

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

082809

珠珠大逃亡

學校名稱：屏東縣屏東市中正國民小學

作者： 小六 洪唯中 小六 陳禹彤 小六 賴芊佑	指導老師： 盧欽銘 洪啓元
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：室內緊急疏散

摘要

最近看到媒體報導，住家火災發生時，因為無法逃生，常造成不可彌補的遺憾。我們猜想，若是校園中，一旦發生火警或地震，處於室內的師生，一瞬間湧向出口時，是否會因為出口前擺置的櫃子或桌子阻隔，導致疏散效率不佳，造成更大的傷亡？

我們提出一個簡單的室內模型，看看在出口前，若是設有阻隔物，是否有助於人員的分流，進而提高疏散的效率，或者，出口前的阻隔物，反而會形成疏散時的阻礙，延緩逃生的效率？

實驗發現，出口前若設置單一阻隔物，的確會增加疏散的時間，雖然延緩的時間有限，但對於逃生來說，每一秒鐘都是珍貴的。因此，現實生活中的教室，在出口門前，應該儘量保持淨空，以因應緊急逃生的狀況。

壹、 研究動機

上學期校慶前，校內曾舉辦投票票選吉祥物的活動，因為投票時間只限下課，因此，每節下課，放置投票箱的教室內，都會湧入想要投票的同學，而投票後的同學一窩蜂地擠在同一個門口前，大家都急著想離開，互不相讓的結果，反而讓大家卡在門口，浪費了更多時間。

後來，老師聽到吵雜的聲音，就進到教室內，要求投完票的學生先排成兩列，一次兩個人同時從門口離開，這樣一分流，教室內的同學們很快就疏散了。

這個印象，讓我們想起，老師曾在自然課中提到，有人做過一個研究：一個室內空間中，若在出口前設置一堵牆，在緊急疏散的情況下，這道牆會不會影響室內人員疏散的時間？結合投票後排隊離開教室的方法和這個研究，讓我們想要利用實驗來探究，室內空間的出口前，如果設置一個阻隔物，是否可以達到分流的效果，讓人員的疏散更加快速；還是說，這個阻隔物，反而會拖慢人員疏散的速度呢？

貳、 研究目的

- 一、 找出出口前的阻隔物物是否與疏散時間有關係。
- 二、 確認疏散時間是否與空間中存在的人數有關係。

參、 研究設備及器材

- 一、 碼表(計時)
- 二、 數位游標卡尺
- 三、 紙捲尺
- 四、 筆記本(紀錄資料)
- 五、 玻璃珠(大小直徑稍有不同的玻璃珠 100 顆，用來模擬室內疏散的人員)
- 六、 平台(自製，需要 PP 板、透明壓克力板、熱熔膠)
- 七、 阻隔物(圓形和三角形阻隔物物各一)
- 八、 輝柏隨意貼（綠色黏土）
- 九、 微軟 Excel 軟體

肆、 研究過程或方法

- 一、 實驗設計：
 - (一) 利用大小微有不同的玻璃珠，模擬身材胖瘦不同的學生。
 - (二) 使用四周有邊，底部設置單一出口的平台，模擬擁有單一出口的教室。
 - (三) 我們先測量一般教室的長度約為 9 公尺，門寬 85 公分，門寬約為長度的 0.09 倍，依此比例，我們的平台內部寬度為 58 公分， $58 \times 0.09 = 5.2$ 。因此，將出口寬度設置為 5.2 公分。
 - (四) 因為玻璃珠需要提供動能，以模擬教室內學生的跑動，所以平台需要傾斜擺放。
 - (五) 以圓形和三角形兩種阻隔物置於出口前，探究阻隔物對疏散所造成的影響。
- 二、 變因：

(一) 操縱變因：

1. 玻璃珠的數量 (25、50、75、100 顆)。
2. 阻隔物的種類 (直徑 5.2 公分的圓形和邊長 7 公分的正三角形)。
3. 和距離出口的距離 (8 公分；18 公分；28 公分)。

(二) 應變變因：全部的玻璃珠離開出口所耗用的時間。

(三) 控制變因：平台的傾斜角度固定為 5 度，因為傾斜的角度若太大，玻璃珠會太快掉落，甚至衝出平台的邊框，角度太小，動能又不足以讓玻璃珠順利滾落。

三、 實驗方法：

(一) 先用數位游標卡尺，從一大桶玻璃珠中，篩選出直徑略有不同的玻璃珠共 100 顆 (直徑介於 15.62 公分~16.41 公分之間)。

(二) 傾斜 5 度的平台，單一出口前的設置分為 7 種類型：

1. 出口前無任何阻隔物
2. 距離出口 8 公分處，設置一個圓形阻隔物。
3. 距離出口 18 公分處，設置一個圓形阻隔物。
4. 距離出口 28 公分處，設置一個圓形阻隔物。
5. 距離出口 8 公分處，設置一個三角形阻隔物。
6. 距離出口 18 公分處，設置一個三角形阻隔物。
7. 距離出口 28 公分處，設置一個三角形阻隔物。

(三) 先在實驗桌上，設置好一個傾斜角度 5 度的支架，用來放置平台，以確保平台的傾斜角度每次都是固定為 5 度。

(四) 將所有的玻璃珠移置平台的上方處，先用一個橫向的隔板擋住玻璃珠，等待計時的同學發令，在移開隔板的同時，按下碼表計時，等玻璃珠全部離開出口後，立即按下碼表停止計時。

(五) 根據玻璃珠數量和平台的設置類型，總共會有 $4 \times 7 = 28$ 種實驗結果，為求準確，每種實驗皆重複 5 次，再將原始數據輸入 Excel 軟體，利用 Average 公式得到平均值，四捨五入取到小數點第二位。

四、 實驗過程照片：



8 公分設置圓形阻隔物



18 公分設置圓形阻隔物



28 公分設置圓形阻隔物



8 公分設置三角形阻隔物



18 公分設置三角形阻隔物



28 公分設置三角形阻隔物



伍、 研究結果

一、 出口前無設置阻隔物。

次	1	2	3	4	5	平均秒數
25 顆玻璃珠	3.09	3.35	3.16	3.03	3.5	3.23
50 顆玻璃珠	3.53	3.5	3.5	3.6	3.1	3.45
75 顆玻璃珠	4	4.31	4.18	4.5	4.29	4.26
100 顆玻璃珠	5.54	5.32	5.44	5.22	5.44	5.39

二、 出口前 8 公分設置一個圓形阻隔物

次	1	2	3	4	5	平均秒數
25 顆玻璃珠	3.34	3.25	3.25	3.5	3.5	3.37
50 顆玻璃珠	3.79	4.03	4.09	3.56	3.84	3.86
75 顆玻璃珠	5	5.06	4.97	4.85	4.9	4.96
100 顆玻璃珠	6.25	6.4	5.94	6.31	6.04	6.19

三、 出口前 18 公分設置一個圓形阻隔物

次	1	2	3	4	5	平均秒數
25 顆玻璃珠	3.16	3.31	3.94	3.31	3.75	3.49
50 顆玻璃珠	3.69	3.44	3.5	3.56	3.44	3.53
75 顆玻璃珠	4.22	4.28	4.457	4.81	4.47	4.45
100 顆玻璃珠	5.25	5.57	5.25	5.37	5.62	5.41

四、 出口前 28 公分設置一個圓形阻隔物

次	1	2	3	4	5	平均秒數
25 顆玻璃珠	3.28	3.41	3.78	3.62	3.41	3.50
50 顆玻璃珠	3.81	3.97	4.06	4.03	3.88	3.95
75 顆玻璃珠	4.53	4.84	4.84	4.68	4.56	4.69
100 顆玻璃珠	6.32	6.31	6.12	6.13	6.15	6.21

五、 出口前 8 公分設置一個三角形阻隔物

次	1	2	3	4	5	平均秒數
25 顆玻璃珠	3.34	3.22	3.34	3.4	3.15	3.29
50 顆玻璃珠	4.03	3.72	3.46	3.53	3.75	3.70
75 顆玻璃珠	4.97	4.94	5.19	5.1	4.54	4.95
100 顆玻璃珠	6.1	6.19	6.25	5.94	5.88	6.07

六、 出口前 18 公分設置一個三角形阻隔物

次	1	2	3	4	5	平均秒數
25 顆玻璃珠	3.4	3.6	3.28	3.25	3.59	3.42
50 顆玻璃珠	3.94	3.75	3.47	3.53	3.35	3.61
75 顆玻璃珠	4.47	4.41	4.72	4.94	4.4	4.59
100 顆玻璃珠	5.66	5.69	5.91	5.82	6.22	5.86

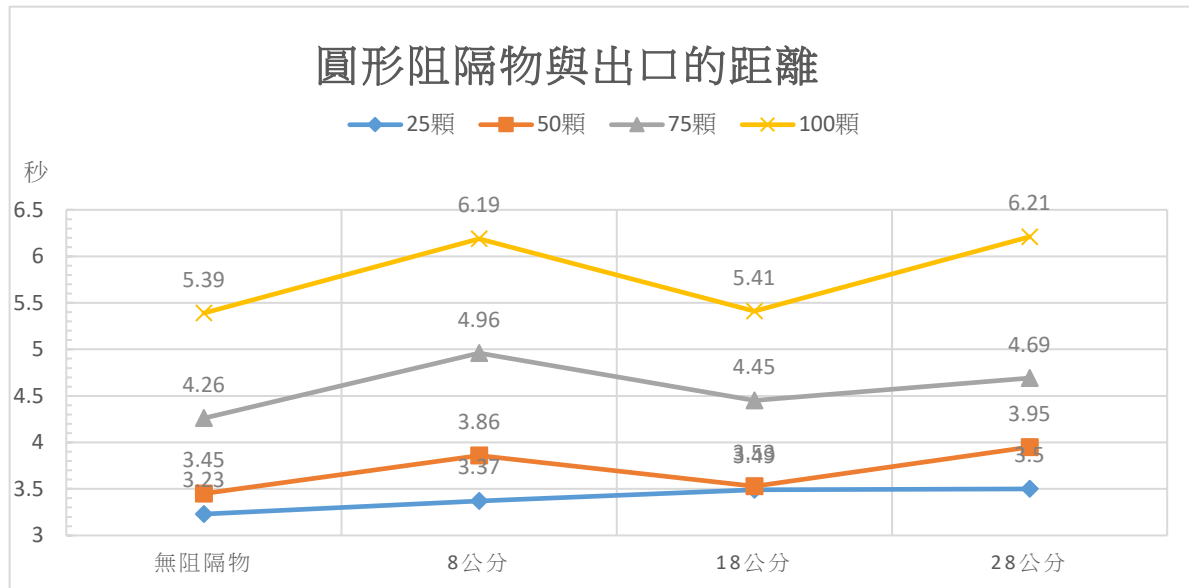
七、 出口前 28 公分設置一個三角形阻隔物

次	1	2	3	4	5	平均秒數
25 顆玻璃珠	3.38	3.25	3.62	3.56	3.66	3.49
50 顆玻璃珠	3.88	3.47	3.9	3.78	3.47	3.70
75 顆玻璃珠	4.84	4.71	4.82	5.22	5.1	4.94
100 顆玻璃珠	5.32	5.79	5.75	5.19	5.25	5.46

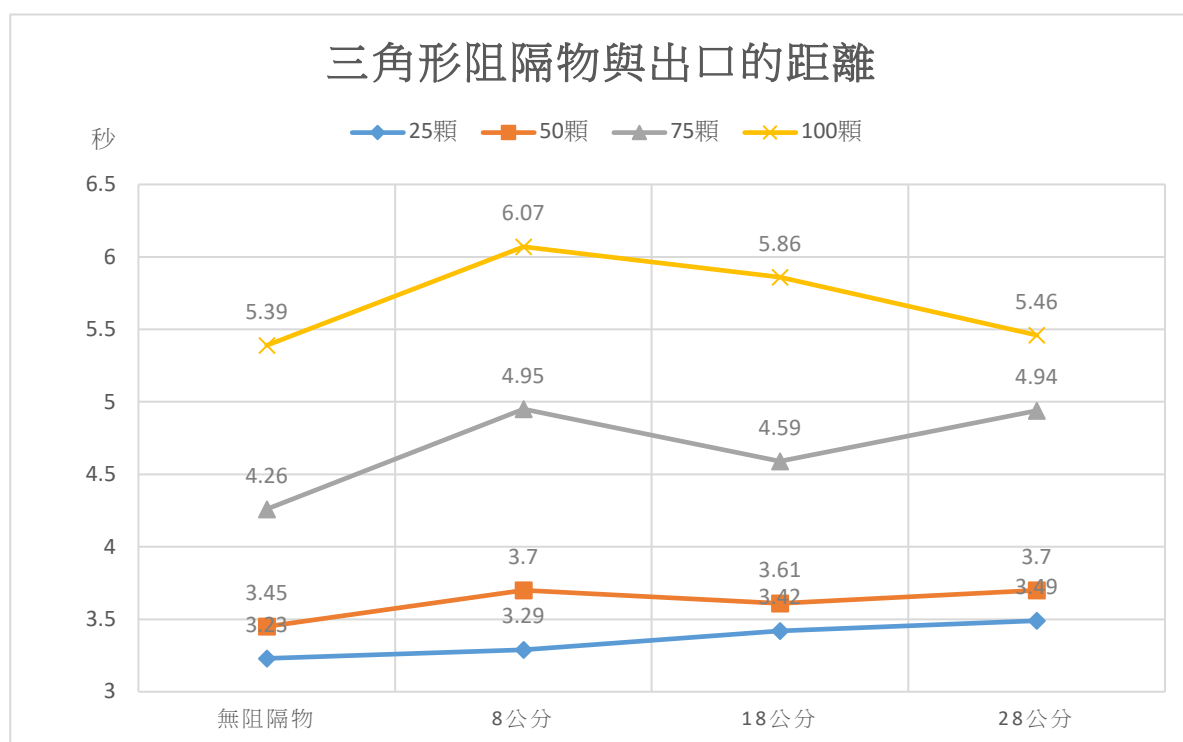
陸、 討論

根據實驗數據，我們得到下列的結果：

- 一、不管幾顆玻璃珠，無阻隔物的疏散都是最快的。
- 二、25 顆玻璃珠，相當於教室內的人數較少時。阻隔物離出口愈遠，疏散的速度愈慢。
- 三、50 顆以上的玻璃珠，皆在阻隔物距離出口 18 公分時，疏散最快。這是一個值得注意的發現，可能表示阻隔物和出口的距離，在某一個距離，會形成分流的效果，類似於我們在投票教室中，接受老師的指令，排成兩列後，再一起離開教室，反而比較快。
- 四、不管幾顆玻璃珠，阻隔物距離出口 28 公分時，疏散的時間皆最久，我們猜想，這可能是因為玻璃珠過早碰撞到阻擋物，彼此反彈互撞，類似亂流的結果，抵銷了玻璃珠的動能，也影響了後續往出口疏散的速度。



- 五、在三角形阻隔物中，出口無阻隔物的疏散速度仍是最快的。
- 六、25 顆玻璃珠時，和圓形阻隔物一樣，阻隔物距離出口愈近，疏散的速度愈快。
- 七、50 顆以上的玻璃珠，和圓形阻隔物的實驗結果一樣，三角形阻隔物在距離出口 8 公分時，疏散的速度都是最慢的。
- 八、50 顆和 75 顆玻璃珠，在三角形阻隔物距離出口 18 公分時，疏散的速度比 8 公分和 28 公分快，顯示三角形阻隔物可能在距離出口 18 公分處能達到最好的分流效果。
- 九、100 顆玻璃珠的情況有點不同，三角形阻隔物在距離出口 28 公分時，疏散的速度最快，顯示玻璃珠較多時，最佳的分流距離可能要拉長到 28 公分。



柒、 結論

- 一、依據我們的實驗結果，出口前若設置單一阻隔物，的確會增加疏散的時間，雖然延緩的時間有限，但對於逃生來說，每一秒鐘都是珍貴的。因此，現實生活中的教室，在出口門前，應該儘量保持淨空，以因應緊急逃生的狀況。
- 二、教室內的人數（以玻璃珠模擬）多寡，的確會影響疏散的速度，不論出口前有

無阻隔物，人數愈多，疏散的速度愈慢。因此，舉辦大型集會時，務必要注意室內空間的容留人數，以免影響急難逃生的速度。

三、若是無法避免在出口前擺置阻隔物時，依據室內人數的多寡，不同的阻隔物，在距離出口不同的位置上，可能有最佳的分流效果，這部分，可以留待後續研究。

捌、 參考資料及其他

賈台寶、蘇光偉、魏建銘、李朝富、陳宇翔、呂牧蓁（2012）• 室內擺設與出口特性對人員疏散之影響 • 弘光學報，68 • 取自 <http://web.hk.edu.tw/~gas/main/download/journal/68/138-158.pdf>

謝佩穎、張允曦、陳致宇（2016）• 欄杆「換邊放」北捷調整「樓梯寬度」分流旅客 • TVBS NEWS • 取自 https://youtu.be/J5h_K2aQ3B0

【評語】 082809

1. 此作品研究阻隔物形狀與出口距離對於彈珠離開出口的時間的關係，題目發想有意義，已俱備科學研究精神。
2. 若能進一步增加其探討之廣度，例如阻隔物的形狀、大小、擺放角度對疏散速度影響，可加深其科學深度。
3. 若可探討玻璃珠與人群疏散的關聯性，將可使實驗的結果更具實用性，亦可讓作品更完整。

作品簡報

國小組

生活與應用科學 (一)

珠珠大逃亡

研究動機

- 老師曾在自然課中提到，有人做過一個研究：一個室內空間中，若在出口前設置一堵牆，在緊急疏散的情況下，這道牆會不會影響室內人員疏散的時間？
- 結合投票後排隊離開教室的方法和這個研究，讓我們想要利用實驗來探究，室內空間的出口前，如果設置一個阻隔物，是否可以達到分流的效果，讓人員的疏散更加快速；
- 還是說，這個阻隔物，反而會拖慢人員疏散的速度呢？

研究目的

- 一. 出口前的阻隔物是否與疏散時間有關係？
- 二. 疏散時間是否與空間中存在的人數有關係？

實驗設計

- 一. 利用大小微有不同的玻璃珠，模擬身材胖瘦不同的學生。
- 二. 使用四周有邊，底部設置單一出口的平台，模擬擁有單一出口的教室。
- 三. 我們先測量一般教室的長度約為9公尺，門寬85公分，門寬約為長度的0.09倍，依此比例，我們的平台內部寬度為58公分， $58 \times 0.09 = 5.2$ 。因此，將出口寬度設置為5.2公分。
- 四. 因為玻璃珠需要提供動能，以模擬教室內學生的跑動，所以平台需要傾斜擺放。
- 五. 以圓形和三角形兩種阻隔物置於出口前，探究阻隔物對疏散所造成的影響。

研究過程或方法

變因：

1) **操縱變因**：

1. 玻璃珠的數量（25、50、75、100顆）。
2. 阻隔物的種類（直徑5.2公分的圓形和邊長7公分的正三角形）。
3. 和距離出口的距離（8公分；18公分；28公分）。

2) **應變變因**：全部的玻璃珠離開出口所耗用的時間。

3) **控制變因**：平台的傾斜角度固定為5度，因為傾斜的角度若太大，玻璃珠會太快掉落，甚至衝出平台的邊框，角度太小，動能又不足以讓玻璃珠順利滾落。

實驗方法（一）

- 先用數位游標卡尺，從一大桶玻璃珠中，篩選出直徑略有不同的玻璃珠共100顆（直徑介於15.62公分～16.41公分之間）。
- 傾斜5度的平台，單一出口前的設置分為**7種類型**：
 - 出口前無任何阻隔物
 - 設置一個圓形阻隔物：
 - 距離出口8公分處
 - 距離出口18公分處
 - 距離出口28公分處
 - 設置一個三角形阻隔物：
 - 距離出口8公分處
 - 距離出口18公分處
 - 距離出口28公分處

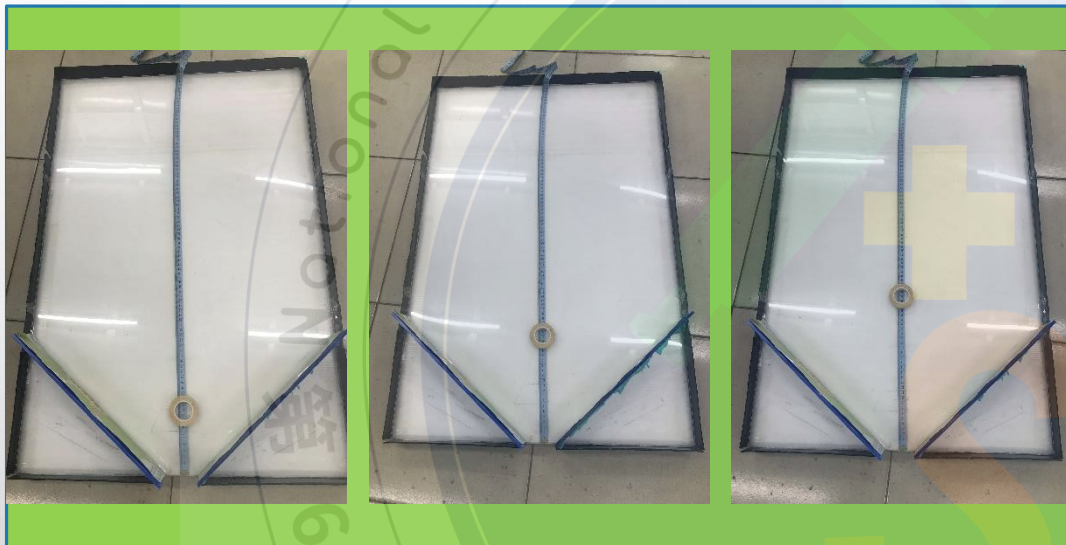
實驗方法（二）

- 先在實驗桌上，設置好一個傾斜角度5度的支架，用來放置平台，以確保平台的傾斜角度每次都是固定為5度。
- 將所有的玻璃珠移置平台的上方處，先用一個橫向的隔板擋住玻璃珠，等待計時的同學發令，在移開隔板的同時，按下碼表計時，等玻璃珠全部離開出口後，立即按下碼表停止計時。
- 根據玻璃珠數量和平台的設置類型，總共會有 $4 \times 7 = 28$ 種實驗結果，為求準確，每種實驗皆重複5次，再將原始數據輸入EXCEL軟體，利用AVERAGE公式得到平均值，四捨五入取到小數點第二位。

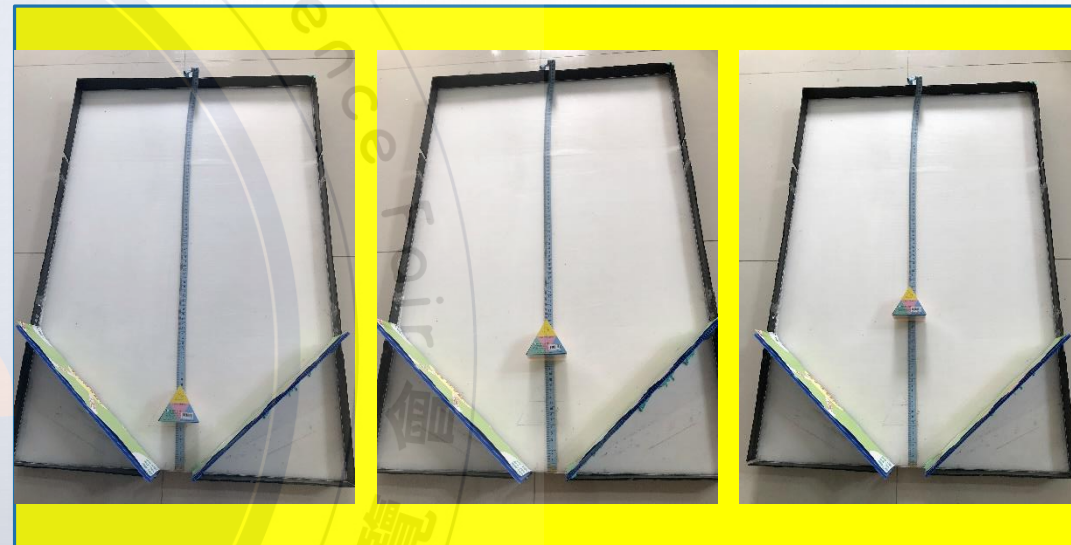
實驗過程照片



無阻隔物



平台出口前設置圓形阻隔物



平台出口前設置三角形阻隔物

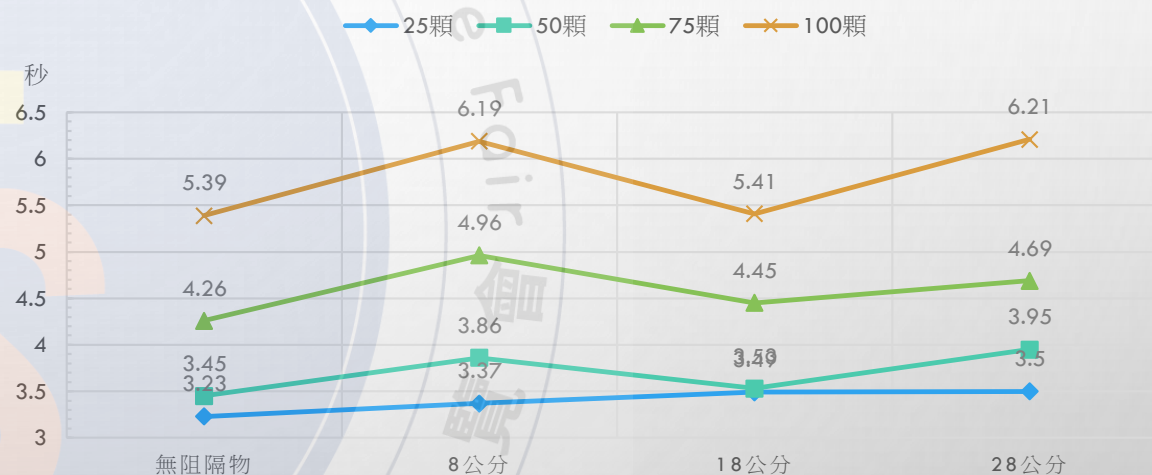
國立中央大學科學展覽會

研究結果與討論 (一)

根據實驗數據，我們得到下列的結果：

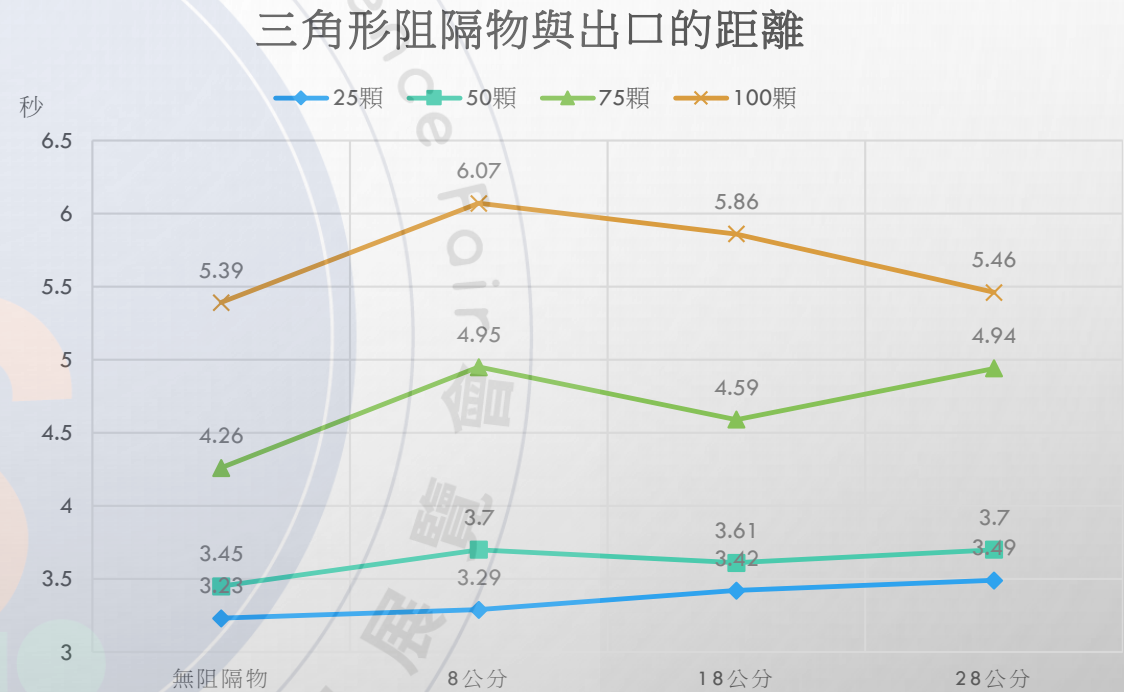
- 一. 不管幾顆玻璃珠，無阻隔物的疏散都是最快的。
- 二. 25顆玻璃珠，相當於教室內的人數較少時。阻隔物離出口愈遠，疏散的速度愈慢。
- 三. 50顆以上的玻璃珠，皆在阻隔物距離出口18公分時，疏散最快。可能表示阻隔物和出口的距離，在某一個距離，會形成分流的效果。
- 四. 不管幾顆玻璃珠，阻隔物距離出口28公分時，疏散的時間皆最久。

圓形阻隔物與出口的距離



研究結果與討論 (二)

- 一. 在三角形阻隔物中，出口無阻隔物的疏散速度最快。
- 二. 25顆玻璃珠，阻隔物距離出口愈近，疏散的速度愈快。
- 三. 50顆以上，和圓形阻隔物的實驗結果一樣，三角形阻隔物在距離出口8公分時，疏散的速度最慢。
- 四. 50顆和75顆玻璃珠，在三角形阻隔物距離出口18公分時，疏散的速度比8公分和28公分快，顯示三角形阻隔物可能在距離出口18公分處能達到最好的分流效果。
- 五. 100顆玻璃珠的情況有點不同，三角形阻隔物在距離出口28公分時，疏散的速度最快，顯示玻璃珠較多時，最佳的分流距離可能要拉長到28公分。



結論

- 依據我們的實驗結果，**出口前若設置單一阻隔物，的確會增加疏散的時間**。因此，現實生活中的教室，在出口門前，應該儘量保持淨空，以因應緊急逃生的狀況。
- 教室內的人數（以玻璃珠模擬）多寡，的確會影響疏散的速度，**不論出口前有無阻隔物，人數愈多，疏散的速度愈慢**。因此，舉辦大型集會時，務必要注意室內空間的容留人數，以免影響急難逃生的速度。
- 若是無法避免在出口前擺置阻隔物時，依據室內人數的多寡，**不同的阻隔物，在距離出口不同的位置上，可能有最佳的分流效果**，這部分，可以留待後續研究。

參考資料

賈台寶、蘇光偉、魏建銘、李朝富、陳宇翔、呂牧蓁 (2012)·室內擺設與出口特性對人員疏散之影響·

弘光學報·68·取自<http://web.hk.edu.tw/~gas/main/download/journal/68/138-158.pdf>

謝佩穎、張允曦、陳致宇 (2016)·欄杆「換邊放」北捷調整「樓梯寬度」分流旅客

·TVBS NEWS·取自https://youtu.be/J5h_K2aQ3B0