

普通物理實驗報告

(結報)

實驗五 平面碰撞實驗

Two-Dimensional Collision

班級：資工一

組別：A2

姓名：楊堉君

學號：410221034

同組組員：邱唯禎、吳若綺

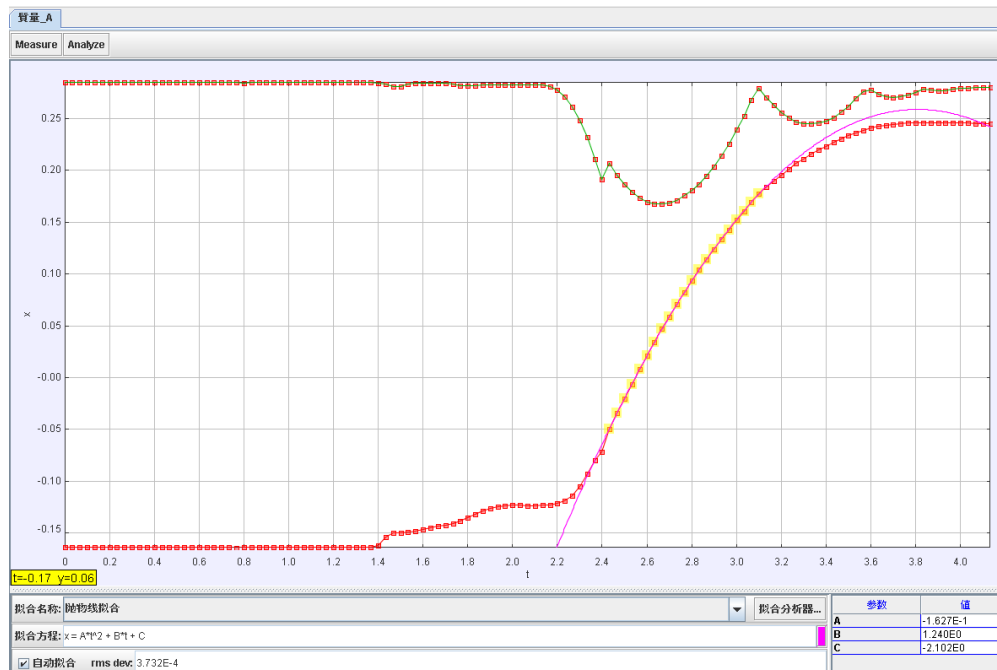
實驗日期：2013.11.14(四)

壹、實驗紀錄：

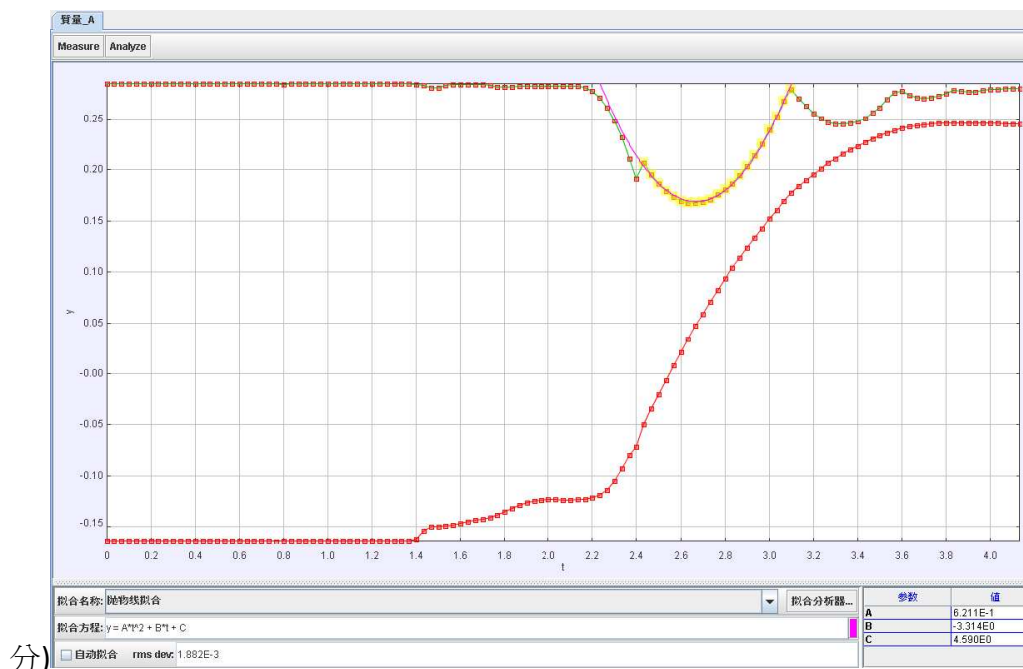
一、拋體運動

(一)數據

1. 數據一



圖一 第一次拋體運動 x 軌跡(黃色選取部



分)

圖二 第一次拋體運動 y 軌跡(黃色選取部分)

時間點(s)	x(m)	y(m)	V _x (m/s)	V _y (m/s)	ΔT(s)
2.433	-0.049	0.207	1.240	-3.314	0.000
2.467	-0.034	0.195	1.229	-3.272	0.034
2.500	-0.020	0.186	1.218	-3.231	0.067
2.533	-0.006	0.179	1.207	-3.190	0.100
2.567	0.008	0.174	1.196	-3.148	0.134
2.600	0.021	0.17	1.186	-3.107	0.167
2.633	0.034	0.167	1.175	-3.066	0.200
2.667	0.047	0.168	1.164	-3.023	0.234
2.700	0.059	0.168	1.153	-2.982	0.267
2.733	0.071	0.171	1.142	-2.941	0.300
2.767	0.082	0.176	1.131	-2.899	0.334
2.800	0.093	0.181	1.121	-2.858	0.367
2.833	0.104	0.187	1.110	-2.817	0.400
2.867	0.114	0.195	1.099	-2.775	0.434
2.900	0.124	0.203	1.088	-2.734	0.467
2.933	0.133	0.214	1.077	-2.693	0.500
2.967	0.142	0.226	1.066	-2.651	0.534
3.000	0.152	0.239	1.055	-2.610	0.567
3.033	0.161	0.253	1.045	-2.569	0.600
3.067	0.169	0.268	1.034	-2.526	0.634
3.100	0.178	0.280	1.023	-2.485	0.667

*結果：

由圖一圖二可知

$$V_{0x}=1.240 \text{ m/s} ; V_{0y}=-3.314 \text{ m/s}$$

$$a_y=1.2422 \text{ m/s}^2$$

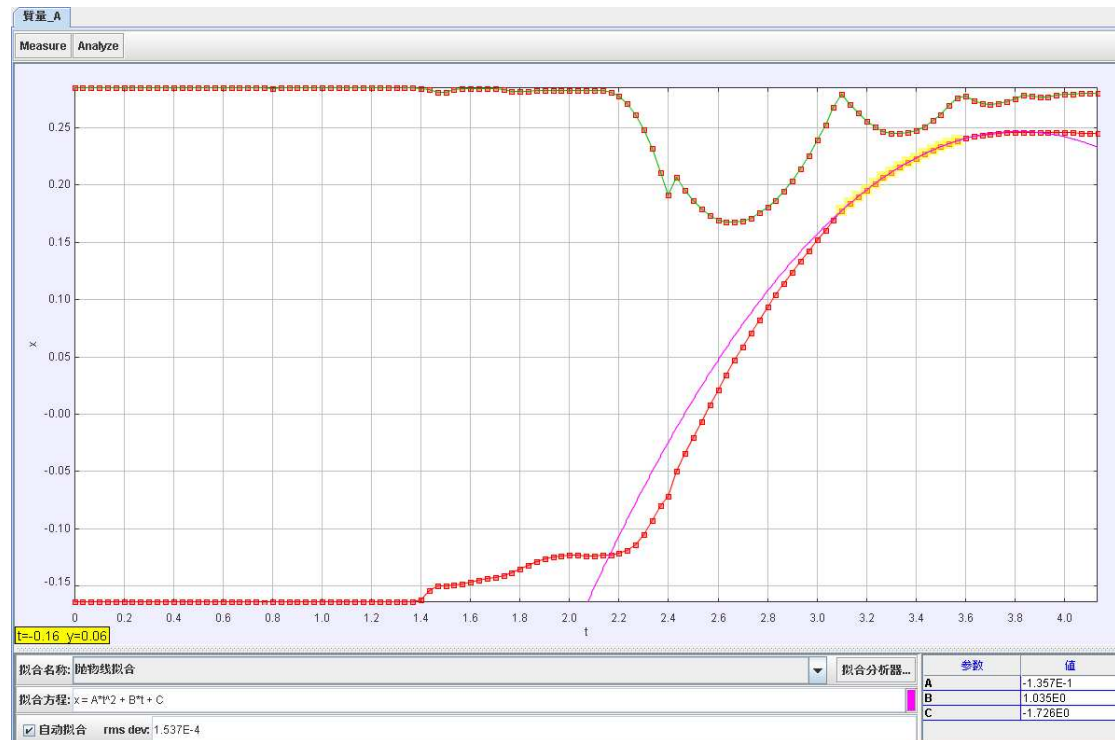
理論加速度 $a = g \times \sin \theta$ 求出

$$a'_y = 9.8 \times \sin 7.56^\circ = 1.2893 \text{ m/s}^2$$

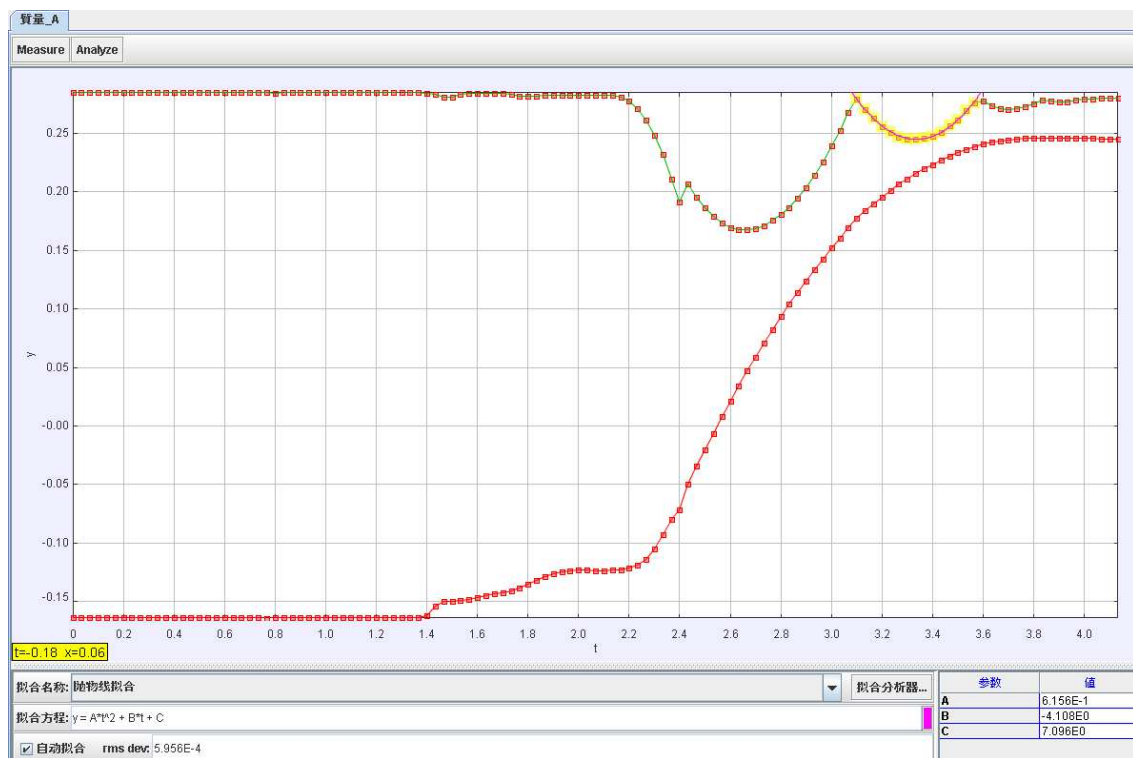
比較兩組數據得誤差值

$$\text{error}\% = \frac{1.2442 - 1.2893}{1.2893} = -3.50\%$$

2. 數據二



圖三 第二次拋體運動 x 軌跡(黃色選取部分)



圖四 第二次拋體運動 y 軌跡(黃色選取部分)

時間點(s)	x(m)	y(m)	V _x (m/s)	V _y (m/s)	ΔT(s)
3.100	0.178	0.280	1.035	-4.108	0.000
3.133	0.184	0.271	1.026	-4.067	0.033
3.167	0.190	0.263	1.017	-4.026	0.067
3.200	0.196	0.256	1.008	-3.985	0.100
3.233	0.201	0.251	0.999	-3.944	0.133
3.267	0.207	0.247	0.990	-3.902	0.167
3.300	0.211	0.245	0.981	-3.862	0.200
3.333	0.216	0.245	0.972	-3.821	0.233
3.367	0.220	0.246	0.963	-3.779	0.267
3.400	0.224	0.248	0.954	-3.739	0.300
3.433	0.227	0.251	0.945	-3.698	0.333
3.467	0.230	0.256	0.935	-3.656	0.367
3.500	0.233	0.262	0.926	-3.616	0.400
3.533	0.236	0.269	0.917	-3.575	0.433
3.567	0.239	0.276	0.908	-3.533	0.467

*結果：

由圖三圖四可知

$$V_{0x}=1.035 \text{ m/s} ; V_{0y}=-4.108 \text{ m/s}$$

$$a_y=1.2312 \text{ m/s}^2$$

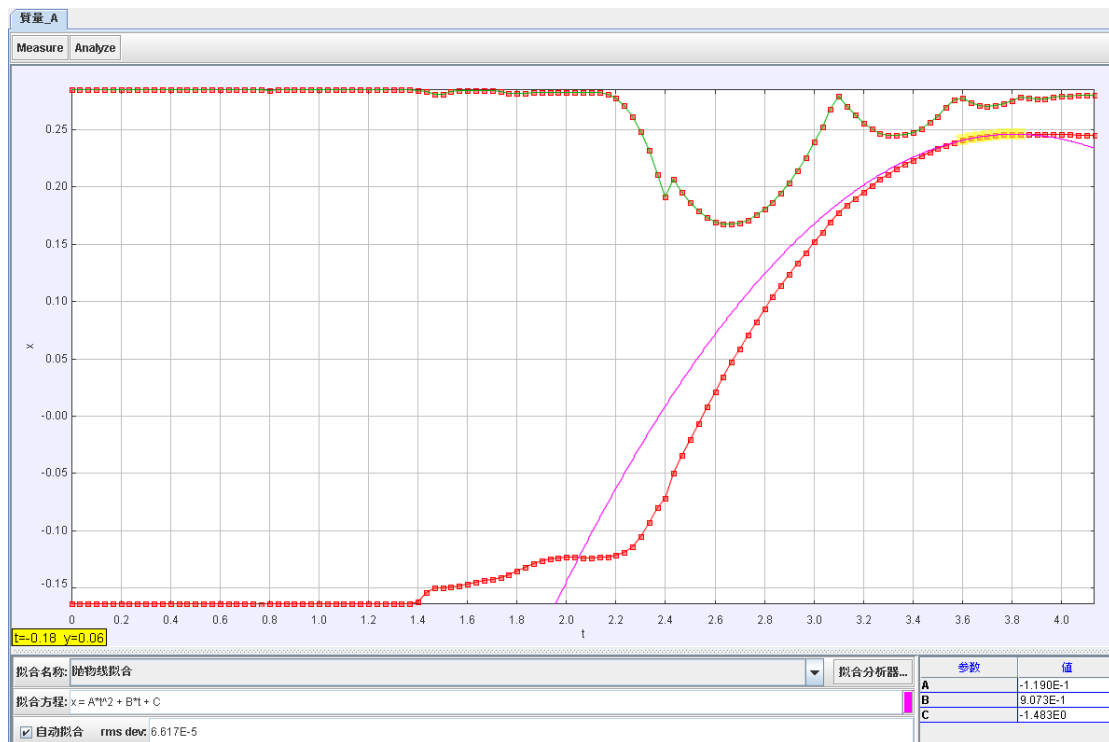
理論加速度 $a = g \times \sin \theta$ 求出

$$a'_y = 9.8 \times \sin 7.56^\circ = 1.2893 \text{ m/s}^2$$

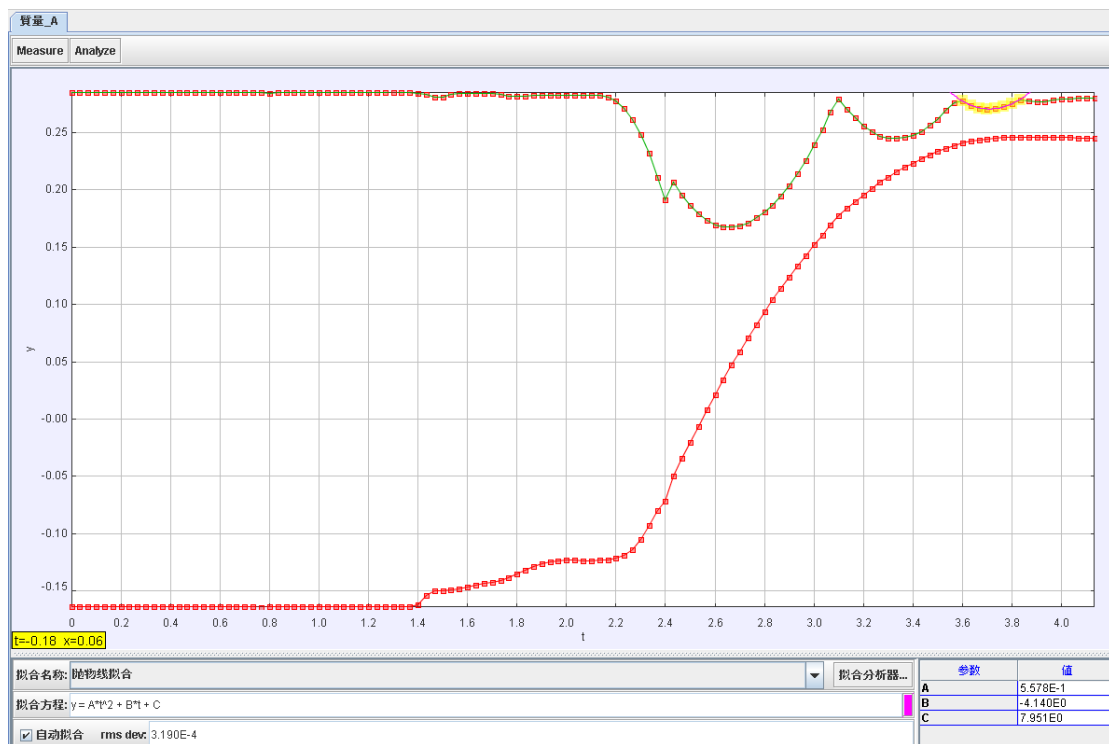
比較兩組數據得誤差值

$$\text{error}\% = \frac{1.2312 - 1.2893}{1.2893} = -4.51\%$$

3. 數據三



圖五 第三次拋體運動 x 軌跡(黃色選取部分)



圖六 第三次拋體運動 y 軌跡(黃色選取部分)

時間點(s)	x(m)	y(m)	V _x (m/s)	V _y (m/s)	ΔT(s)
3.600	0.241	0.278	0.907	-4.140	0.000
3.633	0.242	0.274	0.899	-4.103	0.033
3.667	0.244	0.272	0.891	-4.065	0.067
3.700	0.245	0.270	0.884	-4.028	0.100
3.733	0.245	0.271	0.876	-3.992	0.133
3.767	0.246	0.273	0.868	-3.954	0.167
3.800	0.246	0.275	0.860	-3.917	0.200
3.833	0.246	0.279	0.852	-3.880	0.233

*結果：

由圖五圖六可知

$$V_{0x}=0.9073 \text{ m/s} ; V_{0y}=-4.140 \text{ m/s}$$

$$a_y=1.1156 \text{ m/s}^2$$

理論加速度 $a = g \times \sin \theta$ 求出

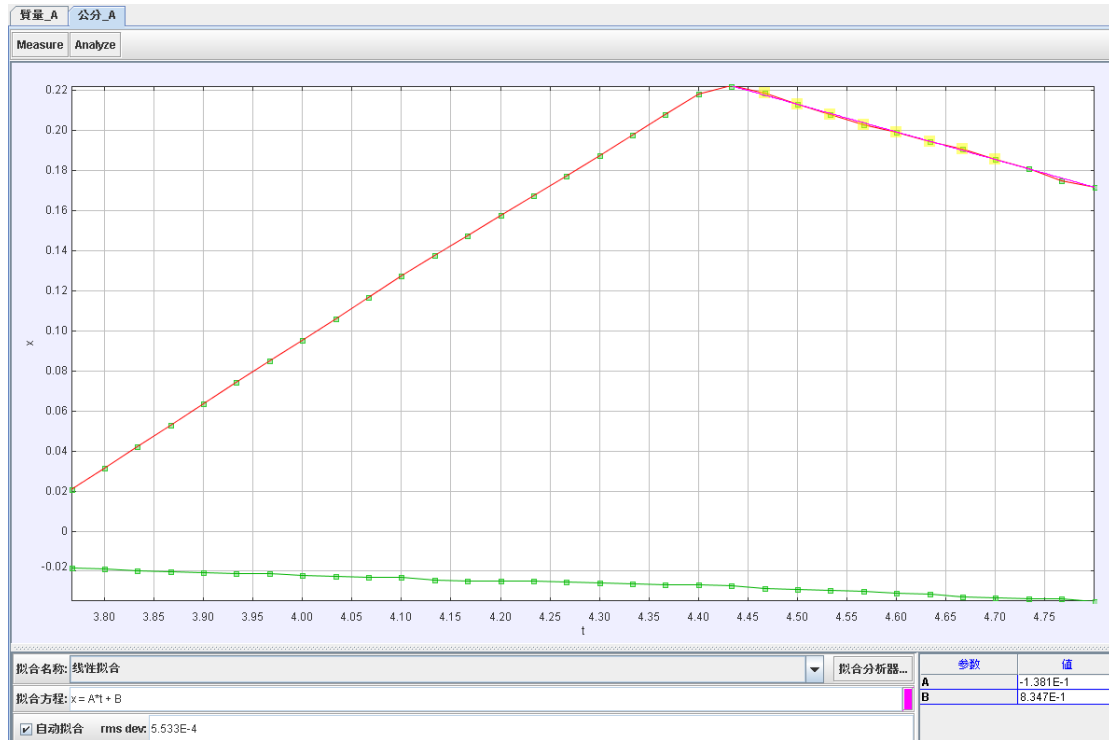
$$a'_y = 9.8 \times \sin 7.56^\circ = 1.2893 \text{ m/s}^2$$

比較兩組數據得誤差值

$$\text{error\%} = \frac{1.1156 - 1.2893}{1.2893} = -13.47\%$$

二、彈性碰撞

1. 數據



圖七 彈性碰撞之運動軌跡

取 A、B 兩球各兩點討論是否動量守恆與能量守恆

A 球

時間點(s)	X(m)	V(m/s)	$K = \frac{1}{2}mv^2$ (J)	$P = mv$ (kg*m/s)
4.1	0.127	0.3109	0.0483m	0.3109m
4.6	0.199	-0.1381	0.0095m	-0.1381m

B 球

時間點(s)	X(m)	V(m/s)	$K = \frac{1}{2}mv^2$ (J)	$P = mv$ (kg*m/s)
3.9	0.170	0	0	0
4.3	0.281	0.5642	0.1592m	0.5642m

* 結果

碰撞前 $K = 0.0483 \text{ m} + 0 = 0.0483 \text{ m J}$

碰撞後理論值 $K = 0.0483 \text{ m J}$

碰撞後實驗值 $K = 0.0095 \text{ m} + 0.1592 \text{ m} = 0.1687 \text{ m J}$

誤差值 $\text{error}\% = \frac{0.1687 - 0.0483}{0.1687} = 71.37\%$

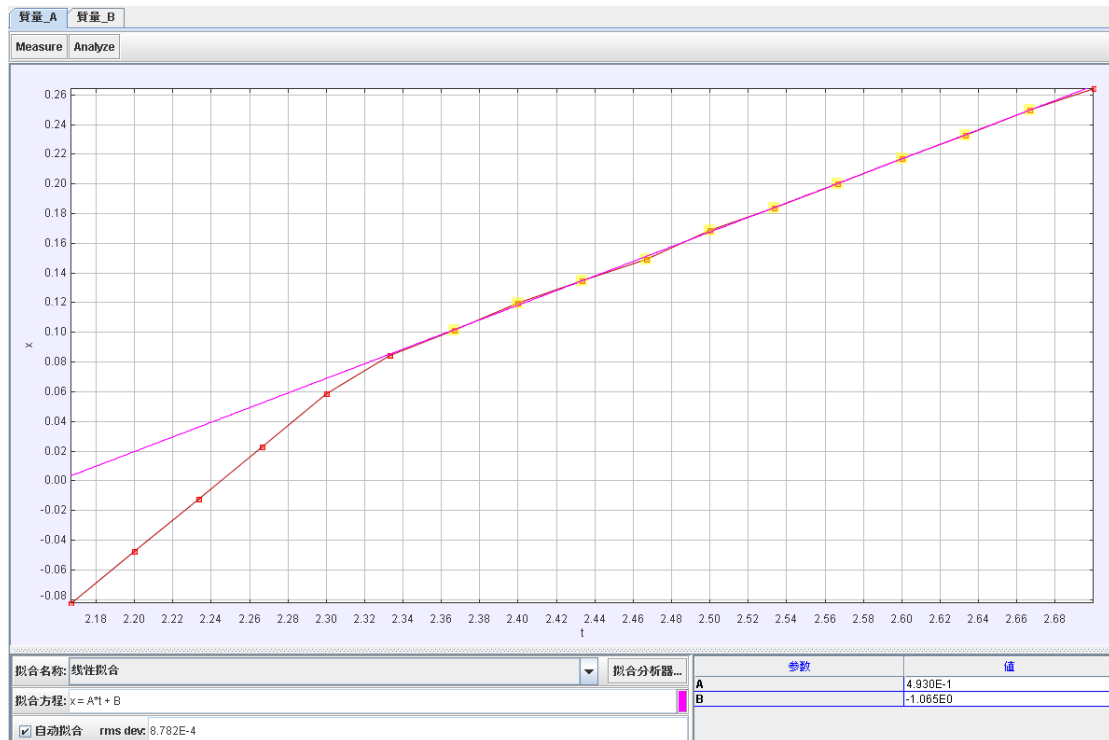
碰撞前 $P = 0.3109\text{m} + 0 = 0.3109\text{m} (\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s})$

碰撞後理論值 $P = 0.3109\text{m} (\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s})$

碰撞後實驗值 $P = -0.1381\text{m} + 0.5642\text{m} = 0.4261\text{m} (\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s})$

誤差值 $\text{error}\% = \frac{0.4261 - 0.3109}{0.3109} = 37.05\%$

三、非彈性碰撞



圖八 非彈性碰撞之運動軌跡

取 A、B 兩球各兩點討論是否動量守恆與能量守恆

A 球

時間點(s)	X(m)	V(m/s)	$K=\frac{1}{2}mv^2$ (J)	$P=mv$ (kg*m/s)
2.267	0.023	1.0610	0.5629m	1.0610m
2.500	0.169	0.4930	0.1215m	0.4930m

B 球

時間點(s)	X(m)	V(m/s)	$K=\frac{1}{2}mv^2$ (J)	$P=mv$ (kg*m/s)
2.2	0.160	0	0	0
2.5	0.251	0.4792	0.1148m	0.4792m

* 結果

碰撞前 $K = 0.5629m + 0 = 0.5629m$ J

碰撞後 $K = \frac{1}{2} * 2m * (0.4930)^2 = 0.2430m$ J

碰撞前 $P = 1.0610m + 0 = 1.0610m$ (kg*m/s)

碰撞後理論值 $P = 1.0610m$ (kg*m/s)

碰撞後實驗值 $P = 2m * 0.4930 = 0.9860m$ (kg*m/s)

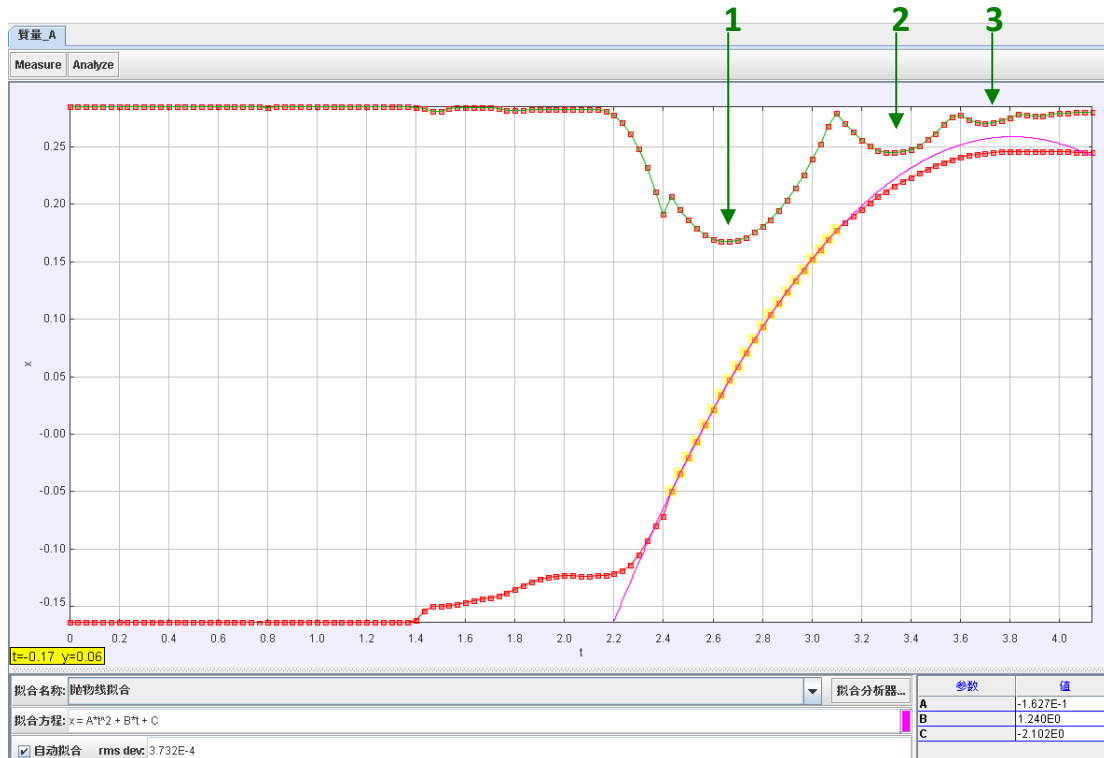
誤差值 $error\% = -7.07\%$

貳、結果討論：

一、拋體：

由圖一至圖六的數據圖可見，我們使用的並非三次不相干的拋體，而是第一次拋體後，經由撞擊產生彈性碰撞的運動軌跡。

(下圖取自圖一) 綠色箭頭所指的弧線即為三次實驗數據。



利用公式計算後，我們算出三次誤差分別是 3.50%、4.51%、13.47% (皆為負值)；可見誤差隨著碰撞次數增多後而同步增加。

判斷原因可能是在取得數據時，未考慮到經過碰撞後的物體可能造成能量損失，即導致第 2 次與第 3 次數據呈現誤差加大；又可能在碰撞後，面板遭撞擊而移位，使得實驗加速度變小，並低於理論值。

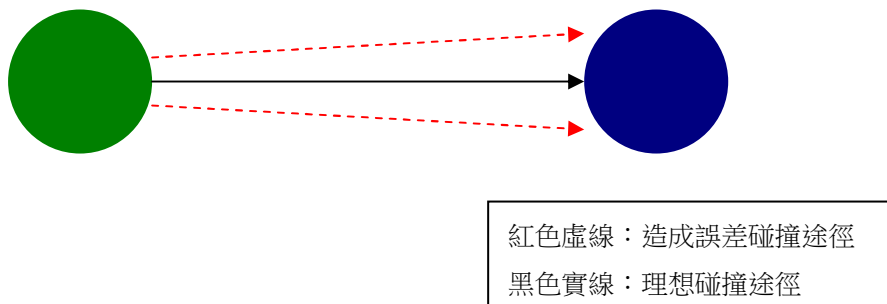
二、彈碰：

實驗中，碰撞球體藉由碰撞一瞬間達成能量傳遞，理想情況（完全彈性碰撞）下，A、B 兩球質量相同，A 球（施力體）碰撞 B 球（受力體）後，A 球靜止，將動量與能量傳出；B 球則從靜止變為運動，速率應與 A 球碰撞前相同，並獲得動能與動量。

實際結果，B 球成功彈出，A 球則改變運動軌跡，未達靜止，但反彈速率小；B 球所測得之速率遠大於理論數值，導致動量和動能都具有與理論值極大的誤差。在能量與動量守恆中，能量的誤差值高達 71.37%，而動量則是 37.05%。

在確定實驗中操作並無大失誤下，推測導致能量傳遞出現高誤差的原因，可能有：面板傾斜、碰撞角度未呈直線碰撞。面板傾斜可能造成碰撞前後物體皆有一加速度影響速率；碰撞角度則可造成碰撞中能量傳遞未達理想狀態。

下圖示意：（A 球綠色，B 球藍色）



三、非彈碰：

碰撞後 A、B 兩球形成一個新的物體，此物體質量為 $2m$ ，所以原先動量為兩球相加，碰撞後則是單一物體計算出實驗值。

根據動量誤差值 7.07%（皆負值），我們可以判斷，在此次實驗中，我們達成動量的守恆；碰撞前能量 0.5629mJ 和碰撞後 0.2430mJ 之間，失去了 50%之量，可證明非彈性碰撞中能量不守恆。

參、結論：

拋體運動：拋體經過碰撞後形成的拋體運動容易造成操作誤差加大；

拋體運動的實驗結果符合加速度的理論值。

彈性碰撞：應證明能量與動量守恆，但由於失誤，無法由實驗數據證明。

可知兩質量接近之物體碰撞後，靜止體會獲得一速率，而原先施力體應變為靜止。

非彈性碰撞：碰撞後兩物體成為一個體，能量、動量計算不為兩物體之值相加。

證明非彈性碰撞後，動量守恆，能量不守恆且有損失。

肆、心得：

我們實驗沒有使用打點計時器，而是用軟體 **tracker**，各方面上省時省力許多，也避免很多可能造成的誤差。

先講實驗操作中比較麻煩的部分。個人覺得，在起頭上就有很多問題需要克服，像是拋體要如何控制拋的力道和角度、碰撞中明明要保持靜止的 B 球常常自己飄掉，完全可見 A、B 兩球的控制不是一摸就能上手。

再講講完全新接觸的 **tracker**，剛開始操作上不太順利，勢必每個實驗者都有過，但是實際使用上便利性真的很足，熟練一下後，除了確定 x、y 軸和對準 A、B 兩球軌跡比較需要多次校正，整體上讓實驗進程快速很多。

說到這次最失敗的部份（彈性碰撞），因為數據處理問題，這次實驗無法馬上計算出誤差值，在實驗室之後看到數據其實是很心碎的。如果能夠當下知道這可怕的誤差值，我們一定毀屍滅跡立刻重新做一次實驗！

雖然麻煩是有（心碎也有），但不得不說每次操作都是一種新奇的體驗，撇除作業一些額外的包袱，能夠親自操作一些未曾見過、碰過的實驗器材，都是一種難得的經驗。

伍、問題：

1. 空氣黏滯力單從第一次拋體的數據來看，可以說是近乎於無，或說：

拋體某一點之力的 實驗值 - 理論值 ≈ 0

若空氣黏滯力較大，拋體的運動曲線受制，可能在最高點未達理想（過低）；

且整個運動曲線應該會低於理想的運動曲線，拋體的橫向速度也遭到減弱（即整個運動曲線成比例縮小）。

2. 彈性碰撞由數據可見，並無法證明他的能量與動量守恆；但非彈性碰撞證明出動量守恆和能量不守恆。

互相比較下，彈性碰撞傳遞上不如非彈碰那般；我認為非彈碰由於最後兩物體相接，使的動量在守恆有了一個很好的保持，彈碰則是兩物體須完全碰撞後彈開，碰撞的一瞬十分可能造成誤差，導致兩物體的傳遞出現悖於理論的狀況。