

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030118

瓶水相逢

學校名稱：臺南縣立六甲國民中學

作者： 國二 楊承得 國二 謝聖梅 國二 姜惇珮 國二 蔡婉愉	指導老師： 陳一通
---	------------------

關鍵詞：寶特瓶、流速、角度

摘要

本實驗探討水從寶特瓶流出時的速率變化曲線，實驗內容包括(一)改變寶特瓶傾斜的角度、(二)上下振動寶特瓶、(三)原地轉動寶特瓶、(四)於寶特瓶後戳洞等實驗。水從寶特瓶流出時，我們讓水流入 1000mL 量筒內，並以數位相機攝影量筒內水量的變化。影片於電腦播放，每 0.2 秒記錄量筒內水的體積數據，分析數據並作時間-體積關係圖，比較各實驗的流速曲線並討論影響流速的原因。

壹、研究動機

某天媽媽叫我把喝完的汽水寶特瓶拿去洗乾淨，可是洗寶特瓶總是要花費很多時間，爲什麼呢？因爲每次裝滿水要倒出來的時候水流速率並不快，無法順暢地流出，想想或許是因爲水受到空氣的阻礙而無法快速流出吧。如果傾斜寶特瓶的角度，空氣是否會比較容易進入瓶內，而讓水流速率加快呢？振動寶特瓶、轉動寶特瓶又會如何呢？乾脆直接來做個實驗，測試各種情況的水流速率吧。

貳、研究目的

- 一、探討寶特瓶傾斜角度（90 度、80 度、70 度、60 度、50 度、40 度、30 度、20 度、10 度）對水流速率的影響。
- 二、探討上下振動寶特瓶對水流快慢的影響。
- 三、探討轉動寶特瓶對流速的影響。
- 四、於瓶後戳洞，探討空氣可從瓶後進入時，能否加快流速。
- 五、從實驗的過程中學習解決問題的能力，培養實驗精神。
- 六、培養設計實驗及完成實驗的能力。

參、研究設備及器材

870mL 寶特瓶、漏斗、1000mL 量筒、掛勾、長方形木板、剪刀、透明膠帶、黑色墨水、滴管、量角器、玻棒、數位相機。



肆、研究過程及方法

實驗一、寶特瓶傾斜不同角度，比較各角度的流速。

(一)裝置的架設

1.將 870mL 的寶特瓶以膠帶固定在長方形木板上。



2.利用量角器每隔 10 度於牆壁上劃上記號。



3.木板一邊掛於掛勾上，傾斜各個角度進行實驗。



4.漏斗置於量筒上，並緊貼量筒壁，實驗時再以玻棒協助水流能更順著量筒壁流下。



(二)實驗步驟

- 1.將寶特瓶裝滿水，並滴入 1~2 滴黑色墨水，方便觀察。
- 2.木板傾斜各角度(90 度、80 度、70 度、60 度、50 度、40 度、30 度、20 度、10 度)進行實驗。
- 3.以數位相機攝影量筒內水量變化。
- 4.以電腦播放數據影片，每 0.2 秒記錄一次。
- 5.作時間與體積關係圖，分析數據與討論。



實驗二、探討寶特瓶上下振動對流速的影響。

(一)實驗步驟

- 1.徒手輕握寶特瓶，置於量筒上方。
- 2.打開瓶蓋後上下振動，並以數位相機攝影量筒內水量變化。
- 3.進行緩慢上下振動與快速振動兩組實驗，分析數據與討論。
- 4.將步驟 3 得到的數據作圖，探討兩組實驗的流速曲線差異。

實驗三、探討轉動寶特瓶對流速的影響。

(一)裝置的架設

- 1.將寶特瓶牢固於電風扇的軸心上。



(二)實驗步驟

- 1.將電風扇置於量筒上方，使寶特瓶垂直往下。
- 2.啓動電風扇使寶特瓶轉動。
- 3.打開瓶蓋，並以數位相機攝影量筒內的水量變化。
- 4.作時間與體積關係圖，分析數據與討論。

實驗四、於瓶後戳洞，探討空氣從瓶後進入是否能加快流速。

(一)裝置的架設

- 1.用線香在寶特瓶後戳洞。



(二)實驗步驟

- 1.先將瓶後洞口以膠帶塞住。
- 2.木板傾斜各角度(90 度、80 度、70 度、60 度、50 度、40 度、30 度、20 度、10 度)進行實驗。
- 3.拔開寶特瓶背後膠帶，使外界空氣能經由小洞進入瓶內。
- 4.打開瓶蓋後以數位相機攝影量筒內水量變化。
- 5.作時間與體積關係圖，分析數據與討論。

伍、研究結果

實驗一、寶特瓶傾斜不同角度，比較各角度的流速。

(一)實驗數據

90 度(垂直)數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	10
0.4	20
0.6	45
0.8	50
1	65
1.2	80
1.4	95
1.6	120
1.8	138
2	151
2.2	181
2.4	192
2.6	208
2.8	228
3	240
3.2	250
3.4	263
3.6	270
3.8	280
4	290
4.2	300
4.4	318
4.6	330
4.8	349
5	360
5.2	375
5.4	385
5.6	395
5.8	410
6	430

80 度數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	10
0.4	20
0.6	30
0.8	50
1	60
1.2	100
1.4	128
1.6	140
1.8	151
2	179
2.2	189
2.4	210
2.6	225
2.8	247
3	270
3.2	289
3.4	310
3.6	335
3.8	350
4	358
4.2	362
4.4	370
4.6	392
4.8	429
5	450
5.2	458
5.4	465
5.6	481
5.8	500
6	517

6.2	522
6.4	541
6.6	569
6.8	598
7	602
7.2	613
7.4	618
7.6	640
7.8	660
8	668
8.2	685
8.4	701
8.6	717
8.8	730
9	748
9.2	770
9.4	780
9.6	810
9.8	818
10	840
10.2	855
10.4	860

70 度數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	12
0.4	28
0.6	45
0.8	65
1	90
1.2	113
1.4	128
1.6	142
1.8	163
2	188
2.2	201
2.4	225
2.6	241
2.8	261
3	280
3.2	300
3.4	320
3.6	340
3.8	356
4	370
4.2	398
4.4	418
4.6	430
4.8	440
5	460
5.2	472
5.4	498
5.6	517
5.8	536
6	549

60 度數據

6.2	570
6.4	589
6.6	602
6.8	620
7	638
7.2	658
7.4	673
7.6	690
7.8	710
8	723
8.2	741
8.4	751
8.6	770
8.8	781
9	800
9.2	813
9.4	831
9.6	849
9.8	851
10	860

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	10
0.4	22
0.6	41
0.8	70
1	98
1.2	110
1.4	131
1.6	142
1.8	161
2	178
2.2	207
2.4	220
2.6	243
2.8	268
3	287
3.2	307
3.4	331
3.6	350
3.8	371
4	390
4.2	410
4.4	430
4.6	450
4.8	465
5	490
5.2	505
5.4	520
5.6	540
5.8	551
6	568

6.2	587
6.4	600
6.6	620
6.8	637
7	650
7.2	662
7.4	687
7.6	702
7.8	715
8	730
8.2	749
8.4	761
8.6	780
8.8	800
9	817
9.2	832
9.4	840
9.6	850
9.8	860

50 度數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	11
0.4	18
0.6	38
0.8	60
1	80
1.2	107
1.4	120
1.6	135
1.8	160
2	182
2.2	200
2.4	220
2.6	238
2.8	260
3	270
3.2	290
3.4	308
3.6	330
3.8	347
4	364
4.2	380
4.4	390
4.6	410
4.8	430
5	441
5.2	460
5.4	480
5.6	499
5.8	511
6	530

40 度數據

6.2	547
6.4	562
6.6	580
6.8	601
7	622
7.2	640
7.4	650
7.6	660
7.8	680
8	696
8.2	710
8.4	722
8.6	738
8.8	747
9	760
9.2	779
9.4	790
9.6	806
9.8	828
10	848
10.2	860

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	8
0.4	17
0.6	28
0.8	40
1	60
1.2	85
1.4	100
1.6	130
1.8	141
2	160
2.2	178
2.4	200
2.6	218
2.8	231
3	250
3.2	270
3.4	290
3.6	310
3.8	330
4	340
4.2	361
4.4	380
4.6	400
4.8	412
5	428
5.2	443
5.4	467
5.6	475
5.8	490
6	510

6.2	528
6.4	541
6.6	560
6.8	570
7	588
7.2	603
7.4	620
7.6	634
7.8	650
8	660
8.2	678
8.4	690
8.6	707
8.8	720
9	734
9.2	750
9.4	770
9.6	788
9.8	802
10	820
10.2	838
10.4	848
未流完	

30 度數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	20
0.4	30
0.6	50
0.8	60
1	88
1.2	100
1.4	122
1.6	140
1.8	153
2	178
2.2	191
2.4	210
2.6	223
2.8	242
3	261
3.2	278
3.4	295
3.6	310
3.8	323
4	332
4.2	351
4.4	370
4.6	386
4.8	398
5	410
5.2	430
5.4	448
5.6	468
5.8	480
6	491

6.2	500
6.4	511
6.6	525
6.8	536
7	556
7.2	570
7.4	585
7.6	600
7.8	613
8	630
8.2	648
8.4	663
8.6	680
8.8	697
9	710
9.2	728
9.4	748
9.6	763
9.8	785
10	800
10.2	818
10.4	830
未流完	

20 度數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	8
0.4	19
0.6	30
0.8	43
1	60
1.2	80
1.4	100
1.6	120
1.8	138
2	151
2.2	168
2.4	185
2.6	198
2.8	210
3	225
3.2	237
3.4	246
3.6	255
3.8	268
4	285
4.2	300
4.4	311
4.6	327
4.8	339
5	349
5.2	362
5.4	380
5.6	391
5.8	407
6	417

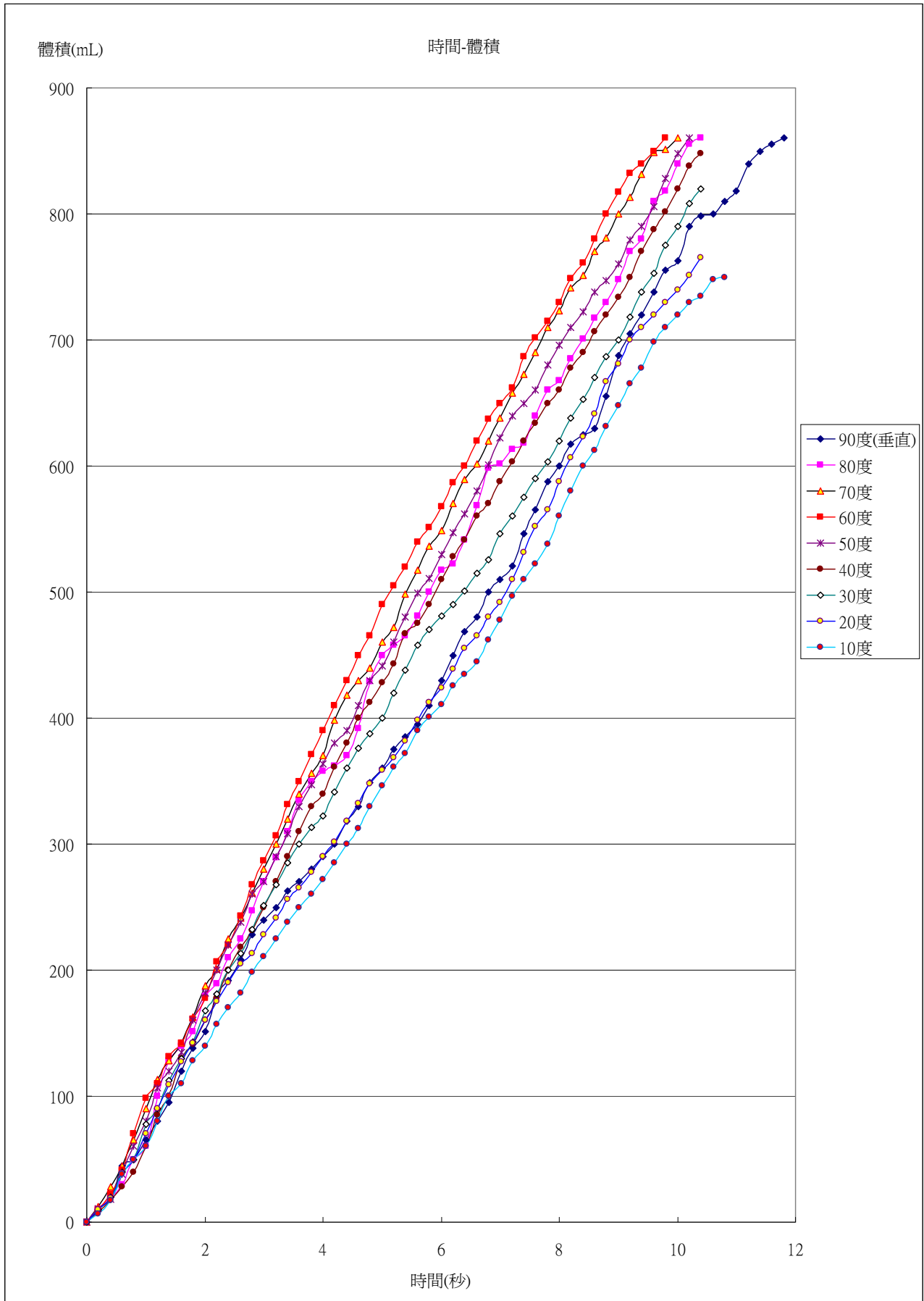
6.2	433
6.4	450
6.6	463
6.8	479
7	490
7.2	510
7.4	527
7.6	540
7.8	558
8	576
8.2	597
8.4	615
8.6	640
8.8	660
9	673
9.2	692
9.4	707
9.6	717
9.8	730
10	740
10.2	751
10.4	765
未流完	

10 度數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	7
0.4	17
0.6	38
0.8	50
1	60
1.2	80
1.4	100
1.6	110
1.8	128
2	140
2.2	157
2.4	170
2.6	182
2.8	198
3	211
3.2	225
3.4	238
3.6	250
3.8	260
4	272
4.2	285
4.4	300
4.6	312
4.8	330
5	346
5.2	361
5.4	372
5.6	390
5.8	401
6	411

6.2	426
6.4	435
6.6	445
6.8	462
7	478
7.2	497
7.4	510
7.6	522
7.8	538
8	560
8.2	580
8.4	600
8.6	612
8.8	631
9	648
9.2	665
9.4	678
9.6	698
9.8	710
10	720
10.2	730
10.4	735
10.6	748
10.8	750
未流完	

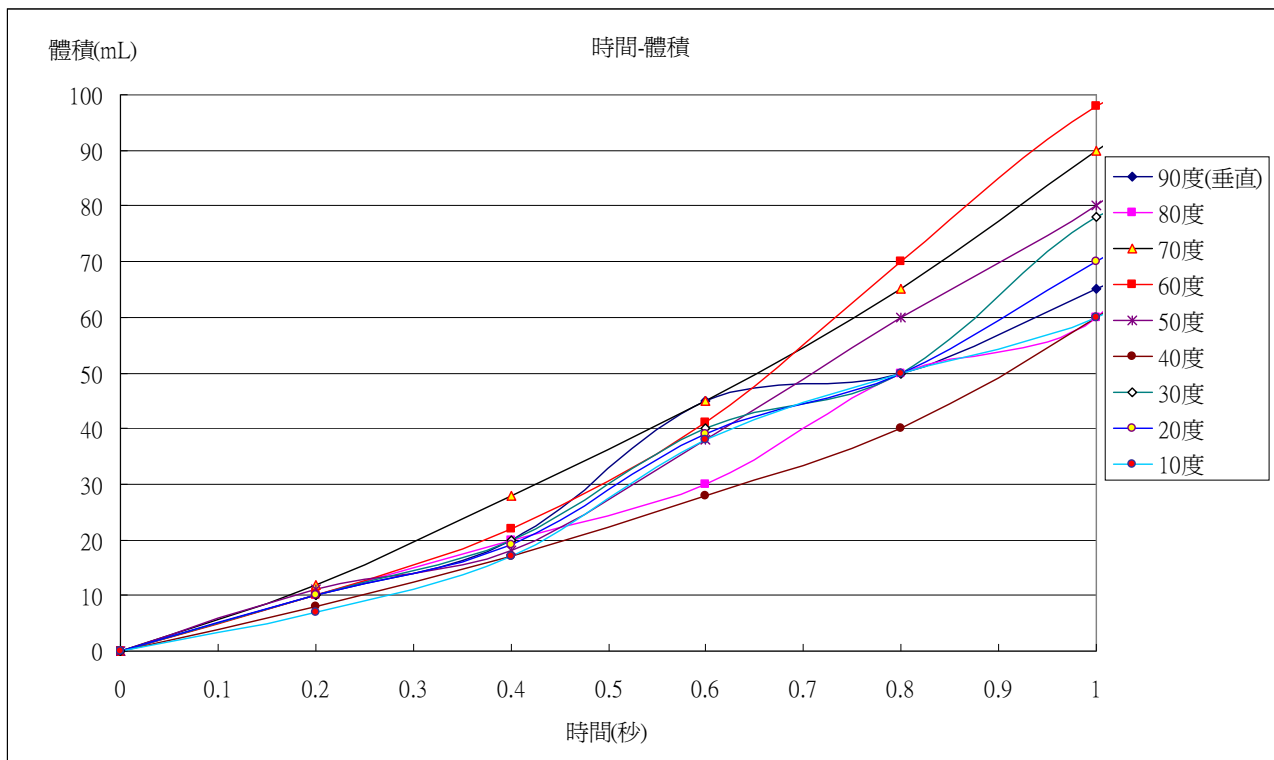
(二)量筒內水量隨時間變化曲線 (時間-體積關係圖)。



圖(一)

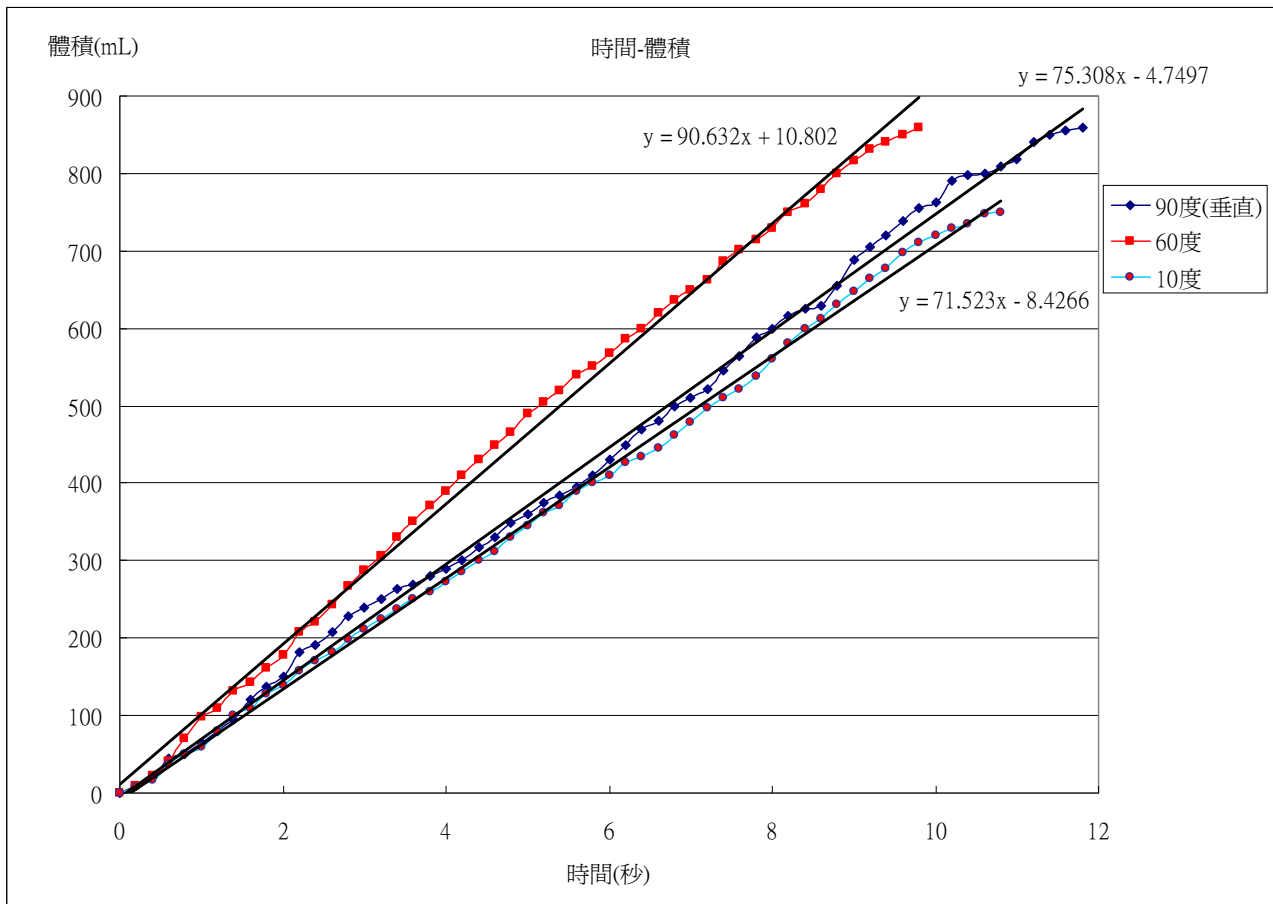
(三)數據分析

- 1.實驗一開始必須先打開寶特瓶瓶蓋，但在打開瓶蓋的過程中會有水流出，此部分水的體積變化並不能代表實際想要測量的水流速率，故我們估計約 10mL 水量不列入數據紀錄表內，從 10mL 之後開始計時測量。
- 2.由數據表可知在 40 度之後，因寶特瓶傾斜角度的關係，使瓶內的水無法完全流完。
- 3.圖(二)中可以發現各曲線一開始是接近重疊的，也就是說一開始的流速是很接近的，之後在短時間內開始有了快慢差距，明顯可見 60 度及 70 度速率爬升較快。
- 4.各角度流速在一開始較接近的原因，可能是空氣起初進入的量並不多，造成流速並無太大差距，雖差距不大，但仍可看出流速已漸漸有了快慢順序。
- 5.寶特瓶傾斜角度的不同，可能會影響空氣進入瓶內的難易，也進而影響了水流出來的速率；傾斜角度另外也影響到水往瓶口擠壓的力量，若角度愈接近水平，水往瓶口擠壓的力量也會變弱。



圖(二)

6.分析各角度流速曲線，選擇 60 度、90 度、10 度加上趨勢線，可看到斜率分別為 90.632、75.308、71.523。斜率代表流速，即最快的流速約每秒流出 90.1 毫升水量；而最慢的流速大約每秒流出 71.5 毫升水量。



圖(三)

7.實驗(一)可知傾斜角 60 度、70 度時的流速較快，而 90 度、20 度、10 度相對較慢，我們討論影響流速可能的原因如下：

- (1)瓶身垂直不利於空氣的進入，故 90 度垂直雖可使整體水重往瓶口處擠壓，但水流出時卻易受空氣阻礙而使流速較慢。瓶身傾斜至 80 度之後發現流速變快，原因可能與空氣較易進入瓶內有關。
- (2)瓶身愈接近水平，空氣就愈容易進入瓶內，但我們發現傾斜角度 50 度、40 度、30 度，其流速卻愈來愈慢，可知空氣容不容易進入瓶內，只是影響流速的其中一個原因而已，事實上，角度愈來愈水平，瓶內的水往出口方向擠壓的力量也會愈小，故影響流速的原因必須同時考慮這兩項因素。
- (3)60 度、70 度流速較快，應該是空氣進入的難易與水往出口擠壓的力量兩項因素達到的最佳狀況。換句話說，瓶身愈平雖有利空氣進入，但水往出口的方向擠壓力量卻減小；瓶身愈接近垂直，水往瓶口擠壓的力量愈大，但空氣卻較難進入瓶內。70 度與 60 度便是這兩項因素影響之下，所能得到較快流速的傾斜角。
- (4)傾斜角度 20 度、10 度時，因瓶內的水重大部分壓在瓶壁，往出口處擠壓的力量較小，所以流速較慢。

實驗二、探討寶特瓶上下振動對流速的影響。

(一)實驗數據

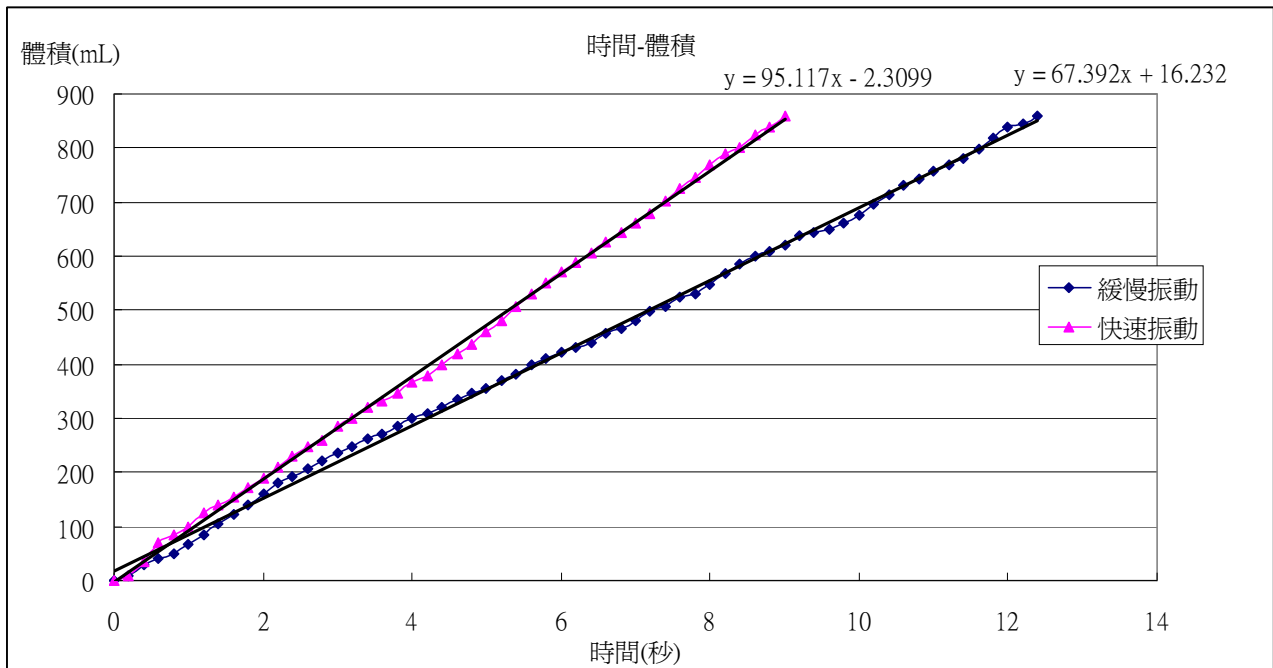
緩慢上下振動

時間(秒)	體積(mL)		
0	0	6.2	432
0.2	10	6.4	440
0.4	28	6.6	458
0.6	40	6.8	467
0.8	50	7	480
1	68	7.2	498
1.2	85	7.4	506
1.4	105	7.6	525
1.6	122	7.8	530
1.8	140	8	548
2	160	8.2	567
2.2	180	8.4	585
2.4	192	8.6	600
2.6	208	8.8	610
2.8	220	9	620
3	236	9.2	638
3.2	248	9.4	643
3.4	262	9.6	650
3.6	271	9.8	660
3.8	285	10	675
4	300	10.2	696
4.2	310	10.4	715
4.4	320	10.6	730
4.6	336	10.8	743
4.8	347	11	758
5	355	11.2	768
5.2	370	11.4	782
5.4	381	11.6	798
5.6	400	11.8	818
5.8	410	12	840
6	422	12.2	845
		12.4	860

快速上下振動

時間(秒)	體積(mL)		
0	0	6.2	587
0.2	10	6.4	607
0.4	35	6.6	626
0.6	70	6.8	645
0.8	85	7	661
1	100	7.2	680
1.2	125	7.4	703
1.4	140	7.6	725
1.6	155	7.8	745
1.8	173	8	770
2	190	8.2	788
2.2	211	8.4	802
2.4	230	8.6	825
2.6	247	8.8	840
2.8	260	9	860
3	285		
3.2	300		
3.4	320		
3.6	331		
3.8	347		
4	368		
4.2	380		
4.4	400		
4.6	420		
4.8	438		
5	460		
5.2	480		
5.4	508		
5.6	530		
5.8	550		
6	571		

(二)量筒內水量隨時間變化曲線 (時間-體積關係圖)。



圖(四)

(三)數據分析

- 1.實驗是由徒手握住寶特瓶，且盡量維持一定頻率的方式上下振動。我們選擇快與慢兩種不同的頻率來做實驗，純粹想知道振動的快與慢對流速是否有影響。
- 2.由圖(四)兩曲線的斜率可看出流速的快慢，顯然快速振動流速較快。
- 3.由曲線斜率可知，此次實驗快速振動的流速約可達每秒 95 毫升，而緩慢振動流速約每秒 67 毫升。我們發現快速振動是可以比實驗(一)中 90 度垂直的流速快，而緩慢振動甚至比不振動的情形還慢。
- 4.同樣是振動，緩慢振動與快速振動流速不同，我們討論影響流速的可能原因:
 - (1)實驗發現快速振動時瓶口處較有機會出現空隙使空氣容易進入瓶內，進而使瓶內的水能更順暢流出，緩慢振動則較難有空隙。
 - (2)快速振動因振動速率較快、頻率較大，使瓶內的水往瓶口擠壓的力量較強；而緩慢振動在每次振動時，瓶子受到往上施力抬升的時間較長，有減緩流速的效果。

實驗三、探討轉動寶特瓶對流速的影響。

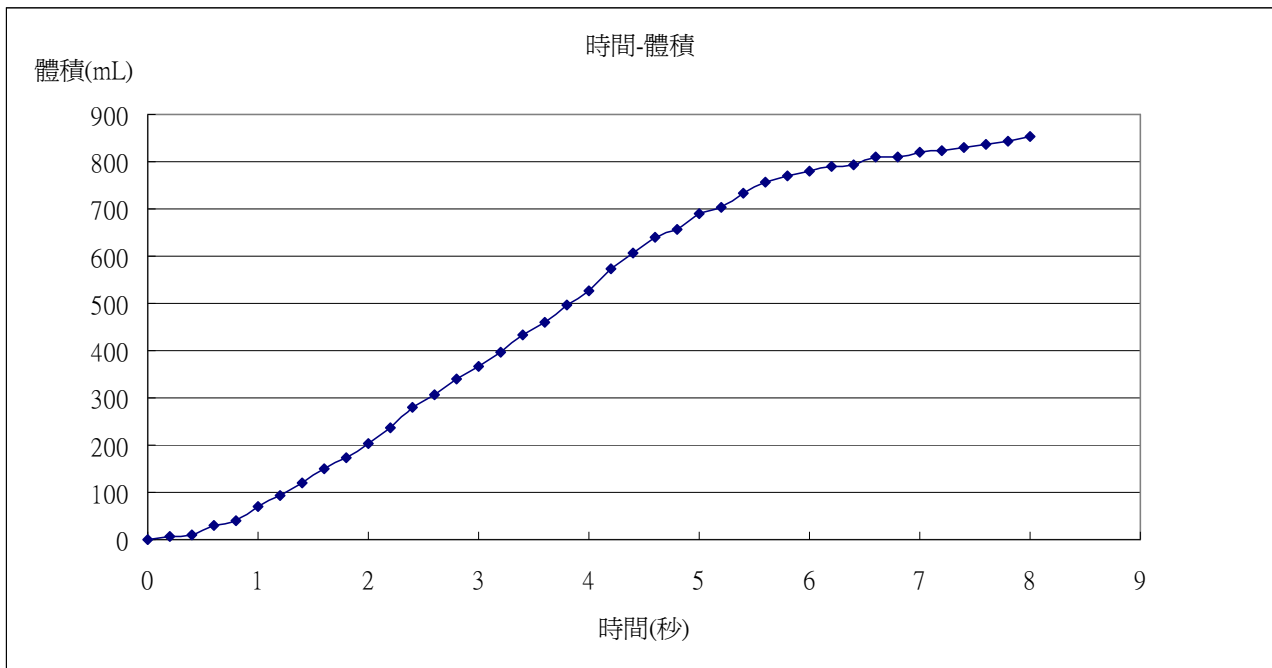
(一)實驗數據

轉動數據

時間(秒)	體積(mL)
0	0
0.2	6
0.4	11
0.6	30
0.8	40
1	70
1.2	95
1.4	120
1.6	150
1.8	173
2	203
2.2	238
2.4	280
2.6	308
2.8	340
3	368
3.2	397
3.4	432
3.6	460
3.8	497
4	528
4.2	573
4.4	607
4.6	640
4.8	658
5	690
5.2	705
5.4	733
5.6	758
5.8	770
6	780

6.2	790
6.4	795
6.6	810
6.8	811
7	820
7.2	825
7.4	830
7.6	838
7.8	845
8	852

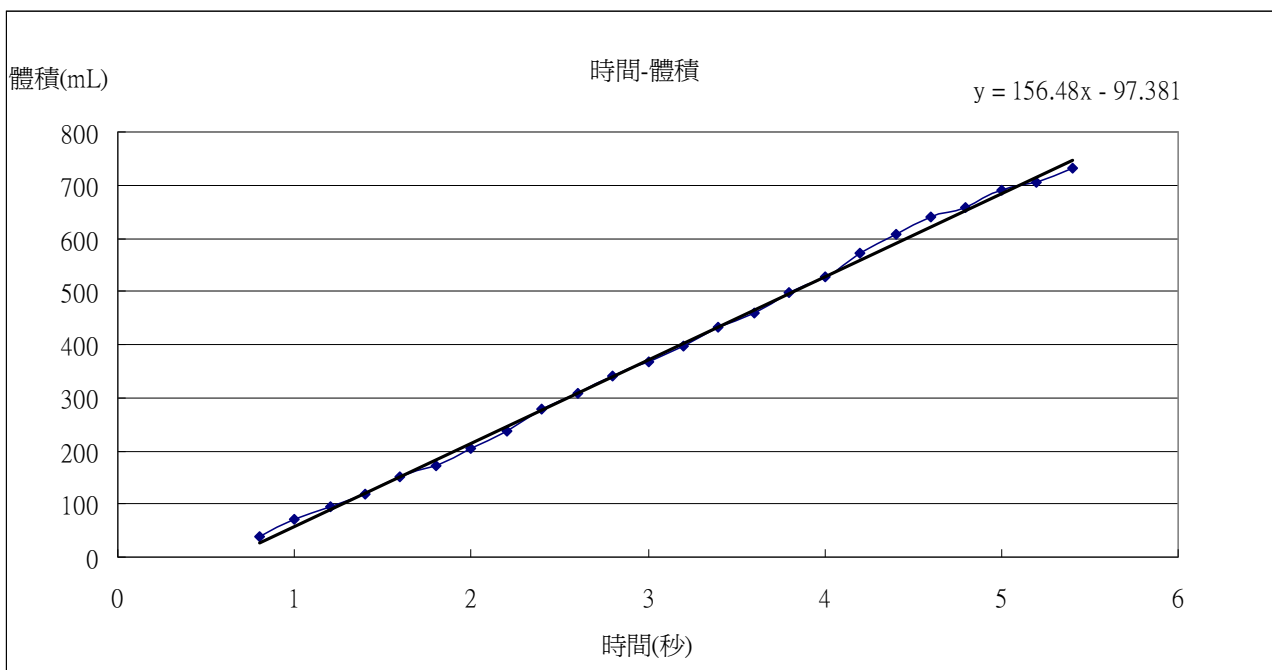
(二)量筒內水量隨時間變化曲線 (時間-體積關係圖)。



(三)數據分析

圖(五)

- 1.我們利用電風扇來轉動寶特瓶，起初轉速較慢，曲線平緩，中段流速較快，而末段因水量較少，轉動使水不易流出，流速較慢。
- 2.取流速較快的中段來討論，如圖(六)。從 0.8 秒到 5.4 秒的曲線中，發現流速可達每秒 156 毫升的速率，遠遠大於實驗(一)中所測到的最大流速。
- 3.轉動時有較快流速的原因可能與產生漩渦有關。漩渦的產生會使水流沿著瓶口壁甩出，空氣也較易從中間進入瓶內，使水流的流出與空氣的進入更加順暢，流速也因此變快。



圖(六)

實驗四、於瓶後戳洞，探討空氣從瓶後進入是否能加快流速。

(一)實驗數據

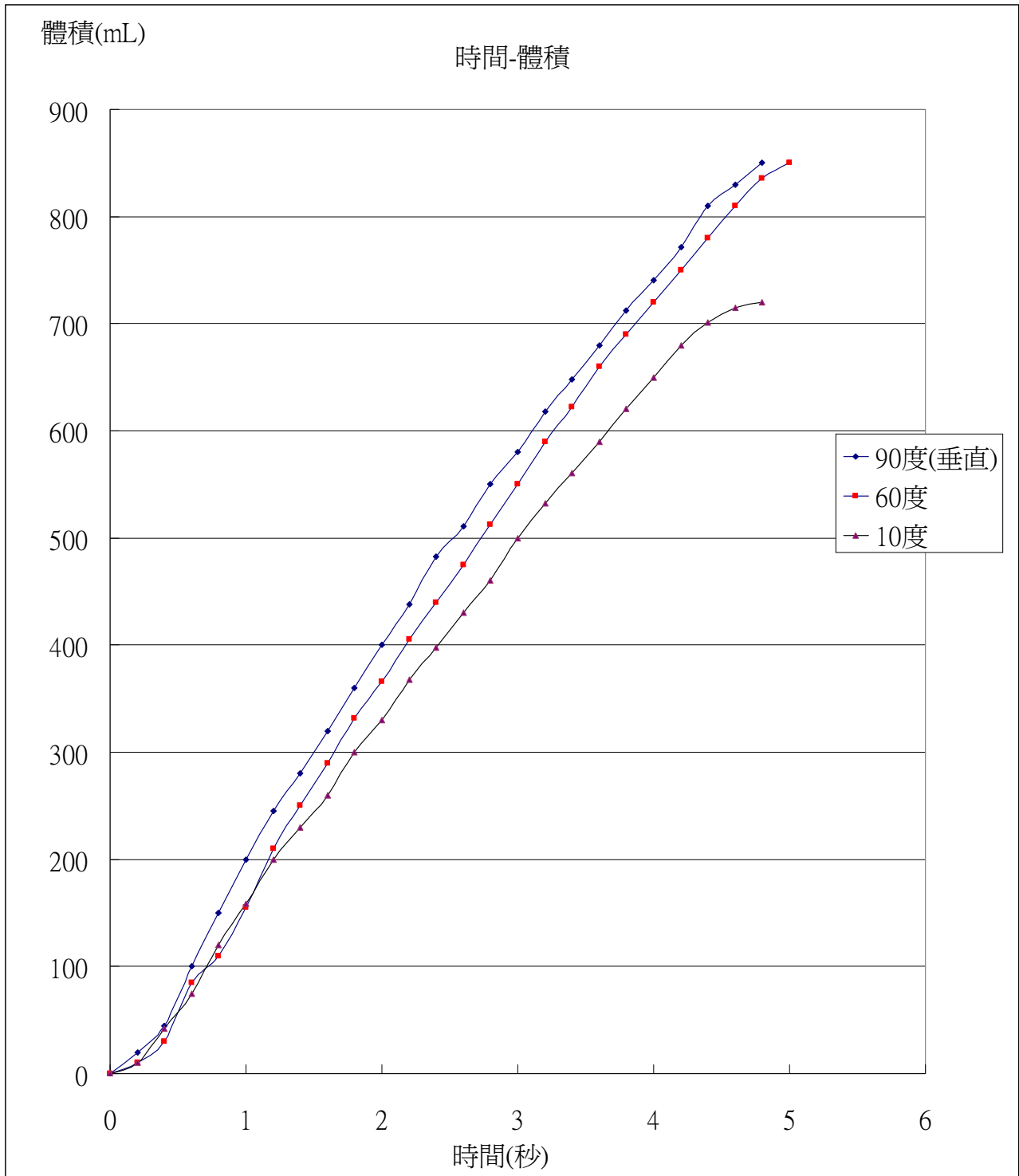
90 度(垂直)		80 度		70 度		60 度	
時間	體積	時間	體積	時間	體積	時間	體積
0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	20	0.2	20	0.2	18	0.2	10
0.4	45	0.4	40	0.4	40	0.4	30
0.6	100	0.6	70	0.6	68	0.6	85
0.8	150	0.8	130	0.8	120	0.8	110
1	200	1	180	1	170	1	155
1.2	245	1.2	220	1.2	210	1.2	210
1.4	280	1.4	270	1.4	260	1.4	250
1.6	320	1.6	320	1.6	310	1.6	290
1.8	360	1.8	360	1.8	340	1.8	332
2	400	2	390	2	388	2	366
2.2	438	2.2	428	2.2	425	2.2	405
2.4	483	2.4	465	2.4	463	2.4	440
2.6	511	2.6	500	2.6	500	2.6	475
2.8	550	2.8	543	2.8	538	2.8	513
3	580	3	580	3	570	3	550
3.2	618	3.2	610	3.2	600	3.2	590
3.4	648	3.4	642	3.4	630	3.4	622
3.6	680	3.6	680	3.6	660	3.6	660
3.8	712	3.8	715	3.8	698	3.8	690
4	741	4	740	4	720	4	720
4.2	771	4.2	770	4.2	750	4.2	750
4.4	810	4.4	800	4.4	789	4.4	780
4.6	830	4.6	825	4.6	810	4.6	810
4.8	850	4.8	850	4.8	830	4.8	836
						5	850

50 度		40 度		30 度		20 度	
時間	體積	時間	體積	時間	體積	時間	體積
0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	15	0.2	12	0.2	18	0.2	10
0.4	40	0.4	38	0.4	40	0.4	40
0.6	70	0.6	71	0.6	83	0.6	82
0.8	110	0.8	118	0.8	125	0.8	120
1	160	1	150	1	170	1	160
1.2	195	1.2	200	1.2	210	1.2	198
1.4	255	1.4	240	1.4	250	1.4	241
1.6	290	1.6	286	1.6	290	1.6	280
1.8	325	1.8	328	1.8	338	1.8	317
2	362	2	360	2	375	2	348
2.2	400	2.2	400	2.2	417	2.2	390
2.4	430	2.4	436	2.4	450	2.4	422
2.6	470	2.6	467	2.6	485	2.6	460
2.8	505	2.8	500	2.8	520	2.8	498
3	537	3	540	3	558	3	532
3.2	572	3.2	570	3.2	589	3.2	570
3.4	598	3.4	600	3.4	620	3.4	600
3.6	638	3.6	630	3.6	652	3.6	630
3.8	678	3.8	660	3.8	685	3.8	660
4	700	4	690	4	713	4	690
4.2	730	4.2	728	4.2	746	4.2	720
4.4	760	4.4	751	4.4	780	4.4	748
4.6	785	4.6	780	4.6	808	4.6	773
4.8	810	4.8	810	4.8	830	4.8	800
5	830	5	840	5	840		
5.2	850	5.2	850	未流完		未流完	

10 度

時間	體積
0	0
0.2	10
0.4	42
0.6	75
0.8	120
1	159
1.2	200
1.4	230
1.6	260
1.8	300
2	330
2.2	368
2.4	398
2.6	430
2.8	460
3	500
3.2	532
3.4	561
3.6	590
3.8	621
4	650
4.2	680
4.4	701
4.6	715
4.8	720

(二)量筒內水量隨時間變化曲線 (時間-體積關係圖)。



圖(七)

(三)數據分析

- 1.從數據表發現，戳洞之後各角度將水流完的時間很接近，差不多是五秒，與實驗(一)所測量到的時間相比，約只需其一半時間便可將瓶內的水流完，可知戳洞後平均速率大大提升。
- 2.圖(七)只繪出 90 度、60 度、10 度的曲線，可看出愈接近水平的角度，流速有愈慢的趨勢。
- 3.我們試著推理角度愈接近水平，流速會愈慢的原因:
 - (1)瓶身愈接近水平，瓶壁則支撐更大的水重，而水往瓶口處擠壓的力量較弱。
 - (2)空氣進入瓶內的難易與傾斜角度應無相關，空氣可從瓶後進入，故此因素可不考慮。
- 4.空氣進入的難易在此實驗中已不是決定流速的因素，空氣可由瓶後的洞口進入瓶內，使瓶口處受到空氣阻礙的程度大大減小，流速相較於不戳洞時增快許多。
- 5.由圖(七)曲線發現，一開始各角度流速較慢，但很快會進入到流速較快的階段。從數據表格分析流量變化，我們將 90 度的流速與 60 度的流速都區分出不同的三個階段，10 度的流速較難看出階段性變化。
- 6.計算 90 度、60 度各階段的平均流速:

(1)90 度

時間	0 秒~0.4 秒	0.4 秒~1.2 秒	1.2 秒~4.8 秒
平均速率	112.5 毫升/秒	250 毫升/秒	168.1 毫升/秒

(2)60 度

時間	0 秒~0.4 秒	0.4 秒~1.8 秒	1.8 秒~5.0 秒
平均速率	75 毫升/秒	215.7 毫升/秒	161.9 毫升/秒

- 7.由上表發現，90 度與 60 度的流速有階段性變化:
 - (1)起初流速較慢，在 0.4 秒內 90 度與 60 度的平均流速為 112.5 毫升/秒、75 毫升/秒。
 - (2)第二階段流速明顯比第一階段流速高，表中 90 度的流速在此階段可達 250 毫升/秒，60 度流速為 215.7 毫升/秒。
 - (3)第三階段時間較長，流速減慢趨於穩定，90 度與 60 度在此階段流速分別為 168.1 毫升/秒、161.9 毫升/秒，流速相差較小。

陸、討論

一、改變寶特瓶傾斜角度的裝置，是利用掛勾及木板，製造可以繞支點轉動的槓桿。膠帶將寶特瓶緊緊固定於木板上，調整木板角度便可同時決定寶特瓶傾斜的角度。

(一)調整角度:選擇每 10 度為一單位。

(二)角度約 40 度，水就已經無法完全流光，但我們仍作時間與體積的關係圖，來觀察過程中的流速快慢。

二、為避免水流入量筒時濺起太大水花而影響觀察，我們採用以下措施:

(一)將漏斗架設於量筒上，並稍微傾斜，使漏斗出口緊靠量筒壁，讓水沿著筒壁流下。

(二)因上述效果仍然有限，為使水流更為平順，我們再加上玻棒，讓水流沿著玻棒流下。



三、寶特瓶及量筒的選擇:

(一)使用容量為 1000 毫升，最小刻度 10 毫升的量筒及容量為 870 毫升的寶特瓶來進行實驗。

(二)將寶特瓶裝置於電風扇轉軸時，若使用較大容量的寶特瓶，轉動效果不佳，可能是重量過重，轉動時並不順暢，故選擇容量較適合的寶特瓶進行實驗。

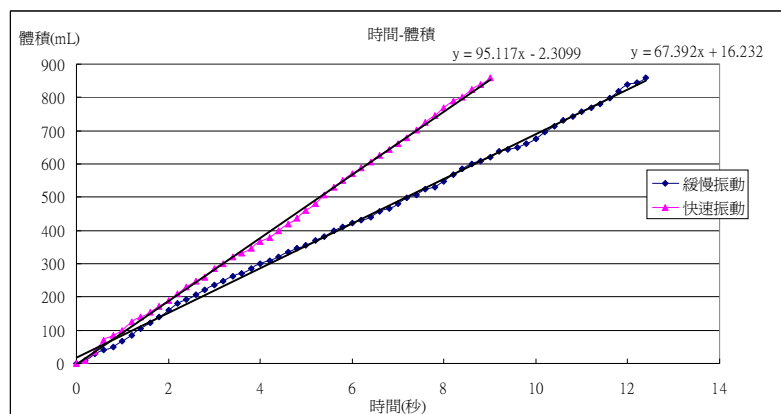
四、寶特瓶上下振動:

(一)上下振動難有特殊儀器可以控制振動頻率，但我們很想知道振動是否會對流速造成影響，故仍設計快與慢兩種不同頻率的振動方式，探討快與慢的振動對流速的影響。

(二)快與慢的振動頻率不能太接近，否則可能無法看出明顯的差別。

(三)我們以徒手握住寶特瓶垂直振動，振動過程中盡量維持相同頻率。

(四)實驗結果發現，水流完的時間有明顯差別，緩慢振動為 12.4 秒，快速振動為 9 秒；圖(八)中的曲線斜率可看出快速振動的過程流速較快。



圖(八)

五、轉動寶特瓶:

- (一)轉動寶特瓶的方式:我們一開始嘗試用童軍繩綁住寶特瓶，再扭轉童軍繩後鬆開，雖可產生轉動效果，但效果不佳，轉速太慢，難以讓寶特瓶原地轉動而不晃動，形成瓶內的漩渦也不明顯，實驗結果與不轉動時相差甚小，故我們改用能平順轉動寶特瓶的電風扇，相信才能有明顯的流速改變。
- (二)將寶特瓶裝置於電風扇上，須經多次測試、置中，寶特瓶無太大晃動後才進行實驗。
- (三)因考量電風扇要傾斜各角度並不容易，且傾斜後電風扇承受寶特瓶整體重量的分佈不均，無法平順轉動，故並無對各角度進行流速測量，只進行 90 度垂直角度的流速測量。
- (四)實驗結果:比較 90 度角(垂直)，不轉動與轉動的流速差異。

1.比較不轉動與轉動，水流光的時間：轉動時將瓶內的水流光需較少的時間。

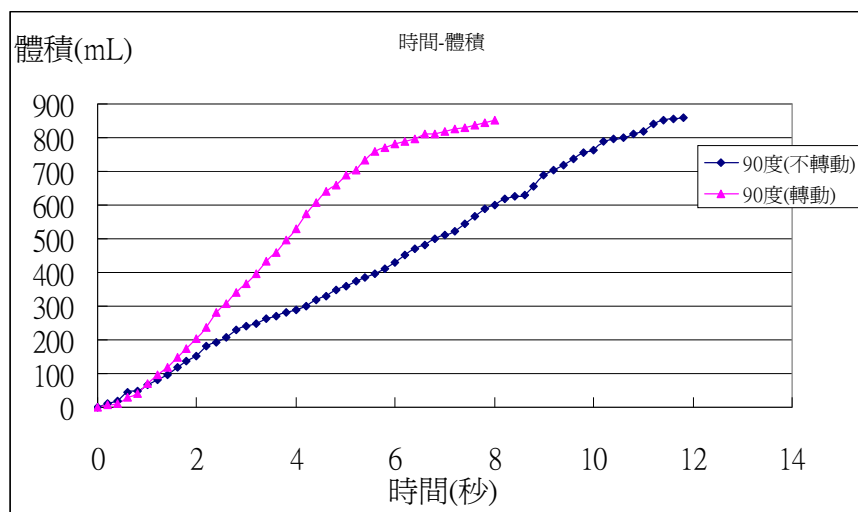
不轉動時水流光的時間	轉動時水流光的時間
11.8 秒	8 秒

2.比較不轉動與轉動的流速關係，如表(一)、圖(九)。

- (1)數據比較後發現，從 0 秒到 1.2 秒兩者數據接近，可能是因電風扇轉動才起步不久還未達高速，瓶內漩渦不明顯，故此段時間的流速接近。

90 度不轉動 表(一) 90 度轉動

時間(秒)	體積(mL)	時間(秒)	體積(mL)
0	0	0	0
0.2	10	0.2	6
0.4	20	0.4	11
0.6	45	0.6	30
0.8	50	0.8	40
1	65	1	70
1.2	80	1.2	95
1.4	95	1.4	120
1.6	120	1.6	150



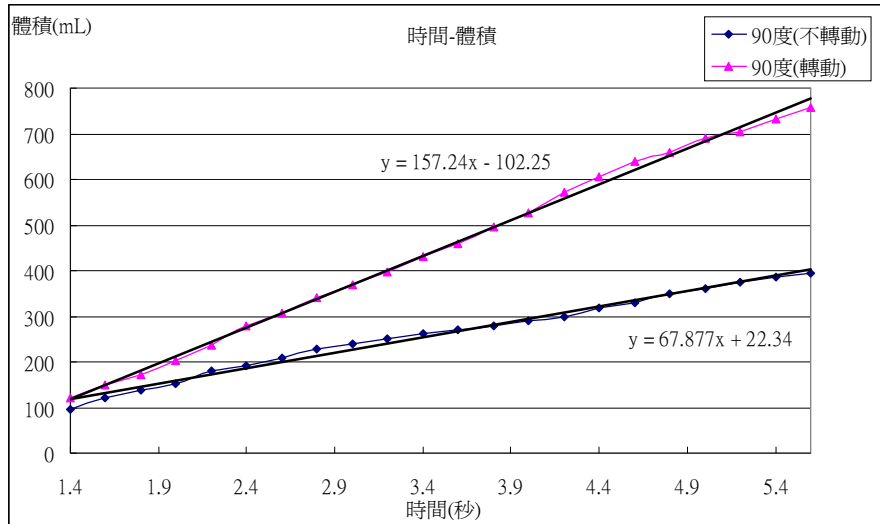
圖(九)

(2)轉動的流速曲線在 5.6 秒之後趨於平緩，推斷原因是水量較少、重量較小，再加上轉動的離心力，使水不易往下流出，所以流速較慢。

3.比較 1.4 秒到 5.6 秒區段的時間與體積關係圖，如圖(十)。

(1)此區段轉動的流速最快，曲線斜率最大。比較兩曲線在此段時間的斜率關係，可了解轉動時的流速與不轉動時的最大差距。

(2)由圖(十)兩曲線的斜率比較可知，轉動的流速可使水流達最高流速約 157 毫升/秒，而不轉動流速約 68 毫升/秒，兩者流速有顯著差異。



圖(十)

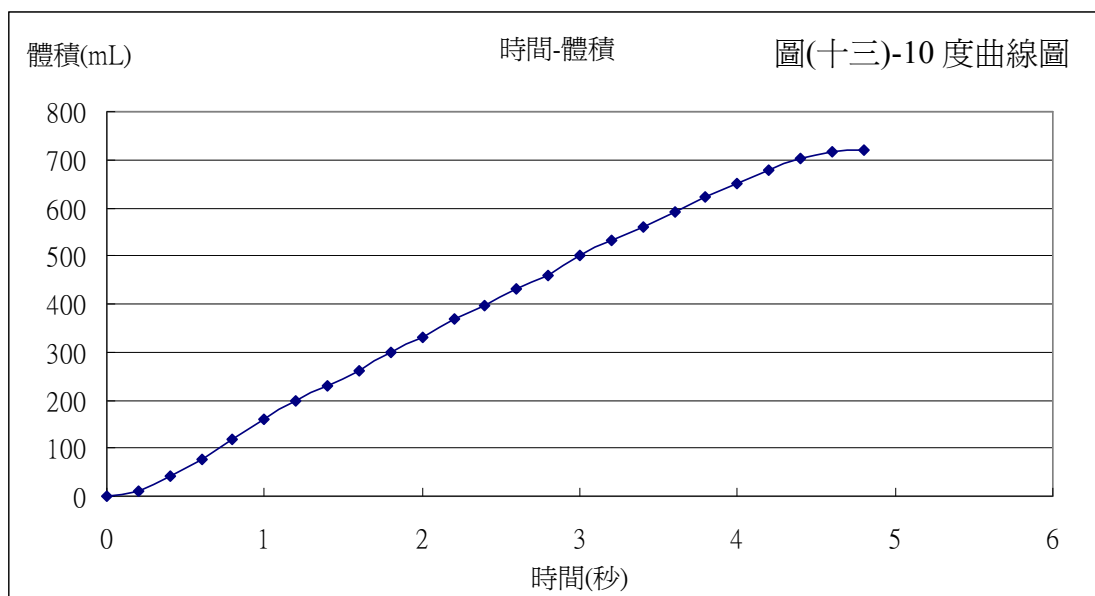
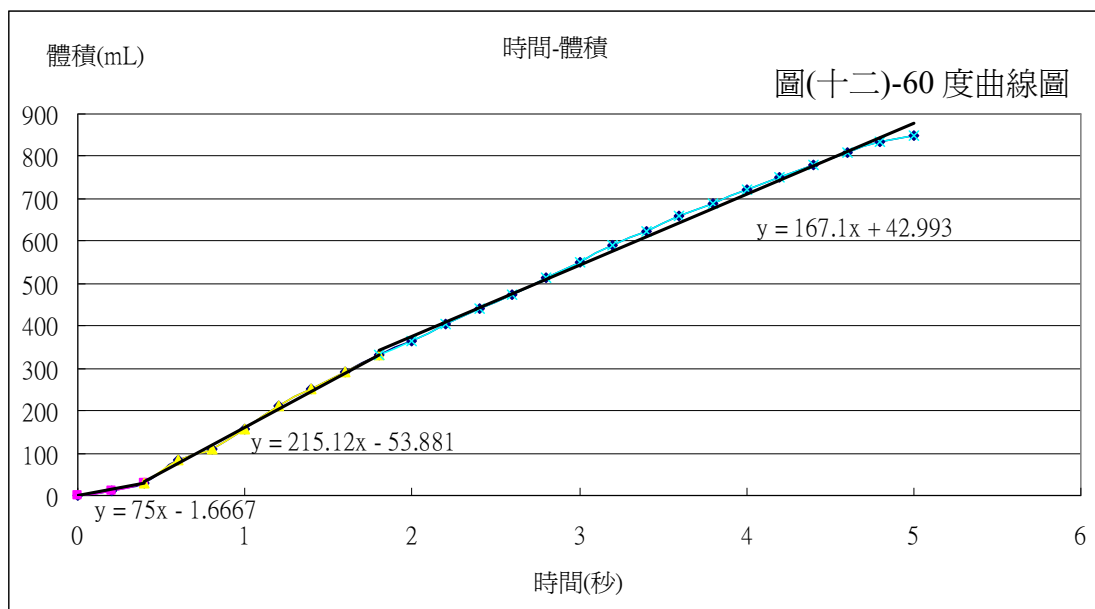
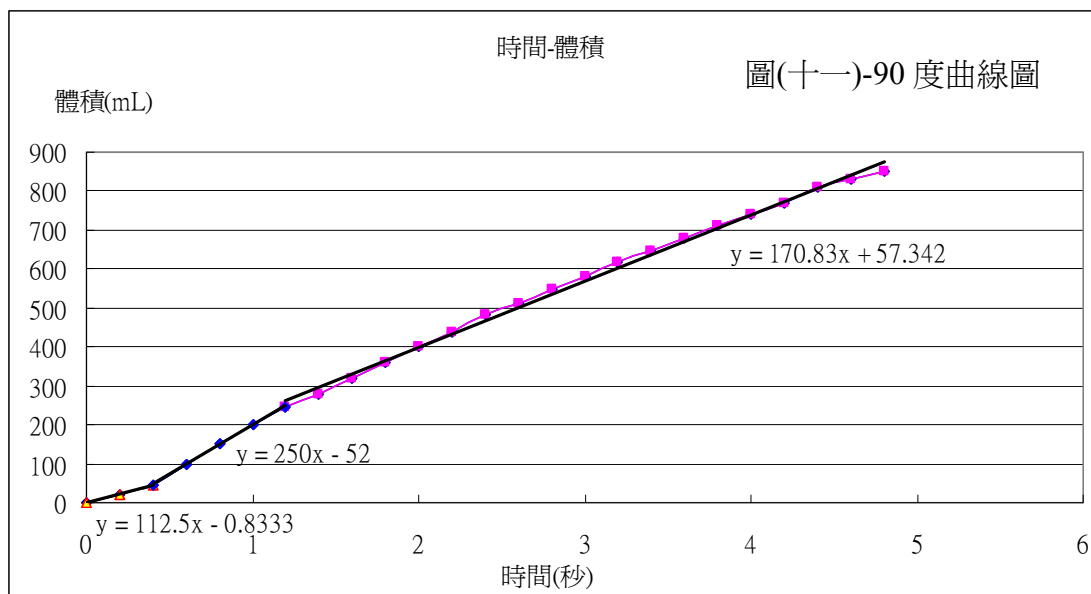
六、瓶後戳洞實驗：流速相較於未戳洞有明顯提升。空氣可以從瓶後進入時，出口處水流受到空氣的阻礙便減少，水的流出才較為順暢。

1.比較戳洞時各傾斜角度的流速快慢，發現流速差距並不大，但傾斜角度愈接近水平流速有愈慢的趨勢。

2.仔細觀察流速曲線，如圖(七)，發現流速不只一種型態(mode)。第一型態為起步階段，流速較慢；第二型態為變速階段，流速變快；第三型態為穩定階段，流速轉慢然後平緩穩定。

(1)90 度曲線圖(圖十一)中，第一階段流速較慢(斜率 112.5)，第二階段流速變快(斜率 250)，第三階段達到穩定流速(斜率 170.83)。60 度曲線圖(圖十二)中，第一階段斜率 75，第二階段斜率 215，第三階段 167.1。10 度曲線圖(圖十三)，無明顯流速變化。

(2)各傾斜角度約略都可看出此種流速變化過程，但傾斜角度接近水平，便較無明顯變化。



柒、結論

一、實驗:使瓶內的水在不同傾斜角度下倒出，比較各角度的流速。

- (一)我們在進行實驗前先推測實驗結果:寶特瓶 90 度垂直將水倒出，可能不會有最快的流速，或許傾斜某個角度才能有較快的流速，且過了此傾斜角度之後，愈接近水平流速將愈慢。
- (二)實驗完成之後，我們從曲線圖中也確實看到，傾斜角度在 70 度與 60 度時有較快的流速，之後的 50 度、40 度、30 度流速有變慢的趨勢，到了 20 度、10 度，流速已比 90 度垂直時還慢。
- (三)曲線圖中發現，各傾斜角度在前一秒鐘流速接近，可能是因為一開始空氣進入的量並不多，對流速尚未造成較大的差異，但之後空氣進入的快慢隨著傾斜角度的不同漸漸顯現出差距。

二、實驗:探討寶特瓶上下振動對流速的影響。

- (一)實驗中發現，快速振動時，瓶口處能製造出較多空隙使空氣進入。
- (二)緩慢振動的曲線圖顯示出較慢的流速，可能是振動時往上的施力過程，減緩了水流往下的速率，且緩慢振動過程中瓶口處不易造成空隙使空氣進入瓶內。
- (三)快速振動的曲線圖顯示出較快的流速，可能是快速振動時，加大水往瓶口擠壓的力量，且在振動過程中，瓶口處易造成空隙使空氣進入瓶內。
- (四)此實驗讓我們知道，振動可能會使流速加快，但也可能會使流速減慢。

三、實驗:探討轉動寶特瓶對流速的影響。

- (一)轉動時能讓寶特瓶內的水產生漩渦。
- (二)實驗結果發現轉動可以大大提升流速，可能與漩渦的產生有關。漩渦的產生能使空氣較易從中心處進到瓶內，且轉動時造成離心力，使水流沿著瓶口壁甩出，如此一來，空氣的進入與水的流出，彼此間阻礙就變小了，水流出也就更加順暢了。

四、實驗:於瓶後戳洞，探討空氣從瓶後進入是否能加快流速。

- (一)寶特瓶傾斜角度愈接近水平流速有愈慢的趨勢。
- (二)推斷此實驗影響流速的主要因素是重力。瓶身 90 度垂直時，整體的水重往瓶口擠壓而有較快的流速，若瓶身傾斜，水重會有部分由瓶壁支撐，往瓶口的力量則較小。
- (三)分析數據及曲線圖後發現，流速並非從一開始就維持等速，而是有階段性的變化，最後會到達穩定流速。

捌、參考文獻

- 一、教育部審定國民中學自然與生活科技第四冊 主編:郭重吉 南一書局 P.147~P.156。
- 二、教育部審定高中物質科學物理篇(下) 主編:林明瑞 南一書局 P.114~P.150。

【評語】 030118

- 1.數據分析有耐性，值得鼓勵！
- 2.實驗方法不夠嚴謹，有待改進！