

مختصری از شرح آزمایش:

در این آزمایش برآنیم که حرکت خطی-انتقالی اجسام را مورد بررسی قرار دهیم.

علم سینماتیک، روابط بین جابجایی، سرعت، شتاب و زمان را مورد بررسی قرار می دهد بدون آنکه به علت حرکت و عواملی که جسم را به حرکت در می آورد اشاره ای بنماید.

علم دینامیک، روابط بین نیروهای وارد بر جسم، جرم جسم، زمان حرکت جسم و نیز پیش بینی حرکت تحت تاثیر نیروها و یا تعیین نیروهای لازم برای ایجاد حرکت در یک جسم معین را مورد بحث قرار می دهد.

حرکت مستقیم الخط نقاط مادی:

وقتی یک نقطه مادی در امتداد خط مستقیم حرکت نماید، نوع حرکت آنرا مستقیم الخط نامند.

چنانچه در لحظه t نقطه مادی از x بگذرد و در لحظه $t + \Delta t$ از $x + \Delta x$ بگذرد، طبق تعریف سرعت متوسط داریم:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

همچنین برای سرعت لحظه ای داریم:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

چنانچه سرعت ثابت نباشد، برای شتاب متوسط داریم:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

و برای شتاب لحظه ای داریم:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

معادلات حرکت:

۱- اگر شتاب صفر باشد:

$$a = 0$$

$$v = v_0$$

$$x = vt + x_0$$

که x_0 فاصله نقطه مادی از مبدا در شروع حرکت می باشد.

۲- شتاب ثابت باشد (ولی صفر نباشد):

$$a = cte$$

$$v = at + v_0$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

که در آن v_0 سرعت جسم در شروع حرکت است. و چنانچه $x_0 = v_0 = 0$ معادلات به فرم زیر در می آیند:

$$v = at$$

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

شرح آزمایش:

آزمایش اول:

در این آزمایش حرکت مستقیم الخط یکنواخت را بررسی می کنیم.

سر بار برنجی را در مکان مربوطه روی ارباه قرار می دهیم و کلید A را در نقطه ای در حدود 30cm از ابتدای حرکت ثابت نگه می داریم. حال کلید B را جابجا کرده و آنرا در 10cm کلید A قرار می دهیم و با زدن کلید قطع آهنربا زمان حرکت جسم بین این دو نقطه را محاسبه می کنیم. و این کار را ده بار انجام می دهیم به طوری که در هر مرحله 5cm فاصله A و B را زیاد می کنیم. نتایج زیر بدست آمد:

t(s)	x(cm)
0.27	10
0.39	15
0.51	20
0.62	25
0.72	30
0.83	35
0.93	40
1.03	45
1.13	50
1.21	55

حال با در نظر گرفتن معادله زیر :

$$x = vt$$

با توجه به روش حداقل مربعات مانده ها داریم:

$$v = \frac{[tx]}{[tt]}$$

که برای این آزمایش داریم:

t(s)	x(cm)	tt	tx
0.27	10	0.0729	2.7
0.39	15	0.1521	5.85
0.51	20	0.2601	10.2
0.62	25	0.3844	15.5
0.72	30	0.5184	21.6
0.83	35	0.6889	29.05
0.93	40	0.8649	37.2
1.03	45	1.0609	46.35
1.13	50	1.2769	56.5
1.21	55	1.4641	66.55
		sum	sum
		6.7436	291.5

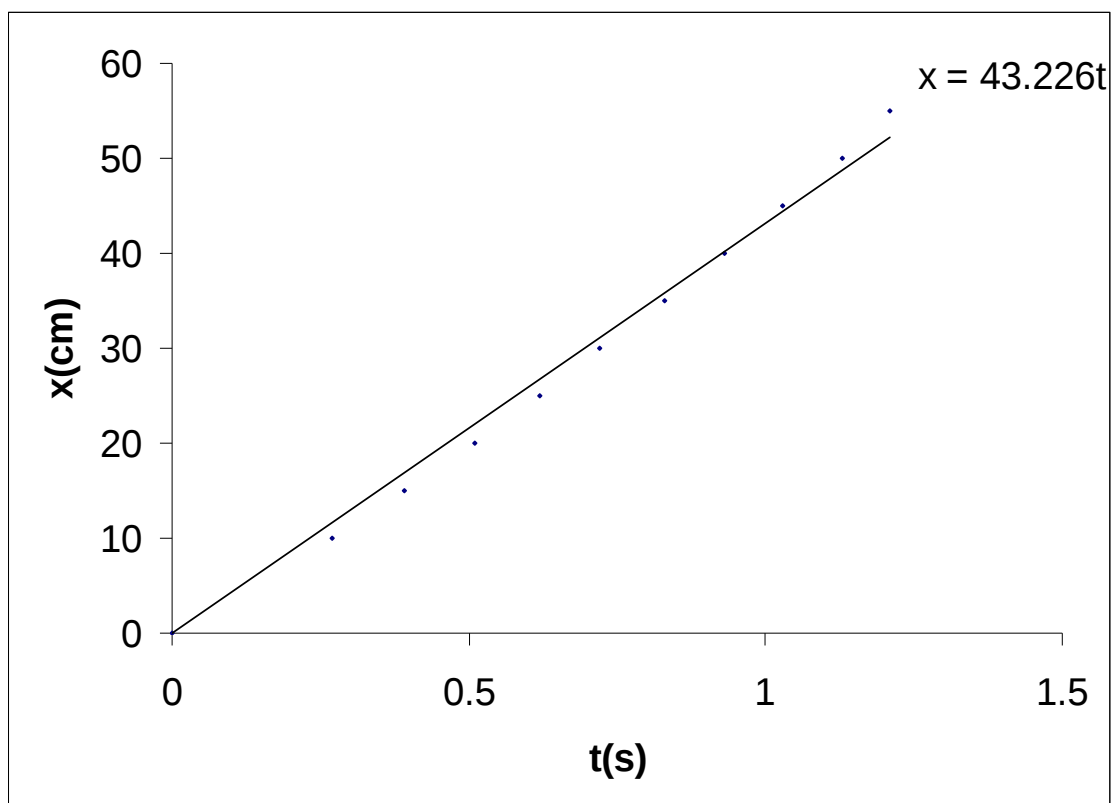
بنا بر این:

$$v = \frac{291.5}{6.7436} = 43.23 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

و معادله بصورت روبرو بدست می آید:

$$x = 43.23t$$

و نمودار تغییرات Δx بر حسب Δt و معادله خط بدست آمده در نمودار زیر قابل مشاهده است:



آزمایش دوم:

در این آزمایش شتاب در حرکت مستقیم، زمانی که سرعت اولیه صفر باشد، را بررسی می کنیم. برای اینکه بتوان سرعت اولیه را صفر کرد، جسم را از مبدا رها می کنیم. و همانند آزمایش قبل زمان حرکت جسم بین A و B را در ده بار مختلف محاسبه می کنیم. نتایج زیر بدست آمد:

t(s)	x(cm)
0.71	15
0.83	20
0.92	25
1.01	30
1.07	35
1.16	40
1.25	45
1.28	50
1.34	55
1.39	60

و برای این گونه حرکت ومعادله زیر را داریم:

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

هدف ما پیدا کردن a می باشد، که اگر این معادله را بصورت یک معادله خط در نظر بگیریم که X مقدار تابع و t^2 را برابر با Y و $\frac{1}{2}a$ را ضریب زاویه آن A بنامیم، طبق روش حداقل مربعات داریم:

$$A = \frac{[YX]}{[YY]}$$

که برای این آزمایش داریم:

Y X YY YX

0.5041	15	0.254117	7.5615
0.6889	20	0.474583	13.778
0.8464	25	0.716393	21.16
1.0201	30	1.040604	30.603
1.1449	35	1.310796	40.0715
1.3456	40	1.810639	53.824
1.5625	45	2.441406	70.3125
1.6384	50	2.684355	81.92
1.7956	55	3.224179	98.758
1.9321	60	3.73301	115.926
		sum	Sum
		17.69008	533.9145

بنا بر این:

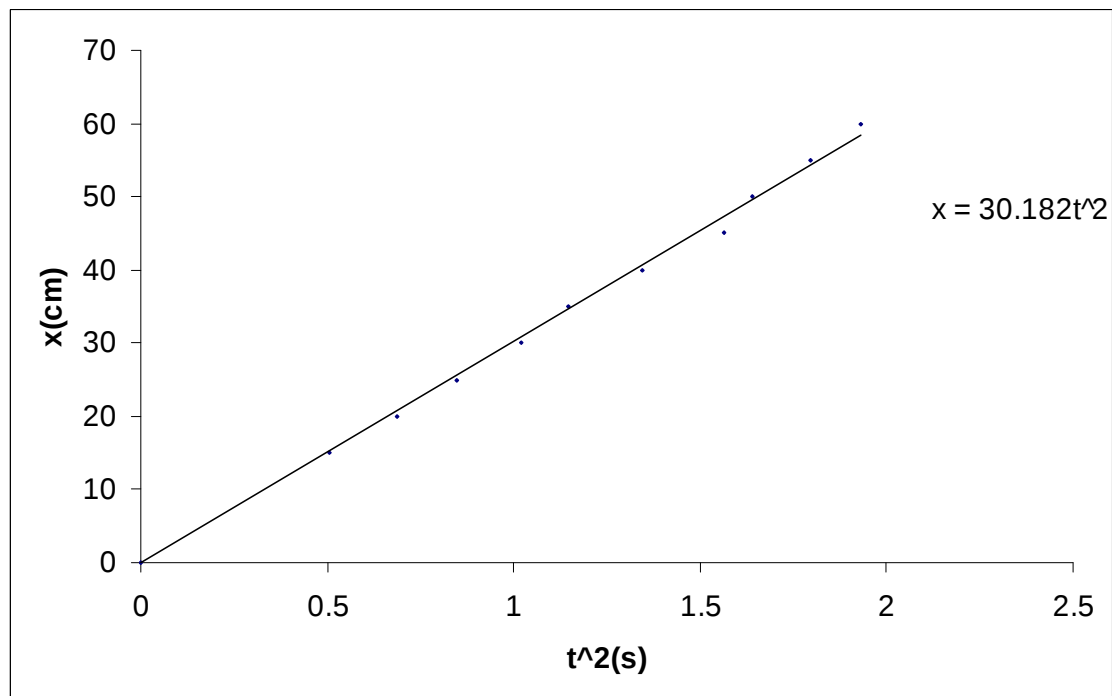
$$A = \frac{533.9145}{17.69008} = 30.18 \frac{cm}{s^2}$$

بنا بر این:

$$a = 60.36 \frac{cm}{s^2}$$

$$x = 30.18t^2$$

نمودار تغییرات Δx را بر حسب $(\Delta t)^2$ و معاله بدست آمده را در زیر مشاهده می کنیم.



آزمایش سوم:

اندازه گیری شتاب حرکت در حالتی که جسم از نقطه X_0 شروع به حرکت کند.

در این آزمایش کلید A را در فاصله ای در حدود 15 cm از شروع حرکت قرار می دهیم. وزنه موجود دیگر را در محل مربوط می گذاریم و با تغییر محل کلید B و با اندازه گیری مقادیر ده نقطه نتایج زیر بدست آمد:

t(s)	x(cm)
0.25	15
0.32	20
0.38	25

0.45	30
0.51	35
0.56	40
0.62	45
0.67	50
0.72	55
0.77	60

و داریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

که با استفاده از روش حداقل مربعات برای منحنی های غیر خطی a و v_0 را محاسبه می کنیم.
تغییر متغیرهای زیر را انجام می دهیم:

$$x \rightarrow y$$

$$\frac{1}{2}a \rightarrow A$$

$$t \rightarrow x$$

$$v_0 \rightarrow B$$

بنا بر این:

$$y = Ax^2 + Bx + C$$

با توجه به روش حداقل مربعات داریم:

$$NC + [x]B + [xx]A - [y] = 0$$

$$[x]C + [xx]B + [xxx]A - [xy] = 0$$

$$[xx]C + [xxx]B + [xxxx]A - [xxy] = 0$$

که با توجه به جدول:

x	y	xx	xxx	xxxx	xy	xyy
0.25	15	0.0625	0.015625	0.003906	3.75	0.9375
0.32	20	0.1024	0.032768	0.010486	6.4	2.048
0.38	25	0.1444	0.054872	0.020851	9.5	3.61
0.45	30	0.2025	0.091125	0.041006	13.5	6.075
0.51	35	0.2601	0.132651	0.067652	17.85	9.1035
0.56	40	0.3136	0.175616	0.098345	22.4	12.544
0.62	45	0.3844	0.238328	0.147763	27.9	17.298
0.67	50	0.4489	0.300763	0.201511	33.5	22.445
0.72	55	0.5184	0.373248	0.268739	39.6	28.512
0.77	60	0.5929	0.456533	0.35153	46.2	35.574
sum	sum	sum	sum	sum	sum	sum
5.25	375	3.0301	1.871529	1.21179	220.6	138.147

داریم:

$$10C + 5.25B + 3.0301A - 375 = 0$$

$$5.25C + 3.0301B + 1.871529A - 220.6 = 0$$

$$3.0301C + 1.871529B + 1.21179A - 138.147 = 0$$

که با حل این معادله داریم:

$$C = -0.06219845503 \text{ cm}$$

$$B = 52.10685683 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$A = 33.68238217 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

که C عددی بسیار کوچک است که از آن صرف نظر می کنیم. زیرا می خواهیم این معادله از مبدا بگذرد.
بنا بر این:

$$x = 33.68t^2 + 52.11t$$

یعنی:

$$\frac{1}{2}a = 33.68 \Rightarrow a = 67.36 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}$$

$$v_0 = 52.11 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

خواسته اول:

با استفاده از روش خطای ضرایب رگرسیون معادله خطوط اعتماد را بدست می آوریم:
برای آزمایش اول معادله بصورت زیر بدست آمد:

$$x = 43.22617t$$

با توجه به جدول:

t(s)	x(cm)	d=43.22617t-x	dd
0.27	10	1.6710659	2.792461
0.39	15	1.8582063	3.452931
0.51	20	2.0453467	4.183443
0.62	25	1.8002254	3.240811
0.72	30	1.1228424	1.260775
0.83	35	0.8777211	0.770394
0.93	40	0.2003381	0.040135
1.03	45	-0.4770449	0.227572
1.13	50	-1.1544279	1.332704
1.21	55	-2.6963343	7.270219
		sum	24.57145

و رابطه:

$$\alpha^2 = \frac{[dd]}{N-2}$$

داریم:

$$\alpha^2 = \frac{24.57145}{10-2} = 3.07143125$$

$\Rightarrow$

$$\alpha = 1.752549928 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

بنا بر این:

$$x = (43 \pm 2)t$$

یعنی خطوط اعتماد عبارتند از:

$$x_{\text{below}} = 41t$$

$$x_{\text{above}} = 45t$$

خواسته دوم:

برای آزمایش دوم و سوم کشش نخ را محاسبه می کنیم.

$$\sum F = ma$$

$\Rightarrow$

$$mg - T = ma$$

$\Rightarrow$

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

در آزمایش دوم وزن وزنه برابر 0.3N است، پس: $m_2 = 0.03kg$

$$T_2 = m_2(g - a_2) = 0.03(10 - 0.603) = 0.28191N$$

$$T_2 = 0.282N$$

و برای آزمایش سوم وزن وزنه برابر 0.4N است، پس: $m_3 = 0.04kg$

$$T_3 = m_3(g - a_3) = 0.04 \times (10 - 0.6736) = 0.3730544N$$

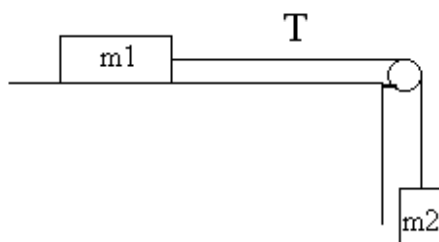
$$T_3 = 0.373$$

در صورتی می توان این رابطه را نوشت که از جرم نخ صرف نظر کنیم تا کشش نخ در سراسر نخ یکسان باشد.

خواسته سوم:

بررسی می کنیم که در آزمایش اول اصطکاک به چه صورت است:

با توجه به شکل:



رابطه های زیر را داریم:

$$a = \frac{m_2 g - f}{m_1 + m_2}, T = m_1 a$$

$\Rightarrow$

$$T = \frac{m_1 m_2 g - m_1 f}{m_1 + m_2}$$

$\Rightarrow$

$$f = \frac{m_1 m_2 g - T(m_1 + m_2)}{m_1}$$

که در آن f نیروی اصطکاک است.

و از طرفی:

$$T = m_2(g - a), a = 0$$

$\Rightarrow$

$$T = m_2 g$$

$\Rightarrow$

$$f = \frac{m_1 m_2 g - m_1 m_2 g - m_2^2 g}{m_1} = \frac{m_2^2 g}{m_1}$$

از طرفی در آزمایش اول داریم:

$$m_1 = 0.45 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0.01 \text{ kg}$$

$\Rightarrow$

$$f = \frac{0.01^2 \times 10}{0.45} = 2.22 \times 10^{-3} \text{ N}$$