

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082917

哇！不漏了吔～罐裝牛奶傾倒方式改良之探討

學校名稱：高雄市三民區愛國國民小學

作者：	指導老師：
小五 黃柏鈞	陳建良
小四 施昀萱	王雅柔
小四 王家盈	
小四 陳薇安	

關鍵詞：回漏、傾倒牛奶、輔助架

摘要

本研究藉由生活中對「倒牛奶漏出」情形感到好奇，開啟了研究，並設計實驗針對不同變因進行探究。藉由觀察、實測，發現圓弧狀瓶口的瓶子容易產生回漏狀況；當瓶裝液體量較多時，傾倒角度較小就會開始流出來，也容易回漏；而越濃稠的液體，在剛超過「起始角度」時，較容易從瓶口旁出現回漏。

另外，我們也發現，小孩子要倒出大容量瓶裝液體時，因操作不易，容易使液體回漏。於是我們透過實驗、討論，設計出使液體不回漏的環狀套環，並結合自製「傾倒輔助架」，協助解決生活中遭遇的問題。

最後提出傾倒牛奶較佳的方法：(1)透過瓶口凸邊設計，改善傾倒牛奶時回漏情況。(2)使用設計製作的「傾倒輔助架」，便可適用在 1800-2000ml 的中大型罐裝瓶，倒牛奶就變輕鬆了。

壹、研究動機

每天早上，媽媽都會請我們自己倒牛奶來喝，每次倒罐裝的大瓶牛奶時，總是會因為手的力道控制不好而不小心的讓牛奶從瓶口旁漏出來，弄髒了桌面，遭到媽媽數落；因此，自己就不太敢再倒牛奶，常希望能找大人幫忙，有時大人沒空就會很困擾。所以，我就想：「到底是什麼原因讓牛奶漏出來呢？是技術不好嗎？還是我的力氣不夠？」很想找個方法來解決這個問題，於是，就和幾位同學一起來進行這個研究。

貳、研究目的

- 一、探討傾倒牛奶時是否漏出的情形。
- 二、探討傾倒罐裝牛奶漏出的改善方式。
- 三、探討不同條件對罐裝牛奶傾倒時的影響。
- 四、提出傾倒罐裝牛奶時較佳的方法。

參、研究設備與器材

牛奶瓶、電子游標尺、直尺、量杯、電子秤、積木、木棍、保麗龍盒蓋、碼錶、塑膠管、注射筒、傾斜儀、麵粉、自製傾倒輔助架、水杯、量角器、鋼珠、Tinkercad 軟體、3D 列印機。

肆、研究過程或方式

研究一、探討傾倒牛奶時是否漏出的情形

(一)觀測市面上不同罐裝瓶子的條件

我們蒐集了市面上常見的中大型乳製品空瓶，依照我們討論的記錄項目，先定義各記錄項目(如圖示 1、2、3)，再開始著手對空牛奶瓶進行觀測與記錄，記錄結果如下<表一>。

- 1.瓶子容量：依瓶身標示記錄，單位 ml。
- 2.瓶子高度：將瓶子直立在桌面上，記錄瓶底至瓶口上緣之高度，單位 cm。
- 3.瓶口高度：指瓶口至瓶頸之高度，單位 cm。
- 4.瓶身高度：指瓶底至瓶頸之高度，單位 cm。
- 5.瓶頸位置：指瓶頸外側離瓶身的距離，單位 mm。
- 6.瓶口內徑：以電子游標尺測量瓶口內側圓徑，單位 mm。
- 7.瓶口外徑：以電子游標尺測量瓶口外側圓徑，單位 mm。
- 8.瓶口型式：當瓶蓋與桌面平行時，記錄為「平」、瓶蓋與桌面不平行時，記錄為「斜」。
- 9.握把有無：指與瓶身連結的環狀結構，供手持使用在倒牛奶。

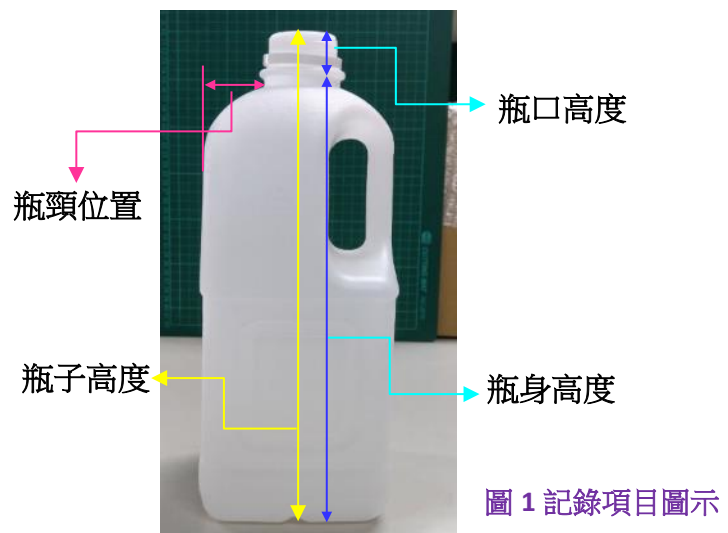


圖 1 記錄項目圖示



瓶口內徑 瓶口外徑

圖 2 瓶口內外徑測量



瓶口「斜」的 瓶口「平」的

圖 3 瓶口型式

※表一-1 罐裝乳製品空瓶觀測記錄表

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
廠牌	瑞穗鮮乳	乳香世家鮮乳	義美鮮乳	綠光鮮乳	瑞穗鮮乳	乳香世家鮮乳	林鳳營鮮乳	光泉鮮乳	柳營鮮乳
瓶子容量(ml)	4530	2400	2000	1892	1858	1857	1857	1857	1857
瓶子高度(cm)	26	21.8	27.3	25.5	26	26	26.1	26.1	26.1
瓶口高度(cm)	2.4	2.3	2.3	2.2	2.6	2.4	2.4	2.5	2.5
瓶身高度(cm)	23.6	19.5	25.0	23.3	23.4	23.6	23.7	23.6	23.6
瓶頸位置(mm)	63.6	38.5	28.9	44.4	35.1	28.8	34.1	30.3	30.8
瓶口內徑(mm)	33.6	28.5	29.4	30.2	33.2	30.8	30.8	30.3	28.9
瓶口外徑(mm)	40.2	34.8	35.8	34.5	39.5	35.0	34.0	34.2	34.5
瓶口型式	平	平	平	平	平	平	平	平	平
握把有無	有	有	有	有	有	有	有	有	有
罐裝材質	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠

※表一-2 罐裝乳製品空瓶觀測記錄表

編號	10	11	12	13	14	15	16	17
廠牌	英泉鮮乳	福樂鮮乳	AB 優酪乳	LP33 優酪乳	乳之初鮮乳	光泉牛乳	義美鮮乳	瑞穗鮮乳
瓶子容量(ml)	1837	1830	1830	1830	990	936	946	930
瓶子高度(cm)	26	26.7	25.8	25.8	19.8	24.3	21.5	21.5
瓶口高度(cm)	2.4	2.4	2.2	2.2	2.1	2.3	1.4	1.4
瓶身高度(cm)	23.6	24.3	23.6	23.6	17.7	22.0	19.7	19.7
瓶頸位置(mm)	31.9	33.2	33.7	33.7	20.7	16.4	3.6	4.8
瓶口內徑(mm)	30.7	29.2	32.9	32.9	39.6	28.8	20.4	20.4
瓶口外徑(mm)	35.0	34.0	39.5	39.5	44.9	35.0	22.2	22.2
瓶口型式	平	平	平	平	平	平	斜	斜
握把有無	有	有	有	有	無	無	無	無
罐裝材質	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	紙盒	紙盒

※結果與討論：

1. 瓶子容量大概可以區分為 900-1000ml、1800-2000ml 及 2000ml 以上。
2. 瓶子的高度大約是 20-28cm 間，以 26cm 左右居多。
3. 「平式」瓶口的瓶子型式，瓶口高度大約在 2.1-2.6cm 之間，以 2.4cm 居多；而「斜式」瓶口型式的瓶口高度約為 1.4cm。
4. 容量在 1800ml 以上較大瓶的瓶頸位置大約落在 28-45mm 之間，只有編號 1 的瓶頸位置長達 63.6mm 離瓶身最遠。
5. 瓶口內徑大小大約是 20.4-39.6mm；瓶口外徑大小大約是 22.2-44.9mm。
6. 容量在 1800ml 以上較大瓶的牛奶大多是「平式」的瓶口，而且大多附有握把；而 1000ml 以下的牛奶瓶大部份都沒有握把，瓶口的型式有「平式」也有「斜式」。
7. 編號 1 及編號 2 的瓶子為超商專用瓶，非一般市售使用之瓶子，後續將不列入討論改進方案；另外，容量小於 1000ml 的瓶子，經討論認為在使用上較輕巧，傾倒時較無問題；因此，本研究後續探究之瓶子容量設定在 1800-2000ml 之間，即編號 3-13 之瓶子。



圖 4 測量瓶子高度

(二)觀察不同瓶子傾倒液體時的情形

我們分別將編號 3-13 號的瓶子，裝入每瓶約三分之二容量的水，再以手持方式每人輪流個別操作，觀察瓶子中的水在傾倒時是否漏出，再記錄於下〈表二〉中。

※表二 瓶罐倒水漏出情形記錄表

編號	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
廠牌	義美鮮乳	綠光鮮乳	瑞穗鮮乳	乳香世家鮮乳	林鳳營鮮乳	光泉鮮乳	柳營鮮乳	英泉鮮乳	福樂鮮乳	AB優酪乳	LP33優酪乳
瓶子容量 (ml)	2000	1892	1858	1857	1857	1857	1857	1837	1830	1830	1830
裝水容量 (ml)	1333	1261	1239	1238	1238	1238	1238	1225	1220	1220	1220
回漏情形	×	△	△△	△	×	△	△	△	△△	△	△
瓶口邊緣	凸邊	半圓弧	全圓弧	半圓弧	凸邊	半圓弧	半圓弧	半圓弧	全圓弧	半圓弧	半圓弧

※記錄說明：

- 1.回漏：是指當我們倒完水把瓶口往上提時，些許水從瓶口邊緣往螺紋位置回流的現象。
- 2.回漏情形：(1)×表示沒有出現回漏；(2)△表示回漏一點點，沿瓶口邊緣漏出水滴(如圖 5)；(3)△△表示回漏許多，水滴不間斷往瓶口螺紋位置漏出(如圖 6)。



圖 5 編號 4 瓶子回漏情形



圖 6 編號 5 瓶子回漏情形

※結果與討論：

- 1.發現在倒水過程中水並不會直接滴漏出杯外，會出現回漏通常是在我們倒水停下來瓶口往上提起時，水才會從瓶口邊緣回漏下來，可能與我們倒水及提起的角度或速度有關，或許將瓶口提起快一點就比較不會有回漏的現象出現。
- 2.發現回漏的的瓶子瓶口邊緣大多具有圓弧形結構(如圖 6、7)，觀測中有 2 個瓶子瓶口邊緣多了一個凸邊的設計(如圖 8)，這些瓶子就沒有出現有回漏的現象。



圖 7 瓶口邊緣結構



圖 8 編號 3 號瓶口結構-凸邊

(三)文獻分析過去相關研究

研究者針對過去相關之實驗研究，閱讀後整理部份重點摘要如下：

1.高雄市第 53 屆中小學科展國中組作品---水流倒退嚕 - 研究水的附壁現象

本研究主要是設計多種實驗方法，了解水流通過曲面時，影響附壁力大小的各種變因。研究者利用高度差造成不同的出口壓力，自製水流量控制器提供穩定水流進行實驗，

發現：流量速率越大，附壁力越大，水流是否倒退魯端看附壁力能否抵抗水流向前的趨勢；水晶杯和紙杯杯口外緣有外翻，且曲率越大或截面越尖銳，越不容易產生全部附壁流情況。影響附壁現象要同時考慮黏滯力和附壁力，而黏滯力和附壁力又同時互相影響：黏滯力會使水流速減少，流速減少使附壁力降低；附壁力降低後，黏滯力也會降低。

2. 中華民國第 50 屆中小學科展高中組作品---叛逆的水流-茶壺效應之探討

本文實驗探討不同傾角、管徑、黏滯係數、切角、表面張力、曲率對茶壺效應的影響。結果發現：傾角越大則產生回流時的水流量也會越大；黏滯係數越大的溶液越容易回流；而曲率半徑越大時，也越容易發生茶壺效應。另外，發現口徑大小、水流量大小及表面張力幾乎沒有關係；而增大切口角度則不易回流。

3. 中華民國第 45 屆中小學科展高中組作品---杯子與茶壺的對話

本研究是以自製的簡易器材來觀察液體流出圓口容器時之狀態，探討液體流量、管壁厚度、管子內徑大小及液體濃度與壁流臨界角的關係；結果發現壁流量越大、管壁傾斜角越大，越不會發生壁流現象；流量對壁流臨界角的影響大於濃度。最後提出設計成尖嘴能使水流集中，流量變大，自然不易產生壁流現象。

歷屆科展相關作品中，我們發現過去研究主要以探討液體的附壁作用及茶壺效應為主，了解其可能影響的原因；本研究閱讀文獻資料後，根據過去倒牛奶的經驗，擬聚焦探討「罐裝瓶瓶口結構」與「傾倒方式」對改善倒牛奶漏出的影響，設計後續實驗進行觀測與討論。

研究二、傾倒罐裝牛奶漏出的改善方式

經過研究一的實際觀測，我們發現了在傾倒牛奶時可能產生的問題，在討論後提出我們的想法進行改善傾倒牛奶時的方式，問題發現及想法思考過程整理如下：

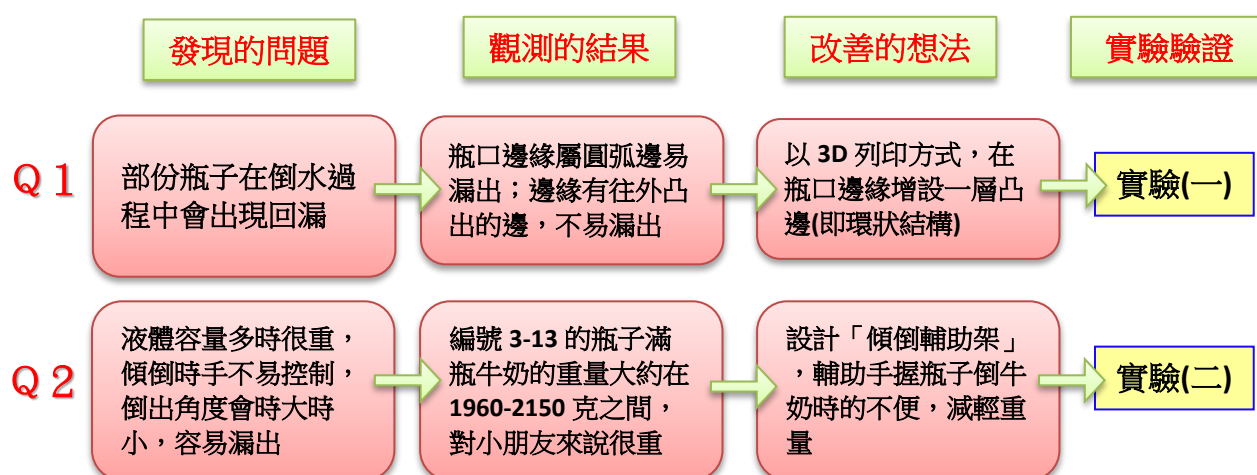


圖 9 改善傾倒罐裝牛奶漏出的思考流程圖

※表三 滿瓶牛奶重量記錄表

編號	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
廠牌	義美鮮乳	綠光鮮乳	瑞穗鮮乳	乳香世家鮮乳	林鳳營鮮乳	光泉鮮乳	柳營鮮乳	英泉鮮乳	福樂鮮乳	AB優酪乳	LP33優酪乳
容量(ml)	2000	1892	1858	1857	1857	1857	1857	1837	1830	1830	1830
重量(克)	2136	1988	1989	1982	1992	1984	1990	1962	1967	2020	2020

實驗(一)瓶口增設環狀結構對傾倒漏出之影響

根據表二實測結果得知編號 4、5、6、8、9、10、11、12、13 號的瓶子瓶口因為沒有凸邊設計，都出現有回漏的情形，因此，本研究即以這 9 個瓶子做為改善倒水時回漏情形之探討，透過增設瓶口自製環狀套環進行實驗。

步驟：1.先測量編號 4、5、6、8、9、10、11、12、13 號瓶子瓶口外徑(不含螺紋)，測量結果如下<表四>。

- 2.以 3D 列印方式，依不同瓶子瓶口的外徑大小，做為環狀結構的內徑，再外加 4mm 做為環狀結構之外徑(如圖 11、12)。

- 3.將印製好的環狀套環，黏合在待實驗的瓶子瓶口邊緣(如圖 10)，每人操作 2 次，並進行觀測與記錄結果。



圖 10 已黏合環狀套環的 9 個瓶子

※表四 瓶口外徑及自製環狀套環尺寸

瓶子編號	4	5	6	8	9	10	11	12	13
瓶口外徑(mm)	34.5	39.5	35.0	34.2	34.5	35.0	34.0	39.5	39.5
套環內徑(mm)	34.5	39.5	35.0	34.2	34.5	35.0	34.0	39.5	39.5

套環外徑 (mm)	38.5	43.5	39.0	38.2	38.5	39.0	38.0	43.5	43.5
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

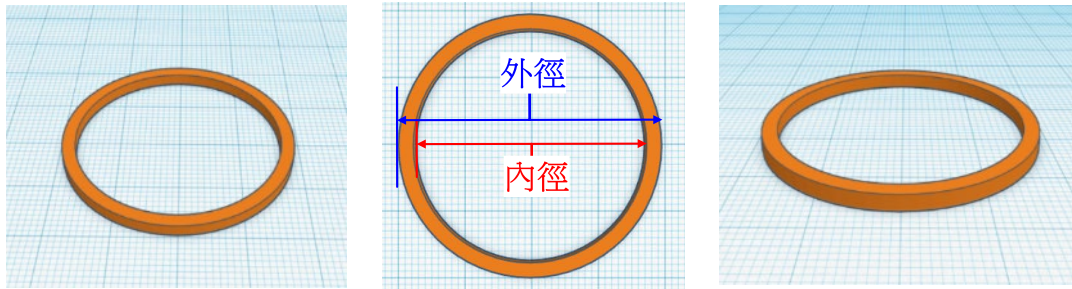


圖 11 環狀套環及其內外徑說明



圖 12 加入環狀套環的瓶子

※記錄結果

瓶子編號	4	5	6	8	9	10	11	12	13
第 1 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第 2 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第 3 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第 4 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第 5 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第 6 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第 7 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
第 8 次	×	×	×	×	×	×	×	×	×
結 果	×	×	×	×	×	×	×	×	×

※記錄說明：×表示沒有出現回漏

※結果與討論：

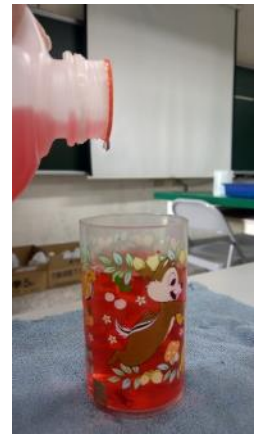
- 1.沒有加上環狀套環的瓶子在傾倒的過程中，常因為液體回漏，使得液體容易殘留在螺紋上(如圖 13)，造成瓶蓋鎖上後不太衛生的情形；在加上環狀套環後，雖然瓶口提起後，有時仍會有一點點液體出現在瓶口，但已經不會再殘留在螺紋上，大大改善過去較不衛生的狀況了。
- 2.發現 9 個原本在倒水過程中會回漏的瓶子，只要加上了自製的環狀套環就不會有回漏的情形(如圖 14)。



圖 13 沒有凸邊設計及未加上自製環狀套環的瓶口回漏情形



圖 14 加上自製環狀套環不會再有回漏情形



實驗(二)傾倒輔助架改良設計之探討

為了解決罐裝牛奶容量太多時會太重，在傾倒牛奶時手就不易控制，容易漏出杯外，因此，經過討論後決定利用積木來組裝設計「傾倒輔助架」。

我們以編號 5 號的瓶子做為標準組，依其尺寸做為設計之參考依據。依瓶子結構及尺寸分析進行如下過程：

1.找出支撐點

先以 2 個片狀結構的積木板做為左右兩側的隔板形成主結構，再使用木棍裝進隔板中的洞洞裡，根據分析的位置，找到木棍插入的較佳位置，以使瓶子在平躺或直立時都可適用在這個「傾倒輔助架」上(如圖 15)。

如果將 3 隻木棍分成 A、B、C 的話，A 木棍會

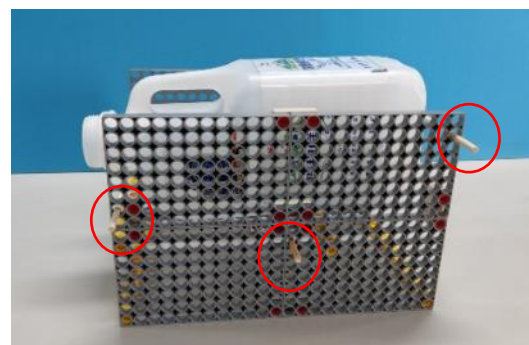
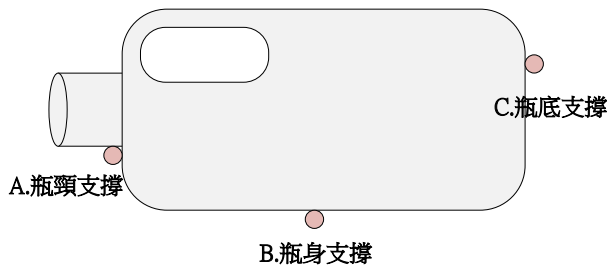


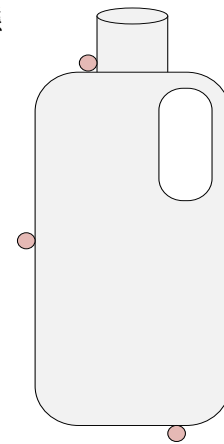
圖 15 積木試做「傾倒輔助架」

在牛奶瓶口下方的位置，做為平躺時的瓶頸支撐；B 木棍會在隔板的正中央的位置，做為平躺時瓶身的主支撐；C 木棍會在牛奶瓶底座中央靠上側的位置，做為直立時瓶底的支撐。

(1)平躺狀態

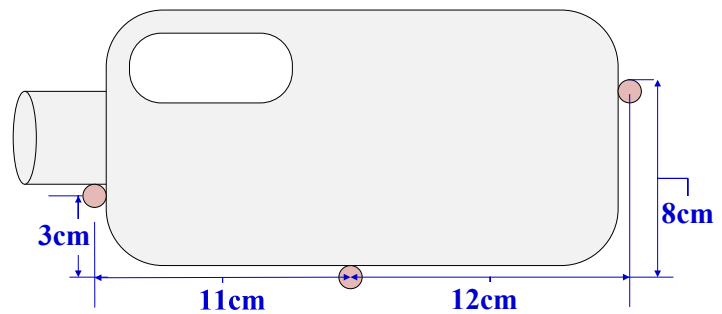


(2)直立狀態



2. 計算出 3 個支撐點的相關位置(距離)

以 5 號瓶瓶身高度 23.4cm、瓶頸離瓶身約 35.1mm 為尺寸依據，經計算及討論後，3 個支撐點的大約相關位置如下圖：



3. 設計輕鬆傾倒的圓弧底結構

為使能輕鬆做傾倒的動作，我們在方形積木板下方增設圓弧形底部結構，將事先做好的積木板黏合在半圓形的保麗龍蛋糕盒蓋上，就完成了第一代的「傾倒輔助架」。



圖 16 第一代的「傾倒輔助架」



圖 17 試倒

(1)測試：省力，操作傾倒動作順暢，可以方便使瓶中的液體順利倒入杯中

(2)優點：結構簡單，材料精簡，只使用 3 支木棍即可支撐

(3)缺點：只使用 3 支木棍，置入瓶子後可能不夠穩固，萬一不小心就會翻倒瓶中的液體

4.加強結構之穩固性-創作第二代

為加強第一代設計的結構穩固性，經討論在瓶身及瓶底部位各增加使用 1 支木棍，共計使用 5 支木棍，設計圖如下：

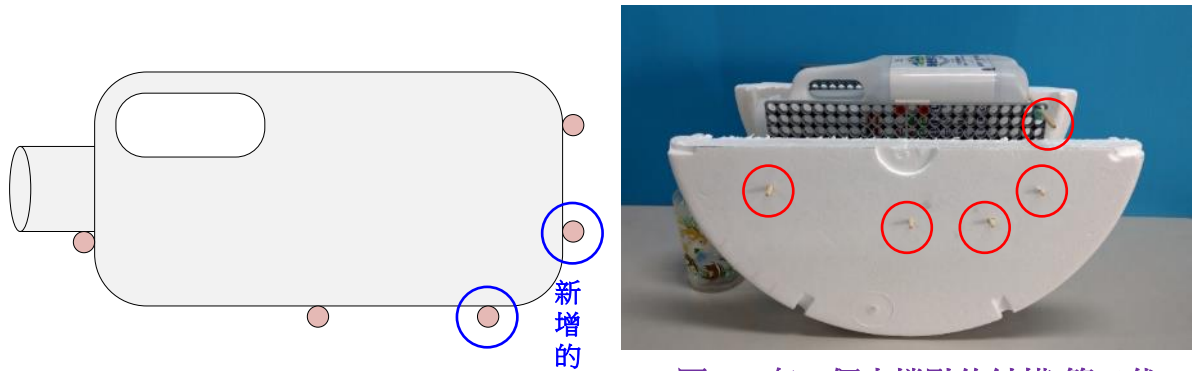


圖 18 有 5 個支撐點的結構-第二代

(1)測試：省力，操作傾倒動作順暢，可以方便使瓶中的液體順利倒入杯中

(2)優點：使用了 5 支木棍，對於瓶子就有 5 個支撐點，使結構更加穩固

(3)缺點：半圓弧形底部，無法使「傾倒輔助架」直式站立固定，不容易將牛奶瓶罐直立裝入架中，容易翻倒

5.修正成可使「傾倒輔助架」直立站起之結構-創作第三代

將瓶底後側多餘的保麗龍板裁去一小部份，保留主要的圓弧形底部，不影響原先設計省力的傾倒動作，就大功告成完成了我們設計的第三代的「傾倒輔助架」。



圖 19 牛奶瓶置入架中



圖 20 開始傾倒牛奶

(1)測試：先將傾倒輔助架直式站立，方便將牛奶瓶罐置入，再開始傾倒，瓶中的液體可以順利倒入杯中

(2)優點：結構簡單，操作省力，傾倒動作順暢，可輕鬆完成倒牛奶的動作

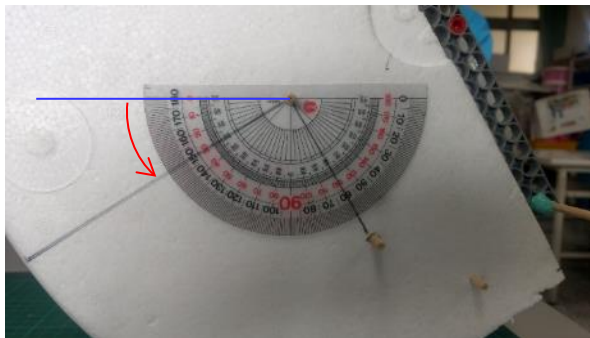
研究三、探討不同條件對罐裝牛奶傾倒時的影響

實驗(三)水量的多少對傾倒過程的影響

步驟：1.事先把量角器中心點挖洞後置入傾倒輔助架的中心點木棍，做為觀測傾倒輔助架在傾倒過程中的角度。

2.倒入 450ml 的水在 5 號瓶子內，再把瓶子直立放到傾倒輔助架上(如圖 21)。

3.開始慢慢傾斜調整傾倒架，從 0、5、10 度.....，直到水從瓶口開始流出，記錄此時的傾倒角度，做為該條件水開始流出來的「起始角度」。



4.重覆第 2、3 步驟，直到水從瓶口開始流出，記錄此時的傾倒角度，做為該條件在傾倒過程中的「最佳角度」。(如圖 22、23)

5.依序改變瓶中盛裝的水量，重覆 2、3、4 步驟，進行多次操作，觀察並記錄結果。



圖 21 直立，0 度開始

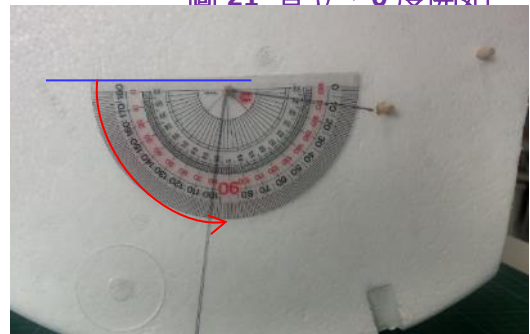


圖 23 傾倒 80 度

水 量	450ml	900ml	1350ml	1800ml
起始角度	95°	80°	70°	60°
最佳角度	100°-105°	90°-95°	80°-90°	70°-80°

※結果與討論：

1.發現水量越多，水在傾倒過程中開始流出來的「起始角度」和較適合傾倒的「最佳角度」都會越小；而水量越少，起始角度和最佳角度都會越大。

2.發現水量多達四分之三以上 1350ml 和 1800ml 的組別，在一開始傾倒的時候水很快就會開始流出來了；因為量較多，所以最佳角度的範圍也會較大。

3.發現水比較容易從瓶口旁出現回漏的時間點有 2 個：第 1 個是在傾倒角度剛超過「起始角度」而倒的速度較慢時；第 2 個是在倒水後準備將瓶子提起時，都會較容易在瓶口旁出現回漏。



圖 24 實驗(三)操作流程-觀測角度

實驗(四)液體的濃度對傾倒過程的影響

(四)-1 液體濃度與傾倒角度的關係

步驟：1.事先把量角器中心點挖洞後置入傾倒輔助架的中心點木棍，做為觀測傾倒輔助架在傾倒過程中的角度。

2.倒入 900ml 的水(不加入麵粉)在 5 號瓶子內，再把瓶子直立放到傾倒輔助架上。

3.開始慢慢傾斜調整傾倒架，從 0、5、10 度.....，直到水從瓶口開始流出，記錄此時的傾倒角度，做為該條件水開始流出來的「起始角度」。

4.重覆第 2、3 步驟，記錄水經過「起始角度」後，開始較大量順暢流出的角度，做為該條件在傾倒過程中的「最佳角度」。

5.依序改變瓶中加入麵粉的量調整水溶液的濃度，重覆 2、3、4 步驟，進行多次操作，觀察並記錄結果。

水溶液	900ml 水	900ml 水+ 50 克麵粉	900ml 水+ 100 克麵粉	900ml 水+ 150 克麵粉	900ml 水+ 200 克麵粉
濃 度	0%	5.26%	10.00%	14.29%	18.18%
起始角度	80°	85°	85°	85°	85°
最佳角度	90°-95°	90°-95°	95°-100°	95°-100°	100°-110°

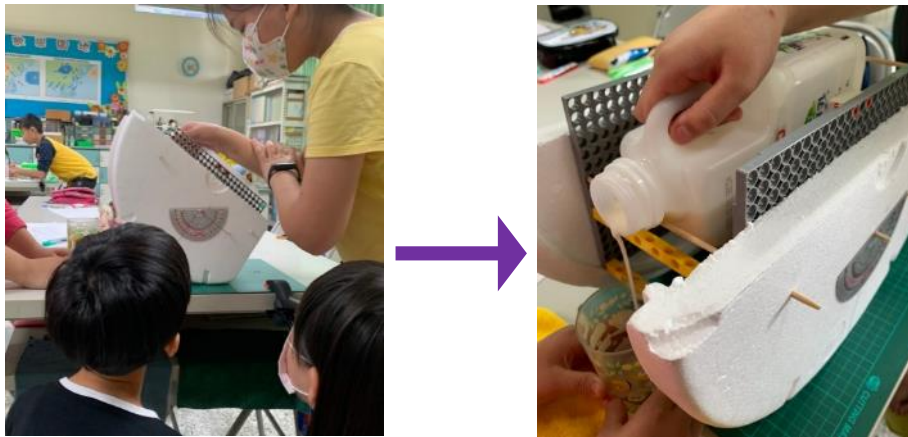


圖 25 實驗(四)操作流程-觀測角度

※結果與討論：

1. 發現水加了麵粉增加濃度後，「起始角度」和「最佳角度」都增加了一些。
2. 發現加了麵粉的「起始角度」都一樣，比清水的角度大了 5° ，在 85° 就會開始流出來了，可能是水溶液變較濃稠的關係。
3. 發現水中加入麵粉較多時，傾倒的「最佳角度」就需要較大，否則就很容易回漏出來。
4. 發現濃度較大的水溶液，在傾倒角度剛超過「起始角度」時，變得更容易從瓶口旁出現回漏；但反而在傾倒後瓶子提起時，較不會在瓶口旁出現回漏。
5. 發現不同的牛奶也有不同的濃度，會影響牛奶流動；為了解不同牛奶流動時的情形，因此，設計實驗進行牛奶黏滯力大小的觀測，如下。

(四)-2 牛奶的黏滯力實測

步驟：1. 事先準備編號 3-13 號瓶的新鮮牛奶，實測該品牌牛奶的黏滯力情形。

2. 另準備一隻長 90cm 的塑膠空管，取其中 80cm 做記號，設定起點與終點，再固定成 30 度角的方式進行操作，空管上方為起點，下方為終點(如圖 26)。

3. 以注射筒固定在空管起點處滴下 0.5ml 的牛奶，並開始



圖 26 牛奶黏滯力實測配置

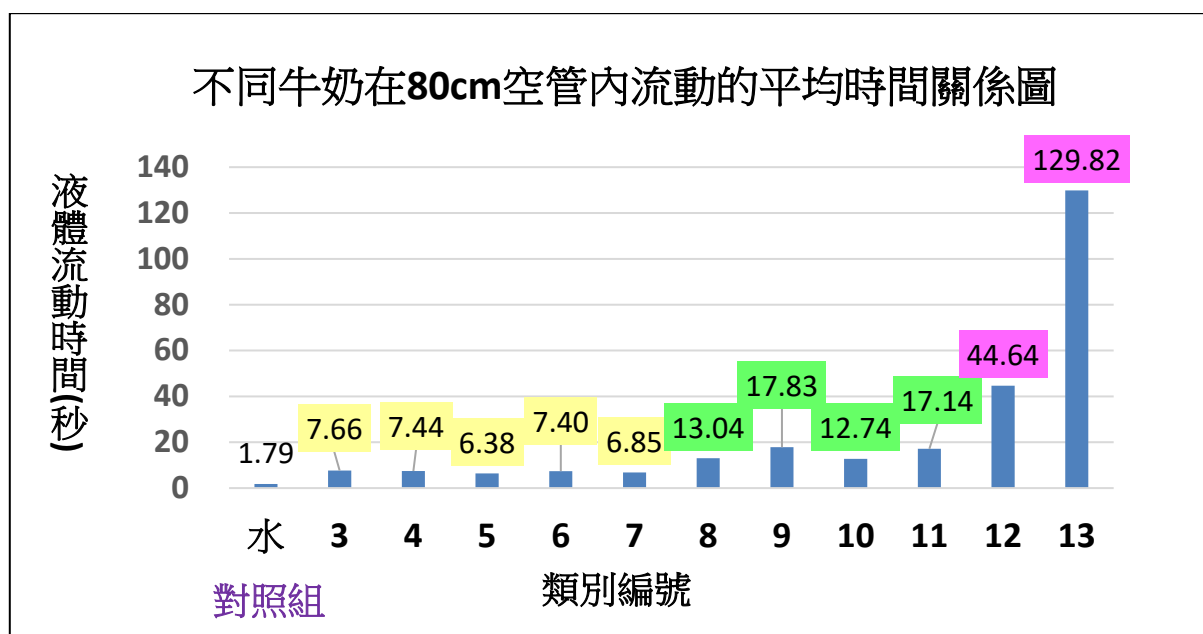


圖 27 液體在管內流動情形

計時，記錄牛奶由起點經過管內流動到終點的時間，每次操作結束更換新的空管，連續操作 3 次，再計算各液體在管內從起點流動到終點的平均時間。

瓶子編號	水(對照)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
第一次	1.82	9.78	7.13	7.47	9.16	7.35	13.4	17.59	14.82	18.66	45.72	124.28
第二次	1.81	5.68	6.09	5.69	7.01	7.38	14.56	19.34	12.48	14.19	41.85	127.87
第三次	1.75	7.53	9.09	5.97	6.03	5.82	11.16	16.57	10.91	18.56	46.34	137.31
平均	1.79	7.66	7.44	6.38	7.40	6.85	13.04	17.83	12.74	17.14	44.64	129.82

單位：秒



※結果與討論：

- 1.在觀測中發現，對照組的水流得最快，2 秒內就到達終點代表水的黏滯力較小；3-11 號瓶的牛奶平均流動時間在 6-20 秒次之；12 及 13 號瓶的優酪乳流得最慢，達 40-130 秒，代表優酪乳的黏滯力較大。
- 2.過程中發現：液體剛流下來時流動的速度會較快，到了空管中間因為有部份液體已經殘留在管壁上，液體量漸漸減少速度就開始變慢，量越來越少，所以就會越流越慢。
- 3.為了解實驗(四)使用之水溶液(水+麵粉)與牛奶黏滯力的關係，將各種不同濃度水溶液進行黏滯力的觀測，方法及步驟同上，結果記錄如下表：

水溶液	900ml 水 (對照組)	900ml 水+ 50 克麵粉	900ml 水+ 100 克麵粉	900ml 水+ 150 克麵粉	900ml 水+ 200 克麵粉
第一次	1.82	2.47	8.09	36.54	168.69
第二次	1.81	2.84	9.06	34.81	173.63
第三次	1.75	2.88	8.68	34.66	159.03
平均	1.79	2.73	8.61	35.34	167.12

單位：秒

- (1)發現 900ml 的水加入的麵粉量 50-100 克組別的平均時間約 2-9 秒，較為接近部份牛奶的黏滯力；加入的麵粉量 150 克組別的平均時間約 35 秒，較接近優酪乳的黏滯力。
- (2)發現 900ml 的水加入的麵粉量 200 克組別的平均時間已接近 3 分鐘，已大於 13 號瓶優酪乳的黏滯力一些；我們也曾嘗試 900ml 的水加入麵粉 250 克，平均時間已超過 20 分鐘還未到達終點，因此，不予以記錄討論。

研究四、提出傾倒罐裝牛奶時較佳的方法

(一)瓶口邊緣增設凸邊(即類似環狀結構)設計

經過研究一的觀測及研究二的實驗，我們發現到「在瓶口上緣凸邊的設計，可以有效減少傾倒牛奶時牛奶的回漏，解決平時倒牛奶常漏出的問題。」因此，建議大型罐裝乳品在瓶口上緣做凸邊的設計，並且在瓶子的製作過程中就一體成型完成製作，不必採用外加的方式，省時又方便。



圖 28 瓶口增設凸邊結構

(二)傾倒輔助架設計成可調整之結構

- 1.本研究中編號 1、2 為超商專用瓶，非一般市售罐裝牛奶；而容量小於 1000ml 的編號 14-17 的瓶子使用上較輕巧，傾倒時較無問題。因此，本研究最終改良設計以編號 3-13 容量在 1800-2000ml 的瓶子作為討論對象。
- 2.根據前述第三代「傾倒輔助架」規格，只適用於 5 號瓶大小的尺寸，為使改良設計之作品尺

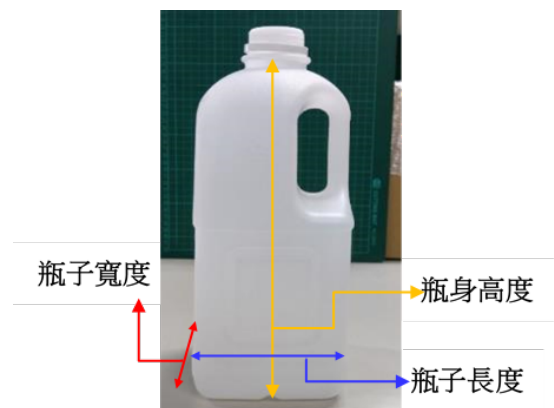


圖 29 瓶子規格測量說明

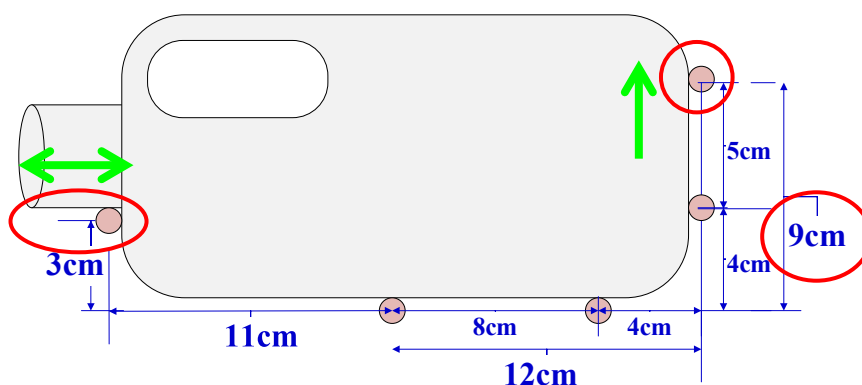
寸也能適用其他相類似規格的瓶子，因此，將編號 3-13 號的瓶子長度、寬度及瓶身高度依序測量統計如下表五，作為第四代作品設計的尺寸依據。

※表五 編號 3-13 號瓶規格記錄表

瓶子編號	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
瓶子長度(cm)	9.9	12.3	11.5	10.2	10.9	10.3	10.5	10.0	10.3	11.5	11.5
瓶子寬度(cm)	9.8	8.5	8.8	9.7	9.5	9.7	9.7	9.8	9.3	8.6	8.6
瓶身高度(cm)	25.0	23.3	23.4	23.6	23.7	23.6	23.6	23.6	24.3	23.6	23.6

※結果：發現編號 3-13 號瓶的瓶子長度範圍大約為 9.5-12.5cm，瓶子寬度範圍大約為 8-10cm，瓶身高度範圍大約為 23-25cm。

3.根據瓶子長度範圍 9.5-12.5cm 重新修正〔瓶底支撐〕的木棍位置由原來的 8cm 往上調整為 9cm；瓶身高度範圍 23-25cm 修正〔瓶頸支撐〕木棍設計為可調整位置的方式，修正後之支撐位置配置如下圖。



4.測量一般常用杯子高度，估算出水平方向支撐的木棍高度大約設計在 13cm 處。




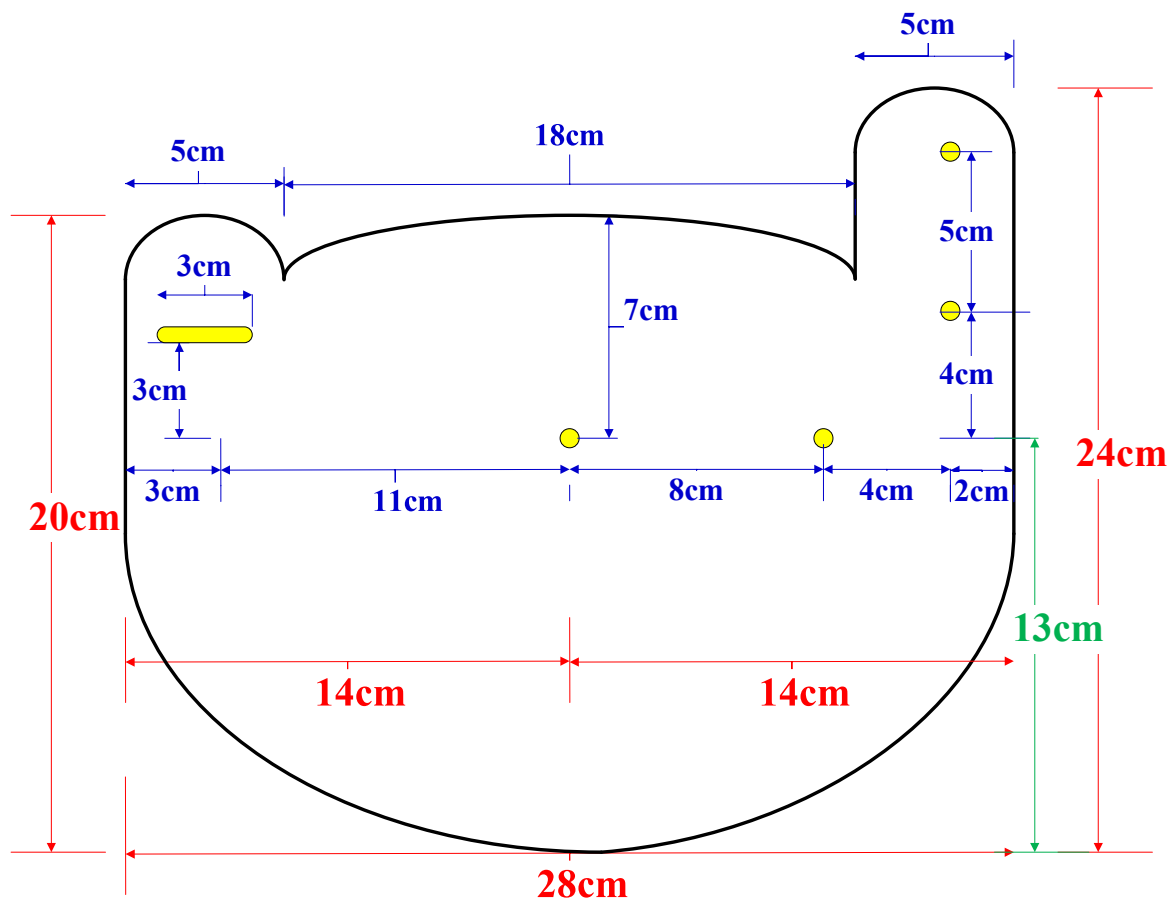

杯子			
高度	8.7cm	9.7cm	10.8cm



圖 30 一般常用水杯小、中、大

5. 搭配圓底結構，並加以修飾周邊圓角後，第四代「傾倒輔助架」側面設計圖如下。



※說明：●及  表示是挖孔洞及溝槽的位置

6. 結合瓶口邊緣凸邊設計及第四代「傾倒輔助架」，實際操作傾倒牛奶。

(1) 第四代「傾倒輔助架」作品



圖 31 組裝完成的第四代「傾倒輔助架」

(2) 瓶口加上自製環狀套環動手實測-倒牛奶



牛奶瓶直立放入架內



開始傾倒



牛奶快流出來了



牛奶順利流出



慢慢提起瓶口



牛奶不會再回漏了

圖 32 使用傾倒輔助架實際倒牛奶的流程

(3) 輕輕鬆鬆就完成了倒牛奶的動作，而且也不會再漏出牛奶了。

7. 結合實驗(三)傾倒角度的概念，在第四代「傾倒輔助架」旁加上角度搭配顏色區塊標示，增進視覺化輔助效果。

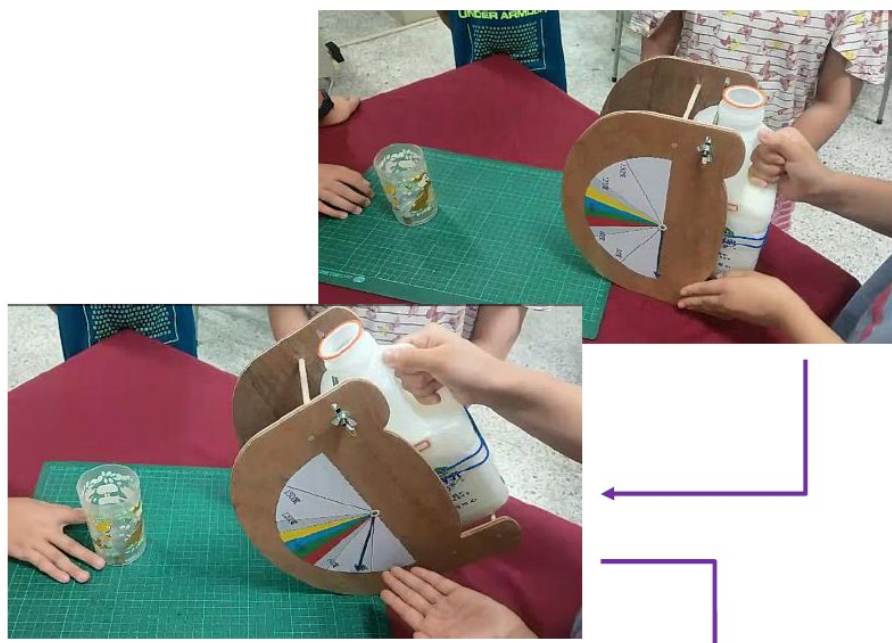


圖 33 增加角度顏色區塊的第四代「傾倒輔助架」

※表六 不同液體量在傾倒時較佳角度與顏色區塊對照表(以 1800ml 瓶子估算)

液體量	四分之一 450ml	四分之二 900ml	四分之三 1350ml	全滿 1800ml
起始角度	95°	85°	70°	60°
最佳角度	100°-110°	90°-100°	80°-90°	70°-80°
顏色區塊	黃色	藍色	綠色	紅色

(1) 實測倒牛奶：先將全滿的牛奶瓶直立放入架內，再慢慢傾倒牛奶



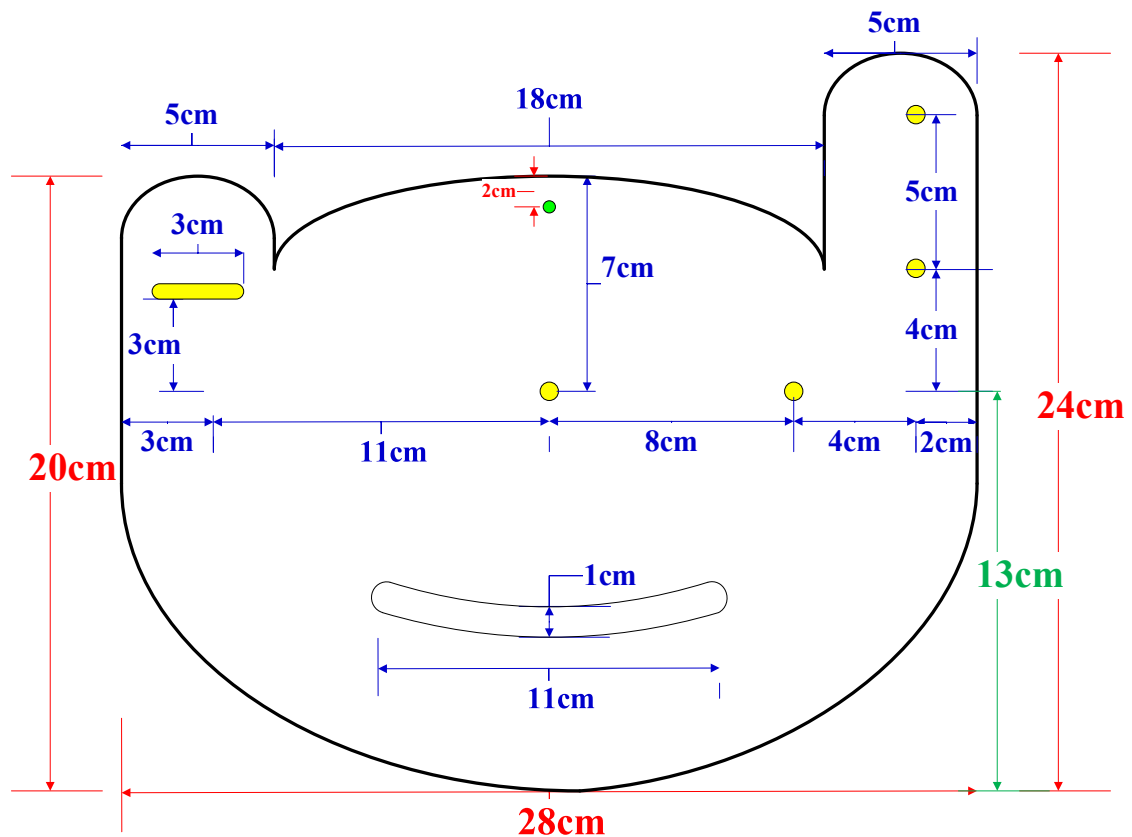
(2)當指針指向「紅色」區塊時，為全滿時的「最佳角度」



圖 34 使用第四代傾倒輔助架實際倒牛奶

8.使用壓克力製作，並改為溝槽滾珠方式指示角度，成為第五代「傾倒輔助架」。

- (1)原設計木製傾倒輔助架容易受潮，不易清潔，改以壓克力材料製作
- (2)原先設計之指針式角度指示，指針易凹折變形或卡住，改設計以溝槽滾珠方式作為角度指示，成為第五代「傾倒輔助架」。設計圖如下：



(3)依設計圖製作完成的第五代「傾倒輔助架」。



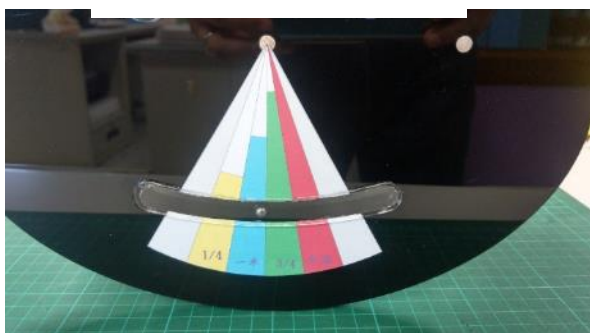
圖 35 第五代-傾倒輔助架作品



牛奶瓶直立放入架內



開始傾倒



利用鋼珠在溝槽中滾動
指示目前傾倒架的角度



牛奶順利流出

圖 36 使用第五代傾倒輔助架操作流程

伍、討論

- 一、我們觀測市面上罐裝乳製品瓶子，常見容量可區分為 900-1000ml 及 1800-2000ml；高度大約是 20-28cm 間，以約 26cm 居多；紙盒包裝都以「斜式」瓶口型式，其餘大多是「平式」的瓶口；容量在 1800ml 以上較大瓶的牛奶大多附有握把。
- 二、在研究一之(二)「觀察不同瓶子傾倒液體時的情形」這個觀測中，我們發現瓶口邊緣的結構形狀會影響倒牛奶時是否會回漏的這個問題；瓶口採圓弧形邊緣設計的(如圖 37)，在傾倒時由於圓弧狀的邊緣會因為液體的黏滯力使液體沿著邊往螺紋位置流過去，因此較容易出現回漏的情況；採凸邊設計的(如圖 38)，因為凸邊的設計能夠把水擋住不易讓水沿著邊往螺紋位置流過去，因此較不容易有回漏情形出現。



圖 37 瓶口採圓弧形邊緣設計



圖 38 瓶口採凸邊設計

- 三、在實驗(一)中發現 9 個原本在倒水過程中會回漏的瓶子，只要加上了自製的環狀套環就不會有回漏的情形；且液體不會再殘留於瓶口螺紋上，大大的增加了衛生條件。
- 四、從研究二的表三中，我們發現編號 3-13 的瓶子滿瓶牛奶的重量大約在 1960-2150 克之間，尤其是 3、12 及 13 號瓶更重，都大於 2000 克；如此的重量對於我們手持瓶子傾倒牛奶是很大的負擔，尤其是小朋友更加困擾。因此，本研究聚焦在較大容量 1800-2000ml 的瓶子傾倒改良探討。
- 五、實驗(二)設計製作傾倒輔助架，透過計算 3 個支撐點位置製作出第一代傾倒輔助架，雖操作方便、省力將液體倒出，但發現 3 個支撐點不夠穩固，於是再增加 2 個支撐點，提高穩固性，完成第二代傾倒輔助架。然而第二代傾倒輔助架底部為半圓弧狀不利瓶身站立，討論後將瓶底多餘保麗龍做裁切，設計出能省力且操作方便地將液體倒出、瓶身穩固又能站立的第三代傾倒輔助架。

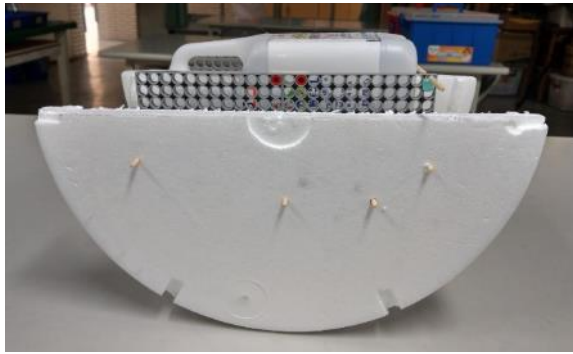


圖 39 第二代傾倒輔助架



圖 40 第三代傾倒輔助架

六、在實驗(三)中發現水量越多，水在傾倒過程中開始流出來的「起始角度」和較適合傾倒的「最佳角度」都會越小。水量達四分之一(約 450ml)，傾倒的最佳角度大約是 100° - 105° ；水量達一半(約 900ml)，傾倒的最佳角度大約是 90° - 95° ；水量達四分之三(約 1350ml)，傾倒的最佳角度大約是 80° - 90° ；水量全滿(約 1800ml)時，在一開始傾倒時，水很快就開始流出來了，傾倒的最佳角度大約是 70° - 80° 。

七、實驗中發現水比較容易從瓶口旁出現回漏的時間點有 2 個：第一個是在傾倒角度剛超過「起始角度」且倒的速度較慢時；第二個是倒完水要提起瓶子的時候；但是我們發現只要裝上自製環狀套環水就不會再回漏下來。

八、在實驗(四)中發現瓶內水溶液濃度越大「起始角度」和「最佳角度」都會增加。實驗中也發現濃度較大的水溶液，在傾倒角度剛超過「起始角度」時，變得更容易從瓶口旁出現回漏，反而在倒水後瓶子提起時，較不會在瓶口旁出現回漏。



圖 41 秤重後調配加麵粉的水溶液

九、實驗中觀測發現：不同液體在固定長度的管子內流動，平時流動時間最短的是水，表示黏滯力較小，其次是牛奶，流動時間最長的是優酪乳，表示優酪乳的黏滯力較大。在實驗中也發現 900ml 的水加入的麵粉量 50-100 克組別的平均時間約 2-9 秒，較為接近部份牛奶的黏滯力，可以做為結果的對照說明參考。

- 十、本研究設計製作的第四代「傾倒輔助架」，規格大小長約 28 公分、寬約 13 公分、高約 24 公分，透過可調整瓶頸位置的設計，可以容許放置的瓶罐大小範圍為長度約 9-15 公分、寬度在 11.5 公分以內及瓶身高度約 23-25 公分的罐裝瓶。一般 1800-2000ml 的乳製品罐裝瓶均可適用。並在傾倒輔助架旁加上角度搭配顏色區塊標示，增進視覺化輔助效果。
- 十一、修正原先木製傾倒輔助架，改以壓克力材料製作；並改善原指針式角度指示器易凹折變形或卡住的問題，設計以溝槽滾珠方式作為角度指示，成為第五代「傾倒輔助架」。

陸、結論

- 一、研究發現市面上罐裝乳製品瓶子中，部份瓶子在傾倒過程中會有回漏的情形，經討論推測可能原因是瓶口採圓弧形邊緣設計；在經過利用自製的環狀套環實驗驗證後，得知加上套環(即凸邊設計)，就可以改善在傾倒牛奶時的回漏情況。
- 二、經實測發現小朋友對於較大容量(1800-2000ml)的罐裝瓶在傾倒時感到較困擾，也因為重量較重(大約 2000 克)，因此，大瓶裝乳製飲品的傾倒方式是極待改良的。透過我們設計製作的「傾倒輔助架」，以後倒牛奶時就可以不用再手拿那麼重的牛奶瓶了。
- 三、瓶裝液體的量較多時，傾倒的角度較小液體就會開始流出來，也較容易回漏，因此，傾倒滿瓶牛奶時，更要特別小心，大人可多加協助；研究中發現如果能將傾到的角度控制在約 70°-80°，應該是較佳的。
- 四、研究中發現液體的濃度也會影響傾倒過程中回漏的情況，濃度較大的液體，例如：優酪乳，在傾倒角度剛超過「起始角度」時，變得更容易從瓶口旁出現回漏，但反而在傾倒後瓶子提起時，較不會在瓶口旁出現回漏。
- 五、綜合以上研究的觀測與實驗，我們設計製作並提出傾倒罐裝牛奶時不回漏的較佳方法：
- (一)瓶口的凸邊設計改良；透過自製環狀套環實驗驗證，可以改善在傾倒牛奶時的回漏情況，顯示凸邊設計可以有效改善傾倒時的回漏，建議未來瓶罐工廠在生產時就可以考慮一體成型的製作有凸邊設計的瓶罐。
- (二)運用自製傾倒輔助架：我們透過 2 個瓶身支撐點、2 個瓶底支撐點及 1 個可活動調整位置的瓶頸支撐點設計，就可以適用在長度約 9-15 公分、寬度約 11.5 公分以內及瓶身高度約 23-25 公分的中大型 1800-2000ml 罐裝瓶。設計出能省力且操作方便，就能



將牛奶倒出，瓶身穩固又能站立的傾倒輔助架。



圖 42 第四代傾倒輔助架

圖 43 第五代傾倒輔助架

柒、參考資料

- 一、水流倒退嚕-研究水的附壁現象(2013)•高雄市第 53 屆中小學科學展覽會•取自
http://science.kh.edu.tw/science/article_docs/tyjh/53/532001009.pdf
- 二、台視新聞/發現科學-倒水四處亂噴?倒著倒平穩不易亂灑(2015 年 12 月 24 日)•取自
<https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=201477>
- 三、企鵝隊長的筆記本/生活小撇步——倒飲料，如何不外漏？(2015 年 8 月 2 日)•取自
<http://waddling-penguin.blogspot.com/2015/08/blog-post.html>
- 四、李慧菁、張博欽(2019)•第三單元-水的奇妙現象•國民小學自然與生活科技第四冊(4 下)•
臺南：翰林。
- 五、陳尹芄、楊睿緣(2005)•杯子與茶壺的對話•中華民國第 45 屆中小學科學展覽會•取自
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/senior/0401/040112.pdf>
- 六、掌心美數碼/每日頭條-物理學家的蛋疼研究：怎樣不灑不漏、優雅地倒茶？(2016 年 10
月 20 日)•取自 <https://kknews.cc/science/a5bmrq.html>
- 七、謝佳銘、石展豪、陳柏仰(2010)•叛逆的水流—茶壺效應之探討•中華民國第 50 屆中小學
科學展覽會•取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/040103.pdf>

【評語】 082917

「科技始終來自於於人性」。小朋友要倒出大容量瓶裝液體時，因操作不易，容易使液體回漏。於是引發小朋友透過實驗、討論，設計出使液體不回漏的環狀套環，並結合自製「傾倒輔助架」，解決生活中遭遇的問題，體現生活與應用科學的運用。

壹、研究動機

每天早上，媽媽都會請我們自己倒牛奶來喝，每次倒大瓶的罐裝牛奶時，總是會因為手的力道控制不好而不小心讓牛奶從瓶口旁漏出來，弄髒了桌面，遭到媽媽數落；因此，自己就不太敢再倒牛奶，常希望能找大人幫忙，有時大人沒空就會很困擾。所以，我就想：「到底是什麼原因讓牛奶漏出來呢？是技術不好嗎？還是我的力氣不夠？」很想要找個方法來解決這個問題，於是，就和幾位同學一起進行這個研究。

貳、研究目的

- 一、探討傾倒牛奶時是否漏出的情形。
- 二、探討傾倒罐裝牛奶漏出的改善方式。
- 三、探討不同條件對罐裝牛奶傾倒時的影響。
- 四、提出傾倒罐裝牛奶時較佳的方法。



參、研究設備與器材

牛奶瓶、電子游標尺、直尺、量杯、電子秤、積木、木棍、保麗龍盒蓋、碼錶、塑膠管、注射筒、傾斜儀、麵粉、自製傾倒輔助架、水杯、量角器、鋼珠、Tinkercad軟體、3D列印機。

肆、研究過程及方式

研究一、探討傾倒牛奶時是否漏出的情形

(一) 觀測市面上不同罐裝瓶子的條件

我們蒐集了市面上常見的中大型乳製品空瓶，依照討論的記錄項目，先定義後著手對空牛奶瓶進行觀測與記錄，結果如下表：

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
廠牌	瑞穗鮮乳	乳香世家鮮乳	義美鮮乳	綠光鮮乳	瑞穗鮮乳	乳香世家鮮乳	林鳳營鮮乳	光泉鮮乳	柳營鮮乳	英泉鮮乳	福樂鮮乳	AB優酪乳	LP33優酪乳	乳之初鮮乳	光泉牛乳	義美鮮乳	瑞穗鮮乳
瓶子容量(ml)	4530	2400	2000	1892	1858	1857	1857	1857	1857	1837	1830	1830	1830	990	936	946	930
瓶子高度(cm)	26	21.8	27.3	25.5	26	26	26.1	26.1	26.1	26	26.7	25.8	25.8	19.8	24.3	21.5	21.5
瓶口高度(cm)	2.4	2.3	2.3	2.2	2.6	2.4	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4	2.2	2.2	2.1	2.3	1.4	1.4
瓶身高度(cm)	23.6	19.5	25.0	23.3	23.4	23.6	23.7	23.6	23.6	23.6	24.3	23.6	23.6	17.7	22.0	19.7	19.7
瓶頸位置(mm)	63.6	38.5	28.9	44.4	35.1	28.8	34.1	30.3	30.8	31.9	33.2	33.7	33.7	20.7	16.4	3.6	4.8
瓶口內徑(mm)	33.6	28.5	29.4	30.2	33.2	30.8	30.8	30.3	28.9	30.7	29.2	32.9	32.9	39.6	28.8	20.4	20.4
瓶口外徑(mm)	40.2	34.8	35.8	34.5	39.5	35.0	34.0	34.2	34.5	35.0	34.0	39.5	39.5	44.9	35.0	22.2	22.2
瓶口型式	平	平	平	平	平	平	平	平	平	平	平	平	平	平	平	斜	斜
握把有無	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有	無	無	無	無
罐裝材質	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	塑膠	紙盒	紙盒



瓶口內徑



瓶口外徑

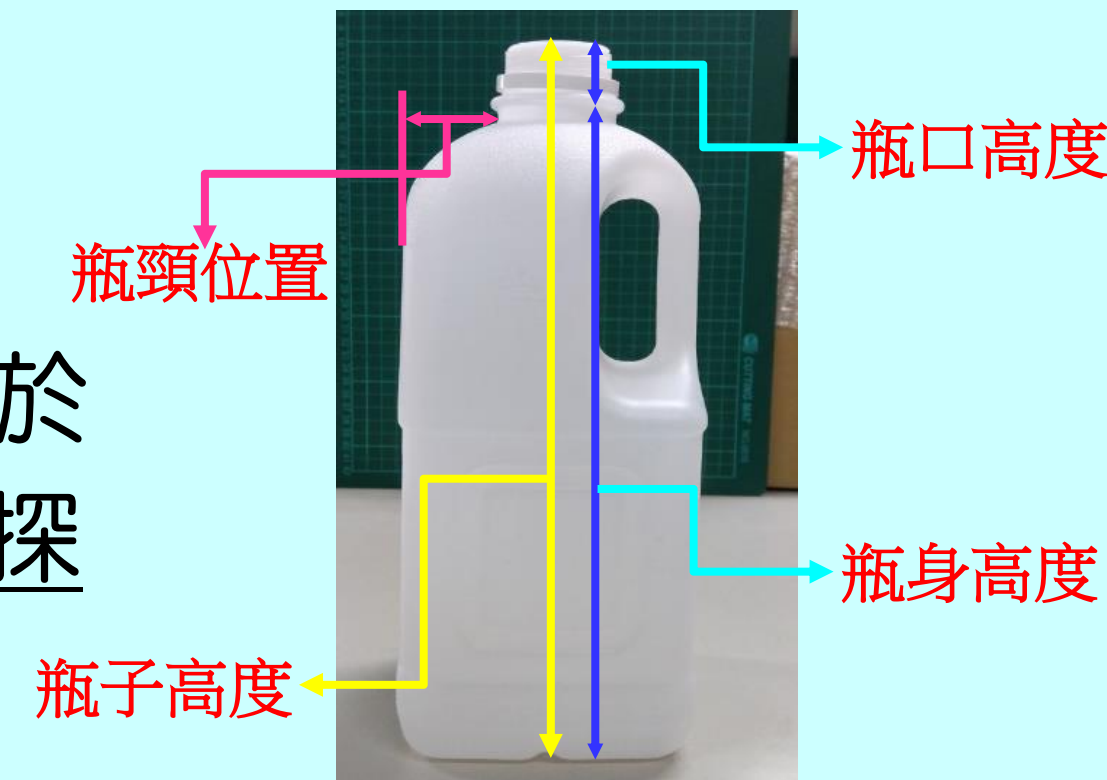


瓶口「斜」的

瓶口「平」的

*結果與討論：

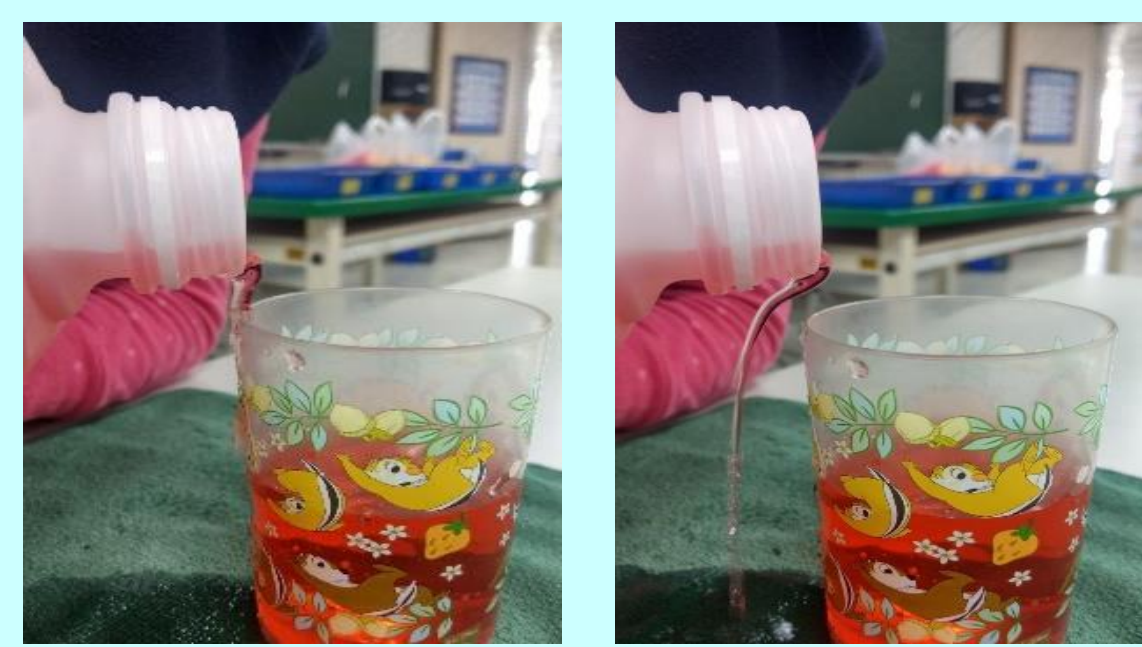
1. 瓶子容量大概可以區分為900-1000ml、1800-2000ml及2000ml以上。
2. 瓶子的高度大約是20-28cm間，以約26cm居多。
3. 編號1及編號2的瓶子為超商專用瓶，非一般市售使用的瓶子，及容量小於1000ml的瓶子，在使用上較輕巧，傾倒時較無問題；因此，本研究後續探究的瓶子容量設定在1800-2000ml之間，即編號3-13的瓶子。



(二) 觀察不同瓶子傾倒液體時的情形

分別將編號3-13號的瓶子，裝入每瓶約三分之二容量的水，再以手持方式每人輪流個別操作，觀察瓶子中的水在傾倒時是否漏出，記錄於下表中。

編號	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
廠牌	義美鮮乳	綠光鮮乳	瑞穗鮮乳	乳香世家鮮乳	林鳳營鮮乳	光泉鮮乳	柳營鮮乳	英泉鮮乳	福樂鮮乳	AB優酪乳	LP33優酪乳
瓶子容量(ml)	2000	1892	1858	1857	1857	1857	1857	1837	1830	1830	1830
裝水容量(ml)	1333	1261	1239	1238	1238	1238	1238	1225	1220	1220	1220
回漏情形	×	△	△△	△	×	△	△	△	△△	△	△
瓶口邊緣	凸邊	半圓弧	全圓弧	半圓弧	凸邊	半圓弧	半圓弧	半圓弧	全圓弧	半圓弧	半圓弧



編號5瓶子回漏情形



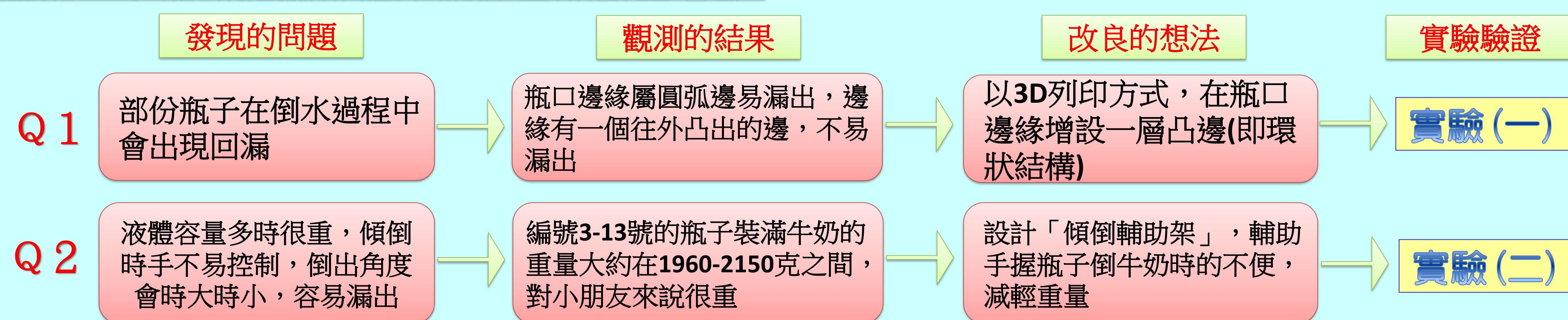
瓶口邊緣結構

*記錄說明：△表示在倒完水瓶口抬高時才回漏(△回漏一點點、△△回漏許多)、×表示沒有出現回漏

*結果與討論：

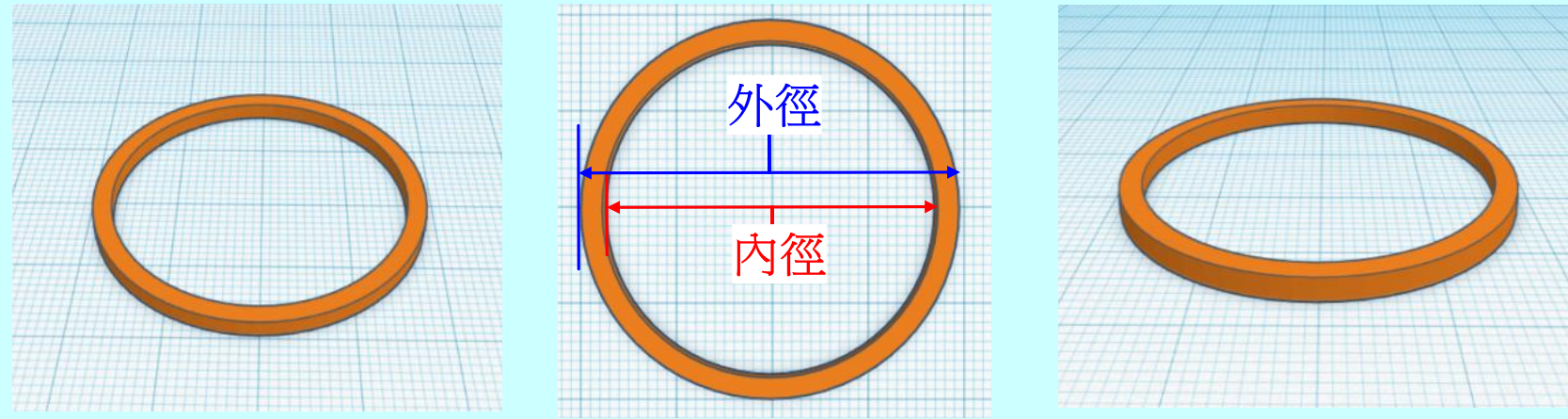
1. 倒水時水不會直接滴漏至杯外，通常是倒水停止瓶口往上提起時，水才會從瓶口邊緣回漏下來。
2. 發現回漏的的瓶子瓶口邊緣大都具有圓弧形結構，觀測中有2個瓶子瓶口邊緣多了一個凸邊的設計，這些瓶子就沒有出現回漏的現象。

研究二、探討傾倒罐裝牛奶漏出的改善方式



實驗(一) 瓶口增設環狀結構對傾倒漏出之影響

編號4、5、6、8、9、10、11、12、13的瓶子出現回漏情形，本實驗以這9個瓶子做為改善倒水時回漏情形之探討。



瓶子編號	4	5	6	8	9	10	11	12	13
漏出結果	×	×	×	×	×	×	×	×	×



已黏合環狀套環的9個瓶子



未加上自製環狀套環的瓶口回漏情形



加上自製環狀套環不再會回漏

* 結果與討論：

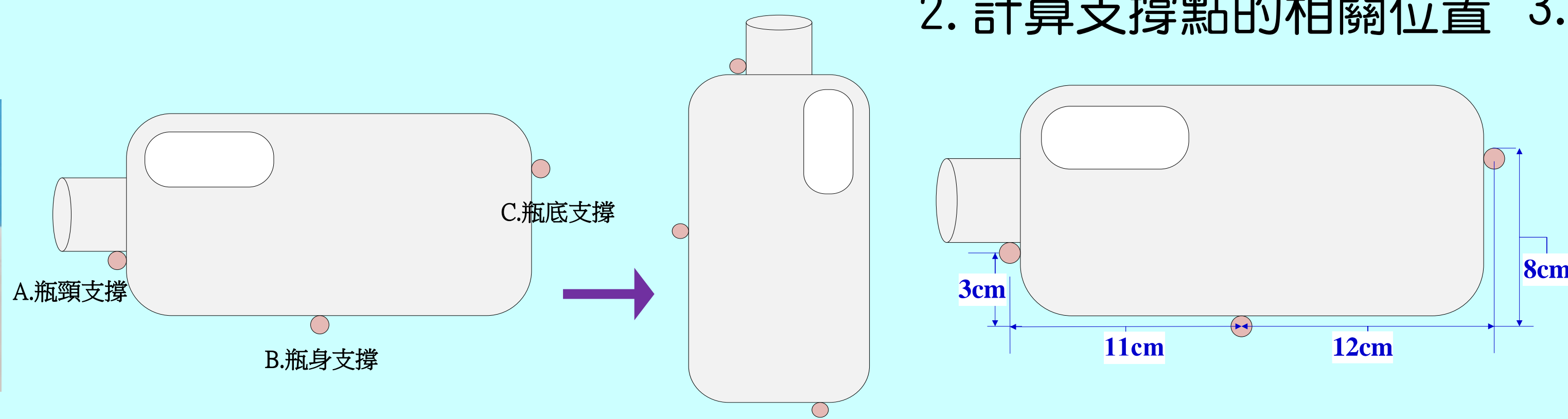
1. 加上套環後液體就不會殘留在螺紋上，大大改善過去不衛生的情形了。
2. 發現9個原本在倒水過程中會回漏的瓶子，只要加上了自製的環狀套環就不會有回漏的情形。

實驗(二) 傾倒輔助架改良設計之探討

1. 找出支撐點



積木試做「傾倒輔助架」



2. 計算支撐點的相關位置 3. 設計輕鬆傾倒的圓弧底結構



第一代「傾倒輔助架」

4. 加強結構之穩固性-創作第二代



5個支撐點的第二代結構

5. 修正成可直立站起之結構-創作第三代



牛奶瓶置入架中



開始傾倒牛奶

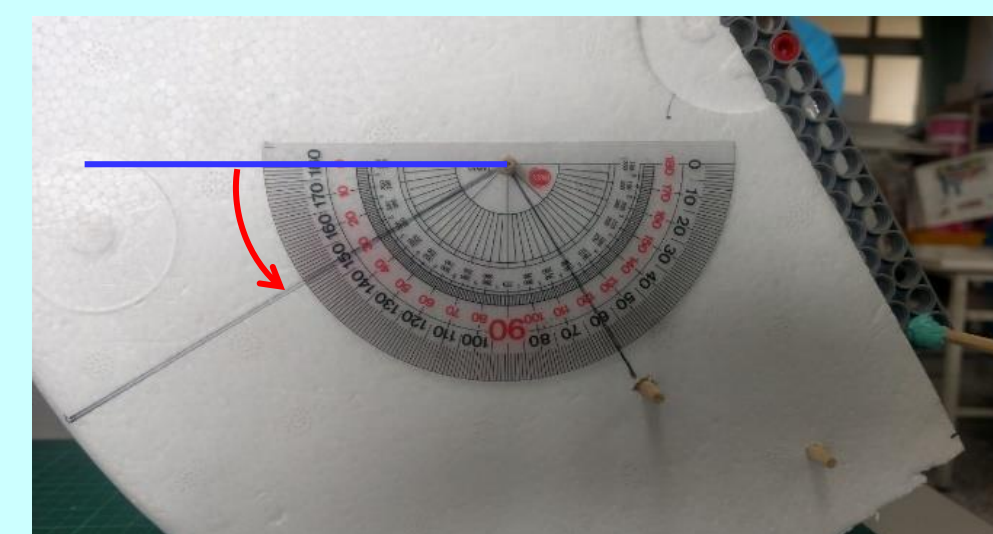
研究三、探討不同條件對罐裝牛奶傾倒時的影響

實驗(三) 水量的多少對傾倒過程的影響

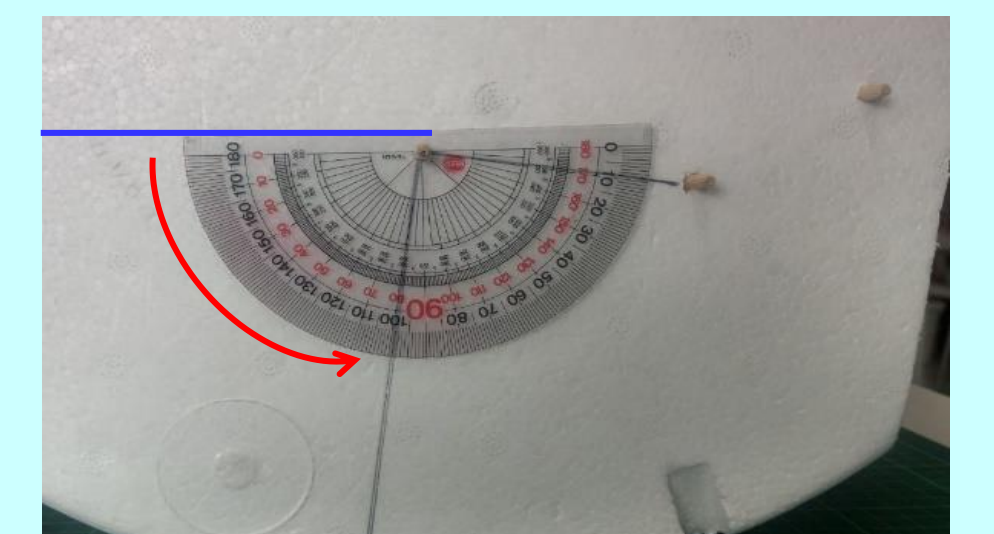
水量	450ml	900ml	1350ml	1800ml
起始角度	95°	80°	70°	60°
最佳角度	100°-105°	90°-95°	80°-90°	70°-80°



直立，0度開始



傾倒30度



傾倒80度

* 結果與討論：

1. 發現水量越多，水在傾倒過程中開始流出來的「起始角度」和較適合傾倒的「最佳角度」都會越小；而水量越少，起始角度和最佳角度都會越大。
2. 發現水比較容易從瓶口旁出現回漏的時間點有2個：第1個是在傾倒角度剛超過「起始角度」且倒的速度較慢時；第2個是在倒水後準備將瓶子提起時，都會較容易在瓶口旁出現回漏。

實驗(四) 液體的濃度對傾倒過程的影響

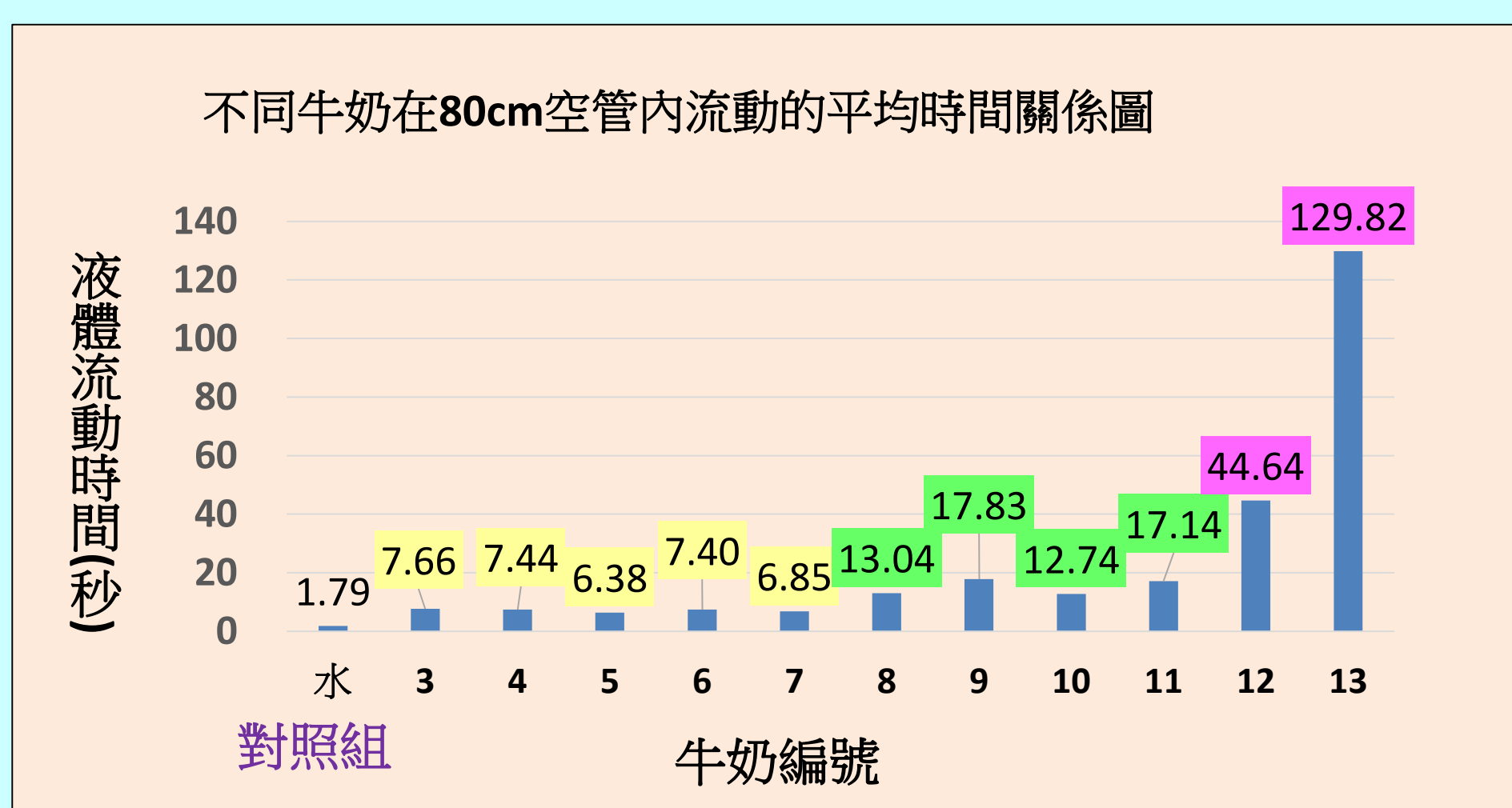
水溶液	900ml水	900ml水+50克麵粉	900ml水+100克麵粉	900ml水+150克麵粉	900ml水+200克麵粉
濃度	0%	5.26%	10.00%	14.29%	18.18%
起始角度	80°	85°	85°	85°	85°
最佳角度	90°-95°	90°-95°	95°-100°	95°-100°	100°-110°
黏滯力觀測	1.79秒	2.73秒	8.61秒	35.34秒	167.12秒



操作流程-觀測角度



* 牛奶的黏滯力實測：



* 結果與討論：

1. 發現水加了麵粉增加濃度後，「起始角度」和「最佳角度」都增加了一些。水中加入麵粉較多時，傾倒的「最佳角度」就需要較大，否則就很容易回漏出來。
2. 發現濃度較大的水溶液，在剛超過「起始角度」時，變得更容易從瓶口旁出現回漏；但反而在瓶子提起時，較不會出現回漏。
3. 發現900ml的水加入麵粉50-100克組別的黏滯力實測平均時間約2-9秒，較為接近部份牛奶的黏滯力；加入麵粉150克組別的平均時間約35秒，較接近優酪乳的黏滯力。

研究四、提出傾倒罐裝牛奶時較佳的方法

(一) 瓶口邊緣增設凸邊(即類似環狀結構)設計

經過研究一觀測及研究二實驗，發現「在瓶口上緣凸邊的設計，可以有效減少傾倒牛奶時牛奶的回漏，解決平時倒牛奶常漏出的問題。」因此，建議大型罐裝乳製品在瓶口上緣作凸邊的設計，並且在空瓶製作過程中就一體成型完成製作，不必採用外加的方式，省時又方便。



原瓶口圓弧邊結構

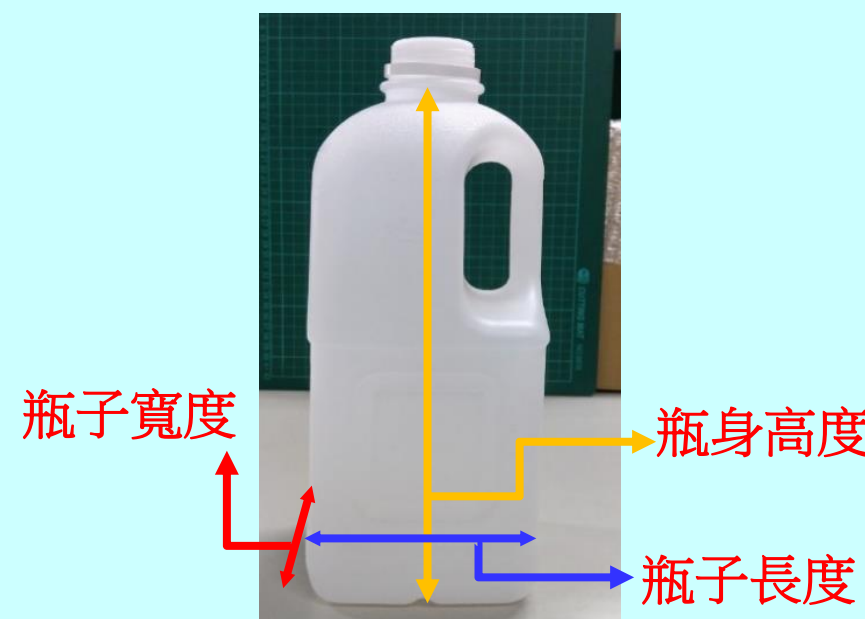
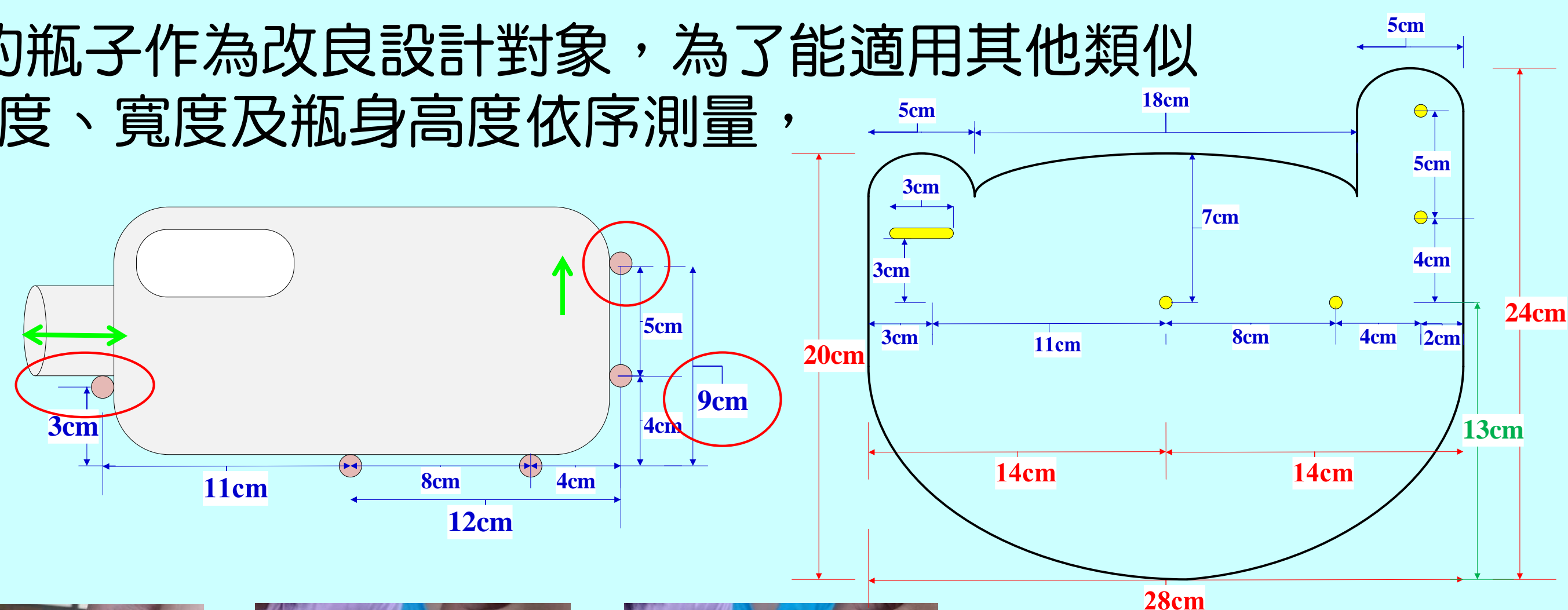


瓶口增設凸邊結構

(二) 傾倒輔助架設計成可調整之結構

以編號3-13號容量1800-2000ml的瓶子作為改良設計對象，為了能適用其他類似規格的瓶子，特別將3-13號瓶子的長度、寬度及瓶身高度依序測量，作為後續作品設計的尺寸依據。

瓶子編號	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
瓶子長度(cm)	9.9	12.3	11.5	10.2	10.9	10.3	10.5	10.0	10.3	11.5	11.5
瓶子寬度(cm)	9.8	8.5	8.8	9.7	9.5	9.7	9.7	9.8	9.3	8.6	8.6
瓶身高度(cm)	25.0	23.3	23.4	23.6	23.7	23.6	23.6	23.6	24.3	23.6	23.6



牛奶瓶直立放入架內



牛奶順利流出



慢慢提起瓶口



牛奶不會再回漏了



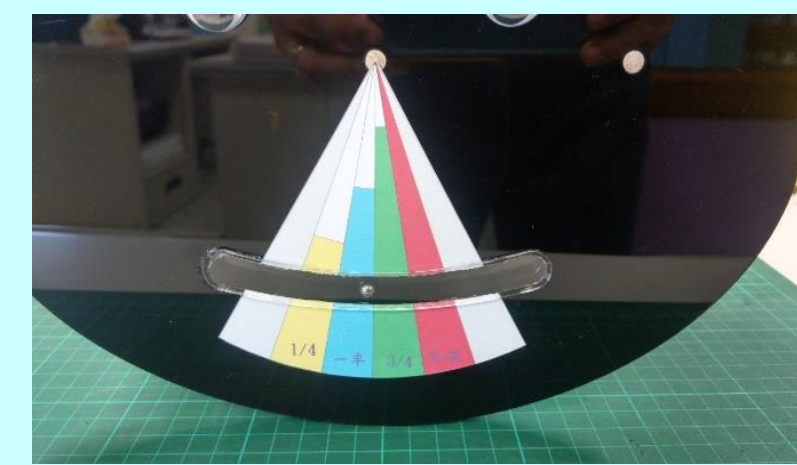
第四代「傾倒輔助架」

伍、討論

- 從研究二中發現3-13號瓶裝滿牛奶的重量大約在2000克左右，如此的重量對於我們手持瓶子傾倒牛奶是很大的負擔，對於小朋友更加困擾。因此，本研究聚焦在較大容量瓶子傾倒的改良探討。
- 實驗(二)製作傾倒輔助架，透過計算3個支撐點位置製作出第一代傾倒輔助架，雖操作方便可省力將液體倒出，但發現3個支撐點不夠穩固，於是再增加2個支撐點，提高穩固性，完成第二代傾倒輔助架。然而第二代傾倒輔助架底部為半圓弧狀不利瓶身站立，討論後將瓶底多餘保麗龍做裁切，設計出能省力且操作方便地將液體倒出，瓶身穩固又能站立的第三代傾倒輔助架。
- 實驗(三)中發現水量越多，水在傾倒過程開始流出的「起始角度」和較適合傾倒的「最佳角度」都會越小。水量達四分之一(約450ml)，傾倒最佳角度大約是100°-105°；水量達一半(約900ml)，傾倒最佳角度大約是90°-95°；水量達四分之三(約1350ml)，傾倒最佳角度大約是80°-90°；水量全滿(約1800ml)時，在一開始傾倒時，水很快就開始流出來了，傾倒的最佳角度大約是70°-80°。
- 實驗中發現水比較容易從瓶口旁出現回漏的時間點有2個：第一個是在傾倒角度剛超過「起始角度」且倒的速度較慢時；第二個是倒完水要提起瓶子的時候；但是我們發現只要裝上自製環狀套環水就不會再回漏下來。
- 研究四修正原先木製傾倒輔助架，改以壓克力材料製作；並改善原指針式角度指示器易凹折變形或卡住的問題，設計以溝槽滾珠方式作為角度指示。

液體量	四分之一 450ml	四分之一 900ml	四分之三 1350ml	全滿 1800ml
起始角度	95°	85°	70°	60°
最佳角度	100°-110°	90°-100°	80°-90°	70°-80°
顏色區塊	黃色	藍色	綠色	紅色

不同液體量在傾倒時較佳角度與顏色區塊對照



利用鋼珠在溝槽中滾動指示目前傾倒架的角度

陸、結論

- 研究發現市面上罐裝乳製品瓶子中，部份瓶子在傾倒過程中會有回漏情形，經討論推測可能原因是瓶口採圓弧形邊緣設計；在經過利用自製的環狀套環實驗驗證後，得知加上套環(即凸邊設計)，就可以改善在傾倒牛奶時的回漏情況。
- 經實測發現小朋友對於較大容量(1800-2000ml)的罐裝瓶在傾倒時感到較困擾，也因為重量較重(大約2000克)，因此，大瓶裝乳製飲品的傾倒方式是極需改良的。透過我們設計製作的「自製傾倒輔助架」，以後倒牛奶時就可以不用再用手拿那麼重的牛奶瓶了。
- 瓶裝液體的量較多時，傾倒的角度較小液體就會開始流出來，也較容易回漏，因此，傾倒滿瓶牛奶時，更要特別小心，大人可多加協助；研究中發現較佳的傾到角度應控制在約70°-80°。
- 研究中發現液體的濃度也會影響傾倒過程中回漏的情況，濃度較大的液體，例如：優酪乳，在傾倒角度剛超過「起始角度」時，變得更容易從瓶口旁出現回漏，但反而在傾倒後瓶子提起時，較不會在瓶口旁出現回漏。
- 綜合以上研究的觀測與實驗，我們設計並提出傾倒罐裝牛奶時不回漏的較佳方法：
 - 瓶口的凸邊設計改良；透過自製環狀套環實驗驗證，可以改善在傾倒牛奶時的回漏情形，顯示凸邊設計可以有效改善傾倒時的回漏，建議未來瓶罐工廠在生產時就可以考慮一體成型的製作有凸邊設計的瓶罐。
 - 運用自製傾倒輔助架：透過2個瓶身支撐點、2個瓶底支撐點及1個可活動調整位置的瓶頸支撐點設計，可以適用在長9-15公分、寬11.5公分以內及瓶身高度23-25公分的中大型1800-2000ml罐裝瓶。設計出能省力且操作方便，就能將牛奶倒出，瓶身穩固又能站立的傾倒輔助架。



第五代「傾倒輔助架」

柒、參考資料

- 水流倒退嚕-研究水的附壁現象(2013)•高雄市第53屆中小學科學展覽會•取自 http://science.kh.edu.tw/science/article_docs/tyjh/53/532001009.pdf
- 台視新聞/發現科學-倒水四處亂噴?倒著倒平穩不易亂灑(2015年12月24日)•取自 <https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=201477>
- 李慧菁、張博欽(2019)•第三單元-水的奇妙現象•國民小學自然與生活科技第四冊(4下)•臺南：翰林。
- 陳尹芃、楊睿緣(2005)•杯子與茶壺的對話•中華民國第45屆中小學科學展覽會•取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/senior/0401/040112.pdf>
- 謝佳銘、石展豪、陳柏仰(2010)•叛逆的水流-茶壺效應之探討•中華民國第50屆中小學科學展覽會•取自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/040103.pdf>