ، وزنه آویزان می شود.

به میله ی این دستگاه دو سکو برای توقف جسم و یک حلقه به منظور حذف سربار

متصل است (شکل (۱)). چنانچه به دوطرف نخ وزنه های مساوی (M) و علاوه بر آن به طرف راست باری به جرم m آویزان شود، دستگاه از حال سکون خارج شده و حرکتی شتابدار انجام خواهد داد. که معادلات نیرو برای نخ در دوطرف قرقره به شرح زیر است:

$$T - (m + M)g = -(m + M)a$$

$$T - Mg = ma$$

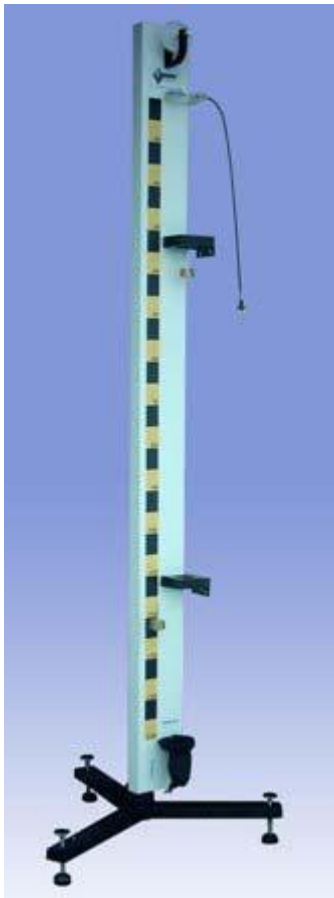
که پس از حذف T داریم:

$$a = \frac{m}{m + 2M}g \quad (2)$$

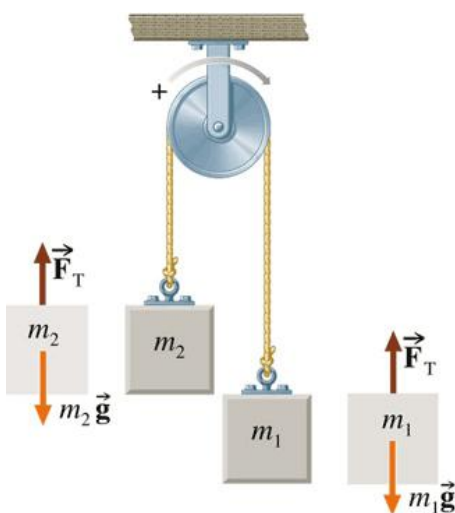
معادله حرکت با توجه به قوانین نیوتن در حالتیکه $\sum F = 0$ برابر خواهد بود با:

$$\sum F = ma = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = v_0 = cte$$

که حرکت جسم با سرعت ثابت بوده و داریم:



شکل (۱)



$$X = V_0 t + X_0$$

و در حالت $X_0=0$:

$$X = V_0 t \quad \text{or} \quad v = \frac{x}{t} \quad (3)$$

و در صورتی که داشته باشیم $\Sigma F \neq 0$ خواهیم داشت:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = cte = a \Rightarrow \frac{dx}{dt} = at + v_0 = v \Rightarrow x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0$$

و اگر در مبدا زمان، در مبدا مکان بوده وساکن باشد داریم:

$$x = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow a = \frac{2x}{t^2} = cte \quad (4)$$

بدین ترتیب می توان مقادیر V_0 و a را در دو حالت فوق الذکر توسط روابط (۳) و (۴) با اندازه گیری مسافت طی شده و زمان طی مسافت بدست آورد و از آنجا روابط مربوط به قوانین نیوتن را تحقیق نمود.

از آنجاییکه نمی توان از نیروی اصطکاک چشم پوشی کرد لذا بایستی به طریقی اثر آنها در محاسبات منظور نمود. بدین منظور ابتدا وزنه m' را برای خنثی کردن اثر اصطکاک به طرف راست می افزاییم تا حرکت یکنواخت ایجاد گردد. در این حالت شتاب صفر و حرکت وزنه ی طرف راست به سمت پایین می باشد و جهت مثبت محور را به طرف در نظر بگیریم داریم:

$$T + f - Mg - m'g = 0 \quad \text{طرف راست}$$

$$T - Mg = Ma \quad \text{طرف چپ:}$$

پس از حذف T داریم:

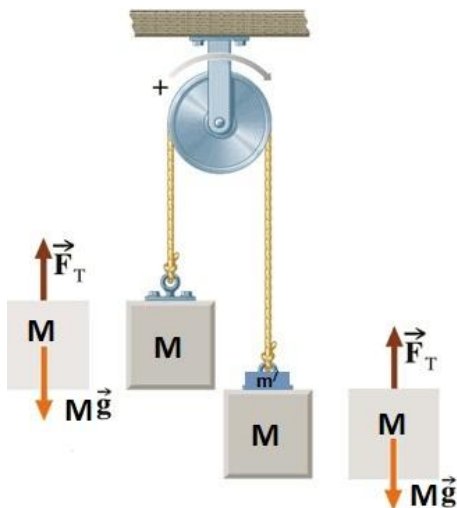
$$m'g - f = 0$$

$$f = m'g \quad (5)$$

حال چنانچه به طرف راست، سربار m را اضافه کنیم یک حرکت شتابدار خواهیم داشت:

$$T + f - (m + m' + M)g = (m + m' + M)a \quad \text{برای طرف راست}$$

$$T - Mg = Ma \quad \text{برای طرف چپ}$$



پس از حذف T و جایگزینی $m'g$ با f شتاب (a) بدست می آید:

$$a = \frac{m}{m + m' + 2M} g \quad (6)$$

وسایل آزمایش:

ماشین آتوود، تعدادی وزنه، سربار مخصوص، کرنومتر، متر

شرح عملی آزمایش:

۱) تنظیم دستگاه: ابتدا به هر دو طرف وزنه 150 gr آویزان کرده و دستگاه را به گونه ای تنظیم شد که وزنه براحتی از حلقه عبور کرده و در حالت معمولی در حالت تعادل قرار گیرند. سپس به وزنه سمت راست به حدی وزنه اضافه شد که فقط با یک ضربه کوچک شروع به حرکت یکنواخت کند (برای از بین بردن اثر اصطکاک) که این مقدار در این آزمایش 5 gr ثبت شد.

۲) تحقیق قانون دوم نیوتن:

الف) برای اثبات ابتدا باید اندازه شتاب را بدست آورده می شد. بدین منظور یک وزنه 10 gr به سمت راست اضافه شد و در سکوی بالایی قرار داده شد و به طور ناگهانی رها شد و هم زمان با آن کرنومتر شروع به کار کرد و زمان برخورد آنرا با سکوی پایین در جدول (۱) با مقدار فاصله آن ثبت شد و اینکار برای پنج فاصله متفاوت انجام شد. و شتاب نیز حساب در جدول یادداشت شد.

ب) قانون دوم نیوتن را به صورت زیر نیز نشان می دهند:

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \dots = \frac{F_n}{a_n} = cte$$

یعنی نیروی وارد بر یک سیستم به شتاب حاصل از آن همواره مقدار یست ثابت که برابر جرم سیستم است. (جرم سیستم: مجموع جرم وزنه های دو طرف که در طول آزمایش ثابت است).

برای اثبات قانون دوم نیوتن از این رابطه به هر دو طرف سه سربار به جرم 5 gr افزوده شد سپس یکی از این وزنه های 5 gr سمت چپ را به سمت راست افزوده تا اختلاف جرم برابر 10 gr شود. سپس دستگاه را آزاد کرده تا شروع به کرد کند. هم زمان با حرکت وزنه کرنومتر شروع به کار کرده و زمان رسیدن وزنه به سکوی پایین اندازه گیری شد و با توجه به معین بودن جا به جایی شتاب را بدست آورده شد و در جدول (۲) یادداشت شد (چون اختلاف وزن دو طرف نیرو حرکت را فراهم کرد پس mg اختلاف جرم برابر F می باشد که آن نیز در جدول (۲) یادداشت شد). حال در هر مرحله بدون تغییر دادن محل سکوها یکی از وزنه های 5 gr از چپ به سمت راست انتقال داده شد و در هر مرحله موارد قبل محاسبه و یادداشت شد. (تا زمانی که دیگر وزنه 5 gr سمت چپ نباشد).

۳) تحقیق قانون اول نیوتن: برای اثبات این قانون باید ثابت بودن سرعت در صورتی که هیچ نیرویی وارد نشود را بررسی کنیم. برای اینکار یک سربار (در اینجا یک سربار $50gr$ مورد استفاده قرار گرفت، هرچند در محاسبات اهمیتی ندارد) در سمت راست قرار داده شد به گونه ای که با عبور وزنه سمت راست از حلقه سربار حذف شده و بر روی حلقه قرار گیرد. وزنه سمت راست را به فاصله $130cm$ از حلقه رها کرده و همزمان با رسید وزنه به حلقه و جدا شدن سربار از آن کرنومتر شروع به کار کرده و زمان رسیدن آن به سکوی پایینی ثبت و در جدول (۳) ثبت شد. در مرحله بعد مکان سکوی پایینی برای چهار مرحله دیگر تغییر داده و مجدداً زمان ها در جدول (۳) یادداشت شد. البته در هر مرحله فاصله دو سکو نیز در همان جدول یادداشت و با کمک رابطه (۳) قسمت سوم جدول نیز پر شد.

جداول:

x (m)	0.60	0.80	1.20	1.30	1.40
t (s)	1.60	2.00	2.60	2.70	2.80
$a=2x/t^2$ (m/s^2)	0.47	0.40	0.36	0.36	0.36

جدول (۱)

اختلاف جرم (gr)	0.01	0.02	0.03
نیروی محرکه F (N)	0.1	0.2	0.3
x (m)	1.3	1.3	1.3
t (s)	2.3	1.6	1.3
a شتاب (m/s^2)	0.49	1.02	1.54
F/a (gr)	0.20	0.20	0.20

جدول (۲)

X (m)	0.7	0.8	0.9	1.1
T (s)	0.7	0.9	1	1.3
$V=x/t$ (m/s)	1	0.89	0.9	0.85

جدول (۳)

محاسبات:

قسمت (۱)

مقدار جرمی که برای منظور کردن اصطکاک در نظر گرفته شد برابر است با:

$$m' = 0 \text{ gr}$$

قسمت (۲)

مقدار میانگین شتاب های جدول (۱) را حساب کرده و با کمک رابطه (۶) نیز شتاب را حساب کرده و مقایسه میکنیم:

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{0.468 + 0.400 + 0.355 + 0.356 + 0.357}{5} = 0.387 \text{ m/s}^2$$

محاسبه شتاب قسمت (۱) با کمک رابطه (۶) داریم:

$$a = mg / (m + m' + 2M) \Rightarrow a = 0.01 \times 10 / (0.01 + 0.005 + 2 \times 0.1) = 0.465 \text{ m/s}^2$$

همانطور که مشاهده میکنید این مقدار با شتاب میانگین بدست آمده از جدول (۱) چندان تفاوت زیادی ندارد. (البته می توان گفت این تفاوت به دلیل خطای اندازه گیری می باشد).

در جدول (۱) فقط کافیسست برای تمامی مقادیر روش زیر را تکرار کرد:

$$a = 2x / t^2 \Rightarrow a_1 = 2 \times 0.06 / (1.60^2) = 0.47 \text{ m/s}^2$$

در جدول (۲) ابتدا شتاب را محاسبه کرده (با کمک دو ردیف x و t) سپس نسبت مورد نظر را حساب می کنیم:

$$a_1 = 2x / t^2 \Rightarrow a_1 = 2 \times 1.3 / (2.3^2) = 0.49 \text{ m/s}^2$$

$$F = mg \Rightarrow F_1 = 0.01 \times 10 = 0.1 \text{ N}$$

$$F/a \Rightarrow F_1/a_1 = 0.1 / 0.49 = 0.20 \text{ kg}$$

این مقدار f/a برابر جرم سیستم می باشد که در اینجا برابر ۲۳۵ گرم می باشد که با مقادیر این نسبت نسبتاً برابر است پس می توان به عنوان ثابت کردن قانون دوم نیوتن از این رابطه بهره برد.

قسمت (۳)

در جدول شماره (۳) مقادیر را در رابطه (۳) یا همان ردیف سوم جدول قرار دهیم:

$$V_1 = x_1 / t_1 \Rightarrow v_1 = 0.7 / 0.7 = 1 \text{ m/s}$$

خطاها:

محاسبه خطای شتاب در قسمت ۲

$$\bar{a} = x/t^2 \Rightarrow \ln a = \ln x - \ln t^2 \Rightarrow \frac{da}{a} = \frac{dx}{x} + \frac{2dt}{t} \Rightarrow \frac{\Delta a}{a} = \frac{\Delta x}{x} + 2 \frac{\Delta t}{t} \Rightarrow \frac{\Delta a}{0.387} = \frac{0.01}{0.6} + 2 \frac{0.1}{1.6}$$

$$\Rightarrow \Delta \bar{a} = 0.04$$

نتیجه گیری:

پرسشها:

(۱) نمونه ای از قانون اول نیوتن را بیان کنید.

فرض کنید درون یک اتوبوس مسافر بری نشسته اید. ناگهان راننده ترمز می گیرد و چون شما در حال سکون نسبت به اتوبوس بوده اید، و چون طبق قانون اول می فواید ساکن بمانید ناگهان به جلو پرتاب می شوید.

(۲) آیا این فرض که کشش نخ (T) در طول ریسمان ثابت است صحیح است؟ توضیح دهید.

بله. اولاً در این آزمایش جرم نخ نادیده گرفته شده و ثانیاً اگر در هر نقطه از نخ مقدار کشش متفاوت باشد، هر قسمت سعی در فکشی کردن نیروی دیگر قسمتهای نخ دارد پس همواره در سیستم جابه جایی و حرکت داریم (جابه جایی نخ) که این حالت تعادل در سیستم را نقص کرده و عملاً نمی توان برامتی بر آیند نیروها را توسط دینامیک مساب کرد (زیرا هر نقطه از نخ کشش متفاوتی فواید داشت).

(۳) آیا فرض بدون جرم بودن قرقره فرض لازمی است؟ توضیح دهید.

بله. در غیر این صورت قرقره دارای گشتاور فواید شد و باید گتاور آن نیز در محاسبات دخیل داده شود.

(۴) با توجه به نتایج حاصل در آزمایشگاه فوق، خطای نسبی اندازه گیری زمان بیشتر است یا طول؟ نتیجه را تحلیل کنید.

برای داده اول در جدول یک محاسبه می کنیم:

$$\Delta t/t = 0.1/2.6 = 1/26$$

$$\Delta x/x = 0.01/0.12 = 1/12$$

با توجه به عبارت بالا فطای نسبی x بیشتر است.

پس برای دقیق تر شدن محاسبات باید دقت اندازه گیری طول را افزایش دهیم. پس در اینجا هرچه دقت اندازه گیری زمان افزایش یابد پندان موثر نیست.