

物體在運動中的重量—— 我在升降梯中

國中組物理科第二名

高雄縣阿蓮國民中學

作者：姚堃方、廖正吉

沈添富、蔡勝義

指導教師：李 暄、石天財

一、研究目的

(一)研究目的：物體在與地心引力作各種相對運動時的重量改變情形。

(二)次要目的：1.學習個人電腦直接運用在科學問題上的技術。
2.實習我們選修課電子工所學到的電子技術。

二、研究設備器材

(一)我們的小型升降機

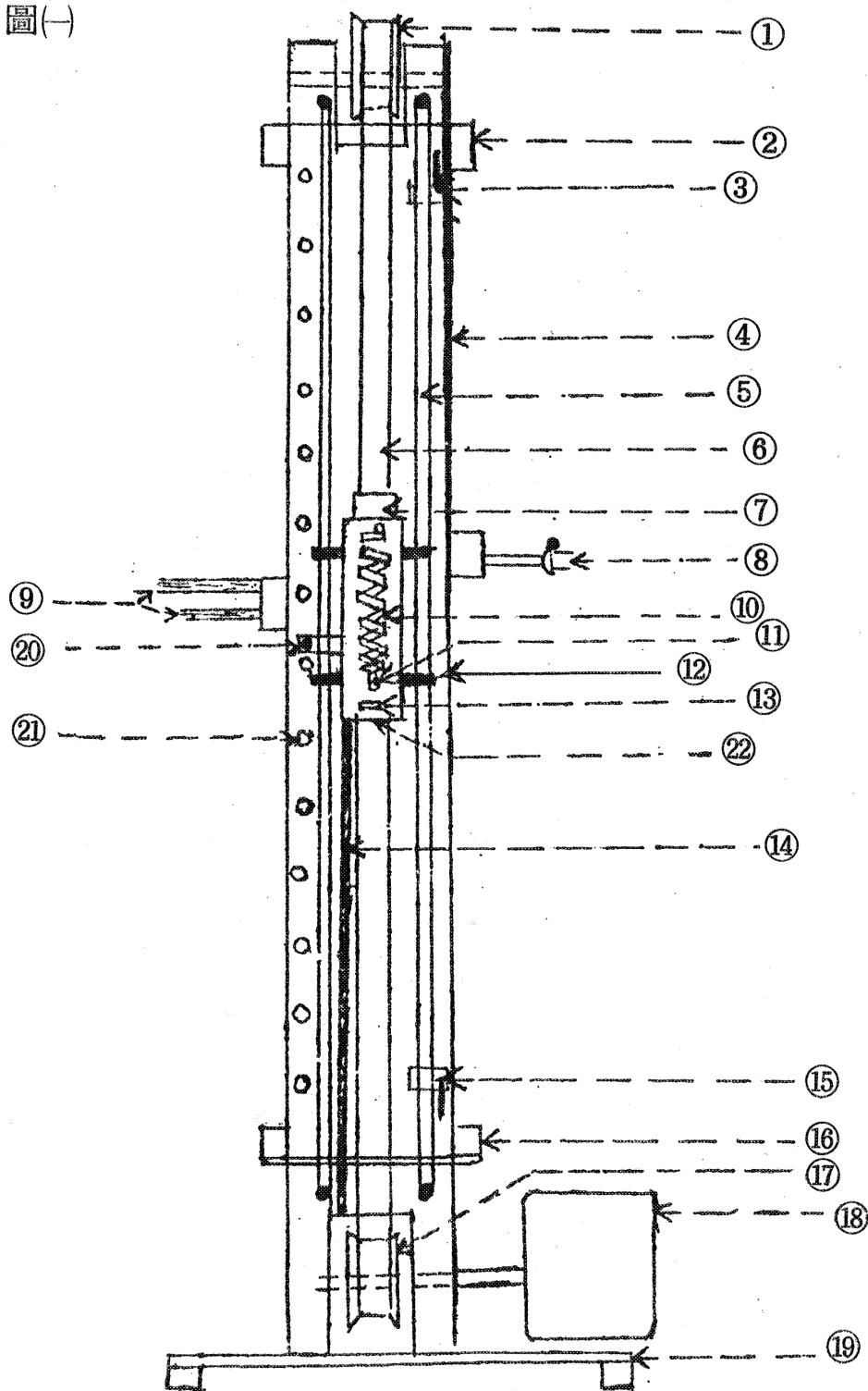
1.機械構造：如圖一

說明：

- (1.) ⑰上下皮帶輪：鐵製，內裝軸承，請鐵工廠代車製。上掛布帶⑥作為升降體⑳的傳動帶。
- (2.) ⑱上下限制帶：廢內胎橡皮製，限制⑳的上下運動範圍。
- (3.) ⑲上下限制電開關：使與(2)⑱同步切斷電磁鐵⑦的電流，使⑳與布帶⑥脫離。
- (4.) ⑳機架及機座：厚約 1.5 cm 的夾板組成。
- (5.) 升降體軌道：二支不銹鋼管製成，可以限制升降體的軌道，也因此而引進摩擦力，經多次試驗滑動鉤㉑仍以滑動式比較好。因為如果改成滑動輪，則輪子太小，容易損壞，好在摩擦較大處祇在起點和終點附近，（布帶牽引上下關係）可以在電腦顯示幕上看見，所以可以實測方式之彌補。

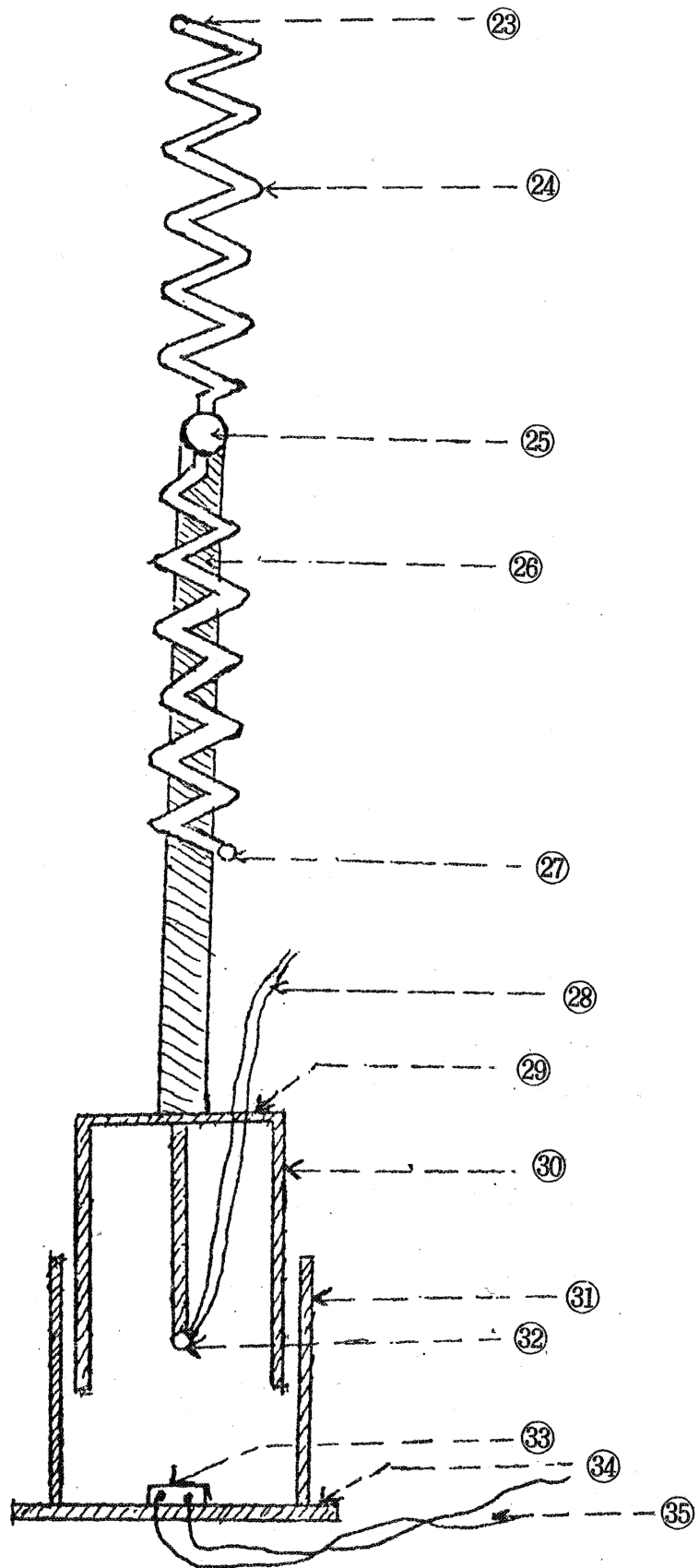
(6.) 牽引布帶：即普通傳動布帶約 360cm 長，當調整電動機輸入電壓時，布帶的速度可以分別控制在 140cm/s，120cm/s，100cm/s。

圖(一)

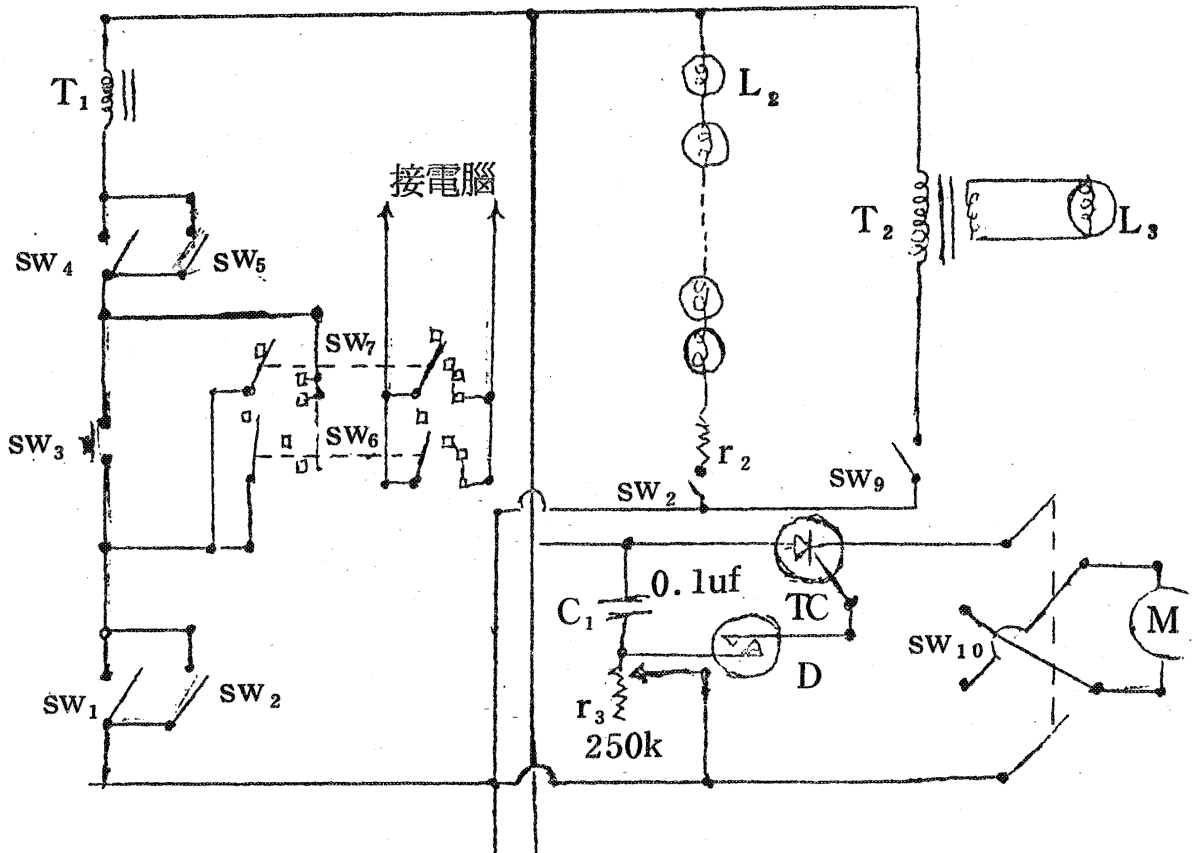


- (7.)制動電磁鐵：110V.A.C 咬力，1.5Kgw 的電磁鐵。當電動機帶動牽引布帶運轉時，昇降體才能隨布帶而運動。
- (8.)電源：110V.A.C。
- (9.)電腦排線：依照電動玩具的雙搖桿線路，把快速變化的測量結果輸入電腦。電腦採用 8 位元個人用小電腦。
- (10.)彈簧秤：取普通實驗用彈簧秤中的彈簧，但兩端固定，待測物掛在彈簧的中央點如圖(一)
- ②③彈簧的上下固定：使彈簧固定在昇降體②。
- ④彈簧：即普通實驗用 200g 彈簧秤中的彈簧。
- ⑤為彈簧的中點並連接連桿。
- ⑥砝碼台與連桿⑦相接，如此則彈簧⑤不僅可以測量向下的砝碼重量，並且可以測量砝碼向上運動時的力量。
- ⑧⑨是遮光圓管，用普通塑膠水管做成，目的是可以遮沒外來的雜光。
- ⑩ 12V 小燈泡，由導線⑪供電，目的是發光照射光敏電阻 cds_2 ⑫。因為小燈泡隨彈簧的伸縮改變對 cds_2 的距離，使 cds_2 的電阻隨照度而改變。經過測試，光源與 cds_2 在 3 cm 距離內，其電阻的改變量與距離大約可成正比關係。所以可以用 cds 的電阻改變量來表示砝碼的重量改變的情形。
- ⑬固定架：與昇降體結合。
- ⑭ cds 電阻輸出線與電腦排線⑮相接。
- ⑯軟排線：隨昇降體上下。
- ⑰電動機：利用廢脫水機馬達改裝而成約 1/6HP，110V.A.C。
- ⑱運動距離檢查光敏電阻 cds_1 ，目的在測定昇降體所經過的距離。
- ⑲距離指示小燈泡：用 6 V 小燈泡串聯而成，兩鄰間的距離為 10 cm，供光敏電阻⑱檢查。

圖(二)



2.全機電路：如圖(三)



圖(三) 全機電路圖

說明：

- (1) SW_1 SW_4 即為圖(一)的(3)⑮以限制昇降體的運動範圍， SW_2 SW_5 分別和它們並聯，可維持 T_1 的通路。
- (2) SW_3 是啓動 T_1 的按鈕，但與 SW_6 SW_7 的一部份並聯。 SW_6 用於自由落體， SW_7 用於動力上下。
- (3) T_1 即圖(一)中的⑦制動電磁鐵，當其導電工作時，昇降體與布帶可以結合在一起。
- (4) SW_6 SW_7 為啓動電腦開始測量的接點如果有通路，就有一訊號輸入電腦。
- (5) SW_6 和 SW_7 的右邊部份，是並聯的，可直接送入電腦如圖(三)的 SW_1 ， SW_2 二個按鍵相同，目的是對電腦發出開始計算的指示。

(6) T_c 為雙向矽控器 TRIAC，本機採用 8623， Ω 為雙向激發二極體 DIAC 與 C_1 r_3 組成馬達轉速調整器，可使馬達 M 得到適當的轉速。

(7) SW_{10} 為馬達正反轉開關。

(8) L_2 為距離指示小灯泡，14個採 6 V. 0.25H 則 r_2 的阻值應為 $\frac{110}{0.25} = \frac{6 \times 14}{0.25} + r_2 \quad \therefore r_2 = 104 \Omega$ 所以採用 $150\Omega 10W$ 即可。

(9) L_3 為是圖(一)測重 CUS_2 ③的光源②，發光必須穩定，所以經 T_2 變壓器供應 12 V 的獨立電源。

(二)電腦部份：本機採用 8 位元個人微電腦處理機，(16) 位元我們還不太會用。

1. 玩具搖桿的分析。

2. 改變玩具搖桿測定重量和距離。

3. 時間：我們在理化課中已經學過距離被時間除就是速度，再把速度被時間除就是加速度。本研究的作品已經把距離定在每 10 cm 檢查一次，則時間的長短就是變因，我們可以先測量電腦上 8191 點的時間約為 94 秒，則用 $\frac{94}{8191} = 0.012$ 秒點為一單位寫進程式中，則在測定速度時，就可看每 10 cm 距離中含有多少點，用點數乘以 0.012 秒/點，即可得到在這段 10 cm 距離中，經過多少時間，進而可求出速度和加速度了，8191 點是 BASIC 記憶體中的一個區域的記憶量，此記憶量是我們會用的，其他的區域我們還不會用。

三、研究過程

實驗(一)：物體在向上運動時的重量變化情形：

1. 實驗(一)：測量物體在開始向上運動，等速向上運動的三個情況中的物體重量。

2. 實驗設計：

(1) 控制變因：物體的質量保持在 40 g，(調整圖(一)②的連桿部份的質量為 20 g，另加一個 20 g 的砝碼即可)。

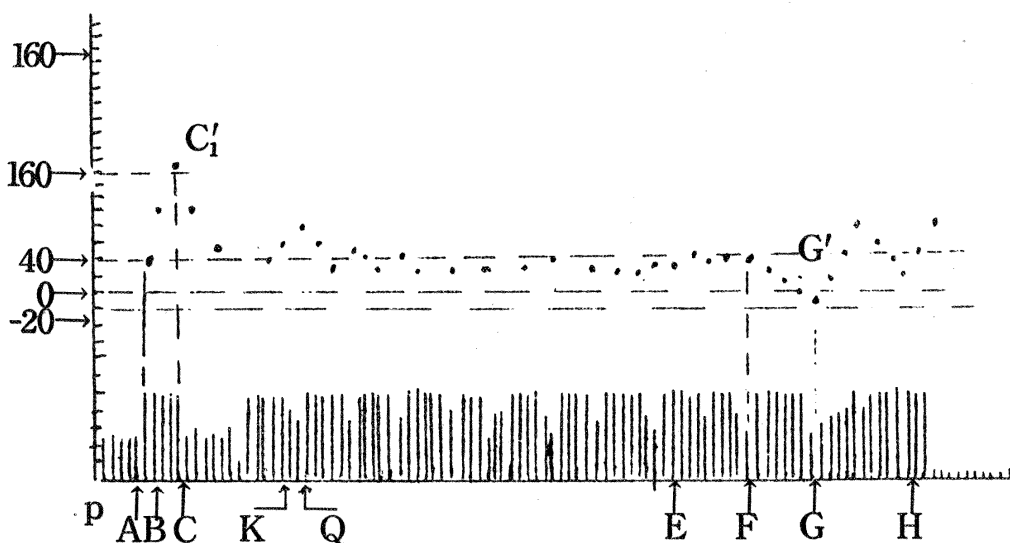
(2) 改變變因：改變布帶的速度，求各速度中的重量變化情形。

3.操作手續：

- (1)打開 SW_2 , SW_4 , SW_8 , SW_9 成通路，此時 L_2 , L_3 已經發光。
- (2)打開電腦，按照程序操作完成，此時可以上下移動昇降體，觀察電腦的反應，再上下移動砝碼觀察電腦的反應；再按 SW_3 觀察電腦反應。本步驟是在證實 cds_1 , cds_2 的正常工作。
- (3)打開 SW_{10} 觀察電動機的轉動是否正常，調整 r_3 , 並用停錶測定布帶的轉速，是可以達到每轉 2.4 秒 (合 140 cm/s) , 3.0 秒 (合 120 cm/s) , 3.6 秒 (合 100 cm/s) 。再試 SW_{10} 看 M 的正反轉是否都正常。
- (4)保持昇降體於最低點，轉動 SW_7 , 昇降體即上昇。操作電腦，即可得到本次實驗的圖形。
- (5)操作印表機印下實驗圖形作為分析之用。
- (6)改變物體的質量分別再做。
- (7)改變布帶轉速為 120 cm/s , 100 cm/s , 分別再做手續(1)到(5)。

4.實驗結果及討論：

由於圖形很多，不能全部列出來，現在只列舉物體質量 40 g , 以便分析。如圖(四)



圖(四)

- (1)圖(四)中橫軸P到H總計有100條線，每一條線代表0.012秒的時間。凡是比全線短的，例如A.F.G等，都是被圖(一)②距離小灯照的時候。K.Q雖然同屬短線，都以K為照射時間，這是因為c d s的電阻不能在0.012秒內，立即應變的緣故。
- (2)縱軸的每一格可以代表20gw，40，60表示重量加重，20表示重量變輕。
- (3)電腦從A點開始記錄。B點為圖(一)的⑦開始昇降體咬定布帶，開始運動。到C點，重量變成最大，CK之間速度還沒有達到等速運動，從Q到E，每10cm的時間都在 6×0.012 秒。E點的重量略微變重，表示軌道⑤上有摩擦力存在，使速度稍微變慢。F點是物體最輕的時候。所以綜合討論之，BC為等加速度運動，CF為接近等速度運動，FG為負加速度運動。從C點第二小灯起到F點第11小灯止，與經過10個灯泡，9個距離，則從C到F的距離為 $9 \times 10 = 90\text{cm}$ 而從C到F共有68個時間單位，即 68×0.012 秒，所以CF間的平均速度約為 $\frac{90}{68 \times 0.012} = 110.3\text{ cm/s}$ 。當物體從B到C速度是從0變成 110.3 cm/s ，而時間則為 3×0.012 秒，所以加速度為 $\frac{110.3}{3 \times 0.012} = 3063.9\text{ cm/s}^2$ 依據牛頓第二定律 $F = ma = 40 \times 3063.9 / 980 = 125.1\text{ gw}$ 。由於是向上運動，重量變大，所以總重量 $W = 40 + 125.1 = 165.1\text{ gw}$ ，C點就很接近這個數值。再說從F到G其速度是從 110.3 cm/s 變成0，而經過的時間為 7×0.012 秒，所以其加速度是 $\frac{0 - 110.3}{7 \times 0.012} = -1313.1\text{ cm/s}^2$ 所以 $F' = 40 \times (-1313.1) / 980 = -53.6\text{ gw}$ 其總重量 $W' = 40 - 53.6 = -13.6\text{ gw}$ ，G'點也很接近這種數值。

而從C到F之間是等速度，重量也很接近40gw沒有很明顯的改變。

由以上討論，物體在向上運動時，重量增加，突然停止時重量減輕，其增減量，要看當時的加速度來決定，至於在等速運動時，重量沒有變化，此時電動機的輸出功，完全用在提升物體的重力位能上了。

(4)同理可以求證物體在60 g，20 g等情形，以及改變上昇速度的各種結果。其結果都很接近上段的討論，所以不予詳細敘述。

四、結 論

(一)本模擬電梯已足以說明，電梯中或物的各種重量變化情形，在上昇時人的兩腳常有壓力增加的感覺，而在下降時，有心臟病的人常有恐懼感，以此推斷火箭，在離開或回到地球時，必須沿弧形軌道昇降，否則內中的人員必定會受不了的。

(二)八位元電腦在做反應時，仍嫌不足，所以現在才發明16位元電腦，但是希望不要用在打電動玩具上。

五、參考資料

(一)國中理化第二冊，第10.11.12.13章。

(二)APPLE II 與 BASIC 入門。

(三)APPLE 組合語言。

評 語

利用電腦輸入設備及電腦程式對加速度運動的物體之重量變化作自動化的測定，頗有創意，結果表現亦頗生動。