

來去自如

設計者：國立新莊高中吳原旭老師

在一個陡峭峽谷的兩旁住著與世隔絕的三個部落，東邊的山頂族以採礦伐木維生，山腳下的山下族以農漁養殖維生，峽谷的西邊山腰處是以放牧狩獵維生的山腰族。他們藉著一條纜繩和一部神奇的纜車載人運貨互通有無。只因他們熟諳科學原理，設計的纜車完全不需要任何能源就能在山頂、山腰及山腳下之間來去自如。有一天，被一群愛護環境、喜好探究科學原理的台灣高中學生發現，並加以研發出……

一、目的

製作纜車使其能夠在傾斜的纜繩上，來回運送重物。藉著設計及調整的過程體會能量轉換、摩擦力、重心、輪軸、斜面、力矩等物理原理。

二、原理

- **能量轉換**：減少的重力位能轉換成動能，並克服摩擦力。
- **摩擦力**：摩擦力扮演雙重角色，一方面阻礙運動，一方面又提供滾動前進所需之反作用力。
- **重心**：纜車的重心必須低於支撐點才不會翻覆。
- **輪軸**：輪與軸的半徑比決定了位移比，也決定作用力的比。
- **斜面**：斜面上的物體因重力而產生的下滑力，促使物體往下運動。
- **力矩**：合力矩的方向及大小，決定轉動方向及加速之快慢。

三、競賽方式

活動一：硬漢挑擔

■ 使用材料

大會提供：底片盒、鐵絲、水電膠布、鐵釘、纜繩、爽身粉、乾抹布、濕抹布、半桶水。

自備：光碟片、管狀物（如：奇異筆）、細線、工具（大會不提供電源）。

■ 競賽說明

（一）裝置與場地說明

纜車

含車身（四片光碟片、管軸、鐵絲）及兩側邊的吊筒甲、中央的吊筒乙（在大會提供的

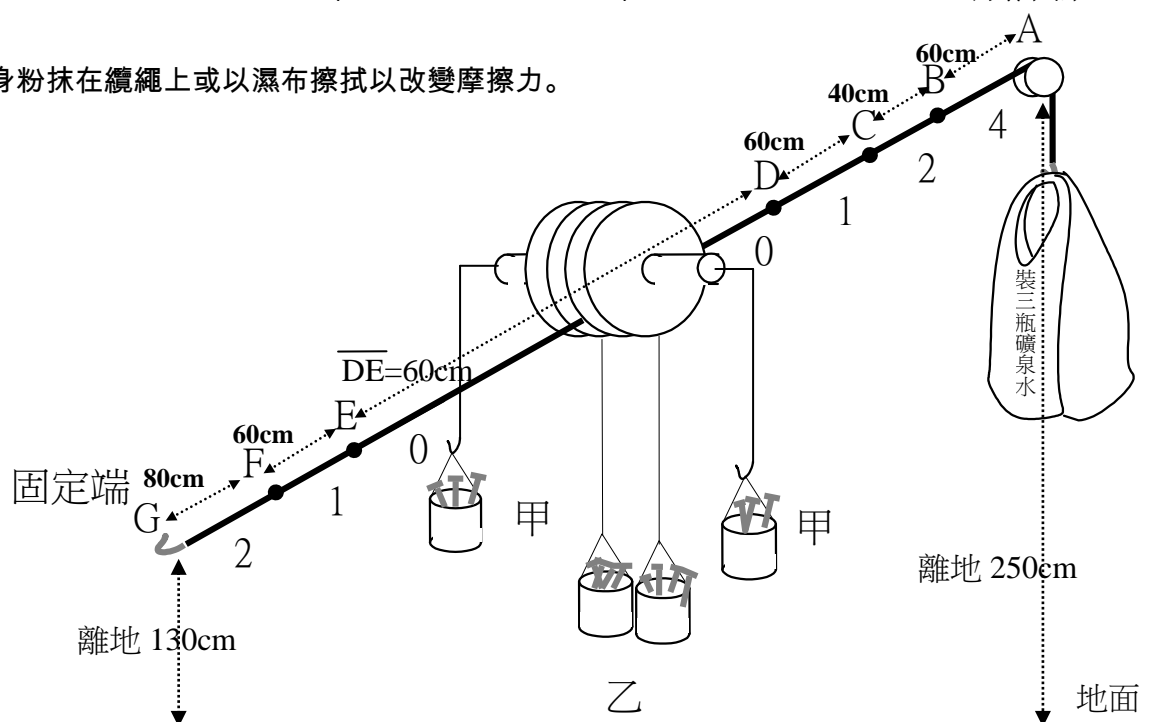
總數量內，吊筒數量不限）。詳細製作方法，請參閱附錄說明。

纜繩

400 公分以上長度的軟質電線為纜繩，一端固定於低處 G 點、一端繞過高處 A 點的滑輪

並懸掛約 1700 公克的水瓶（約 3 瓶 600mL 礦泉水）當作重物以拉緊電線。可滑輪端共的爽

身粉抹在纜繩上或以濕布擦拭以改變摩擦力。



【圖 5-1 活動一場地圖】

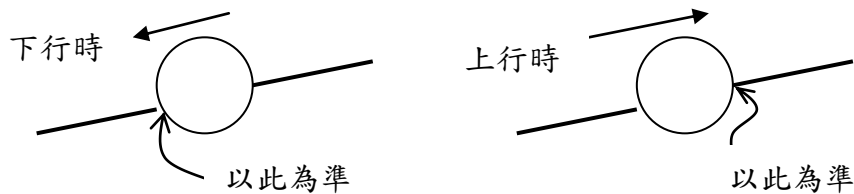
場地佈置說明

活動一場地圖，如圖 5-1 所示。高處 A 點離地 250 公分，低處 G 點離地 130 公分。AB 長 60 公分、BC 長 40 公分、CD 長 60 公分、DE 長 60 公分、EF 長 60 公分、FG 長 80 公分。

(二) 操作說明

1. 每隊在現場製作時間內，製作 2 部活動一使用的纜車；賽前請自製 2 部纜車並帶至大會現場於活動二使用。
2. 纜車由高處載運重物到達低處卸下部分重物，並調整重物的擺放後於原卸物位置釋放纜車，使其自行返回高處。
3. 釋放纜車過了 B 點之後，禁止任何方式干擾其行進。如干擾，則此次運行以失敗論不計點。

4. 由高處釋放過了 B 點之後，禁止以人為力量轉動輪軸或纏繞棉線，否則該次以失敗論不計點。
5. 行進間鐵釘脫落視同失敗，該次不計點。
6. 纜車所在位置以前進方向之光碟前緣為準，如下圖 5-2 所示。



【圖 5-2 操作說明】

(三) 競賽說明：

1. 競賽重點：將鐵釘（重物）置於吊筒內，由高處下送至最低處，又可由低處上送至最高處。比比看誰可以在有限的時間內，運送最多的鐵釘且運送的距離最遠。
2. 各隊時間：每隊在被叫號後僅有 30 秒鐘的裝置準備時間（此時可調整纜繩摩擦力、掛上纜車、裝上鐵釘等）、4 分鐘不限來回次數的競賽時間（含兩部纜車交換時間）、30 秒鐘的撤場善後時間。
3. 競賽程序與規定：
 - (1) 用大會提供及指定自備的材料（需經檢查合格），在 30 分鐘製作時間內完成 2 部纜車的製作，準備進行比賽。
 - (2) 吊筒甲和乙內放置鐵釘（當重物），在每回開始時，纜車必須由 A~B 點間釋放至低處 E~G 點間，同時將棉線捲起以提升吊筒乙。注意：鐵釘僅在高處提供。

- (3) 取出並調整吊筒甲、乙內的鐵釘數，必須在纜車停止處，取出鐵釘並釋放回纜車，使纜車藉著吊筒及所裝鐵釘的重量返回纜繩高處。
- (4) 重複操作(2)~(3)步驟。
- (5) 在有限的4分鐘內，不限來回次數計算。當纜車無法繼續行進或參賽者認為行進不理想時，可以中止當次行進，選擇以纜車所在位置的加權數計點，調整鐵釘後繼續使纜車上行返回高處，完成此趟記點成績；或選擇放棄此次行進，取回纜車重新由高處A~B點間再次釋放。
- (6) 每隊的2部纜車在同一纜繩上進行比賽，在開始後到達2分鐘時，將第一部纜車交換為第二部纜車重新回到A~B點間，開始進行第二部纜車的評分。正在行進的纜車，可以等該次完成後再做交換，各隊總時間仍然維持4分鐘，含纜車的交換時間。
- (7) 4分鐘結束時，以纜車所在位置為計分依據。結束後30秒內，撤收裝置，供下一隊比賽使用。由大會工作人員確認完成善後工作(撤場逾時者，活動一得點乘以百分之九十計)。

4. 得點標準：

- (1) 活動一單次來回得點數 = $N_1 \times P_1 \times P_2$
- (2) N_1 ：每次由高處運至低處並卸下的鐵釘數為 N_1 。
- (3) P_1 ：低處E~G點間加權數。
 - ① 下行未達E點，則視為失敗，即加權數 $P_1 = 0$ 。

②下行通過 E 點，停在 E~F 間，加權數 $P_1 = 1$ 。

③下行通過 F 點，加權數 $P_1 = 2$ 。

(4) P_2 ：高處 A~D 點間加權數。

①上行未達 D 點，則視為失敗，即加權數 $P_1 = 0$ 。

②上行通過 D 點，停在 C~D 間，加權數 $P_1 = 1$ 。

③上行通過 C 點，停在 B~C 間，加權數 $P_1 = 2$ 。

④上行通過 B 點，加權數 $P_1 = 4$ 。

(5) 例如：某次兩側邊的甲吊筒內共放置 10 支鐵釘，中央的乙吊筒內共放置 3 支

鐵釘，由 A~B 點間釋放下行至 E~F 點間停住了（此時， $P_1 = 1$ ）。在原停止

處卸下 8 支鐵釘（即 $N_1 = 8$ ），調整其餘鐵釘擺放位置後，釋放纜車上行至 B

~C 點間停住了（此時， $P_2 = 2$ ）。因此，該次所得點數： $N_1 \times P_1 \times P_2 = 8 \times 1 \times 2$

= 16。

(6) 各隊累積 4 分鐘內，每次來回得點數總和，即為該隊活動一總得點數。

(7) 依六等第計分法，排序所有參賽隊伍活動一得點後，才為各隊活動一的得分。

活動二 挑戰好漢坡

■ 使用材料：

大會提供：鐵釘、爽身粉、乾抹布、濕抹布。

自備：纜車（製作材料數量、規格同活動一，但膠帶種類及數量不限）、纜繩（可

加工，但懸掛的重物由大會統一）。

■ **競賽說明**：挑戰上升的坡度。

(一) **裝置與場地說明**：

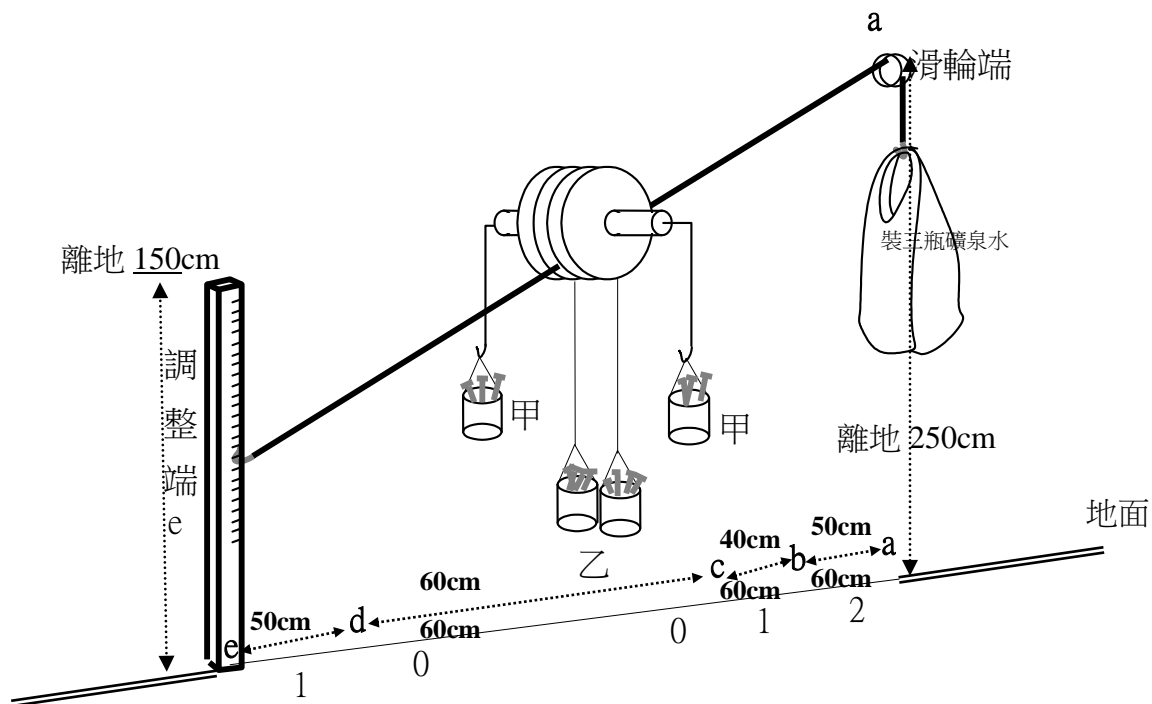
纜車 同活動一之說明。

纜繩

1. 自備軟質電線為纜繩，需經裁判做軟性檢測合格後才可使用。如不合規定，則以大會提供活動一用的纜繩進行比賽，且所得點數乘以 80%計。
2. 纜繩表面可加工以改變摩擦力。

場地佈置說明

纜繩裝置及場地如圖 5-3，在滑輪鉛直投影於地面處作一標誌點 a，在調整端鉛直投影於地面處作一標誌點 e。地面 ae 直線兩端間的水平距離固定為 200cm。



【圖 5-3 活動二場地圖】

1. 在 a~e 之間，ab 長 50cm、bc 長 40cm、cd 長 60cm、de 長 50cm。
2. 高處 a 點離地高 250cm，低處 e 點調整端的固定位置，在離地高 90~150cm 內可自行決定。
3. 一端在高處 a 點穿過滑輪並懸掛約 1700 公克的水瓶（約 3 瓶 600mL 礦泉水）當作重物以拉緊電線。調整端，各隊事先繫成圓環狀或繫上掛勾以節省安裝時間。

（二）競賽說明：

1. 競賽重點：將鐵釘（重物）置於吊筒內，來回往返高低點（調整端）間。比比看誰可以在有限的時間內，運送最多的鐵釘數並挑戰上升陡坡。
2. 各隊時間：每隊在被叫號後僅有 30 秒鐘的裝置準備時間（此時可調整纜繩摩擦力、掛上纜車等）4 分鐘不限來回次數的競賽時間（含兩部纜車交換的時間）。

30 秒鐘的撤場善後時間。

3. 競賽程序與規定：

- (1) 用大會提供及指定自備的材料 (需經檢查合格) , 準備進行比賽。
- (2) 吊筒甲和乙內放置鐵釘 (當重物) , 吊筒乙內之鐵釘「總數」不得超過 7 支 , 在
每回開始時 , 纜車必須由 a ~ b 點間鉛直上方的纜繩釋放至低處 d ~ e 點間鉛直
上方的纜繩 , 同時將棉線捲起以提升吊筒乙。注意：鐵釘僅在高處提供。
- (3) 取出並調整吊筒甲、乙內的鐵釘數 (每個吊筒內的鐵釘數不限) , 必須在纜車停
止處 , 取出鐵釘並釋放回纜車 , 使纜車藉著吊筒及所裝鐵釘的重量返回纜繩高
處。
- (4) 重複操作 (2) ~ (3) 步驟。每次重新操作均可調整纜繩摩擦力及調整端高度。
- (5) 在有限的 4 分鐘內 , 不限來回次數計算。當纜車無法繼續行進或參賽者認為行
進不理想時 , 可以中止當次行進 , 選擇以纜車所在位置的加權數計點 , 調整鐵
釘後繼續使纜車上行返回高處 , 完成此趟記點成績 ; 或選擇放棄此次行進 , 取
回纜車重新由高處 A ~ B 點間再次釋放。
- (6) 每隊的 2 部纜車在同一纜繩上進行比賽 , 在開始後到達 2 分鐘時 , 將第一部纜
車交換為第二部纜車重新回到 a ~ b 點間 , 開始進行第二部纜車的評分。正在行
進的纜車 , 可以等該次完成後再做交換 , 各隊總時間仍然維持 4 分鐘 , 含纜車
的交換時間。
- (7) 4 分鐘結束時 , 以纜車所在位置為計分依據。結束後 30 秒內 , 撤收裝置 , 並務

必將纜繩清潔乾淨，供下一隊比賽使用。由大會工作人員確認完成善後工作。(撤

場逾時者，活動二得點乘以百分之九十計)

4. 得點標準：

(1) 活動二單次來回得點數 = $M_1 \times M_2 \times Q_1 \times Q_2$ 。

(2) M_1 ：調整端高度的加權數。在調整端的支架上，由離地高 150cm 起，往下每

隔 5cm 劃一刻度，每一間隔分別代表 0.2、0.4、0.6、0.8、1、1.2、1.4、1.6、

1.8、2.0、2.2、2.4 等點數，如下表所示。建議大會：事先綁上一個可移動的掛

勾，掛勾所在的位置愈低坡度愈陡點數愈高。

高度 cm	0... 95	96 ~ 100	101 ~ 105	106 ~ 110	111 ~ 115	116 ~ 120
M_1	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4

高度 cm	121 ~ 125	126 ~ 130	131 ~ 135	136 ~ 140	141 ~ 145	146 ~ 150
M_1	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2

(3) M_2 ：每次由高處下行至低處時，吊筒乙內的鐵釘總數量為 M_2 。

(4) Q_1 ：低處 d ~ e 點間加權數。

① 下行未達 d 點，則視為失敗，即加權數 $Q_1 = 0$ 。

② 下行通過 d 點，加權數 $Q_1 = 1$ 。

(5) Q_2 ：高處 a ~ c 點間加權數。

①上行未達 c 點，則視為失敗，即加權數 $Q_2 = 0$ 。

②上行通過 c 點，加權數 $Q_2 = 1$ 。

③上行通過 b 點，停在 a~b 點間，加權數 $Q_2 = 2$ 。

(6) 各隊累積 4 分鐘內，每次來回得點數總和，即為該隊活動二總得點數。

(7) 依六等第計分法，排序所有參賽隊伍活動二得點後，才為各隊活動二的得分。

活動三 創意競賽

■ **使用材料：**自製纜車，材料、規格及數量不限。

■ **競賽說明：**

一、第一關資格賽：

1. 作品：自製纜車一部。

2. 地點：活動一的場地。

3. 成績計算方式：纜車藉由重力作用，依活動一單次來回得點數計算方式 $N1 \times P1 \times P2$ 為

各隊成績，每隊共有三次操作機會，取其中最高得點數之一次為該隊成績(含運能及時間)。

4. 名額：最多八隊。取單次來回得點數前八名高得點隊伍，進入第二關。

二、第二關創意賽：

1. 資格：通過第一關者，才能參加第二關評比。

2. 評分原則：由以下原則中，每項分別選出較佳的 2 件作品，給予該項得點。

(1) 運能：單趟運能最大者 (即 $N1 \times P1 \times P2$) 得 2 點，次大者得 1 點。

(2) 時間：運行來回一次時間最少者得 2 點，次少者得 1 點。

(3) 造型：纜車整體造型最獨特、美觀者得 2 點，次者得 1 點。

(4) 材料：製作材料最易取得、且做最巧妙之運用者得 2 點，次者得 1 點。

(5) 功能：能將纜車做最多功能設計者得 2 點，次者得 1 點。

(6) 其他：最具巧思者 2 點

* 備註：以上第 (1)、(2) 項於第一關測試中，即一併記錄成績。

三、將第二關得點相加，得點數最高之作品頒發創意獎。

四、器材

■ 大會提供各隊：

活動項目	編號	品名	規格	各隊數量	備註
活動一	1	底片盒	一般	8 個	
	2	鐵絲	橫截面直徑約 2mm，長 1m	2 條	長度自行調配。

	3	水電膠帶	一般軟質	3 捲	製作時如不足，可再加 1 捲
活動一、二	4	鐵釘	約 6 公分長	若干	當重物用，需回收。
	5	爽身粉	一般	一罐/站	調整纜繩摩擦力，需回收
	6	抹布	一般棉質，乾濕各一條	2 條/站	調整纜繩摩擦力，需回收

■ 自備器材：

活動項目	編號	品名	規格	各隊數量	備註
活動一	7	細線或細繩	粗細、長度、材質不拘	不限	自製 2 部纜車，繫吊筒用。
	8	廢光碟片	直徑約 12cm	8 片	外型不得改變，註 1。
	9	奇異筆管或 其他管狀物	能穿過光碟片中心的圓洞	2 支	可先鑽好洞，以便穿過鐵絲。但不得具有 <u>軸承功能</u> ，註 2。
活動二	10	纜車	同活動一纜車所用之材料，即編號 1,2,3,7,8,9	2 部	事先製作，含底片盒等
	11	纜繩	軟質電線或繩索，長度請配合競賽辦法之需求。一端可作成圓環狀或綁一掛勾，另一端需能穿過滑輪繫重物。	1 條	可加工、可作表面處理，且必須能通過 <u>軟性檢測</u> ，註 3。
活動一、二	12	鉗子等工具	大會不提供電源		限製作活動一纜車使用。

- * 註 1：鼓勵使用廢棄的光碟片，發揮廢物利用的環保創意觀念。
- * 註 2：軸承功能：即操作時整支管狀物必須以相同的角速度轉動。
- * 註 3：軟性檢測：穿過定滑輪，鉛直施力能順利拉起、放下一瓶 550cc 的礦泉水者為合格。

五、時間：共 70 分鐘

製作時間：各隊 30 分鐘。

競賽時間：18 隊，共 40 分鐘。

六、評分方式：

1. 活動一：四分鐘內，兩部現場製作纜車，單次來回 $N_1 \times P_1 \times P_2$ 得點總和排序後依照六等第計分法計點，即為活動一得點成績 X。
2. 活動二：四分鐘內，兩部賽前自製纜車，單次來回 $M_1 \times M_2 \times Q_1 \times Q_2$ 得點總和排序後依照六等第計分法計點，即為活動二得點成績 Y。
3. 「來去自如」單項競賽得點總成績 $Z = X + Y$ ，再依六等第計分法計分，決定各隊於本項競賽最後得分成績。
4. 單項競賽優勝獎，僅取一隊。依六等第計分排名順序為第一名者獲獎，如有同分，則以活動一成績高者為優勝。
5. 活動三：得點最高者，獲頒創意獎。此項評分獨立計算，不列入大會總成績。
6. 大會總成績排名，請見「大會活動規章」。

七、給評審的建議：

(一) 場地方面：

1. 室內外均可，但須有繫纜繩的地方或準備支架。
2. 高處固定滑輪的位置可以三條粗鐵絲繫在鐵窗或欄杆處。三條鐵絲避免在同一平面上，以達穩定之效果；也可以考慮以曬衣桿固定。
3. 低處固定位置可將一木棍綁在課桌椅上，並以重物鎮壓。
4. 每一纜繩之間至少保持 1.5m 間隔，方便操作與評審。
5. 兩固定點的高度、距離請依規定勿改變。
6. 每一站準備 3~4 張椅子，以便於墊高操作及評審用。

(二) 評審任務方面：建議每一站 2 名裁判，一位在高處端、一位在低處端，共 12 人。

1. 活動一：

(1) 高處端裁判任務：檢查作品是否合格、計時、計算每次放入底片盒的鐵釘數(請參賽者放入時報數告知)、判斷起點及返回後停止點的位置、監督操作過程。

(2) 低處端裁判任務：填寫計分表、計算每次從底片盒取出的鐵釘數(請參賽者取出後算清楚交給裁判)、判斷下行停止點的位置、監督操作過程。

2. 活動二：

大致與活動一相同，但高處端裁判需注意乙底片盒裡的鐵釘數及纜繩的柔軟度，必要時進行軟性檢測。低處裁判需記錄每次固定端的位置。

(三) 其他注意事項：

1. 活動一纜繩上的分界位置，可事先以油性筆作記號方便判斷。但不可在纜繩上貼膠帶以免

造成纜繩不平順。

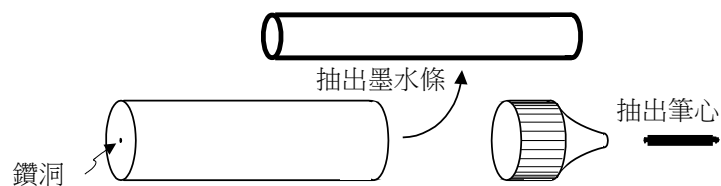
2. 活動二則需在纜繩正下方的地板上標示分界點，測量時可用鉛垂線比對纜車位置。(請準備鉛垂線並實際操作看看)

八、單軌纜車參考做法

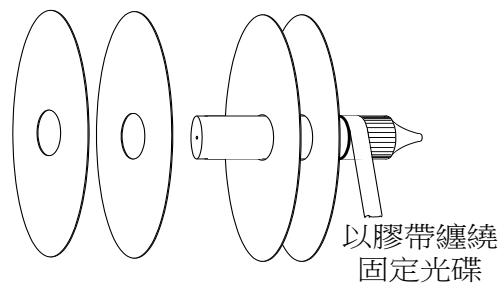
1. 材料：四片光碟(做車輪)、奇異筆筆管(或粗細適當的管狀物)、粗鐵絲、細棉線、底片盒、膠帶(纏繞在軸上調整軸的粗細)。

2. 做法：

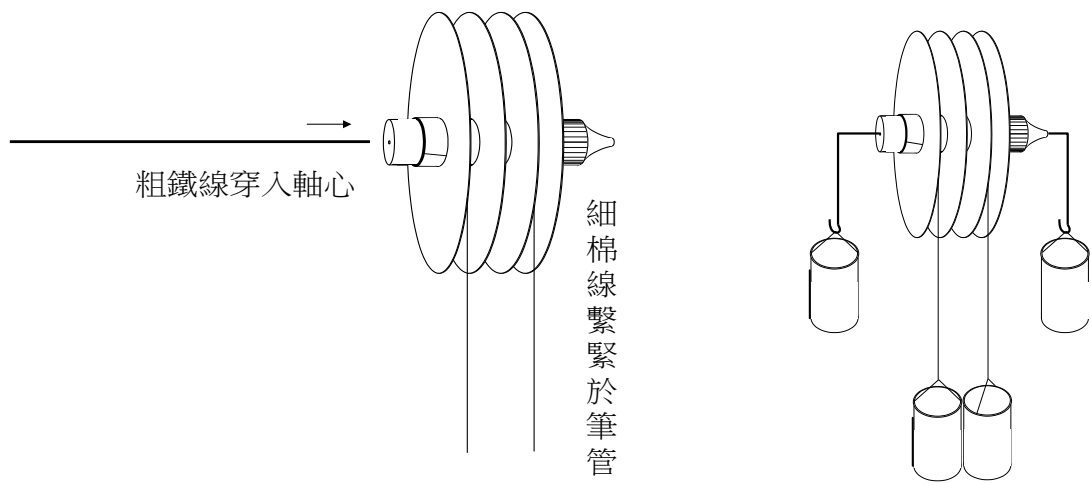
- (1) 將奇異筆筆管抽出墨水條和筆心，在軸心處鑽洞，使能穿過粗鐵絲。



- (2) 將奇異筆筆管穿過四個光碟片，光碟片之間以膠帶纏繞在奇異筆筆管上固定。



- (3) 兩條細棉線分別繫緊在第 1、2 片及第 3、4 片光碟之間的筆管上。



(4) 將粗鐵絲穿過奇異筆筆管的軸心，兩端下彎並作成勾狀。

(5) 將底片盒分別掛在鐵絲兩端 (可左右各一) 及細棉線下端。