

省了五塊錢

初小組應用科學科第一名

台北縣秀朗國民小學

作者：方濬哲、黃啓慧
等五人

指導教師：曹定智、徐天賜

一、研究動機

街道旁和商店前，我們常常可以看到一部電動的體重計。有一次，我們去逛街，經過了這個體重計，大家都很想上去秤一秤，看看自己的體重增加了多少，但是我們都沒有五元硬幣，我們感到又生氣，又不方便。

後來在同學的積極的討論及老師的指導下，我們嘗試了下面的各種實驗。

二、研究目的

- (一)找出最準確的自製體重計。
- (二)利用水壓製成準確的體重計。
- (三)探討「輪胎壓力秤」內水量的多少，與輪胎接觸面積大小，對水管水面上升高度的關係及影響。
- (四)增加秤體重的範圍，及移動方便的體重計。

三、研究器材

- (一)大、中、小水桶各一個。
- (二)熱水袋、軟木塞、透明玻璃管。
- (三)大、中、小廢棄的汽機車內胎。
- (四)3分、2分、1分的透明塑膠管。
- (五)量杯一個。(一公升)
- (六)踏板、木箱(放體重計)、刻度長條板。

- (七)紅墨水、廣告顏料、奇異筆。
- (八)大圓規。
- (九)全開圖畫紙數張。
- (十)標準的體重計一個。
- (十一)計算機。
- (十二)泰豐 10 吋汽車內胎一個（新）。

四、研究過程

問題一：那一種自製體重計，最好用？

實驗(一)：班上共同討論，自製體重計的構想：

方法(一)：翹翹板大天平：利用遊戲場之翹翹板，一端圍起來，蒐集各種石頭做「砝碼」，事先秤好——分別有 20 公斤、10 公斤、5 公斤、2 公斤、1 公斤。使用時，人坐一端，另一端放石頭，平衡時，讀出石頭重量的總和。

吊秤：利用遊戲場之高雙槓，用一條繩子，兩端分別放入堅固的籃子和踏板，掛在槓子上，用上面石頭砝碼，來秤出一個人的體重。

結果(一)：(1)場地受限制，繩子有摩擦力，不準確。
(2)用石頭砝碼，多次嘗試平衡，浪費時間。
(3)人站在上面不穩定，且不精確。
都不是一個好秤子，我們繼續另外研究。

實驗(二)：水秤的製作：

方法(二)：(1)從「曹冲秤象」來的靈感。
(2)拿一個大水桶，裝半桶水。再拿中小水桶，底部放一些砂來穩定重心，正放在水中，上面放「石頭砝碼」，分別在水桶旁吃水的地方畫下刻度。
(3)東西放下時，讀出吃水的刻度重量。

結果(二)：(1)如果用日本人洗澡的大木桶，就可秤出人的體重。
(2)受水的影響，桶子非常容易搖晃，不穩定。
(2)受器材的限制，也不是一個好秤子，我們繼續討論。

實驗(三)熱水袋壓力秤：從水秤中，啓發我們利用水來量體重的靈感。

方法(三)：(1)將水袋灌滿自來水。

(2)找一個中間有孔的木塞，插入玻璃管。

(3)將玻璃管再接上透明塑膠管。

(4)將熱水袋置於地上，塑膠管固定在牆上。

(5)找幾位已知體重的人，如 15、20、25 公斤站上去，並畫在塑膠管水上升的地方畫上刻度。

(6)人站上去就量出體重了。

結果(三)：(1)穩定，是一個不錯的秤子。

(2)在水中加一些紅墨水就更清楚。

(3)但有一些缺點：

①秤太重則水衝出水管，無法秤。

②站上去會左右搖動，不準確。

③無法秤重的人。

④我們一下子站上去，結果——熱水袋暴裂。

實驗失敗，我們討論改良的辦法，有人說用籃球或樂樂球，但不理想，最後……。

實驗(四)：「輪胎壓力秤」的產生：經過改良，我們使用偉士牌機車「內胎」。

方法(四)：(1)將內胎裝滿自來水，加紅墨水。

(2)灌自來水時，必須一邊灌，一邊將氣嘴向上，以便將空氣趕出，反覆操作，直到完全充滿水爲止。

(3)在氣嘴上套上透明塑膠管。

(4)做一個踏板，並於適當處鑽孔，以便透明塑膠管穿過，並在中央畫上兩個脚印。

(5)內胎置在牆邊，垂直立起塑膠管，並在其後附上白紙，固定於牆上。

(6)制定“公斤”刻度尺：

①用水桶、水盆裝水，在標準體重計上先秤出 5 公斤，10 公斤的水，然後放在“輪胎壓力秤”上，並在升高

的水面上畫下刻度。15 公斤也一樣畫上。

②找已知或先秤出體重的人，如 20、25、30……公斤站上去，並畫下刻度。

③在每 5 公斤之間，等分成 5 等分，為每一公斤的刻度。

④重覆三次實驗，並觀察水面上升的穩定性。

(7)人站上去，就可以秤出體重。

結果(四)：(1)做三次實驗，得知重量和水面上升成穩定增加的關係，並與歸零時的高度有關。

(2)在所有自製體重計中，是最理想適用的體重計。

(3)加上木板較穩定，不易搖晃，但仍要站在中間。

(4)能準確而迅速的量出體重。

(5)但仍有缺點：

①仍不能秤太重的體重，如老師，不能超過 60 公斤。

②每次使用時，都必須調整歸零。

③不夠精確，且範圍較小。

④搬動不易，必須靠牆角，且一移動就要重新畫刻度，非常不便。待我們研究改進。

問題二：那一種大小的「內胎壓力秤」最實用？

實驗(五)：比較各輪胎，不同重量，水面上升情形。

方法(五)：重覆前面實驗(四)中，制定公斤刻度尺的步驟，分別對中輪胎（10 吋），大輪胎（12 吋），記錄刻度。

結果(五)：由三次實驗中得知：

(1)中輪胎最大極限可秤 140 公斤。大輪胎可秤 200 公斤以上。

(2)發現中、大輪胎在使用後，彈性疲乏，很慢歸零。中輪胎需要 47 秒，大輪胎却要 252 秒才能回復。

(3)中、大內胎的實用性，必需視實際的需要來決定，但以中輪胎較實用，且歸零時間較短。

實驗(六)：比較那種「內胎壓力秤」，最精確？

結果(六)：三次秤量結果

(1)小內胎在此精確多了。

(2)內胎越大，敏感度及精確度越低。

(3)那種內胎最好用，必須看實際需要而定。量體重以中、小內胎最理想。

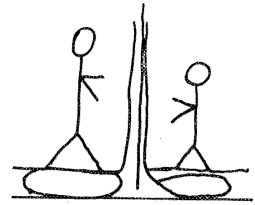
實驗(七)：小內胎不同時間的多次使用，能保持準確嗎？

結果(七)：只要所放物體的重心固定（不傾斜）。踏板上的位置不變，所得的結果是準確的。

實驗(八)：如何做出最理想的體重計。

方法(八)：(1)解決搬移時，重量公斤刻度重覆問題。

(2)找出能精確測出輕重物體的秤子。



結果(八)：(1)做出放置內胎的水箱，並固定刻度木尺在上面。

(2)分別將中、小內胎置於兩邊是最理想的體重計。（如圖）

問題三：水管粗細、彎曲會影響水面上升高度嗎？

實驗(九)：水管粗了一倍，水面會剩下一半嗎？

方法(九)：分別用 2 分、3 分、4 分的水管，接上小內胎。

結果(九)：以 4 分水管水面最低，但並沒有顯著下降。

實驗(十)：水管彎曲，會影響水面高低嗎？

方法(十)：(1)接上 15 尺透明 2 分水管於小內胎。

(2)分別繞 1 圈、2 圈、3 圈、4 圈，並觀察不同體重水面上升情形。

結果(十)：(1)以繞四圈的水管的水面最低，但也沒有顯著的下降。

(2)由此可知，內胎壓出的水量，並不是固定的。

問題(四)：踏板的大小，會影響水面上升的高度嗎？

實驗(十一)：比較使用大、中、小踏板時（放在小內胎上），水面上升的情形。

結果(十一)：使用中、大踏板時，水面穩定的升高 1 至 3 公分。

問題(五)：胎內水量和內胎與踏板間的接觸面積，會影響水面上升高度嗎？

實驗(十二)：求內胎，踏板間的接觸面積。

方法(十二)：(1)先將大張圖畫紙，用圖釘固定在踏板的“背面”。

(2)調好紅色廣告顏料，並塗上輪胎表面。

- (3)將踏板取開，便可“拓印”出接觸面積大小的情形。
- (4)用一端接上藍色奇異筆的大圓規，畫出經過“拓印”內外的大小兩圓。接觸面積=大圓面積-小圓面積(計算機)。

結果(±)：大圓半徑 21 公分，小圓半徑 14 公分

$$21 \times 21 \times 3.14 - 14 \times 14 \times 3.14 = 769.3 \Rightarrow \text{接觸面積}$$

實驗(±)：內胎水量改變，使“接觸面積”和水面上升產生變化。

方法(±)：(1)同一個人，體重 31 公斤。

(2)準備一公升量杯。

(3)把水管放下。

(4)一脚先輕踏上，壓出定量的水到量杯中。

(5)再測量體重，觀察水面高度，計算接觸面積。

(6)小輪胎每次遞減半公升。中輪胎每次遞減 1 公升。比較之間的關係。

結果(±)：(1)增加面積=接觸面積-歸零面積(96 cm²)

(2)內胎與踏板的接觸面積，和水面上升高度之間，有一奇妙的關係——相乘的積接近體重公斤值的一千倍，也就是公克值。

問題六：新舊內胎的彈性差異，會影響「接觸面積」，及「水面上升高度」嗎？

實驗(±)：調查各種新內胎之間，是否有很大差異？

結果(±)：(1)各種輪胎的價格差不多，其中以泰豐、固特異、南港較好，也是老板口中所說的「正牌」。

(2)「正牌」內胎的品質、彈性都較穩定，加壓不易變形，彼此間的彈性都差不多，沒有很大的差異。

實驗(±)：新內胎在不同重量，水面上升情形。

方法(±)：使用泰豐、10 吋中型汽車內胎，重覆前面實驗(四)。

結果(±)：(1)新內胎平均歸零時間是 41 秒，比舊內胎的 47 秒，彈性好了許多。

(2)新內胎的水面上升，比舊內胎的水面上升緩和。如在 140

公斤時，舊內胎水面上升為 164 公分，而新內胎水面上升只有 149 公分。

實驗(六)：新內胎中水量改變，「接觸面積」和「水面上升」與舊內胎的比較。

結果(六)：(1)新內胎中的「接觸面積」比舊內胎的稍大。

(2)新內胎中的「水面上升」比舊內胎的略低。

(3)它們的積同樣有接近體重公斤值一千倍的關係。(即體重公克值)

問題(七)：自製體重計算的準確嗎？

實驗(七)：比較一天內，不同時間的準確情形。

方法(七)：(1)全班挑出20位高矮胖瘦不同體重的小朋友。

(2)用標準體重計測出實際體重。

(3)分別在上午 9 點、和下午 1 時用自製體重計秤體重。

結果(七)：有非常高的準確性。

實驗(八)：長期使用下的準確情形

方法(八)：20位同學，於兩星期及一個月後重測。並比較標準體重及自製體重計所量的體重。

結果(八)：一個月後的自製體重計，因水量蒸發而水面降低，使測量結果，普遍稍為降低。

實驗(九)：踏板搖晃的改善：討論所得解決方法有以下：

(1)在木箱四周刻凹槽做樺，使踏板固定，只能上下活動。

(2)踏板下四個角、墊上海棉、彈簧等。

其中以海棉、彈簧較為實用且方便。

結果(九)：(1)以加彈簧及海棉最為理想，踏板搖晃情形得到顯著改善。

(2)加了彈簧的彈性緩衝，所以可以秤更重的物品，仍能保持準確。

五、討 論

(一)實驗結果得到自製「輪胎壓力秤」是最實用的。其中以小內胎最精確，且橡皮的胎皮不易彈性疲乏。又以中、大輪胎能測得較重

的物品。

- (二)從實驗過程中，我們發現水管的粗細、彎曲或踏板的形狀大小，都不是真正影響水面上升的原因，真正有直接關係的是內胎與踏板間的接觸面積，接觸面積大，就分散體重壓力，使水壓減少，導致水面降低。
- (三)從接觸面積的觀點來看，受測量者所站的位置是否在中央，會影響面積的大小，而使結果誤差，所以在踏板中間必需畫上所踏的脚印。
- (四)從問題七全班的秤量體重中，“輪胎壓力秤”有非常高的準確性，只要在最初有精確的畫定刻度指標，則所得結果必定相當可信。
- (五)我們曾試將水管的一端堵死，結果水上升、下降都不容易，無法秤出體重。
- (六)長期使用時，水容易被空氣蒸發，也會影響答案，所以當我們不用時，必需將水管開口蓋起來。或在使用前，用滴管加水來歸零。
- (七)內胎在灌水時，必需完全將空氣趕出。量體重時，水面才能穩定上升。
- (八)在製定公斤刻度尺時，我們以每5公斤內等分畫刻度所秤的結果，和實際標準體重是一樣的。所以用此方法製定刻度是可行的。

六、結 論

- (一)經過這些實驗知道，想要秤重的東西，必須使用大輪胎來測量，這是因為大輪胎使內胎和踏板的接觸面積增大，而使水面降低，所以能秤更重的東西。
- (二)內胎與踏板間的接觸面積，與水面升高的高度，有密切的關係。同一體重如果接觸面積變大（如胎內水減少時），相對的，水面就會降低。它們的關係是

體重（公克數）接近於水面高度×接觸面積

這個關係我們可以在自然科學百科全書中：

$$\text{壓力} = \frac{\text{外力}}{\text{面積}} = \text{高度} \times \text{密度} \quad \left(\begin{array}{l} \text{幼獅少年百科全書} \\ \text{第十冊，111頁} \end{array} \right)$$

因爲體重就是外力，又水的密度是 1，化簡得到

$$\text{體重} = \text{接觸面積} \times \text{水面高度}$$

從這裏我們證明了，上述實驗所得的結果是正確的。

- (三)但是實驗(三)，我們所得的結果：接觸面積×水面高度的積，却稍大於“體重”克數；這是因爲拓印所得的外皮面積，比實際接觸水的面積略大所造成的結果。
- (四)從發現接觸面積和水面高度關係後，我們即便沒有畫刻度表，也可以從接觸面積×水面高度後除以 1000，而計算出體重的近似值。
- (五)新舊內胎的彈性（實驗(六)）中看出，由於新內胎的彈性較佳，使新內胎受壓時，會膨脹得較大，因而「接觸面積」稍微變大，使壓力減小，導致水面降低。
- (六)從實驗(五)中也能知道，新內胎同樣有量體重時準確的穩定性。
- (七)設計製造體重計時，我們可以改良接觸踏板的水袋形狀（即面積）。想稱重物，則設計大接觸面；使水面不至於上升太快。想稱輕的物品，則設計小的接觸面，使測量會更敏感而準確。
- (八)「輪胎壓力秤」中的內胎是一個密閉的容器。可用「巴斯卡原理」來解釋：一密閉容器內，流體內某一部分受到壓力時，此壓力可傳至其內部各點，而且不論傳達多遠，其壓力強度不變。這種原理做成的「水壓測重機」，還可以改良來支撐更重的物體。工業所用的「油壓起重機」，就是這個原理的推廣。（參考環華百科全書，第 1 冊，136 頁，巴斯卡原理）

評 語

本作品引用之原理雖極爲簡單，但要使秤能初步使用，涉及的變因相當多，在製作過程中，發生了許多問題，均能逐一將其探討、解決，使學童在設計過程中，培養了科學的精神以及逐步解決問題的能力與思考程序，故其得獎，不在此秤有什麼特別之創見，而在其過程相當符合科學之精神，以往雖有以同樣原理做秤的研習，但本作品就習作同學程度而言，其過程、內容及方法均較以往之作品有明顯上差異，是優異的科學習作。