

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-應用科學科

科 別：生活與應用科學

組 別：國小組

作品名稱：伯努利定律在樂透機上的應用

關 鍵 詞：伯努利、風壓力、樂透機

編 號：080825

學校名稱：

高雄縣鳳山市鳳西國民小學

作者姓名：

陳聖文、黃正文、陳柜仰、張簡仕傑

指導老師：

王世充、王鶴翔



伯努利定律在樂透機上的應用

壹: 摘要:

樂透機上的彩球，為何控制閥打開時，彩球就被吸管吸出。

貳: 研究動機

看著大人每個禮拜二、五，忙於投注樂透，爸媽偶爾也簽上一、兩支，雖然一支在手希望無窮，但常常槓龜較多。在開獎時，我會聚精會神的看著樂透機，透明的亞克力筒裡面，翻滾著四十二顆彩球，為何彩球在翻滾時，頂端上的一個會滑動的活閥一經動作後，彩球就被吸走，什麼原因？上面是有一個像吸塵器的東西嗎？要不然怎麼每個動作都能準確的到定位呢？滿腦袋的為什麼？跟我們自然第 11 冊裡所教的[生活中的工具]有關嗎？生活中除了機械動力或槓桿原理外，風的壓力是否也可以應用在日常生活，使得生活更方便。

參: 研究目的

- 一. 研究樂透機，為何可以讓球吸出。
- 二. 吸出原理和風力與壓力的大小的關係。
- 三. 可以任意改變出口的位置嗎？

肆: 研究設備與器材

- 一. 1/2 馬力的鼓風機一臺。
- 二. 乒乓球數十個。
- 三. 棉線一捲。
- 四. 馬糞紙數張。
- 五. 大型膠帶兩卷。
- 六. 量角器一支。
- 七. 美工刀兩支，剪刀兩支，雙面膠三卷。

伍: 研究內容與方法

[研究一] 吹風機上乒乓球的聯想

(實驗一) 乒乓球的翻滾狀況

有一次上自然課時，老師拿了一粒乒乓球，右手拿起吹風機，神奇似的，乒乓球竟然在吹風機上翻滾，乒乓球為什麼會在氣流上不會掉下來呢？如果乒乓球在吹風機風向側斜，再觀察乒乓球原地滾動的情形，並記錄下來。(排氣孔直徑 3.5 公分)

吹風機擺放方式	乒乓球滾動情形描敘	圖形解說
垂直式	用熱吹風機比較快形成由下往上自轉，冷吹風機較慢	
傾斜式	當傾斜為 75 度時，其滾動方式與垂直式相同。	

(表一) 吹風機擺放方式與滾動情形

(實驗二)風力的大小與乒乓球的高度

我們調整不同的風力，製做一個測量的高度儀，做為量取長度的標準，並且觀察乒乓球在上下浮沉時，其滾動的方向與速度，為了得到較為穩定的數據，我們也同時也做了一個吹風機的支架。為了方便測量吹風機的角度，在一旁釘一角度架。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
強 風	11.8	10.8	13.4	12.4	13.5	14.2	13.6	12.5	13.4	12.7	12.8
中 風	8.4	8.6	7.5	7.6	8.0	7.8	8.4	7.6	6.8	7.2	7.8
弱 風	4.5	5.2	4.3	4.0	4.6	4.5	5.2	4.0	4.5	4.8	4.6

(表二)風力與飄浮的高度

單位: (公分)

[發現]: 1 在強風吹力下，乒乓球的底部受力大於乒乓球的重力時，乒乓球往上升。

2 當上、下兩力平衡時，只做左右的晃動與滾動。

3 但我們發現，當我們測量用的一米鋼尺，寬面接近乒乓球時，乒乓球會隨著鋼尺爬升，是否因為風力擦過鋼尺產生擠壓，以至產生大於原風壓。

大伙探討這個現象。

(實驗三)風力與傾斜角

我們在實驗的過程，發現乒乓球在滾動中，有風從球的下方，隨著球形而過，但當我們把吹風機傾斜時，居然乒乓球居然還是不會掉下，似乎球的下方有一股風力托住，但是當我們的傾斜角度太大時，乒乓球就掉了下來。而風力的大小與傾斜的角度有關係嗎？

我們仍然用垂直式那部吹風機，來做實驗。但排氣口縮小成 2.0 公分。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
90 度	17	19	18	17	18	18	19	18	17	18	17.9
80 度	17	16	17	17	17	18	16	17	18	17	17
70 度	16	17	15	16	16	17	16	17	17	17	16.4
60 度	18	19	19	18	17	18	19	19	18	18	18.3
50 度	20	20	19	21	20	21	19	20	20	19	19.9
40 度	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

(表三)風力與傾斜角

單位: 公分

[發現]: 1 當 90 度時，噴嘴前端的空氣壓力大於乒乓球重力，球往上頂。但當到某一高度時，其空氣柱壓力和乒乓球重力平衡，只作振盪或滾動。

2 當 70 度與 80 度時其乒乓球的高度有些略降。

3 當 60 度與 50 度時，其乒乓球的高度又有些上升，是否因為乒乓球在噴嘴傾斜的吹力下，其相當乒乓球的垂直重力減少的原因。

4 於是我們再以水平面為基準，再測量時發現，事實上各種角度的高度相差有限。

(實驗四)出風口與排氣口大小與乒乓球的高度

當正文 不小心按住排氣孔時，我們發現乒乓球往上衝，於是再次研究用同樣的出風口，不一樣的排氣口，為了讓空氣能很流暢的噴出，排氣口的直徑大小用厚紙板捲成大小不一樣的錐形，來證明出風口與排氣孔大小，是否影響乒乓球的高度。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平 均
3 公分	8	9	10	10	10	9	9	8	10	10	9.3
2.5 公分	19	20	19	20	19	19	20	20	19	20	19.5
2 公分	17	19	18	17	18	18	19	18	17	18	17.9
1.5 公分	14	13	12	13	13	12	13	12	13	13	12.8
1.0 公分	6	4	5	6	6	5	4	5	4	5	5
0.5 公分	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

(表四) 出氣孔、排氣孔大小與高度

單位: 公分

[發現]:

- 1 乒乓球被吹的高低與出風口和排氣孔的大小，有一定的比例，以這實驗而言，出風口直徑是 3.5 公分，而排氣孔是 2.5 公分最佳，其次是 2 公分。
- 2 本來想排氣孔是否越細的話，其出口的空氣流速應該會比較快，而噴嘴上方的乒乓球的高度，應該也會比較高才對，但事實卻不盡然。
- 3 排氣口等於 0.5 公分時，細細的空氣柱，在有限的空氣流速下，無法托住乒乓球的重力。

(實驗五)煙霧在球形體上的軌跡

到底為什麼球在翻動中，是什麼力量支撐著乒乓球的重量，我們企圖透過煙霧流動的實驗來了解風在球形下的動路。



我們的發現:

- 1 當我們以吹風機最大風速，而煙霧放於出風口，煙霧則繞過乒乓球四周，像似包住般。
- 2 當通過乒乓球時，形成煙霧的尾巴，且快速的流過。
- 3 當我們以傾斜來作煙霧實驗時，發現乒乓球下方的煙霧反而較少，是否因為乒乓球已傾斜(對氣流)，乒乓球硬塞住，氣流要通過的空間，所以傾斜過大，則無法支撐，除非氣流過大，流速過快。

[研究二] 乒乓球在開口滾動箱滾動情形

(實驗一) 底部錐形滾動箱

我們先以馬糞紙，以我們數學教過的展開圖，先把 90 度轉向接頭的出口直徑量好尺寸，再把量得的長度，轉成錐形(扇形)的弧長，在以 40 公分為半徑，畫一大扇形，經裁剪後黏貼成底部空心的圓錐，小的一端正好可安放於鼓風機的 90 度彎管上。並觀察乒乓球在錐形體裡滾動的情形。

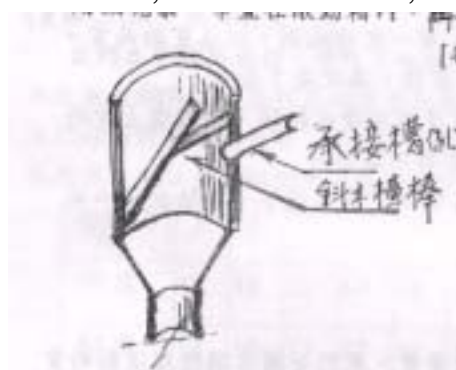


[我們的發現]:

- 1 因為出風口處，成一漏斗形，往上吹的乒乓球向下掉時也一定掉到出風口。
- 2 也由於出風口是屬於擴散性，當風口一吹，風向四周的壁面吹，無法集中風力，乒乓球也在開口式的滾動箱中，其高度僅有 25 公分高度。

(實驗二) 滾動箱與斜面風壓

我們在[研究一]中的實驗一發現，既然乒乓球會隨著擠壓的斜面爬升，我們應可以應用該現象，布置在滾動箱內，在利用最頂端上的另一斜面，反彈出乒乓球軌道。



[我們的發現]:

- 1 所使用的斜板木棒，斜放於滾筒旁，噴射出的乒乓撞擊到斜木橫棒，掉入承接槽而流出。
- 2 因為出風口上是錐形，風的擴散後，乒乓球不是很高，因此橫斜板要降到 20 公分左右。
- 3 由於受撞擊時，彈跳的位置不是很穩定，乒乓球彈出的時間也不是很固定。

(圖三)底面錐形滾動箱擠壓面

(實驗三) 直筒式滾動箱

我們發現錐形體其 90 度塑膠彎管，風從出風口到達排氣口成為擴散式，風力漸次減弱，如果改成圓柱式，是否可以改良這種風力減弱的情形。



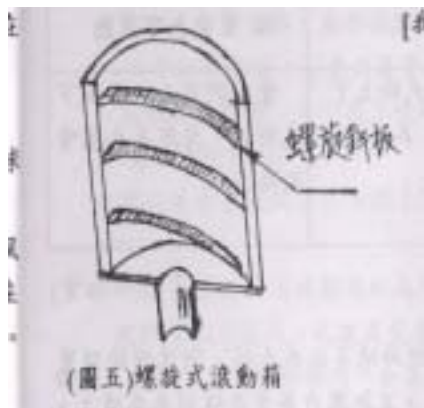
[我們的發現]

- 1 經實際的由鼓風機吹風翻動後，乒乓球容易掉入直筒式滾動箱的死角(直射出的風吹不到)，而乒乓球只在箱內作死角邊緣的滾動。
- 2 當我們放入多顆乒乓球時，彼此相互的撞擊，滾翻動的效果較佳。
- 3 作單顆乒乓球實驗時，卡在死角的乒乓球在死角

上作逆時滾動。

(實驗四)螺旋式滾動箱

針對實驗二中所發現的，因為乒乓球在滾動箱中，無法很精準的彈射到斜面，要彈進斜面設計好的軌道，無法精準確定。於是我們更想出在直筒滾動箱內，設計出螺旋式，是否可以由斜面與底部風力作用下，藉著軌道的滑行，導入排乒乓球球管中。



[我們的發現]:

- 1 直筒式滾動箱內，當氣流帶動箱內氣流時，箱內的乒乓球隨著做順或逆時鐘的旋轉，我們想能利用此一旋轉力，但這種力不足以讓乒乓球爬升。
- 2 當乒乓球在做筒邊緣旋轉時，容易造成被死角卡到
- 3 當有一兩個乒乓球滾向螺旋片時，又被吹動的氣流吸回，原來的空氣柱，或彼此做互相的撞擊。

[研究三] 氣密式滾動箱與乒乓球彈射

在前面的兩項研究中，我們發現開口式的滾動箱，無論是斜面擠壓式或者螺旋式的結構，大體來說不能達到百分百的彈入乒乓球軌道，也就是跟我們在電視裡看到的開獎機，的穩定度，尚有一段距離，於是我們想是否能利用，把滾動箱裡形成的氣流，加以導流成為把乒乓球投射而出的一種力量。

(實驗一)完全密封的滾動箱

我們為了觀察到底乒乓球在風力下，而且滾動箱內完全密封，於是在滾動箱放置一透明密封蓋，以方便觀察。

完 全 密 封	稍 有 空 隙
1 所有的乒乓球都擠在出風口上，只做稍許的晃動。 2 壓得越緊，跟本連動都沒有。似乎被所產生的箱內風壓所頂住。	1 當空隙加大時，其搖晃加劇。 2 當加到夠大時，發現乒乓球開始翻滾 證明滾動箱內的壓力大於外面壓力

(表五)完全密封與空隙的比較

[氣密式滾動箱的聯想]

- 1 完全密封滾動箱，造成箱內的乒乓球完全的不動。因為風壓是由下往上吹，壓力是由蓋頂往下壓力，才使乒乓球紋風不動。
- 2 如果有一孔，足可以讓乒乓球跑到洞口時，此時該可以造成箱內風壓大於外面氣壓，而把乒乓球往外擠壓而出。
- 3 但看著滾動箱裡的乒乓球彈跳高度，在密封下沒有高度，在完全開放下，其高度約 25 公分高，如何讓裡面的乒乓球會有彈跳，有可以產生箱內高壓。如此才能將乒乓球彈出。

4 如果乒乓球在風力翻動之下，達到某高度，而排氣孔的長度夠，是否乒乓球就會彈出

(實驗二)如何才能使滾動的乒乓球排出

當我們使用全封式滾動箱，發現乒乓球並不會上下翻動，於是我們找來全蓋式、鏤空式、插管式，並在滾動箱上作測試，看看那一種情形較容易噴出乒乓球。

全 蓋 式	鏤 空 式	插 管 式	插 管並上下晃動
發現全部的乒乓球都靜止不動。	全部的乒乓球都作上下的翻動。	反而比鏤空式的上下翻動效果差，乒乓球只做上下微晃。	當我們不小心作上下晃動時，居然乒乓球噴射而出。

(表六) 各種頂蓋的差別

[我們的發現]

- 1 當我們使用插管式做實驗時，排管有氣流，但卻跑不出乒乓球，從透明的頂蓋來看，由下往上吹的氣流，好像撞擊頂蓋後，又把壓力集中在這些乒乓球上。
- 2 當我們上下晃動，感覺整個頂蓋產生非常大的壓力，此時乒乓球剛好在排氣管下時，就很容易被吸住而排出管外。

(實驗三)單一孔排出乒乓球

我們以錐直式和圓錐式作為，單彈球孔的模型，在模型的頂端正中央、頂旁、側面上側面中、側面下，五個位置挖一彈球孔，利用氣密式的高壓把裡面翻滾的擠壓出來。

當管深 20 公分以下時，因無法噴射，因此我們以管長 25 公分為標準，來測量時間。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平 均
圓 錐 式	頂中	6.68	5.08	4.96	6.33	2.32	7.02	3.28	3.98	3.65	3.58	4.69
	頂旁	2.58	3.08	2.68	6.8	3.22	4.33	2.71	3.75	3.78	2.43	3.52
	側上	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	側中	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	側下	2.59	3.62	2.06	2.58	3.78	2.46	2.65	4.65	4.35	6.46	2.94
錐 直 式	頂中	2.84	3.27	7.85	2.7	3.09	2.87	2.55	3.15	2.55	5.21	3.61
	頂旁	9.16	4.8	13.34	3.52	7.4	4.59	4.37	4.18	12.7	5.52	6.96
	側上	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	側中	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

	側下	5.66	5.48	5.37	6.7	5.33	4.91	5.31	5.18	4.94	5.21	5.41
--	----	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------

(表七)氣密式的彈球情形

單位:每彈出一個時間(秒)

[我們的發現]:

- 1 當我們以錐度滾動箱內插入頂中孔 20 公分時，大約第一粒 3 秒鐘即噴射出來，但第二粒距離第一粒只有 2 秒。從滾動箱高度 45 公分減去 25 公分，剩下 20 公分，應該是鼓風機上下翻滾的高度。
- 2 錐直式的滾動箱，由於出風口銜接的錐度是 100 度，所以出口後，風速減弱，所以上下翻滾較低，以至排氣管要降到相當低。
- 3 圓錐式滾動箱，由下往上吹的風，讓乒乓球貼於箱面浮動。所以頂旁管比頂中管所需的時間較短。
- 4 當內吸管長太短，乒乓球上下翻動高度無法達到此種高度，就無法噴射出。

(實驗四)排氣量與乒乓球翻滾的高度

我們發現全蓋式，也就是完全密封，鼓風機的氣流無法產生流通，以致於乒乓球無法翻動，在錐度式的滾動箱內，如果把頂蓋完全開放，幾乎在頂蓋附近浮動，是否說明排氣量的大小和乒乓球翻動的高度有關?於是我們在頂蓋上挖四個排氣孔。排氣孔直徑 2 公分



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
一 孔	3.45	2.58	4.63	5.7	4.65	5.43	4.24	3.87	4.23	4.65	4.34
二 孔	4.65	5.48	5.95	6.42	4.83	5.75	5.63	6.47	4.55	4.65	5.44
三 孔	9.21	8.95	10.2	9.6	10.8	12.4	9.8	11.5	11.8	10.8	10.5
四 孔	16.5	15.7	16.5	14.8	16.5	15.3	14.8	15.6	14.9	15.7	15.7

(圖六)排氣量與球高

(表八)排氣量與翻動的高度

單位:(公分)

[我們的發現]:

- 1 當我們塞住一孔、二孔、三孔、四孔做比較，發現只放一孔時，乒乓球只在滾動箱底部做稍微的翻動。
- 2 但當放開四個孔時，最高平均 15.7 公分，我們用的四個排氣孔的內管徑是 2 公分，證明排氣越順暢時，乒乓球的翻動高度就會越高。

(實驗五)排氣孔與彈射孔

在研究三的實驗一到實驗四中，發現乒乓球在密閉箱內所產生的高壓，反而不動，用排管來導引氣流，氣會不會隨著管子直徑的改變而產生壓力的變化呢?開始思索，是什麼原因?用什麼方法才能使乒乓球順利的從彈射孔中射出，於是我們加裝排氣孔，讓氣流很快的從排氣孔中排出，這產生的直徑差，也就會造成流速差嗎?乒乓球能否排出。因此我們在頂蓋上加裝四支孔徑 2 公分的小排氣孔，而吸管深度 20 公分，直徑是 4.5 公分觀察排孔量的

大小是否影響吸出的速度。使用一孔、二孔、三孔、四孔當排氣孔比較吸出的速度。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
用 0 個排氣孔	2.81	3.9	4.3	2.92	2.71	2.46	2.48	2.41	2.67	2.65	2.93
用 1 個排氣孔	2.73	2.4	3.17	2.72	3.9	2.34	4.42	2.58	2.08	2.21	2.86
用 2 個排氣孔	4.85	3.66	2.73	2.77	3.27	2.21	2.42	2.04	1.48	2.7	2.81
用 3 個排氣孔	3.52	2.65	2.4	2.52	2.15	2.24	3.4	3.1	3.03	2.21	2.72
用 4 個排氣孔	2.04	1.87	2.4	1.8	1.9	2.6	1.7	1.65	1.84	1.5	2.27

(表九)排氣孔與彈射孔的彈射比較 單位: 秒

[我們的發現]:

- 1 當排氣孔變多時，乒乓球往上衝的力量變大，排氣孔少時，乒乓球向上翻動的高度變低。
- 2 當乒乓球將要被吸出時，先會在吸管旁游動，由於管徑由大直徑變成小直徑後，其流速加快，同時也產生低壓，此時滾動箱內是高壓，因此乒乓球就被吸入。
- 3 我們先把四個排氣孔按住，再把彈射孔往上拉成 20 公分左右，此時觀察箱內乒乓球是在彈射管下方，但當彈射管也放開後，球就被吸入排出。

(實驗六)排氣孔與彈射管柄長關係

從上面的實驗中，我們不難發現，排氣管所造成的箱內的壓力差，足以使箱內的乒乓球從彈道中彈射而出，但彈射的時間也並非很穩定，於是我們想到裡面裝設一支可伸縮的彈射吸管，再量乒乓球彈出時間。



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
10 公分	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20 公分	2.35	2.46	2.04	2.31	2.40	2.51	2.02	2.7	2.04	2.3	2.31
30 公分	1.02	1.2	1.5	1.3	15.	1.3	1.21	1.32	1.45	1.2	1.6
40 公分	彈射出來的速度太快。										

(表十) 漏斗柄長與彈射時間

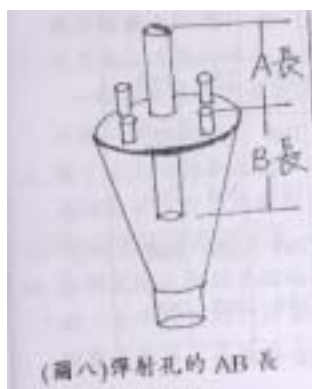
(單位) 秒

[我們的發現]

- 1 以樂透開獎現象，乒乓球要有上下翻滾，乒乓球彈射的速度又不能太快，因此我們選定彈射管長是 20 公分。
- 2 彈射管長 10 公分時，乒乓球要能彈跳翻滾很高，才能被彈射管吸入。
- 3 到此大夥如釋重負，終於找到了樂透機為何能把乒乓球彈出管外的真正原因。

(實驗七)相同的排氣孔與彈射管的 A、B 長關係

在實驗中發現乒乓球的翻動高度，是受到排氣量的影響，但我們仍然不死心的繼續探求，彈射管的 A 與 B 長，是否也會影響球被吸出的速度，於是我們控制四個排氣孔。量出球彈出的時間。A 和 B 長各控制為 20 公分



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
A 長 一 樣	B=5 公分	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	B=10 公分	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	B=20 公分	2.3	2.3	2.1	2.1	2.4	2.0	2.3	2.4	2.1	2.2	2.22
	B=30 公分	1.2	1.0	1.3	1.4	1.5	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.28
B 長 一 樣	A=5 公分	4.6	4.3	4.8	5.4	4.2	4.3	4.6	4.8	5.2	4.2	4.64
	A=10 公分	3.2	3.5	3.6	3.2	3.1	3.4	3.5	3.6	3.2	3.4	3.37
	A=20 公分	2.0	2.0	1.9	1.8	2.1	2.2	2.3	2.1	2.0	2.1	2.05
	A=30 公分	1.9	1.8	2.0	2.1	2.3	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.98

(表十一)排氣孔與彈射管的 AB 長

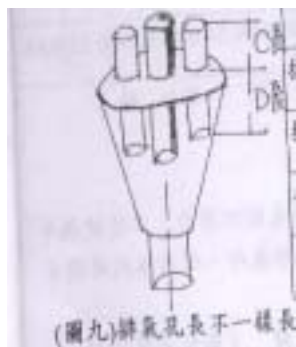
(單位:秒)

[我們的發現]:

- 1 控制彈射管的 A 長為 20 公分時，我們發現當 B 長 5 公分和 10 公分時，球並沒有翻動到那樣高度，所以無法彈射出。20 公分就很快彈出。
- 2 當控制彈射管 B 長為 20 公分時，而 A 長為 30 公分比 5 公分還快一些，是否彈射管長，就有較大的洩引力，這個現象跟長槍比手槍的射程較遠道理有關。

(實驗八)相同的彈射管與排氣管的 C、D 長

我們在做(實驗七)中，發現不同的管長，在滾動箱內造成不同位置的空氣對流，於是試圖改變排氣管的柄長，造成箱內不同位置的空氣對流，是否也會影響球彈出的時間。我們以較大的兩個排氣管控制 C、D 長，此時彈射管箱內長度 20 公分。排氣管全長 40 公分。直徑 4.5 公分兩支。



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
排管 D=5 公分	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
排管 D=10 公分	3.57	3.61	4.52	3.98	4.36	4.28	3.67	3.42	4.65	4.51	4.06
排管 D=20 公分	2.36	2.45	2.13	2.01	2.74	2.36	1.65	2.84	2.61	2.37	2.35
排管 D=30 公分	乒乓球被吸住在排氣孔口處										

(表十二)不一樣長的排氣孔的彈出時間 (單位:秒)

[我們的發現]:

- 1 當我們放 2 支直徑 4.5 公分的排氣管時，且外面長保持 20 公分，裡面長 5 公分時，幾乎全部的乒乓都在排氣管附近，無法被彈射管吸入。
- 2 當裡面的排氣管長為 30 公分時，全部的球阻塞在排氣孔口。無法彈射。
使用 2 個 4.5 公分直徑排氣管時，裡面長 15 到 20 公分最好。

(實驗九)彈射柄長和彈出高度的關係

在研究三的實驗七中，我們無意中發現彈射管內保持 20 公分，外面長度是否有牽引作用，把乒乓球彈射得更高嗎？於我們截好 25、30、40、50、60 公分的彈射管。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
25 公分	152	156	150	158	146	149	145	163	143	137	150
30 公分	164	176	174	182	165	168	178	173	168	164	172
40 公分	198	186	234	224	210	215	205	196	193	204	206
50 公分	267	258	247	237	254	263	273	263	248	250	256
60 公分	285	294	312	287	278	324	286	304	284	308	296

彈射管外長與彈射出的高度

(單位:公分)

[我們的發現]:

- 1 我們這才發現彈射的外長，具有牽引作用，使得乒乓球彈射的高度越高。
- 2 我們所測量方法是用捲尺平靠在牆壁上，把彈射孔平行對齊捲尺。

(實驗十)不同的彈射管的導口形狀會影響彈出時間嗎？

當我們在做研究三的各项實驗時發現，乒乓球在接近彈射孔之前，總是在附近徘徊，然後在其他的球或氣流的吸力下，才被吸出，於是我們開始探討這種與彈射管的導口形狀有關嗎？



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
直筒型導口	1.34	1.25	2.34	1.69	1.98	1.85	1.38	1.45	1.62	1.74	1.67
漏斗型導口	6.72	12.7	8.97	12.3	14.2	7.84	6.98	3.84	7.36	4.87	8.58
球形導口	0.78	0.95	0.46	0.57	0.67	0.94	0.54	0.65	0.74	0.51	0.68

(圖十)不同導口的彈射管

(表十三) 不同導口的彈射管與彈出時間 (單位: 秒)

[我們的發現]:

- 1 漏斗型的導口，因為在使用錐形滾動箱時，鼓風機所產生的回壓力，不能使漏斗導口處，產生高流速、低壓力。且漏斗幾乎塞住整個錐形底部。彈出球的時間不穩定。
- 2 球型的彈射管導口，經球型導口時，一部分經旁邊的流線，大部份是經孔內快速流出。非常順利吸進乒乓球。

陸：研究與討論

- 一、從[研究一]中的《實驗一》得知乒乓球在氣流下，75 度與 90 度時球都呈自轉，氣流穩定時，乒乓球並沒有自轉。
- 二、從《實驗二》中得知，吹風機的風力越強，則其乒乓球被頂上的高度越高。
- 三、從《實驗三》中得知，傾斜大，其直線距離雖然變大，但垂直距離相差不多。可知吹風機斜風吹時，受乒乓球的垂直重力較少
- 四、從《實驗四》中得知，吹風機的口徑是 3.5 公分，但縮成 2.5 公分的出風口最佳，其乒乓球的高度是 19.5 公分。1.0 公分的縮小出風口雖然可更快的流速，但太小無法托住乒乓球。
- 五、從《實驗五》中得知，90 度的煙霧實驗，煙霧很均勻的托住乒乓球，但 45 左右的煙霧下方的煙霧較少，表示氣流通過較少，因此到 40 度即乒乓球掉下。
- 六、從[研究二]的《實驗一》與《實驗二》原本預定用乒乓球撞擊斜板，彈跳進入承接槽中，但由於風在流動產生低壓，即使掉入承接槽，也會被吸出。
- 七、從《實驗三》與《實驗四》中，了解到螺旋式的滾動箱，會有死角。尤其是直筒式滾動箱，要讓乒乓球以旋轉方式排出，結果宣告失敗。
- 八、由[研究三]的《實驗一》中得知，完全密封箱內乒乓球是靜止不動，稍為晃動箱蓋，則滾動箱內的乒乓球，有如海浪翻騰。
- 九、由《實驗二》中，我們比較各種頂蓋形式，對乒乓球彈跳的影響，我們發現有插管的頂蓋，乒乓球居然彈射而出。
- 十、由《實驗三》中，圓錐式與錐直式中，在單一孔由於圓錐式的乒乓球都在箱壁上飄盪，所以頂旁比頂中還要快。錐直式由於空氣集中在中央，所以頂中比頂旁好很多
- 十一、《實驗四》中，排氣量的多時，乒乓球被滾翻的高度就越高。
- 十二、由[研究三]的《實驗五》中，排氣孔與彈射孔，在控制排氣孔可延遲或縮短彈射時間，完全把四支排氣孔塞住，只留彈射孔要 2.93 秒，排氣孔和彈射孔全開只要 2.27 秒，表示排氣孔主要功能在於讓乒乓球在滾動箱造成翻滾，當主彈射孔和排氣全開時，乒乓球即由彈射孔吸進而彈出。
- 十三、由[研究三]的《實驗六》中。得知排氣孔中的排氣量的，和乒乓球在滾動箱內上下翻動的高度有很大的關係，排氣小上下翻動低，則必需把彈射管伸長。反之，則必需把彈射管縮短。如此才能控制乒乓球彈出時間。
- 十四、由《實驗七》中得知，彈射管外面的管長有牽引作用，外面 A 長度 20 公分固定下，裡面的長度要 20 公分，才能彈出。但裡面 B 長度固定，外面的長度較長，越容易吸

出。

- 十五、由《實驗八》得知，排氣太大、太短，乒乓球就在彈射管上浮動，無法被吸入彈射管，太長的話，容易在下方就已經被乒乓球塞住了。
- 十六、由《實驗九》得知，彈射管的外面長，具有牽引效果，越長彈射的高度就越高。
- 十七、由《實驗十》得知，漏斗形的彈射管，彈射而出的時間非常不穩定。直筒型的彈射管在乒乓球快被彈出時，會先在管口浮動，後被吸入。而球型彈射導口，產生較佳的氣流，乒乓球很容易就被彈射而出。

柒：結 論

- 一. 這個學期中，學校要在下學期舉辦校內科學展覽，我們這一夥科學小組即興致勃勃的到處找題目，翻閱資料。雖然犧牲了寒假，但能跟隨王老師與黎老師在學校做實驗是我們最快樂的一件事。
- 二. 這是第三次參加科展，其中雖然有喜有樂，有憂有愁，但我們科學四人組的堅持不放棄，一路走來讓我們最感謝的是天天陪著我們的王老師，和準時接送上、下學的父母大人。這裡一併感謝。
- 三. 做了三年的科學展覽，最讓我們感到窩心的事，無論遇到什麼樣實驗瓶頸，王老師與黎老師都會不厭其煩的教導，使我們從中獲益良多。也學會什麼叫作[永不放棄]、[柳暗花明]的實驗困境與悲喜心情。
- 四. 看到大夥能從開獎的樂透機上獲得啟示，從中學習到許多物理學的常識，和一些機械知識，其中最讓我們印象深刻的是：我們雖然做了三年的科學展覽，但在不同領域中的知識整合能力，是往後上了國中要努力學習的目標。

捌：參考資料

- 一.國民小學第自然課本，康軒第 11 冊第 38 頁
- 二.自然科學大百科第 20 冊第 48 49 頁---中視文化出版社