

哪一個滾動得快？——

影響圓柱體在斜面上滾動快慢變因的探討

高小組物理科第一名

台北市西門國民小學

作者：李明霞、丁靖
等九人

指導教師：謝石龍、林志芬

一、研究動機

- (一)上自然科學第九冊第五單元「滾動的快慢」這課，經過全班分組實驗後，在找出「那些變因最能影響滾動的快慢」時，除能確定「實心的圓柱比空心的快」以外，對於「長短、質料、粗細」等變因的資料，沒有辦法比較出來。
- (二)究竟「圓柱的長短、質料、粗細」變因會不會影響滾動的快慢，由於我們上課時間有限，不能重複實驗探討，所以利用課餘時間繼續研究。

二、研究目的

- (一)怎樣改良一個比較能正確測量圓柱體滾動快慢的斜面裝置。
- (二)圓柱體實心或空心，圓柱體的長短、質料、輕重、粗細等變因，會不會影響滾動的快慢？
- (三)最能影響圓柱體滾動快慢的變因是哪一項？

三、研究設備器材

- (一)改良式斜面裝置（圓柱體滾動的啓動方法和比較滾動快慢的方法）。
- (二)各種圓柱體（種類如下表）
- (三)方格紙條，彩色細筆。

鋁製實心柱

組 \ 名稱	長 度	直 徑	重 量
ㄅ. 粗長	5 公分	2.5 公分	67 克
ㄆ. 細長	5 公分	1.25 公分	16.5 克
ㄇ. 粗短	2.5 公分	2.5 公分	33.5 克
ㄏ. 細短	2.5 公分	1.25 公分	8.3 克

鋁製空心管

組 \ 名稱	長 度	直 徑		重 量
		內	外	
ㄅ. 粗長	5 公分	2 公分	2.5 公分	20.8 克
ㄆ. 細長	5 公分	0.95 公分	1.25 公分	6.7 克
ㄇ. 粗長	2.5 公分	2 公分	2.5 公分	10.4 克
ㄏ. 細長	2.5 公分	0.95 公分	1.25 公分	3.3 克

鐵製實心柱

組 \ 名稱	長 度	直 徑	內 外
ㄅ. 粗長	5 公分	2.5 公分	196.8 克
ㄆ. 細長	5 公分	1.25 公分	47.3 克
ㄇ. 粗長	2.5 公分	2.5 公分	98.8 克
ㄏ. 細長	2.5 公分	1.25 公分	24.6 克

鐵 製 空 心 管

名稱 組	長 度	直 徑		重 量
		內	外	
ㄅ. 粗長	5 公分	2.3 公分	2.5 公分	29.9 克
ㄆ. 細長	5 公分	1.1 公分	1.25 公分	13.1 克
ㄇ. 粗長	2.5 公分	2.3 公分	2.5 公分	13 克
ㄏ. 細長	2.5 公分	1.1 公分	1.25 公分	6.8 克

塑 膠 製 實 心 柱

名稱 組	長 度	直 徑	重 量
ㄅ. 粗長	5 公分	2.5 公分	24.7 克
ㄆ. 細長	5 公分	1.25 公分	6.5 克
ㄇ. 粗長	2.5 公分	2.5 公分	12.5 克
ㄏ. 細長	2.5 公分	1.25 公分	3.2 克

塑 膠 製 空 心 管

名稱 組	長 度	直 徑		重 量
		內	外	
ㄅ. 粗長	5 公分	2 公分	2.5 公分	9.05 克
ㄆ. 細長	5 公分	0.9 公分	1.25 公分	3.3 克
ㄇ. 粗長	2.5 公分	2 公分	2.5 公分	4.6 克
ㄏ. 細長	2.5 公分	0.9 公分	1.25 公分	1.7 克

四、研究過程或方法

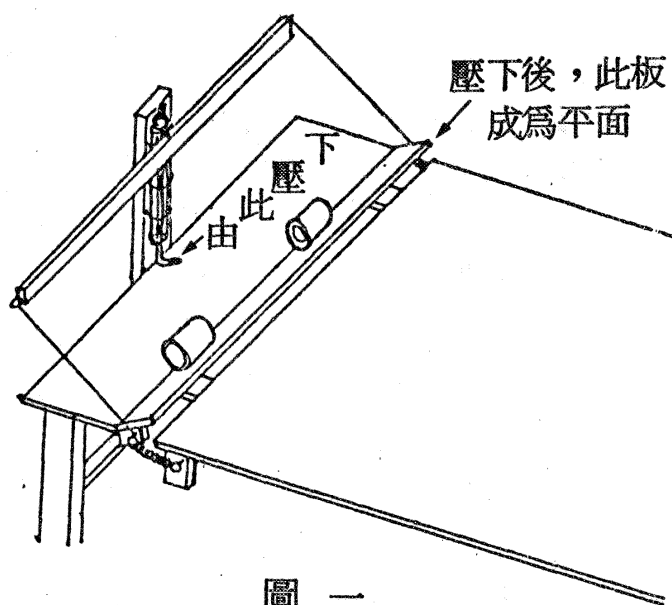
(一)改良斜面板上圓柱體滾動的啓動方法

1.第一種

(1)上課時，我們拿木條擋著圓柱體，向上拿起木條讓圓柱滾動。發現不容易使兩個圓柱體同時啓動的缺點。尤其粗細不同的圓柱體比較時，細的會先滾動。

(2)經過改良後（如圖一）

解決了粗細可一致啓動的問題，但是重量相差較大的圓柱又不能一致（質量較大的啓動較遲緩）。

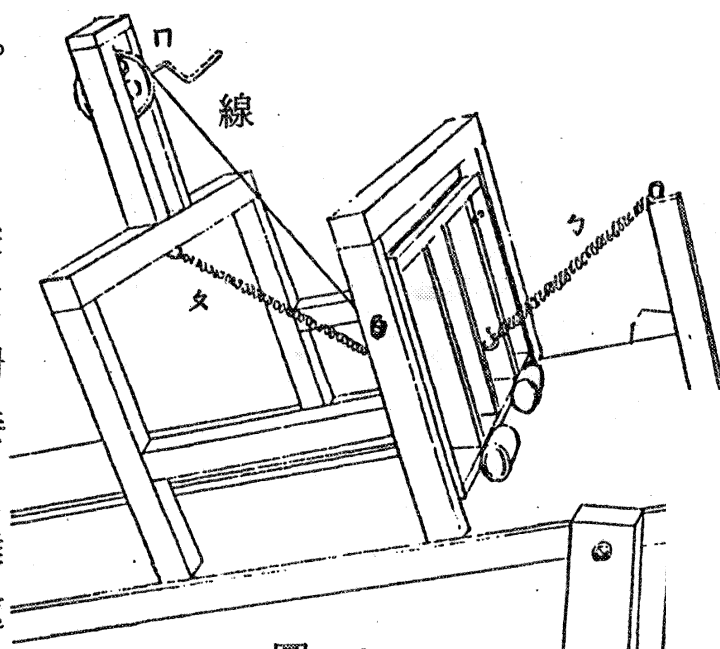


圖一

2.第二種

(1)設計改良圓柱體啓動方法（如圖二）

啓動器擋柵由
、
兩條彈簧拉著（保持平衡）。
旋轉口處的輪，
由線拉起啓動器，
使圓柱開始緩慢同時啓動（滾動），
到當擋柵和斜面距離快接近圓柱直徑時，
彈簧自動脫離，
由彈簧快速拉起，圓柱很快

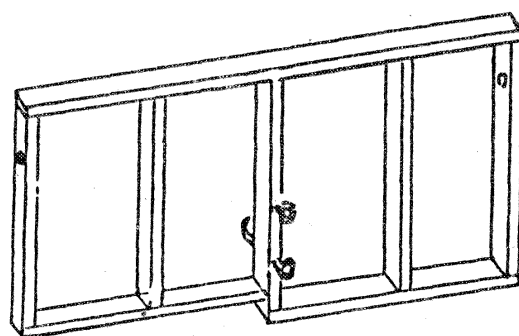


圖二

的同時滾下去。

3. 第三種

為配合粗細不同的圓柱體，製作底部擋柵高低不同的啓動器（兩個圓柱體直徑的差），更換使用（如圖三）。



圓柱體粗細不同的滾動起動柵

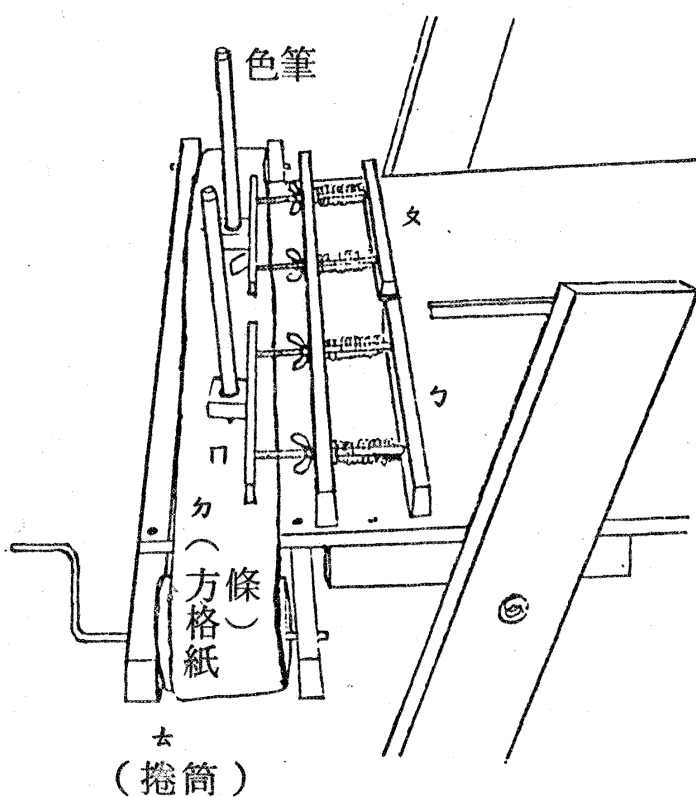
圖三

(二)設計製作測量圓柱體先到的方法

1. 製作撞擊彈簧板（圖中的 η 、 ξ 、 π 、 ζ ）。

(1) 以往用眼睛看，因滾動太快，不容易分辨出來。

(2) 使用撞擊板，圓柱體撞擊到擋板，立刻後退， π 和 ζ 上色筆的劃記線就產生彎曲或斷痕，很容易比較。



圖四

2. 製作自動記錄器（圖中的 π 、 ζ 和 η 、 ξ ）。由兩枝色筆、方格紙條和捲紙器做成。當圓柱體由啓動器開始滾動時，旋轉捲紙器，色筆在方格紙條上畫線。圓柱撞擊擋板（ η 、 ξ ），色筆後退，劃記的線成爲斷痕。

(三)滾動的實驗

1. 問題一：圓柱體實心或空心，會不會影響滾動的快慢？

(1) 方法：

η 選擇十一組圓柱體（質料、粗細、長短相同），分別從

斜面板的頂端（斜面 20° 和 30° ）同時滾下，比較它們的快慢。

♀ 測量：插在記錄器上端的色筆劃出線條，量此線條。（比較短的表示滾動快，長的表示滾動慢。）

□ 每組都操作十次，第六次起圓柱體交換位置滾動。

▢ 每組在不同時間，比較三回。

(2)測量的資料如下：

圓柱（鋁長粗）

記錄（長度單位：公分） 第二組

(1)改變的變因：圓柱的實心空心 (2)保持不變的變因：斜面坡度 30° ，斜面板粗滑、長短、圓柱體的長短、質料、粗細、出發的時間位置					實心 先到 次數	空心 先到 次數	同時 到 次數
材 料 次 數	實心	先到	空心	先到	10	0	0
1.	4.2	✓	4.9		操作者：陳雅玲 填表者：許禎玲 捲紙條：李孟禧 測量者：李孟禧、丁 靖		
2.	6.5	✓	7.0				
3.	3.7	✓	4.4				
4.	6.7	✓	7.7				
5.	6.8	✓	7.7				
6.	7.1	✓	7.2				
7.	7.2	✓	11.3				
8.	8.9	✓	10.8				
9.	8.0	✓	9.8				
10.	5.5	✓	6.5				
					備 註		

圓柱（短鋁粗）

記錄（長度單位：公分） 第一組

(1)改變的變因：圓柱的實心空心 (2)保持不變的變因：斜面坡度（ 30° ）斜面板粗滑長短，圓柱的長短、質料、粗細出發的時間、位置					實心 先到 次數	空心 先到 次數	同時 到 次數
材 料 次 數	實心	先到	空心	先到	10	0	0
1.	5.5	✓	6.5		操作者：宋柏蓉 填表者：陳雅玲 捲紙條：李明霞 測量者：李明霞、李孟禧		
2.	10.4	✓	10.7				
3.	5.2	✓	6.5				
4.	11.1	✓	12.0				
5.	5.8	✓	6.1				
6.	7.2	✓	8.9				
7.	7.4	✓	9.5				
8.	8.7	✓	9.2				
9.	4.6	✓	7.0				
10.	10.4	✓	12.7				

圓柱（鐵長粗 20° ）

實心先到	空心先到
10 次	0 次
同時到	0 次

圓柱（鐵短粗 30° ）

實心先到	空心先到
10 次	0 次
同時到	0 次

圓柱（鋁長粗 20°）

實心先到	空心先到
10 次	0 次
同時到	0 次

圓柱（鋁短粗 30°）

實心先到	空心先到
10 次	0 次
同時到	0 次

圓柱（塑膠長粗 20°）

實心先到	空心先到
10 次	0 次
同時到	0 次

圓柱（塑膠短粗 30°）

實心先到	空心先到
10 次	0 次
同時到	0 次

2.問題二：圓柱體的長短不同，會影響滾動的快慢嗎？

(1)方法：

- ㄅ 實驗方法和問題一之ㄅ 相同。
- ㄆ 斜面坡度 30° 選三組測試。
- ㄏ ~ ㄏ 和問題一之ㄏ ~ ㄏ 相同。
- ㄆ 檢查彈簧兩邊的距離。

(2)測量的資料如下：

圓柱（鐵粗實心 20°）

長 先 到	短 先 到
1 次	2 次
同時到	7 次

圓柱（鐵細實心 30°）

長 先 到	短 先 到
3 次	0 次
同時到	7 次

圓柱（鋁粗實心 20° ）

長 先 到	短 先 到
0 次	0 次
同 時 到	10 次

圓柱（鋁粗空心）

長 先 到	短 先 到
1 次	1 次
同 時 到	8 次

圓柱（塑膠實心粗 30° ）

長 先 到	短 先 到
1 次	1 次
同 時 到	8 次

圓柱（塑膠實心細 20° ）

長 先 到	短 先 到
0 次	3 次
同 時 到	7 次

3.問題三：圓柱的質料不同，會影響滾動的快慢嗎？

(1)方法：

ㄅ各以鐵和鋁、鐵和塑膠、鋁和塑膠之實心、空心、粗細、長短配對成二十一組，在 20° 的斜面板測試比較。

ㄆ在 30° 的斜面板再試驗比較。

ㄏ～ㄏ和前述的ㄏ～ㄏ相同。

(2)測量的資料如下：

圓柱（實心長粗 20° ）

鐵 先 到	鋁 先 到
0 次	5 次
同 時 到	5 次

圓柱（空心短粗 30° ）

鐵 先 到	鋁 先 到
0 次	9 次
同 時 到	1 次

圓柱（實心長粗 20°）

鐵 先 到	塑膠先到
2 次	1 次
同 時 到	7 次

圓柱（空心長粗 20°）

鐵 先 到	塑膠先到
5 次	4 次
同 時 到	1 次

圓柱（實心長粗 30°）

鋁 先 到	塑膠先到
0 次	4 次
同 時 到	6 次

圓柱（空心短粗 30°）

鋁 先 到	塑膠先到
1 次	4 次
同 時 到	5 次

4.問題四：圓柱體的粗細不同，會不會影響滾動的快慢呢？

(1)方法：

ㄅ 改換左右高度不同的啓動器柵門。

ㄆ 以鐵、鋁、塑膠的實心空心、長短配對成八組，在 20° 坡度的斜面上滾動試驗。

ㄇ 在 30° 的斜面板上再測試比較。

ㄏ 將柵門旋轉 180°，以便粗細不同的圓柱交換位置滾動測試。

(2)測量的資料如下：

圓柱（鐵實心長 20°）

粗 先 到	細 先 到
2 次	3 次
同 時 到	5 次

圓柱（鐵空心長 20°）

粗 先 到	細 先 到
1 次	2 次
同 時 到	7 次

圓柱（塑膠實心長 20°）

粗先到	細先到
7 次	0 次
同時到	3 次

圓柱（鋁空心長 20°）

粗先到	細先到
2 次	0 次
同時到	8 次

圓柱（鐵實心短 30°）

粗先到	細先到
2 次	2 次
同時到	6 次

圓柱（鋁實心短 30°）

粗先到	細先到
5 次	0 次
同時到	5 次

五、實驗結果

(一) 不管斜面坡如何，鐵質、鋁質、塑膠質的實心柱都比空心管滾動快，其比值都是 10 比 0。

(二) 長短比較結果：

1. 由記錄表得知，實心和空心或粗細不同的鐵質、鋁質、塑膠質圓柱體，有時是長的滾得快，有時是短的滾得快，也有二種同時到達的情形。
2. 由此可知，圓柱體的長短，對滾動的快慢，並沒有明顯的影響。

(三) 質料不同比較結果：

1. 斜面 20° 時

- (1) 以鐵和鋁的八組記錄來看，鐵質先到的共有五十次，鋁質先到的共有二十七次，同時到的有三次。
- (2) 鐵和塑膠的六組記錄中，鐵質先到的共有三十四次，塑膠質先到的共有十九次，同時到的有七次。
- (3) 鋁和塑膠的七組記錄中，鋁質先到的共有四十五次，塑膠先到的有十二次，同時到的有十三次。

2. 斜面坡變 30° 時，和前面的記錄不太一樣。

3. 由這些不太穩定的資料，我們想：圓柱的質料，對於滾動的快慢並沒有顯著的影響。

(四) 粗細比較結果：

1. 由記錄上看，在 20° 斜面板比較的，粗圓柱先到的有三十四次，細圓柱先到的有二十三次，同時到的有二十三次；而且有的組是粗圓柱先到的次數多，有的組是細圓柱先到的次數較多。

2. 30° 斜面板比較的是：粗圓柱先到的有七次，細圓柱先到的有十二次，同時到的有十一次。

3. 由此可知圓柱的粗細對滾動的快慢，並沒有顯著的影響。

六、討 論

(一) 原來根據三種不同的資料，以及四項變因排列組合，每項實驗最少應有十二組，但是試驗時發現，質量較輕的圓柱體（如鋁細短空心管、塑膠細長短空心管）從斜面上滾下時，撞到擋板的力量微弱，記錄紙無法顯出斷痕，所以只好放棄。

(二) 有時兩者滾動快慢的差距 0.1，便當作同時到達。

(三) 對於圓柱的輕、重這項變因，由於實驗材料不易找到，所以我們由圓柱的質料這項變因的測試記錄推想：圓柱的輕重，對於滾動的快慢並沒有太大的影響。

七、結 論

(一) 圓柱的實心和空心是最能影響滾動快慢的變因。

(二) 圓柱的長短、質料、粗細、輕重對於滾動的快慢，沒有顯著的影響。

評 語

1. 利用紙條平移，可明確比較出二圓柱體在斜面滾動之快慢。作法新穎。

2.能顧慮到圓柱大小不同，設計同時起動裝置，設想週到。