滑輪組教具研製與創課活動設計

文／謝甫宜

本文旨在以國中九年級理化上冊滑輪組單元，採用自製簡易滑輪組教具，增進學生理解定滑輪與動滑輪之概念。本活動設計亦兼顧環保概念進行實作活動，蒐集學校所廢棄的大量光碟片並採用吸盤製作滑輪，除了可吸附在黑板或白板上，方便師生具體操作之外，進一步培養學生藉由實作活動探索省力或費力、省時或費時、施力作功與重力位能等重要核心概念。此外，本文亦配合該自製滑輪組之教材教法設計形成性評量，賦予學生實作體驗或教師教學演示之後，提供教師檢視學生學習情形與澄清迷思概念。

圖 1. 滑輪組公開授課[1]（攝於高雄市立陽明國中 2021/12/10）

圖 2. 滑輪組演示（夢 N 三民家商場次 2021/12/10）

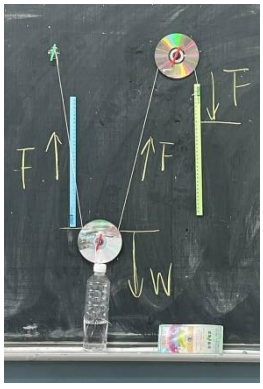


圖 3. 滑輪組概念講述[2]

[1] 註 1：提供各組不同的砝碼重量，檢視學生自製滑輪組、再比較「物重與施力」、並且探索「施力拉下的繩長與物體上升高度」之關係，如圖 1 所示。

[2] 註 2：根據註 1 中「施力所拉下的繩長與物體上升之變化量」，除了呈現「單位時間內」施力端與抗力端之繩長變化，推論「施力下拉速度」與「物體上升速度」進一步提供學生理解「省時或費時」的概念之外，可延伸推論「施力作功=施力大小 F×拉下的繩長 S」與「物體重力位能增加=mgh」之間的功能定理，如圖 3 所示。

自製滑輪教具

一、準備教材

大光碟 4 片、小光碟 2 片、吸盤 3 個、2m 棉線、雙面膠帶、氣球棒。

二、實作步驟

- 步驟 1. 沿著小光碟片兩面圓周皆緊密地貼上雙面膠帶，如圖 4 所示。
- 步驟 2. 將步驟 1 兩面貼膠帶的小光碟緊貼大光碟，如圖 5 與圖 6 所示。

圖 4. 小光碟兩面貼膠帶

圖 5. 緊貼大光碟

圖 6. 小光碟兩面貼大光碟

- 步驟 3. 以吸盤穿過步驟 2 之光碟組圓心，如圖 7 所示。
- 步驟 4. 剪裁 5cm 短氣球棒穿過吸盤橫向兩孔，以固定步驟 3 的光碟組合，光碟滑輪組件之正面與側邊圖示，分別如圖 8 與圖 9 所示。
- 步驟 5. 將棉線穿過另一吸盤兩孔，以氣球棒穿過固定，如圖 10 所示。

圖 7.吸盤穿過光碟組

圖 8.固定光碟組

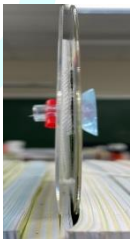


圖 9.側面圖

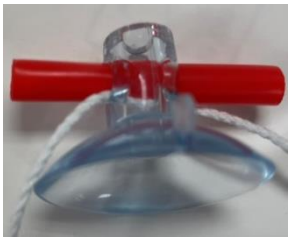


圖 10.固定棉線與吸盤

- 步驟 6. 以棉線繞光碟輪軸演示定滑輪與動滑輪，如圖 11 與圖 12 所示。
- 步驟 7. 可在吸盤底部沾少許水，緊密吸附在粗糙的黑板，如圖 13 所示[3]。
- 步驟 8. 自製滑輪組運用於教學演示具體情境，如圖 14 所示。

[3] 註 3：若因黑板過於粗糙而難以將吸盤緊密吸附時，可採用較為光滑、平整的白板代替。如此，吸盤不僅能牢固地吸附於白板上，亦可藉此呈現自製滑輪較具在教學演示時的穩定性與方便性。

圖 11. 定滑輪

圖 12. 動滑輪

圖 13. 滑輪組

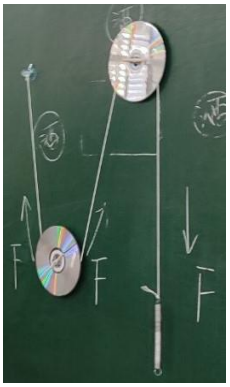
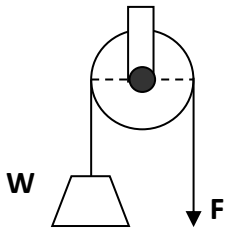
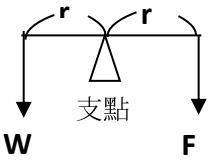
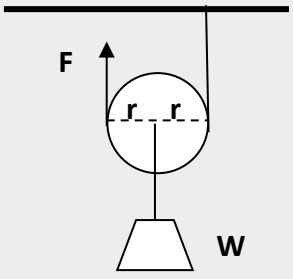
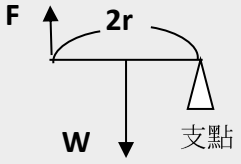


圖 14. 滑輪組教學演示[4]

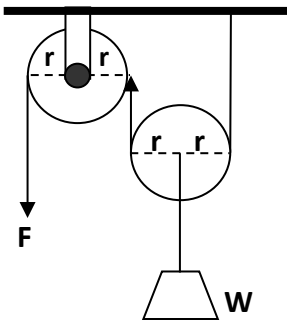
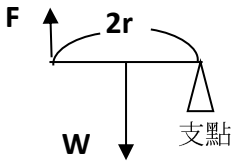
教學前準備與形成性評量

筆者習慣將「定滑輪、動滑輪與滑輪組」視為三種功能各異的機械，根據其屬性配合教科書中所陳述的「改變施力方向、省力或費力、省時或費時、施力作功、物體的重力位能、物體的運動狀態」共六項核心概念，並以槓桿原理進行類比與推論，製作成雙項細目表，如下表 1 所示。

表 1.各式滑輪的相關核心概念

種類	圖示	使用目的與推理	以槓桿原理類比滑輪
定滑輪		1.改變施力方向 2.不省力、不省時 3.繩子下拉 h 距離，物體也上升 h 高度 4.施力作功(F×h) =物體重力位能增加 (W×h)	 F × R = W × R → F = W →施力大小=物重
動滑輪		1.不能改變施力方向 2.省力、費時 3.繩子拉高 h 距離，物體升高 h/2 高度。 4.施力作功(F×h) =物體重力位能增加 (W×h/2)	 F × 2R = W × R → F = W/2 →施力大小=物重一半

[4] 註 4：若想取下滑輪組時，可將固定在吸盤上的橫桿「氣球棒」橫向拔出，接著就能取下「光碟組」，再輕輕從吸盤側端突起物向上拉，便能輕易地下架滑輪組了，無須用力拔取因吸盤緊貼黑板所產生的大氣壓力！

種類	圖示	使用目的與推理	以槓桿原理類比滑輪
滑輪組		1.改變施力方向 2.省力、費時 3.繩子拉高 H 距離，物體升高 H/2 高度。 4.施力作功 F×H =物體重力位能增加(W×H/2)	 F × 2R = W × R → F = W/2 →施力大小=物重一半

根據本單元滑輪組探究教學活動後，筆者進一步設計本單元活動評量試題「滑輪單元形成性評量」，以提供教師重新檢視學生學習情況，如附件 1 所示；「滑輪單元形成性評量解答」如附件 2 所示。

自製滑輪教具運用於教學演示與課室討論

筆者建議，可製作 4 套滑輪教具方便運用於教學與討論。參考以下教學步驟：

- 步驟 1. 首先將自製「定滑輪」教具之吸盤牢固地壓在白板上。
- 步驟 2. 兩端各吊掛「等重」裝水的寶特瓶，兩端是否呈現靜力平衡狀態，如圖 15 所示。
- 步驟 3. 取下右端的寶特瓶，改用彈簧秤勾住右端繩索，以彈簧秤等速拉動繩索，待寶特瓶以及彈簧秤皆與地面維持水平時，觀察彈簧秤讀數。可藉此向學生提示應觀察的現象：
  1. 彈簧秤向下拉，寶特瓶會向上運動或向下運動？
  2. 彈簧秤向下拉 10 公分，寶特瓶會移動多少公分？
- 步驟 4. 改採自製「動滑輪」教具之作為支點的吸盤牢固地壓在白板上。
- 步驟 5. 左端吊掛裝有適量水的寶特瓶，右端施力向上拉繩子，直到呈現靜力平衡狀態。提示學生應觀察的現象：
  1. 彈簧秤向上拉，寶特瓶會向上運動或向下運動？
  2. 彈簧秤向上拉 10 公分，寶特瓶會移動多少公分？
- 步驟 6. 右端可改用彈簧秤勾住右端繩索，以彈簧秤等速拉動繩索，觀察彈簧秤讀數。

- 步驟 7. 根據上述步驟 1 與步驟 4，試著將定滑輪與動滑輪組合成「滑輪組」，兩端各吊掛等重的裝有半滿水的寶特瓶，檢視兩端是否呈現靜力平衡狀態，如圖 16 與圖 17 所示。

- 步驟 8. 上述步驟 7 若無法達成靜力平衡，可藉此向學生提問:「應如何操作，方能使滑輪組兩端再度達到靜力平衡？」

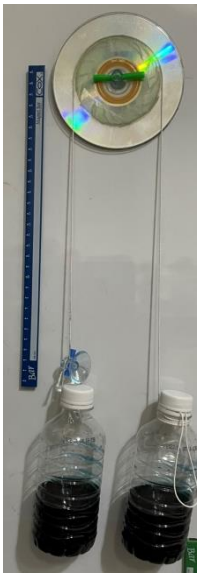


圖 15. 定滑輪測試

圖 16. 滑輪組掛重測試

圖 17.滑輪拉力測試

- 步驟 9. 右端可改用彈簧秤勾住右端繩索，以彈簧秤等速拉動繩索，觀察彈簧秤讀數。提示學生應觀察的現象：

  1. 彈簧秤向上拉，寶特瓶會向上運動或向下運動？
  2. 彈簧秤向上拉 10 公分，寶特瓶會移動多少公分？

- 步驟 10. 可結合功能定理，介紹施力作功與物體（寶特瓶裝水）增加的重力位能，如圖 18 與圖 19 所示。提示學生應留意量化的數據：

  1. 彈簧秤等速向下拉 10 公分時，根據彈簧秤讀數，施力作功多少？
  2. 彈簧秤等速向下拉 10 公分時，物體增加重力位能多少？
  3. 施力作功大小，是否等於物體所增加的重力位能？

- 步驟 11. 將三種滑輪「定滑輪、動滑輪、滑輪組」同時呈列出來，提供學生重新檢視、比較與彙整各類滑輪的相異處。

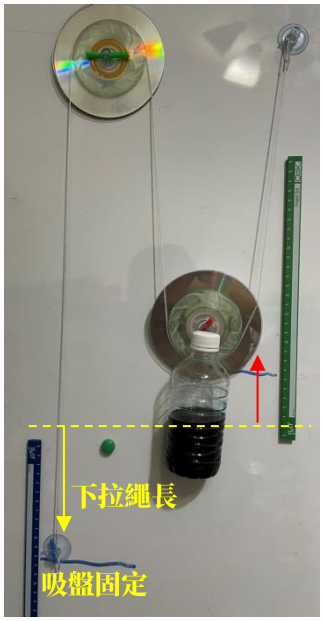


圖 18. 施力與物體的高度變化

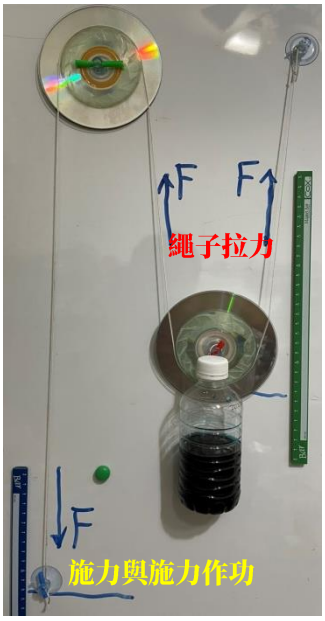


圖 19. 施力作功與重力位能的變化

從上述一連串的各項滑輪教學演示中，教師藉由一邊操作自製滑輪，一邊透過適當的提示與提問，引導學生留意物體的運動狀態與力學能的變化，便能具體地呈現滑輪的運作機制、以及精熟蘊含於其中的核心概念。

結語

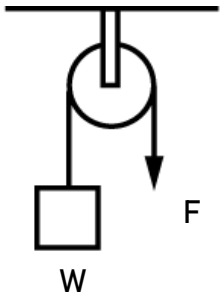
108 新課綱強調培養學生具備「科學素養」以及「探究實作活動」的能力。但是，九年級學生仍面臨隔年影響未來就讀高中或高職的國中教育會考，除了緊迫的學習進度之外，尚需複習七年級與八年級等眾多科目，身為自然科學領域的教師們如何在有限的課堂時間內，培養學生探究實作能力又兼顧學生重要的升學挑戰呢？我們是否能妥切地為學生設計合適的教材教法，促進學生理解即將應考的重要核心概念呢？

筆者任教於升學為主的大型學校，致力於發展既能體現教科書中重要又抽象、或較難理解的核心概念之相關的教材教法，希冀能兼顧科學原理的理解以及促進有效學習。藉由本文自製滑輪教具的教學實現拋磚引玉，期能提供科學同好們教學現場之參考。

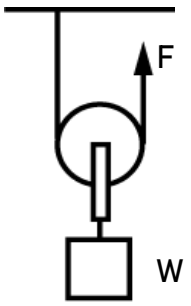
謝甫宜
高雄市教育局國教輔導團
自然科學領域專任輔導員

附錄一、滑輪單元形成性評量

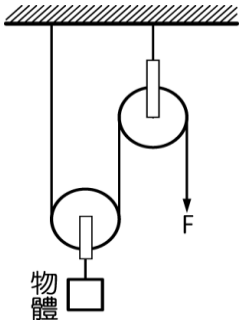
一、基礎試題



【圖 1】



【圖 2】



【圖 3】

（一）如圖 1 所示，回答以下問題：

1. 圖 1 稱為＿＿＿滑輪
2. 當施力向下拉，物體會向＿＿＿移動，此滑輪可否改變方向？答：＿＿＿。
3. 若 W=60 kgw，F=＿＿＿kgw 達靜力平衡
4. 當 F 向下拉 10cm，物體上升＿＿cm
5. 從以上第 3 點與第 4 點得知:此類滑輪屬於「＿＿＿力＿＿＿時」之機械，只有的功能。

（二）如圖 2 所示，回答以下問題：

1. 圖 2 稱為＿＿＿滑輪
2. 當施力向上拉，物體會向＿＿＿移動，此滑輪可否改變方向？答：＿＿＿。
3. 當 W=60 kgw，F=＿＿＿kgw 時達靜力平衡
4. 當 F 向上拉 10cm，物體上升＿＿cm
5. 從以上第 3 點與第 4 點得知:此類滑輪屬於「＿＿＿力＿＿＿時」之機械（填寫省或費力、省或費時）。

（三）如圖 3 所示，回答以下問題：

1. 圖 3 稱為＿＿＿＿＿（提示：結合圖 1 與圖 2 兩種滑輪）
2. 當施力向下拉，物體向＿＿移動，此機械裝置可否改變施力方向？答：＿＿＿。
3. 當 W=60 kgw，F=＿＿＿kgw 時，達到靜力平衡
4. 當 F 向下拉 10cm，物體上升＿＿＿cm
5. 從以上第 3 點與第 4 點得知:此裝置屬於＿＿＿力＿＿＿時的機械工具
6. 「物體上升的速度」=＿＿＿施力「向下拉繩子的速度」。
7. 「物體增加的重力位能」來自於＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

二、挑戰題

根據圖 3，W=10 kgw，g=10 m/s^2，不計摩擦力與滑輪重量，試回答以下問題：

1. 當施力 F=_____kgw 時，物體等速上升，此時繩子的張力=_____kgw。
2. 施力等速下拉 20cm，作功_____焦耳，物體上升_____ cm，位能增加____焦耳。
3. 施力端的繩子以等速度 5 m/s 下降，則物體上升速度為_____ m/s。

三、資優試題（參考高雄市立陽明國中歷屆段考試題）

根據圖 3，W=10 kgw，g=10 m/s^2，將施力 F 改為「掛重 10 kgw 的乙物體」，當乙物體落下 0.5m 時，則左側物體 W 的末速為_____ m/s^2。

※註※ 本題評測目的提供學生重新檢視曾習得的「力與運動」單元，當滑輪進行等加速度運動時，配合目前所學習的滑輪省力與費時之概念，列出恆等式以推論動滑輪與定滑輪各自吊掛物體的運動狀態，有助於學生再次複習並澄清迷思概念。

附錄二、滑輪單元形成性評量解答

一、基礎試題

（一）如圖 1 所示，回答以下問題：

1. 圖 1 稱為 定 滑輪。
2. 當施力向下拉，物體會向 上 移動。此滑輪可否改變方向？答: 可 。
3. 若 W=60 kgw，F= 60 kgw 達靜力平衡。
4. 當 F 向下拉 10cm，物體上升 10 cm。
5. 從以上第 3 點與第 4 點得知:此類滑輪屬於「 不省 力 不省 時」之機械，只有 改變施力方向 的功能。

（二）如圖 2 所示，回答以下問題：

1. 圖 2 稱為 動 滑輪。
2. 當施力向上拉，物體會向 上 移動。此滑輪可否改變方向？答: 否 。
3. 當 W=60 kgw，F= 30 kgw 時達靜力平衡。
4. 當 F 向上拉 10cm，物體上升 5 cm。
5. 從以上第 3 點與第 4 點得知:此類滑輪屬於「 省 力 費 時」之機械填寫省或費力、省或費時）

（三）如圖 3 所示，回答以下問題：

1. 圖 3 稱為 滑輪組 （提示:結合圖 1 與圖 2 兩種滑輪）
2. 當施力向下拉，物體會向 上 移動。此機械可否改變施力方向？答: 可 。
3. 當 W=60 kgw，F= 30 kgw 時，達到靜力平衡
4. 當 F 向下拉 10cm，物體上升 5 cm。
5. 從以上第 3 點與第 4 點得知:此裝置屬於 省 力 費 時的機械工具。
6. 「物體上升的速度」= 1/2 施力「向下拉繩子的速度」。
7. 「物體增加的重力位能」來自於 施力作功 。

二、挑戰題

1. 當施力 F= 5 kgw 時，物體等速上升，此時繩子的張力= 5 kgw。
2. 施力等速下拉 20cm，作功 10 焦耳，物體上升 10 cm，位能增加 10 焦耳。

   ※ 解析：施力作功=F×S=5×10×0.2=10（焦耳）
3. 施力端的繩子以等速度 5 m/s 下降，則物體上升速度為 2.5 m/s。

三、資優試題

根據圖 3，W=10 kgw，g=10 m/s2，將施力 F 改為「掛重 10 kgw 的乙物體」，當乙物體落下 0.5m 時，則左側物體 W 的末速為　1　m/s2。

※ 解析：

- 方法 1

  假設繩子張力 T、W 的加速度為 a（m/s^2），則乙的加速度為 2a；

  1) 對於 W；2T—W 重量=W 質量×a；
  2) 對於乙；乙重量—T=乙質量×（2a）；即 2T—10×10=10×a，10×10—T=10×（2a）；由上述兩式得知:W 的加速度 a=2（m/s^2），根據 $V^2=V_0^2+2aS=2\times2\times0.25=1$，所以 V=1（m/s）。

- 方法 2

  「乙物體重力位能減少」轉換成「乙物體增加的動能+物體 W 增加的重力位能與動能」；假設 W 末速 V（m/s）→乙末速 2V（m/s），當乙落下 0.5m→W 僅落下 0.25m，故 $10\times10\times0.5=\frac{1}{2}\times10\times(2V)^2+10\times10\times0.25+\frac{1}{2}\times10\times V^2$，故 V=1（m/s）。