

نام و نام خانوادگی: پیام دلگشا	شماره دانشجویی: ۸۶۱۰۳۶۷۳	رشته: مهندسی برق
گروه: ۲۹	زیر گروه: A	تاریخ انجام آزمایش: ۱ آذر ۱۳۸۶
دستیار آموزشی: خانم علیپور		ساعت: ۸ صبح

آزمایش شماره: ۴

عنوان آزمایش: سرعت، شتاب خطی و قانون دوم نیوتون

هدف: اندازه گیری سرعت و شتاب در حرکت بر روی خط مستقیم و مطالعه ی رابطه ی بین نیرو، شتاب و جرم (قانون دوم نیوتون)

وسایل مورد نیاز: ریل هوا با پایه، شیر اتصال به پمپ هوا، آغاز گر حرکت، زمان سنج الکترونیکی، سنسور نوری، خرطومی اتصال به پمپ هوا، سره، خط کش با دقت نیم میلیمتر، تیغه ی پایه دار، تعدادی وزنه ی سوراخ دار، قرقره ی پایه دار، نگهدارنده ی وزنه، وزنه، نخ

نظریه:

برای بررسی حرکت یک جسم، ما به مکان اولیه، سرعت اولیه و دیگر شرایط اولیه ی نیاز داریم. در بخش سینماتیک با فرض داشتن این مقادیر و با توجه به روابط برقرار بین آنها، مکان و وضعیت جسم را در زمانی دلخواه محاسبه می کنیم. در زیر بعضی از این روابط آورده شده است:

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

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v}$$

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

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{a}$$

$$a : cte \rightarrow V(t) = at + V_0$$

$$a : cte \rightarrow x(t) = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

در روابط بالا، برای دانستن مکان جسم، به غیر از مکان اولیه و سرعت اولیه (که می توان آنها را اندازه گیری کرد)، مفهوم دیگری به اسم شتاب وجود دارد که به نظر می رسد اندازه گیری آن کمی پیچیده تر باشد.

نیوتون توانست شتاب و نیرو را به هم مربوط سازد، او فهمید که هرچقدر نیروی وارد به یک جسم بیشتر باشد، یا هرچقدر جرم آن جسم کمتر باشد شتابی که جسم می گیرد بیشتر خواهد بود. او قانون دوم خود را با توجه به این شرایط به این صورت بیان کرد که نیرویی که به یک جسم وارد می شود با جرم جسم و شتابی که آن جسم می گیرد متناسب است. با انتخاب یکاهای مناسب این تناسب به تساوی $F=ma$ تبدیل می شود. با تعمیم این رابطه برای سه بعد خواهیم داشت $\vec{F} = m\vec{a}$. یکای نیرو به افتخار نیوتون، نیوتون است که یک نیوتون نیرویی است که اگر بر یک جسم به جرم یک کیلوگرم اعمال شود، شتاب ۱ متر بر مجذور ثانیه به آن خواهد داد.

روند انجام آزمایش

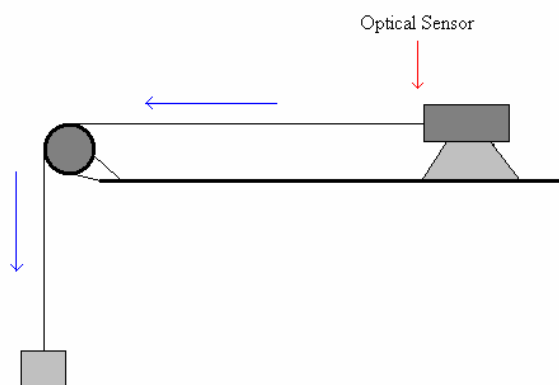
۱- حرکت با سرعت ثابت

ابتدا زمان عبور تیغه ی فلزی با طولهای مختلف از یک سنسور نوری را بعد از ضربه زدن به آن توسط یک تفنگ اندازه می گیریم و با توجه به طول آن تیغه، سرعت حرکت تیغه را محاسبه می کنیم.
در بخش دوم زمانی که طول می کشد تغه از بین دو سنسور با فاصله ی مشخص عبور کند (با ضربه ی اولیه) را اندازه می گیریم و با توجه به فاصله ی دو سنسور، سرعت حرکت تیغه را بدست می آوریم.

۲- حرکت با شتاب ثابت

در این قسمت برای شتاب دادن به حرکت تیغه، یک وزنه با جرم معلوم به انتهای آن می بندیم که سقوط می کند و تیغه را با خود و با شتاب ثابت می کشد. در این حالت زمان عبور تیغه هایی با طول مشخص را از روبروی یک سنسور نوری محاسبه می کنیم.

در این بخش به ازای سه حالت برای جرم تیغه و سره ی زیر آن داده ها را جمع آوری می کنیم: جرمی روی سره قرار نداده باشیم، یک وزنه با جرم معلوم یا دو وزنه با جرم معلوم روی آن قرار دهیم.



در بخش دوم هم همین کار را می کنیم با این تفاوت که فاصله ی دو سنسور نوری را از ۲۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر تغییر می دهیم و زمان عبور تیغه از دو سنسور را اندازه می گیریم.

جداول:

جدول ١

$\Delta X(cm)$	2.6	2.6	2.6	5.1	5.1	5.1	6.9	6.9	6.9	10	10	10
$\Delta t(ms)$	35	28	29	79	47	50	69	70	67	99	96	103
$\Delta \bar{t}(ms)$	31			59			69			99		
$\bar{v}(\frac{m}{s})$	0.84			0.86			1			1		

جدول ٢

$\Delta X(cm)$	20	20	20	40	40	40	60	60	60	80	80	80	100	100	100
$\Delta t(ms)$	197	196	193	439	383	378	555	659	571	763	763	808	979	976	974
$\Delta \bar{t}(ms)$	195			400			595			778			976		
$\bar{v}(\frac{m}{s})$	1			1			1			1			1.02		

جدول ٣

$\Delta X(cm)$	2.7	2.7	2.6	5.1	5.1	5.1	6.9	6.9	6.9	10	10.1	10
$\Delta t(ms)$	166	142	132	235	225	210	271	282	278	336	353	353
$\Delta \bar{t}(ms)$	147			223			277			347		

$$M_0 = 222.0 \text{ gr}$$

$$m = 53.7 \text{ gr}$$

جدول ٤

$\Delta X(cm)$	2.5	2.6	2.6	5.1	5.1	5.1	6.9	6.9	6.9	10	10	10
$\Delta t(ms)$	208	177	170	282	285	251	309	315	304	435	421	414
$\Delta \bar{t}(ms)$	185			273			309			423		

$$M + M_0 = 256.4 \text{ gr}$$

$$m = 53.6 \text{ gr}$$

جدول ٥

$\Delta X(cm)$	2.7	2.7	2.7	5.1	5.1	5.1	6.9	6.9	6.9	10	10	10
$\Delta t(ms)$	200	204	223	293	307	305	327	334	305	383	404	398
$\Delta \bar{t}(ms)$	209			302			322			395		

$$M + M_0 = 306.5 \text{ gr}$$

$$m = 53.7 \text{ gr}$$

جدول ٦

$\Delta X(cm)$	20	20	20	40	40	40	60	60	60	80	80	80	100	100	100
$\Delta t(ms)$	717	710	733	1030	1023	1026	1280	1266	1265	1155	1117	1124	1298	1285	1221
$\Delta \bar{t}(ms)$	720			1026			1270			1132			1268		

$$M + M_0 = 318.8 \text{ gr}$$

خواسته ها:

خواسته ی ۱:

در جداول ۱ و ۲ انتظار داریم که با سرعت ثابت روبرو شویم؛ چون بعد از رها کردن وزنه هیچ نیروی خارجی تقریباً به آن وارد نمی شود (نیروی اصطکاک بالشتک هوا بسیار ناچیز است و نیروی وزن با نیروی عمودی سطح خنثی می شود). که با این پدیده هم عملاً با تقریب خوبی در جدول روبرو می شویم. درواقع ما در جدولهای ۱ و ۲ سرعت متوسط را وارد می کنیم که به دلیل ثابت بودن سرعت همان سرعت لحظه ای است. شایان ذکر است که در جداول دلیل دیده شدن تعداد زیادی سرعت ۱ این است که از تقسیم جابجایی بر زمان اعدادی به دست می آیند که با توجه به ارقام بامعنی پس از گرد کردن ۱ می شود (یعنی تفاوت آنها از دقت اندازه گیری ما کمتر است).

در جداول ۳ تا ۶ هم با سرعت متغیر یا حرکت شتاب دار (به دلیل ثابت بودن نیروهای خارجی با شتاب ثابت) روبرو هستیم. می دانیم سرعت متوسط حاصل تقسیم جابجایی بر زمان است. برای مثال در زیر سرعت های متوسط مربوط به جدول های ۳ و ۴ و ۵ آورده شده است:

جدول ۷ - سرعت های متوسط مربوط به جدول ۳

$\Delta \bar{X}(cm)$	2.7	5.1	6.9	10
$\Delta \bar{t}(ms)$	147	223	277	347
$\bar{v}(\frac{m}{s})$	0.18	0.23	0.25	0.29

جدول ۸ - سرعت های متوسط مربوط به جدول ۴

$\Delta \bar{X}(cm)$	2.6	5.1	6.9	10
$\Delta \bar{t}(ms)$	185	273	309	423
$\bar{v}(\frac{m}{s})$	0.14	0.19	0.22	0.24

جدول ۹ - سرعت های متوسط مربوط به جدول ۵

$\Delta \bar{X}(cm)$	2.7	5.1	6.9	10
$\Delta \bar{t}(ms)$	209	302	322	395
$\bar{v}(\frac{m}{s})$	0.13	0.17	0.21	0.25

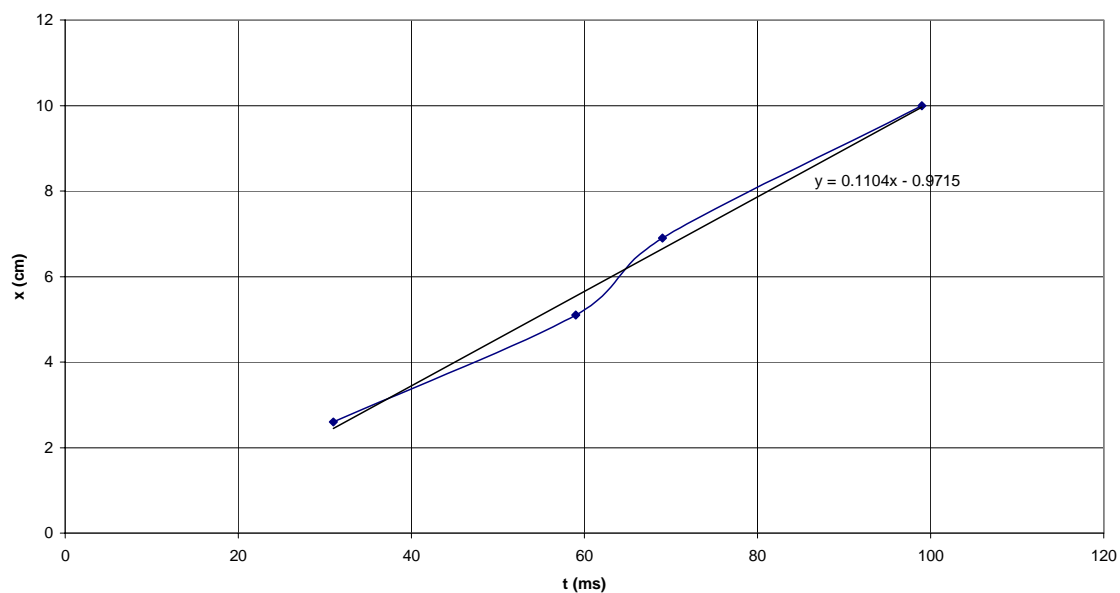
همان طور که دیده می شود در هر جدول، با زیاد شدن طول و به تبع آن با زیاد شدن زمان، سرعت متوسط افزایش پیدا کرده که این هم منطقی است؛ چون حرکت شتاب دار است و شتاب آن هم مثبت است. در مقایسه جدول ها با هم نیز مشاهده می شود برای طول های مختلف وقتی جرم روی سره را افزایش می دهیم (از جدول ۷ تا جدول ۹ حرکت می کنیم) تقریباً سرعت متوسط کاهش پیدا می کند (به جز طول ۱۰ در جدول ۹ که ناشی از خطای آزمایش است) که این هم دور از انتظار نیست، چون با زیاد کردن جرم روی سره شتاب حرکت که برابر $\frac{mg}{m + M + M_0}$ است کاهش می یابد و در نتیجه سرعت متوسط در بازه های زمانی مساوی کاهش پیدا می کند.

در مورد سرعت لحظه ای از جداول بالا نمی توان مستقیماً حرفی زد چون همه ی اندازه گیری های انجام شده در یک بازه ی زمانی صورت گرفته و در یک زمان مشخص نیست، ولی چون زمانها در حد دهم ثانیه است (به خصوص در

جداول ۱ تا ۵) می توان سرعت متوسط را با تقریب خوبی با سرعت لحظه ای برابر دانست. با توجه به جداول ۷ تا ۹ می توان گفت که سرعت با افزایش زمان روبه افزایش است که این هم با توجه به مثبت بودن شتاب قابل پیش بینی است.

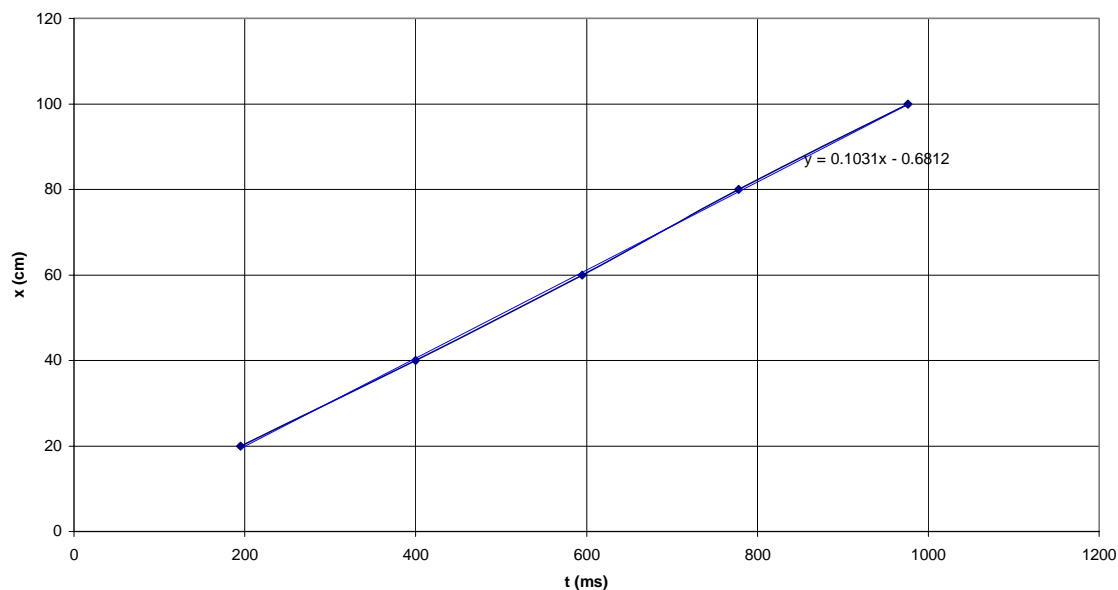
خواسته ی ۲

نمودار ۱ - مکان - زمان مربوط به جدول ۱



همان طور که دیده می شود، نمودار خطی است که انتظار آن هم می رود چون سرعت ثابت است. شیب نمودار هم سرعت حرکت را نشان می دهد که برابر $0.11 \frac{cm}{ms}$ یا $1.1 \frac{m}{s}$ است. خطای این شیب برابر $0.08 \frac{m}{s}$ است که ناشی از وجود مقدار بسیار اندکی اصطکاک، یکسان نبودن ضربه ی تفنگ در همه ی موارد و دقت خود وسایل اندازه گیری است.

نمودار ۲ - مکان زمان برای نمودار ۲

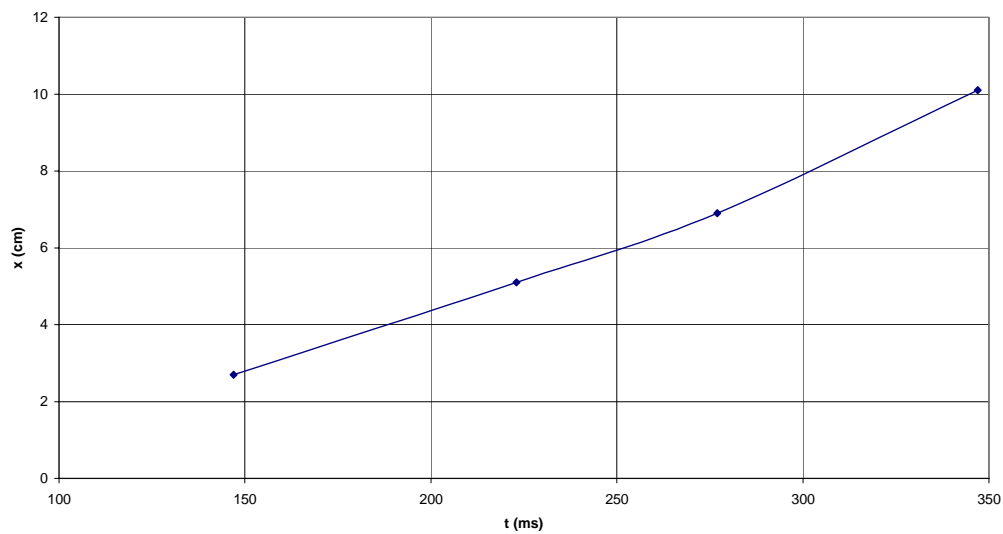


این نمودار هم مانند نمودار ۱ خطی است و سرعت حرکت جسم برابر $0.1 \frac{cm}{ms}$ یا $1 \frac{m}{s}$ است. خطای این سرعت هم برابر $0.01 \frac{m}{s}$ است که از خطای قسمت قبل کمتر است؛ زیرا اندازه گیری ها در بازه ی مکانی و زمانی بزرگتری انجام شده اند.

خواسته ی ۳

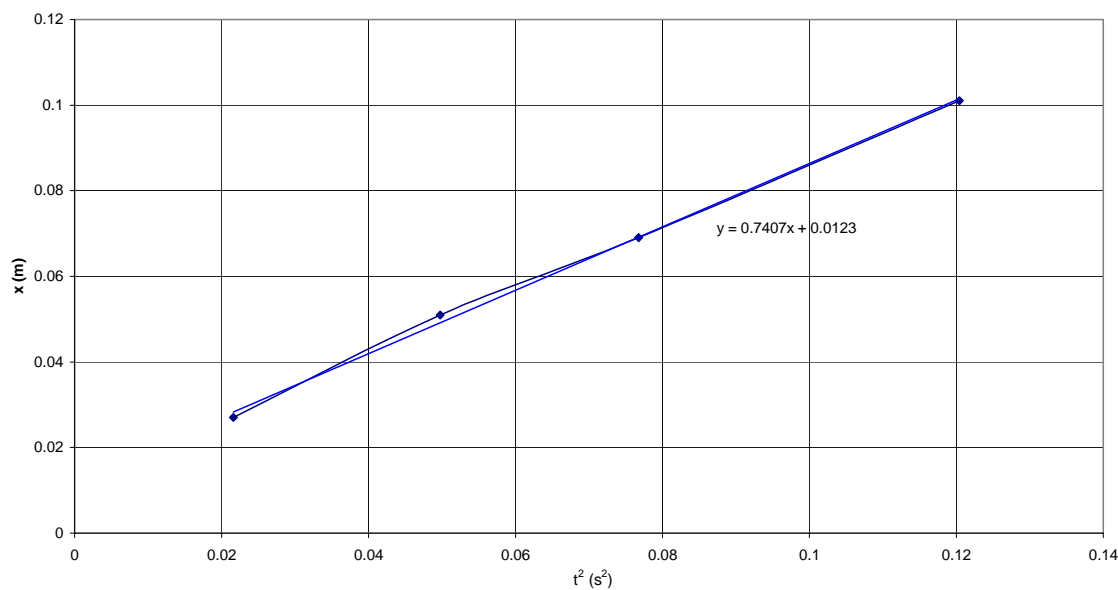
نمودارهای مربوط به جدول ۳:

نمودار ۳ - مکان زمان برای جدول ۳



برای این نمودار هرچند که سهمی است و شیب و خطا برای آن معنی ندارد، شیبش برابر $(0.4 \pm 0.03) \frac{m}{s}$ است.

نمودار ۴ - مکان بر حسب مجذور زمان برای جدول ۳

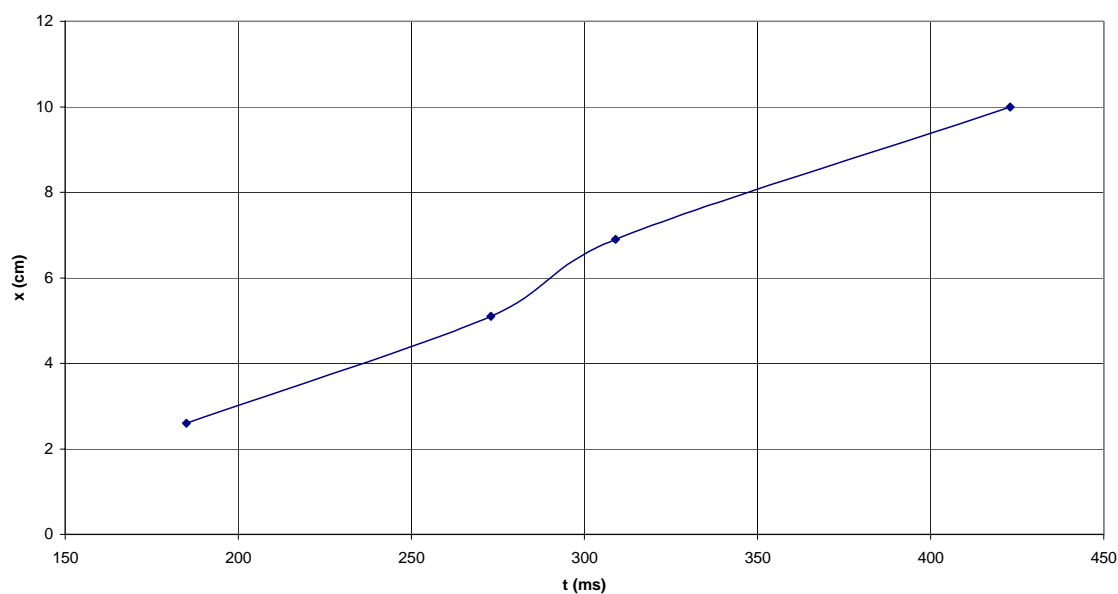


شیب این نمودار برابر $(0.74 \pm 0.02) \frac{m}{s^2}$ است که با توجه به رابطه ی $\frac{x}{t^2} = \frac{a}{2}$ (با توجه به صفر بودن سرعت اولیه)

برابر نصف شتاب است؛ پس خود شتاب برابر $1.48 \frac{m}{s^2}$ خواهد بود.

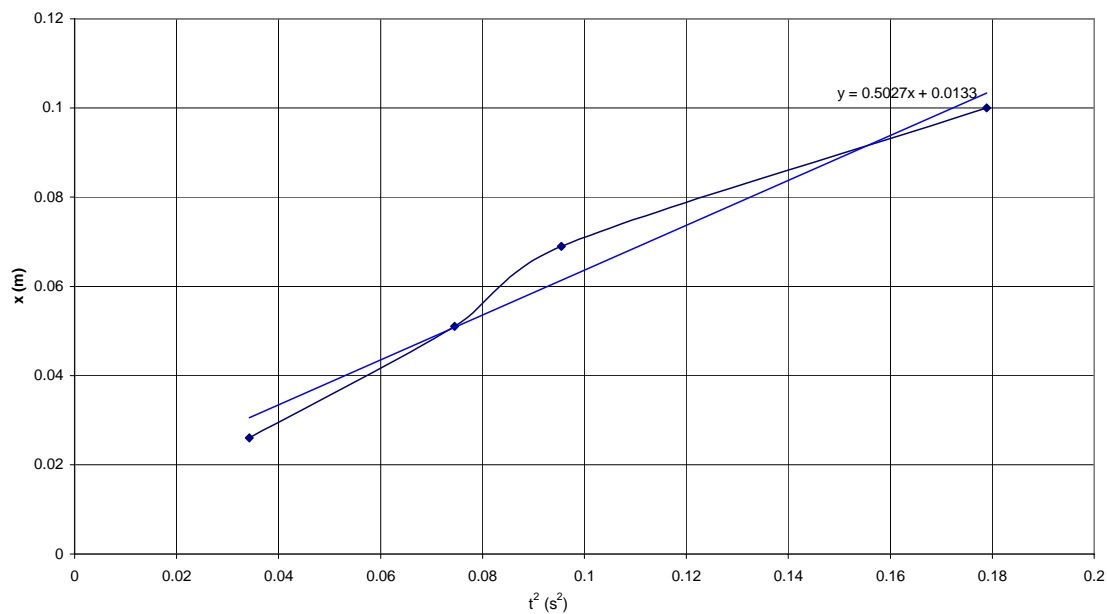
نمودارهای مربوط به جدول ۴:

نمودار ۵ - مکان زمان برای جدول ۴



برای این نمودار شیب برابر $(0.32 \pm 0.02) \frac{m}{s}$ است (هرچند مانند قسمت قبل مفهوم خاصی ندارد).

نمودار ۶ - مکان بر حسب مجذور زمان برای جدول ۴

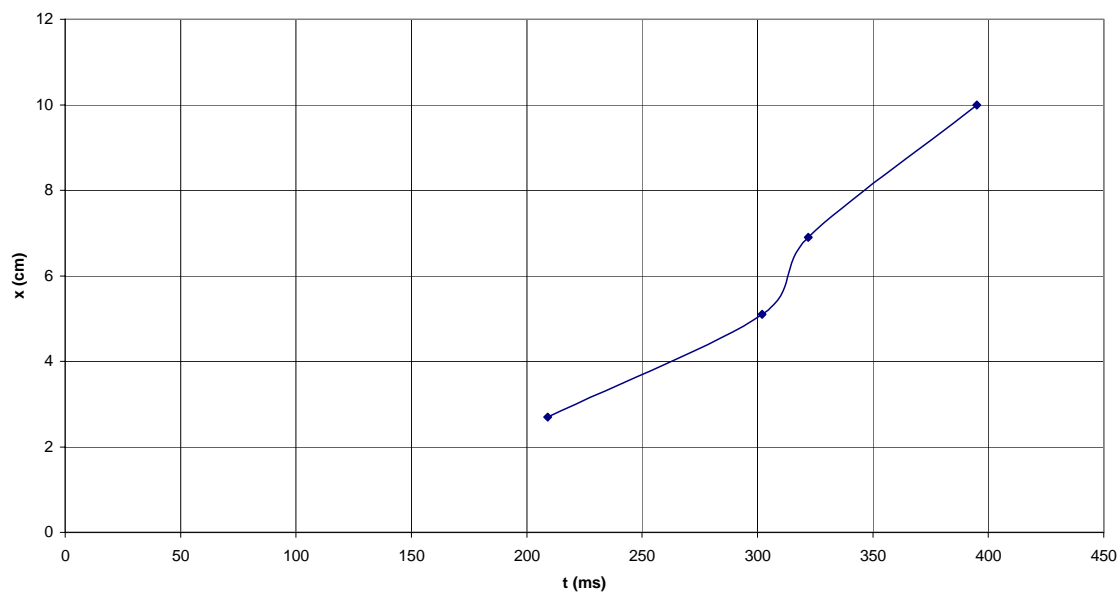


شیب این نمودار برابر $(0.50 \pm 0.06) \frac{m}{s^2}$ است که با توجه به رابطه $\frac{x}{t^2} = \frac{a}{2}$ (با توجه به صفر بودن سرعت اولیه)

برابر نصف شتاب است؛ پس خود شتاب برابر $1 \frac{m}{s^2}$ خواهد بود.

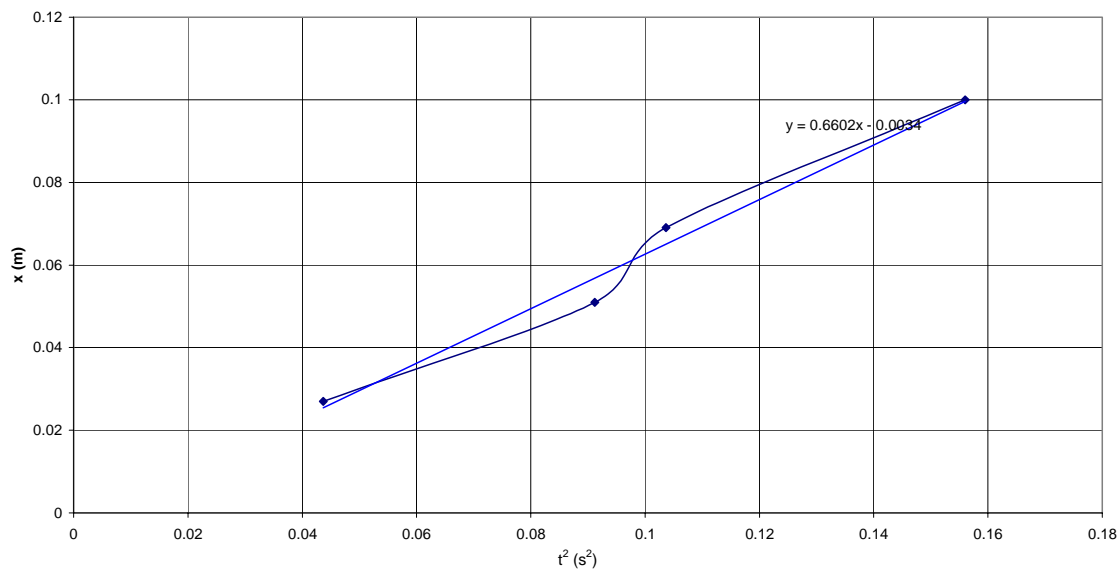
نمودارهای مربوط به جدول ۵:

نمودار ۷ - مکان زمان برای جدول ۵



برای این نمودار شیب برابر $(0.39 \pm 0.05) \frac{m}{s}$ است (هرچند مانند قسمت قبل مفهوم خاصی ندارد).

نمودار ۸ - مکان بر حسب مجذور زمان برای جدول ۵



شیب این نمودار برابر $(0.66 \pm 0.06) \frac{m}{s^2}$ است که با توجه به رابطه ی $\frac{x}{t^2} = \frac{a}{2}$ (با توجه به صفر بودن سرعت اولیه)

برابر نصف شتاب است؛ پس خود شتاب برابر $1.3 \frac{m}{s^2}$ خواهد بود.

خطاهای موجود در این بخش ناشی از اصطکاک کم ناشی از بالشتک هوا، اصطکاک موجود در قرقره، مقاومت هوا هنگام سقوط وزنه و خطای وسایل اندازه گیری است.

خواسته ی ۴

برای جدول ۳:

$$a = \frac{mg}{m + M + M_0} = \frac{53.7}{53.7 + 222.0} \times 9. = 1.91 \frac{m}{s^2}$$

و مقدار اندازه گیری شده برابر $1.48 \frac{m}{s^2}$ است، پس خطای نسبی خواهد بود با: $\frac{1.91 - 1.48}{1.48} = 0.29$

برای جدول ۴:

$$a = \frac{mg}{m + M + M_0} = \frac{53.6}{53.6 + 256.4} \times 9.78 = 1.7 \frac{m}{s^2}$$

و مقدار اندازه گیری شده برابر $1 \frac{m}{s^2}$ است، پس خطای نسبی برابر خواهد بود با: $\frac{1.7 - 1}{1} = 0.7$

برای جدول ۵:

$$a = \frac{mg}{m + M + M_0} = \frac{53.7}{53.7 + 306.5} \times 9.78 = 1.46 \frac{m}{s^2}$$

و مقدار اندازه گیری شده برابر $1.3 \frac{m}{s^2}$ است، پس خطای نسبی برابر خواهد بود با: $\frac{1.46 - 1.3}{1.3} = 0.12$

دلایل خطا همان طور که ذکر شد وجود اصطکاک در بالشتک هوا، اصطکاک هوا برای سقوط وزنه و اصطکاک قرقره و همچنین خطای وسایل اندازه گیری (زمان سنج، سنسورهای نوری و ترازو) است.