

教育部108年度大專校院教學實踐研究計畫

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1080127

學門分類/Division：工程 / Engineering

執行期間/Funding Period：2019.8.1~2021.1.31

應用問題與專案導向教學法於大學機械系學生自主學習 之研究 (II) - 實作微課程導入之學習成效探討

Study on the Active Learning for Undergraduate Students in Mechanical Engineering Using Problem and Project Based Teaching Strategies (II) - Learning Effectiveness of Student under the Introduction of Hands-on Oriented Micro-courses

課程名稱/Course Name：

自主學習專題(一) / Self-learning topic I

自主學習專題(二) / Self-learning topic II

計畫主持人(Principal Investigator)：蔡錫錚

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

國立中央大學機械工程學系 Mechanical Engineering, National Central University

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 3 月 31 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2021.3.13

摘要

為突破在現有機械工程專業教學架構下，無法有效提昇學生學習成效的困境，本計畫在平行於現有的專業教學架構，另外規劃以問題與專案導向學習方式建立學生自主學習模式，以縱向、橫向整合各年級的專業知識、技能。

在本年度計畫中，針對機械系大二學生，以三門不同主題「自主學習實作專題」--「機構人偶」、「麥克納姆輪車」、「機構概念創作」，進行課程規劃、施教，以引導學生培養問題解決方法、溝通與表達、團隊合作以及自主學習等能力，並能統整當學期之專業課程。在以此三門實作專題課程做為研究探討場域，並隨時調整課程進行方式，透過對學生作品分析與學生問卷回饋，得到導入實作專題課程於課程架構時，需留意的相關論點：

- 課程規畫與學生基礎必備能力關係密切。
- 進階式引導有助於自主學習與創新實踐。
- 直觀的實作可有效提高創作的成功機會。
- 競賽舉辦有助於強化學習動機。
- 團隊建立與分工合作對於學習解決問題有正面意義。
- 實作專題與專業理論學科間的交互影響。

本計畫亦產出相關課程教材與活動記錄，可以做為導入自主學習實作課程之參考。

關鍵詞：問題與專案導向學習、自主學習、實作專題、團隊合作、競賽

Abstract

In order to overcome the dilemma that the learning effectiveness of students cannot be improved in the frame of the existing mechanical engineering teaching structure, an active learning mode for students will be proposed in the project. This new learning mode is established parallel to the existing professional teaching structure by using the concepts of problem based learning and project based learning. The professional knowledge and skills of various courses can be integrated vertically and horizontally. In this year's program, for sophomore students in the Department of Mechanical Engineering, three different themes "Self-Learning Practice Topics" – "Automata", "Mecanum Wheels Car", and "Implementing Mechanism Concept" are used for curriculum planning and teaching. Those courses are designed to guide students to develop problem-solving, communication and expression, teamwork, as well as independent learning skill. Those courses can also integrate the professional courses of each corresponding semester. Using these three hands-on oriented courses as a teaching research field and through the analysis of student works and questionnaire feedback, relevant points are to be noted when introducing the practical courses into the curriculum framework as follows:

- (1) Curriculum planning is closely related to the basic hands-on competencies of students.
- (2) Stepwise guidance is conducive to self-learning and innovative practice.
- (3) Intuitive implementation can effectively increase the chance of success in creation.
- (4) The holding of competitions is helpful to strengthen the learning motivation of students.
- (5) Teamwork have positive significance for learning to solve problems.
- (6) The hands-on topics course and the professional theoretical disciplines have interactive influence between each other.

This project also produces relevant course materials and activity records, which can be used as a reference for the introduction of self-learning practical courses.

Keywords: *Problem and Project Based Learning, Active Learning, Teamwork, Competitions*

目錄

| | |
|---|----|
| 摘要 | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| 目錄 | 4 |
| 圖目錄 | 6 |
| 表目錄 | 7 |
| 1. 研究動機與目的 (RESEARCH MOTIVE AND PURPOSE) | 1 |
| 1.1 教學研究背景 | 1 |
| (1) 現有教學體系在新科技興起下必須面對之問題 | 1 |
| (2) 教學經驗所發現的問題 | 2 |
| (3) 問題反思與實驗性解決方法 | 2 |
| (4) 前導課程之發現與探討 | 3 |
| 1.2 研究動機與計畫目標 | 3 |
| 2. 文獻探討 LITERATURE REVIEW | 5 |
| 2.1 工程教育問題探討 | 5 |
| 2.2 專案與問題導向相關研究 | 5 |
| 2.3 設計思考在工程教育之應用 | 6 |
| 2.4 課程規劃方面相關研究 | 6 |
| 3. 研究方法 (RESEARCH METHODOLOGY) | 8 |
| 3.1 基本研究理論 | 8 |
| (1) Bloom 教育目標分類法 | 8 |
| (2) 遊戲化理論(Gamification) | 9 |
| 3.2 自主學習實作專題主題系列規劃 | 10 |
| (1) 縱、橫向關係之課程規劃理念 | 10 |
| (2) 實作與創意討論空間之配合 | 12 |
| 3.3 自主學習實作專題課程規劃策略 | 13 |
| 3.4 課程實施方式 | 14 |
| 3.5 學生個人學習資料建立 | 15 |
| (1) 前測資料 | 15 |
| (2) 學生學習成果評量 | 15 |
| 3.6 成效評量 | 16 |
| 3.7 課程改善 | 16 |
| 4. 教學暨研究成果 (TEACHING AND RESEARCH OUTCOMES) | 18 |
| 4.1 自主學習專題 – 機構人偶 (108-1) | 18 |
| (1) 課程目標 | 18 |
| (2) 課程規劃 | 19 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| (3) 執行成果----- | 20 |
| (4) 評量結果與討論----- | 23 |
| 4.2 自主學習專題 – 麥克納姆輪車製作 (108-2) ----- | 26 |
| (1) 課程目標----- | 26 |
| (2) 課程規劃----- | 28 |
| (3) 執行成果----- | 29 |
| (4) 評量結果與討論----- | 31 |
| 4.3 自主學習專題 – 機構概念創作 (109-1)----- | 34 |
| (1) 課程目標----- | 34 |
| (2) 課程規劃----- | 34 |
| (3) 執行成果----- | 35 |
| (4) 評量結果與討論----- | 38 |
| 5. 結論 (CONCLUSION)----- | 42 |
| 5.1 計畫總結----- | 42 |
| 5.2 未來精進方向----- | 43 |
| 參考文獻 (REFERENCES)----- | 44 |
| 附錄 (APPENDIX)----- | 47 |
| 附錄 1 課後問卷題目----- | 48 |
| 附錄 2 問卷填答結果統計----- | 79 |
| (1) 108-1 機構人偶----- | 79 |
| (2) 108-2 麥克納姆輪車----- | 80 |
| (3) 109-1 機構概念創作----- | 82 |
| 附錄 3 問卷反思類型問題回應----- | 85 |
| (1) 108-1 機構人偶----- | 85 |
| (2) 108-2 麥克納姆輪車----- | 90 |
| (3) 109-1 機構概念創作----- | 94 |

圖目錄

| | | |
|------|---|----|
| 圖 1 | 工程學科學習與創意發展 | 1 |
| 圖 2 | 自主學習模式架構 | 2 |
| 圖 3 | BLOOM 教育目標 | 8 |
| 圖 4 | 八項核心動力的八角框架(周郁凱, 2017) | 9 |
| 圖 5 | 新建跨域討論空間 | 13 |
| 圖 6 | 實作空間與學生學習狀況 | 13 |
| 圖 7 | 實作微課程之八角框架分析 | 14 |
| 圖 8 | 實作課程架構與進行方式 | 15 |
| 圖 9 | 「動力藝術創作」。左：HUGGER 蜂鳥，右：自動人偶(AUTOMATA，場景 農場) | 18 |
| 圖 10 | 典型「機構人偶」 | 19 |
| 圖 11 | 「機構人偶」成果剪輯 | 23 |
| 圖 12 | 自主學習專題學生成果報告（影片） | 23 |
| 圖 13 | 兩種不同應於全向運動之車輪 | 26 |
| 圖 14 | 麥克納姆輪車的實務應用，在課堂原理解說使用案例之一 | 27 |
| 圖 15 | 「麥克納姆輪車製作」課程活動剪輯 | 31 |
| 圖 16 | 自學手冊：實作講義基本內容 | 36 |
| 圖 17 | 「機構概念創作」課程活動剪輯 | 38 |
| 圖 18 | 學生會採取的解決問題方式 | 41 |

表目錄

| | | |
|------|---|----|
| 表 1 | BLOOM 教育目標二維向度與參考範例 (IOWA STATE UNIVERSITY, 2018) | 8 |
| 表 2 | 八項核心動力定義 | 9 |
| 表 3 | 系列課程學習目標與挑戰專案、專業課程之關聯表 | 11 |
| 表 4 | 各專題統整專業課程之目標 | 12 |
| 表 5 | 「機構人偶」二維向度教育目標 | 19 |
| 表 6 | 「機構人偶」課程進度與規劃內容 | 19 |
| 表 7 | 「機構人偶」指標問題與對應學習目標以及評量狀況 | 25 |
| 表 8 | 「麥克納姆輪車製作」二維向度教育目標 | 27 |
| 表 9 | 「麥克納姆輪車製作」課程進度與規劃內容 | 28 |
| 表 10 | 「麥克納姆輪車」指標問題與對應學習目標以及評量狀況 | 33 |
| 表 11 | 「機構人偶」二維向度教育目標 | 34 |
| 表 12 | 「麥克納姆輪車製作」課程進度與規劃內容 | 35 |
| 表 13 | 「機構概念創作」指標問題與對應學習目標以及評量狀況 | 40 |

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

1.1 教學研究背景

(1) 現有教學體系在新科技興起下必須面對之問題

機械工程在工程技術領域中，因發展歷史早，所以隨著科技進展發展出眾多分支，並且累積相當多的基礎技術。因此在傳統的大學教學架構中也多以次領域區分出不同的重要理論、或技術系列課程，並且形成一個循序漸進的課題導向教學體系。國內也在這樣的大學專業教學方式下，培養出許多重要機械專業人才，創造出產業榮景。然而機械系課程涵蓋領域甚廣，而且同時又具有工程科學理論與工程實務技術兩大面向。在新興科技快速演變的今日，我們觀察到在目前的課程架構下，學生並無法掌握到真正要解決的問題，往往在學習過程中會因此迷失學習的大方向，而無法學會如何善用知識、工具解決問題，甚至喪失學習動機，而只流於應付各課程之考試，僅習得瑣碎的知識。

造成這些問題有以下原因：

- 在循序漸進的架構下，機械專業的問題需要先備專業知識，這些知識傳授多在低年級基礎課程中講授，而理論知識與真實問題間的落差，導致學生在修習相關基礎課程時，並無法瞭解到如何應用課堂所教授的方法來解決問題。
- 各課程間欠缺縱向與橫向連結，學生較難瞭解彼此間脈絡，更無法統整相關課程。
- 課程之實作與理論屬性明顯，理論課程架構嚴謹完整，多以數學方法為主，學生較無法瞭解如何將所習得知識、方法應用於如何解決真實問題。而實作屬性課程多以實驗為主，多做為印證理論之結果，欠缺透過知識整合來培養創意能力。
- 在工程領域的課程學生能力養成比重中，多著重在分析(Analysis)能力，少部份課程雖培養綜合(Synthesis)能力，但目前在大學課程中較少培養辯證(Dialectical)能力。

面對這些問題，我們可以從圖 1 描述工程背景學生在學科學習以及創意發展的理想歷程兩種不同方向的流程來說明：學生在學習課程時，通常會從課程中學到自然界現象或工程產品的特色(What)、運作或解決方式(How)，最後才能瞭解到背後的原理(Why)。然而

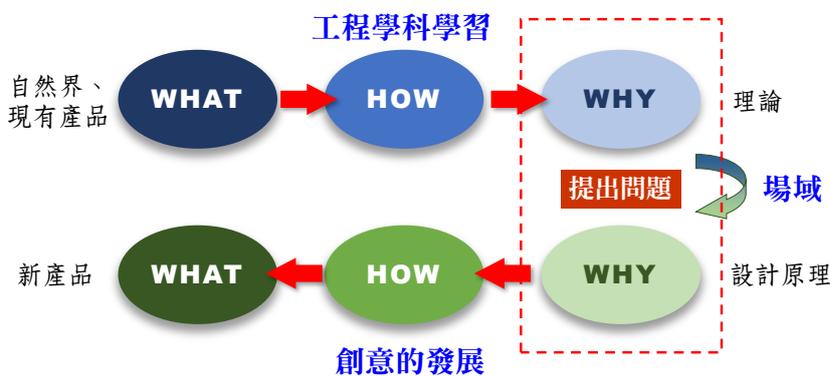


圖 1 工程學科學習與創意發展

從產品或技術創新的角度，卻是從一個問題找出設計原理(Why)出發，從中建構出問題解決方案(How)，進而提出創新產品或技術(What)。從目前教學經驗來看，學生往往在學科學習的過程中，大多僅能認識到描述現象的公式 (What)，較佳者則能夠知道如何(How)解題。但是大

多數學生卻無法完全掌握理論的原理(Why)，在這樣的狀況下，要期待學生能夠產生創新的設計或是技術，其困難點可想而知。

(2) 教學經驗所發現的問題

另一方面從計畫主持人過去所教授的設計類課程，包括早期「機構學」(大二、必修，已不開)，以及持續講授的「精密機械設計 I 與 II」(大三、必修)、「產品設計方法與實習 I 與 II」(大四、研，選修)、「機器與儀器導論」(大一，選修)，以及指導的畢業專題也發現到以下情況：

- 在大一、或大二修習過以實作解決問題為目標的「機器與儀器導論」課程之學生，在後續課程表現狀況大致上皆較同儕為佳。
- 從部份學生在大三或大四修習設計類課程或畢業專題之統整課程，可以見到他們在課程結束時已經可以逐漸掌握到一些方法與技巧來處理較複雜的系統性問題。
- 在團隊中表現活躍的學生，通常表達、思考與解決問題能力皆較優於其他同學，但也發現到其中部份學生在基礎課程表現卻不盡人意。
- 學習狀況較差的學生在學習過程中，通常只著重在記憶學習內容知識(What)，對原理、意義(Why)並無過大的感覺，也不太清楚如何應用知識與工具來解決問題(How)。

(3) 問題反思與實驗性解決方法

造成前述的這些問題的原因也不盡然是個別課程的問題，而更多的問題反而是在目前課程架構下所造成。因此近幾年在工程教育探討中，也嘗試新的課程架構來改進教學。如教育部「新工程教育方法實驗與建構計畫」，即揭發以「主題式課程規劃」的方式嘗試推動以課群方式統整各學期課程。在理想教育概念上，我們多會期待學生透過自主學習方式與專業課程進行連結，主動解決挑戰任務。然而在實務上，若要達成此成效，就必須投入相當多的師資來輔導學生，但在目前的師生比與教學生態下，並無法持續擴大參與面。

另一方面若大幅度改變課程架構，涉及到的教師層面甚廣，同時相關教師也要有強烈共識。因此在 106 年底中央大學機械系一群教師在多次討論後認為若能從大一開始，以問題與專案導向教學策略，平行透過一連串系列課程設計，引導學生以自主學習方式，在各年級縱向與橫向整合不同專業課程，相信可以提生學生學習成效。規劃之自主學習模式構想如圖 2 所示：在一個勇於挑戰問題的精神為主軸下，首先透過導航課程-機械工程概論(大一下開課)，引導學生學習基本問題解決技法，以及基本表達素養，讓學生掌握挑戰、探

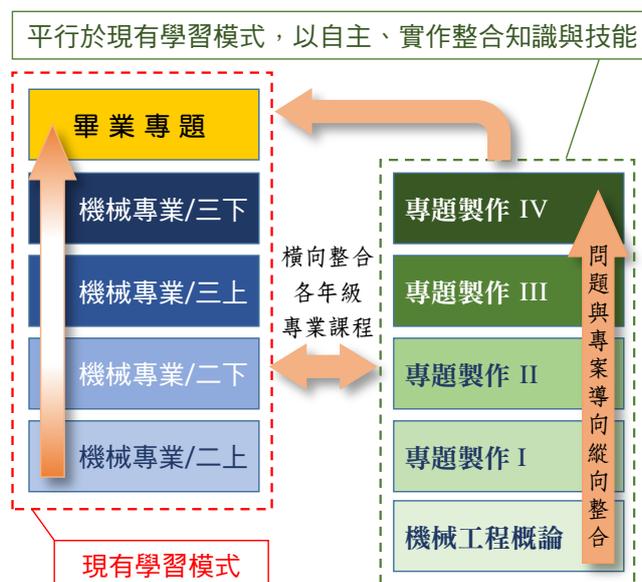


圖 2 自主學習模式架構

索與解決問題的能力。在後續的四個學期中，以問題與專案導向教學方式規劃自主學習實作課程，學生藉由特定主題的專題製作，以實作方式學習必要的技能，並且開始逐步形成自己的挑戰專案，提出解決方案與實現驗證。此一模式則期待以縱向整合技能、知識方式，逐步培養學生解決問題的知識、技能，同時也在不同主題主導下，以橫向方式統整各學期的專業課程。最後則期待小組團隊的成果在畢業專題之中完整呈現。這樣規劃的學習模式類似一個「微學程」，因此這個構想以三年期規劃，自 107 年度以教學實踐研究計畫補助，分年進行探討與研究不同主題，逐步在中大機械系中以實驗方式建立以多主題系列方式的自主學習實作專題制度，以做為引導學生自主學習的新教學模式。

(4) 前導課程之發現與探討

本年度計畫開始之前，已在 107 學年度第一學期向學校通識中心申請自主學習微課程：「科技美學--動力藝術(kinetic sculpture) 創作」以及「科技美學-數位藝術(digital art)創作」，獲得通過且執行中。從這兩門屬於本計畫執行前的先導課程中，我們觀察到學生在自主學習實作課程上有以下幾個特點：

- 學生主動性不足：由於此兩門課程屬選修課，大部份學生仍多以修習傳統課程的心態來參與，相形之下容易受到同一學期相關課程的影響，使得學生在課程考試壓力下，將屬於自主性質的課程優先順序排到後面。也因此如何強化學生參與動機，就變成課程成功與否的重要因素。
- 團隊間凝聚力低：學生組團隊的方式係採機械系三組學生混合編組方式，彼此之間熟悉度較弱，在欠缺規劃的凝聚團隊的推力，就容易使部份成員從而退出。
- 自主訂定題目內容困難度較高：兩門前導課程給學生的題目是開放式，或許學生不習慣此種自主決定的方式，並無法能找到要解決之問題。
- 專業知識與實作專題課程連結過於薄弱：107 學年度第一學期所進行之微課程「動力藝術創作」主要目的在整合課程知識，但學期中與學生輔導討論過程中，卻發現到學生並無法將機構學與動力學的知識轉移到所要創作物品的設計之中。

1.2 研究動機與計畫目標

本年度計畫為三年期之第二年計畫，目標為在上、下學期規劃設計針對大二學生的兩門自主學習專題課程，並分析課程施教成效，以能確認此的新的教學模式的可行性。在整體計畫中，自主學習專題課程群圍繞在「創新設計」的主題，同時在各個學期中採取實作為主要進行方式，就像扮演著「黏合劑」角色來統整當學期的主要專業課程，在性質上就類似「畢業專題」。學生在主題所揭示的目標下，透過教師、業師在課程上的引導，以自主學習方式進行實作，嘗試將抽象、瑣碎的相關專業課程的各單元內容落在他們的設計實作專案之中。本年度計畫之但因此類型課程不為必修課，且在計畫中嘗試以自主學習方式融入課程，以建立新的學習生態來面對新科技的挑戰，所以在課程規劃與進行過程就必須仔細規劃，強化學生學習動機，以能順利達成目標。

在本年度計畫中將以大二為主的兩門實作專題課程做為研究探討場域，分別就下列不同層面目標進行研究：

- 教學研究：將探討兩個議題：
 - 在課程規劃時如何透過遊戲化與設計思考的理論強化參與學生的學習動機以及團隊凝聚力。
 - 在不影響相關必修課程之原有教學模式與內容的狀況下，所規劃之實作專題課程是否能做為相關課程之「黏合劑」，提高學生專業學習的動機與成效。
- 課程規劃：規劃兩門實作性質、以主題導向的實作專題課程，以能引導學生培養問題解決方法、溝通與表達、團隊合作以及自主學習等能力，並在具體主題引導下，分別統整機械系在大二上、下兩學期的主要必修課程，對專業課程學習能因此有更具體的想像，強化課程學習效果。
- 教學成效評量：為能驗證研究成果具有可行性，將建立適當的課程評量模式，以學生的思考風格做為輔助進行觀察他們的行為，是否在以遊戲化理論規劃下可以上學生有更強烈自主學習動機，並能與團隊間建立更緊密的互動。評量結果除做為導入自主學習課程之學習成效之評估，亦能做為未來實作專題課程規劃改善之依據，另一方面更可以提供相關教學模式與規劃方法，做為未來國內以主題式發展課程教學之參考。

2. 文獻探討 Literature Review

2.1 工程教育問題探討

在工程中的問題通常是定義不清楚、目標不明確、解決方法未知，也因此相關研究也證實一般具有標準答案之工程問題解法，在要解決工程設計問題時即無法適用(Samuel & Lewis, 1991)。然而對大一新生而言，並不一定可以瞭解問題是甚麼。劉霆與劉正良即因此提出大一課程改革建言(劉霆等, 1994)，顯見在當時即已體認到大一新生並無法對機械工程領域有任何問題，而且傳統演講型式的課程安排，也並無法引發他們進一步瞭解機械專業的動機。而 Silva 等人 (2015) 因體認到畢業生投入職場時，學校教育中欠缺有效溝通以及能整合非技術問題能力的養成，因此他們以工程設計角度，針對大一學生在課堂中規劃一個設計專案來融合一系列傳統課程。透過這樣具有跨學科的設計專案，有效地提生學生在傳統機械工程課程中所不足的技能。

所以「問題解決能力」是達成工程教育目標重要的關鍵技能，更是讓學生能將所學理論應用於實務現場，並內化成「帶著走能力」的重要樞紐。然而如何在課程中培養學生問題解決能力？從國內外的相關研究結果可以發現，在各領域中的專家與生手，其在問題解決能力上的確具有差異(蔡錫錚等, 2006, 2009; Atman et al. 1999, 2005, 2007, 2008)。但是即便生手學生的問題解決能力並不成熟，但若是能將專家使用的有效問題解決策略教導給生手，對於學生在解題上的表現，將有相當大的幫助。在另一方面，研究也發現到設計與工程科學之間的差距很難透過課程銜接來克服(Carberry and McKenna, 2014; Silva et al., 2015)，特別是設計過程中所必經的不同概念辯論，也很少出現在高年級的設計專案中(Kittleston & Southerland, 2004)，因而「設計思考」(Design Thinking)近幾年來不斷被提出(Brown, 2008, 2009)，甚至也有學者更認為「設計思考」是設計概念要突破的關鍵點 (Johnson et al., 2013)。

2.2 專案與問題導向相關研究

因此為解決學科發展與現實問題解決之間的落差，問題導向學習(Problem Based Learning, PBL)之概念就被提出。PBL 最初是在醫學教育領域發展，隨後則紛紛應用在大學各領域課程。一般認為 PBL 教學模式上有六個主要特色(Barrows, 1996)：(1)以學生為中心的學習，(2) 以小組方式學習，(3) 教師為引導者，(4)學習的主軸來自真實生活問題，(5)問題本身是提升解決問題技巧的工具 (6) 學生藉由自主學習獲得新知。

但對於工科學生而言，相同縮寫、但不同意涵的專案導向 (Project based Learning) 的教學模式，更具體也更實際來讓工程領域學生學習如何解決問題(Esche, 2002; Hadim & Eshe, 2002)。Dym 等人(2005) 並將專案導向學習 (Project based Learning) 區分出兩種教學模式：

- 設計取向專案(Design-oriented project-organized education)，主要處理 “Know how”，即綜合不同領域的知識，解決具體設計問題。
- 問題取向專案(Problem-oriented project-organized education)，主要處理 “Know why”，即透過相關重要的知識來得到理論問題的解決方案。

他們將 PBL 與 Design Thinking 應用於大一的課程，並對如何增進 PBL 教學成效提出建議：

- 在不同的工程學科和學系教育目標下，應如何調整問題、專案、團隊合作、技術之間的比重關係。
- 如何管理、引導跨學科的小組自主學習？
- 如何才能真正評量參與設計專案的學生，如根據所產生設計成品與過程的關係，個人認知發展與團隊集體發展？

而 Tseng 等人(2013)的研究也指出以專案導向學習方式，可以提升學生對 STEM 學科學習的興趣。楊淳皓(2017)則更進一步整合問題導向、專案導向學習方法以及翻轉教室等教學方法在通識課程中，結果顯示對學生主動學態度上有顯著的影響。

2.3 設計思考在工程教育之應用

在專案導向學習的概念下，以構思 Conceive、設計 Design、實現 Implement、運作 Operate 之流程結合之教育理念 CDIO 也被工程教育領域所重視。「CDIO 提倡在基礎知識、個人能力、團隊溝通能力和系統能力四個層面上進行綜合培養的教學模式使之能夠成為符合企業實際需要的人才」(沈揚庭，2016)。類似的概念也在 Stanford 大學的 d.School 的設計思考課程中見到(Kelley, 2014)。「設計思考是以人為本的設計精神與方法，考慮人的需求、行為，也考量科技或商業的可行性。」(Brown, 2008)。設計思考的簡單流程包括 Empathy (同理心)、Define (需求定義)、Ideate (創意發想)、Prototype (製作原型) 以及 Test (實際測試)，相關教學方法也可以見諸相關手冊以做為教學活動設計之參考(Lewrick, 2018)。

2.4 課程規劃方面相關研究

然而學生在專案導向學習模式下，以設計概念解決問題時，不可避免地，不同學生會有不同解決方式，因此在課程發展上，就必須妥善規劃。一般在教學規劃中，各種課程活動的教育目標擬訂與學習行為的認知有關，其中以 Bloom 的分類法最為廣泛應用(Bloom, 1965; Anderson, 2001)，相關應用於教學與課程發展資料相當完備¹。另一方面，設計行為的研究也可以提供教師進一步引導學生的參考。歐洲在 90 年代起就開始進行相當多的研究，其中德國 Dörner, Pahl 與 Ehrlenspiel 首開先河，針對設計者的設計行為進行一系列研究 (Pahl & Beitz 1997)，也透過不同研討會累積相當多的成果，結集成冊，如 (Frankenberger 1998, Lindemann 2003)。Hilton (2002) 則從思考風格探討設計科系學生的學習動機，葉則亮等人(2009)則從 Sternberg (1997)「思考風格」的理論架構為基礎，選定三位風格明顯且亦為設計新手的碩士生為受測對象，藉由設計實驗來紀錄受測者在設計過程中所表現的行為，加上訪談的資料輔助，確認思考風格是如何影響設計行為。這些行為研究有助於設計類課程之規劃(Tsai, 2007, 2008, 2009; Chang, 2009; 張佩芬, 2009)。而 Knight 等人(2007)在 16 所美國大學的大一課程導入實

¹ 如 Iowa State University (2018), Revised Bloom's Taxonomy. <http://www.celt.iastate.edu/teaching/effective-teaching-practices/revised-blooms-taxonomy>

作與團隊型態的設計專案課程，經由 8 年的資料分析，發現參與新課程的學生在高年級表現優於未參加之同學。

然而在執行面上，不可諱言學生的學習動機扮演重要角色，因此在電玩開發領域受到重視的遊戲化(Gamification)理論也探討納入教育之中。如 Dichev 等人在其論文(2014)中，介紹了在遊戲化過程中採用的主要方法，以及相關動機心理學和教育學背景下新的發展方向，並探討影響學習和理解行為改變的動機因素。Khan & Pearce(2015)在商科課程採用棋盤遊戲，研究結果顯示，參與玩棋盤遊戲學生的報告的流量水平明顯高於參加和報告傳統輔導課程的學生。該研究的結果表明，使用棋盤遊戲的學生相較對照組學生有更強的心流體驗(flow experience)體驗。張基成等人(2016)就課程導入遊戲式數位學習進行比較研究，發現參與遊戲式數位學習的學生在成就、認知負荷等表現皆優於未參加者。Cózar-Gutiérrez 等人的研究(2016)顯示導入電玩遊戲在課程中，透過沉浸式環境的遊戲化學習可以提高學生學習興趣與動機。而周郁凱(Chou, Y.-K., 2017)整理他過去在電玩開發、設計之經驗，並結合動機心理學和行為經濟學，建立稱為八角分析法(Octalysis)的遊戲化理論架構，可供遊戲化相關研究參考。

3. 研究方法 (Research Methodology)

3.1 基本研究理論

(1) Bloom 教育目標分類法

在課程規劃方法中，Bloom 教育目標分類法是一套相當有效的工具。從早期的分類方式 (Bloom et al., 1956) 到 2001 年 Anderson 等人 (Anderson & Krathwohl, 2001; Anderson, 1999) 修訂，多為課程設計者在規劃教育目標之重要參考依據。架構如圖 3 所示，其中

- 「知識向度」分為四大類：事實知識、概念知識、程序知識和後設認知知識。事實知識包括獨立的片段資訊，如名辭定義、有關特定的細節知識等。概念知識則多為具系統架構知識，包括能分類和類別的資訊。程序知識包括運算法則、相關實作技能與方法等知識。後設認知知識則是有關思考的知識，以及如何有效掌握思考過程所需的資訊。
- 「認知歷程向度」，與原分類法一樣有六種技能，但從名詞屬性改變為動詞屬性，並將原有的綜合能力提升為創造。



圖 3 Bloom 教育目標

新版本因為具有「知識向度」與「認知歷程向度」兩項分類工具，因此可利用此二向度作為框架(參見表 1)，以能在課程設計時，可以使學習目標、教學活動與學習評量達成一致。因此在本計畫中，則依此方法進行課程規劃與設計。

表 1 Bloom 教育目標二維向度與參考範例 (Iowa State University, 2018)

| | | 認知歷程向度 | | | | | |
|------|--------|--|--|--|--|---|-------------------------------------|
| | | 記憶 | 瞭解 | 應用 | 分析 | 評鑑 | 創作 |
| 知識向度 | 事實知識 | List primary and secondary colors. | Summarize features of a new product. | Respond to frequently asked questions. | Select the most complete list of activities. | Check for consistency among sources | Generate a log of daily activities. |
| | 概念知識 | Recognize symptoms of exhaustion. | Classify adhesives by toxicity. | Provide advice to novices. | Differentiate high and low culture. | Determine relevance of results | Assemble a team of experts |
| | 程序知識 | Recall how to perform CPR | Clarify assembly instructions. | Carry out pH tests of water samples. | Integrate compliance with regulations. | Judge efficiency of sampling techniques | Design efficient project workflow |
| | 後設認知知識 | Identify strategies for retaining information. | Predict one's response to culture shock. | Use techniques that match one's strengths. | Deconstruct one's biases. | Reflect on one's progress. | Create a learning portfolio |

(2) 遊戲化理論(Gamification)

激勵大學生能夠自主學習最困難的一點是：如何提高他們的動機。眾所周知，在今日大學生在各種遊戲上投入精力與意願，相較於一般專業的學習來得更強烈。因此在本計畫之自主學習實作課程的教學活動規劃時，如何強化學生學習動機就是首要面對的研究課題。

在當前遊戲化理論(Gamification)中，周郁凱(2017)從遊戲之中創造了命名為 Octalysis 八角分析法的理論架構(圖 4)，此一架構主要結合遊戲設計理論、動機心理學和行為經濟學，將人們玩遊戲的動機分解成八個核心動力(表 2)，並透過動機的強弱狀況來

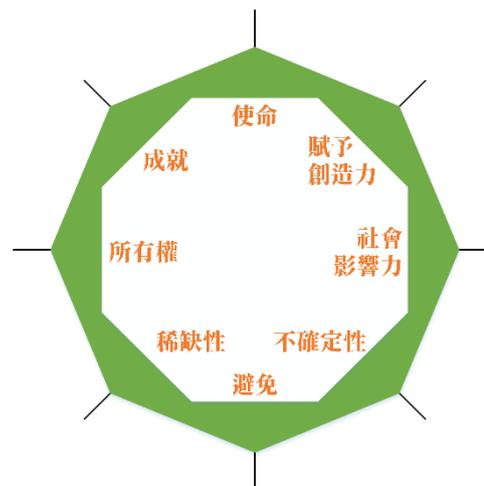


圖 4 八項核心動力的八角框架(周郁凱, 2017)

進行分析，以提供遊戲設計之參考。雖然這套理論多應用在遊戲開發，但也逐漸引入到如企業之人力資源管理、行銷策略等方面。另一方面，在學校教育中，遊戲化的概念也逐漸融入在教學活動之中，不論以桌遊或是將遊戲變成課程中抽象理論的體驗²，皆透過遊戲化型塑的動機驅動學生學習。因此在本計畫中，將採納此八角分析法的理論，做為兩門實作微課程教學規劃之參考。

表 2 八項核心動力定義

| 序次 | 核心動力 | 定義 |
|----|-----------|---|
| 1 | 重大使命與召喚 | 當相信自己所做的事情是超越小我或被挑選來做這件事，必定具有重要的意義。 |
| 2 | 發展與成就 | 為取得進步、發展技能、克服挑戰的內在動力。重點在挑戰。 |
| 3 | 賦予創造力 | 投入創造過程時，除了會看到創造的成果，也樂於接受回饋，再不斷調整做出不同組合。 |
| 4 | 所有權與佔有欲 | 覺得自己擁有或控制某樣事物所表現出的積極態度。 |
| 5 | 社會影響力與同理心 | 整合所有激勵人們的社交、人際關係之元素，可以是同儕或是不同階層(如師生)，更或者是人與物、環境之間互動所生成。 |
| 6 | 稀缺性與迫切 | 因某件事物稀有、獨特以及無法立即取得，而亟欲想要獲得的核心動力。 |
| 7 | 不確定性與好奇心 | 當某件事情不符合人們的習慣認知循環時，大腦會加速運轉，而會關注於出乎意料之外的狀況。 |
| 8 | 損失與避免 | 避免產生負面事物的動機，如避免失去之前完成的工作，或面對即將消失的誘人機會。 |

² 遊戲式教學，讓經濟學更融入生活 http://www.news.high.edu.tw/feature_story/content.php?cid=172&did=546

3.2 自主學習實作專題主題系列規劃

本計畫發展的實作專題課程係以創新設計為系列主題。在 108-1 學期執行實作專題課程後，學生成果並無法如預期，經過分析與檢討後(執行細節與分析討論詳見第 18 頁「4.1 自主學習專題－機構人偶 (108-1)」)，重新擬訂系列課程目標。原始規劃與修正後之相關課程主題、目標與內容彙整於表 3。

(1) 縱、橫向關係之課程規劃理念

表 3 中的課程在規劃上係期待能夠透過自主專題課程，使得學生在專業學習能有縱、橫向的整合：在縱向層面，能在各年級中以特定的問題主軸，逐步提昇學生養成獨立自主學習、解決問題能力；在橫向層面，則在各學期規劃出不同目標，與所對應的機械領域的專業課程相結合，以求透過實作來統整各個相關專業知識。以下分別就縱向與橫向兩個層面加以說明修正後規劃：

- **課程縱向關係**：在縱向層面以循序漸進方式培養學生創新設計能力，從大一基礎問題解決能力養成，在大二則以學習基本實作能力，大三則培養與整合機、電專業能力，並在大四畢業專題做最後的統整，以達成執行創新開發的目標。在不同年級期待的方向則有：
 - 大一：在導航課程-「機械工程概論」將以激發學生學習動機與培養基本能力為主，能讓學生認知到在後續實作專題中，所必須備自主學習以及解決問題的方法與工具。
 - 大二：以既有實作內容為主，前半學期讓同學順利完成一作品，在後學期則再配合期末競賽，進行同學創新改良。
 - (a) 在上學期以德國 Fischertechnik 智慧積木來進行創意機構的學習，並同時做為機構學、靜力與材料力學的統整。這專題已有開發的教學手冊可以讓同學自學使用，並可連結到理論課程。
 - (b) 下學期則以使用手機遙控 Mecanum 輪(麥克納姆輪)車為主題，同學會在期中學會使用雷切機，Arduino 以及 App Inventor 組成要求的遙控車。後期則會利用競賽的激勵，讓同學再發揮創意，改造課程的遙控車。
 - 大三：則在大二基礎上，進行較深入的創作。相對於大二是在預先設計好的作品上，再進行改裝，在這個階段學習則先完成參考作品，以瞭解原理後，再完成自己的故事作品創作。
 - (a) 在上學期會先帶領同學完成一個簡單的機構人偶的創作。之後透過故事敘述與機構運動連結，引導同學進行細部的討論與發想，再充分使用到雷切機與 3D 列印機，完成自己的作品創作。
 - (b) 下學期則會讓學生更進一步獨立整合雷切機、3D 列印機與 Arduino 等，由老師、助教與同學互動、討論，以協助同學獨立完成自己構想的互動設計裝置開發。
 - 大四：同學可將大三下的成品做為基礎，增加更多的功能或特色，做為畢業專題主題，以現有的作品再精進修改、調整與測試，完成穩定與符合市場要求規格之產品。

- **課程橫向關係：**係在學期中能透過自主學習實作型態的專題課程來統整相關專業課程，讓學生具備機電整合裝置之設計、實作能力，進而培養出創新能力，見表 4。在各專題將分別達成以下目標：
 - 專題一、二：在專題一透過以 Fischertechnik 積木的快速組合方式，在專題二透過以麥克納姆輪車的製作，讓學生先激發起自造者的興趣，享受完成成品的喜悅。
 - 專題三：透過有趣、連動的自動人偶專題，讓學生在實踐過程中，可以有更強動機以自主學習態度，學習現代自動化機器中機構之時間序列概念與實踐方法。
 - 專題四：透過互動藝術創作，讓學生除需具藝術、哲學思考與內涵外，也同時需更以能快速將自己想法實現，以傳達出 Maker 的創造精神。
 - 學生透過這樣模式可以逐步養成發掘問題、解決問題以及實作的能力，因此在後續的畢業專題就能以更成熟的能力，投入更深入的專業課題，再進一步於展現出更佳成果。如此可避免在所謂最後一哩路的畢業專題中，在短暫一學期急就章似地完成作品，並無法真正統合內容。

表 3 系列課程學習目標與挑戰專案、專業課程之關聯表

| 相關課程 | 機械工程概論 | 專題製作 I | 專題製作 II | 專題製作 III | 專題製作 IV | 畢業專題 | |
|----------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|---|-----------|
| 開課年級學期 | 大一 | 大二上 | 大二下 | 大三上 | 大三下 | 大四上 | |
| 計畫初期規劃 | 主題 | 校園挑戰專案 | 機構人偶創作 | 數位藝術創作 | 創新產品創作 | 創新產品創作 | |
| | 學習目標 | 以自主學習方式，學習發掘問題、產生發想與提案 | 實作機構構想，並學習數位加工設備。 | 使用 Arduino 控制單元製作可控制之機構 | 至實際場域觀察與提出問題，概念設計 | 完整的機械整合設計、製作與測試 | 最終設計版本與製作 |
| | 課程主軸 | | 透過製作機構人偶以學習多輸出同動之機構創作。 | 透過互動裝置的製作，學習發揮創意整合 | 自行訂定挑戰專案，場域觀察，學習整合知識。 | 自訂挑戰專案， | 自訂挑戰專案 |
| 計畫重新規劃 | 主題 | 校園挑戰專案 | 機構概念創作 | 麥克納姆輪車製作 | 機構人偶創作 | 自動 X 智動 | |
| | 學習目標 | 以自主學習方式，學習發掘問題、產生發想與提案 | 學習將機構運動概念快速以 | | 實作機構構想，並學習數位加工設備—3D 列印機。 | 整合必備之實作技能，來完成簡單的裝置 | |
| | 課程主軸 | | 學習將所學之機構原理透過組合慧魚積木實現成具體之機構。 | 透過製作一台可以全向運動的麥克納姆輪車，學習初階的 Arduino 程式控制、APP 寫作以及雷射切割機操作。 | 透過製作機構人偶以學習多輸出同動之機構創作。 | 結合機構、電子控制、程式語言，引領學生設計互動，體認到科技與人文間存在之平衡美學。 | |
| 橫向連結專業課程 | 無，導航課程，學生應用基本能力來學習面對問題，解決問題 | 機構學、動力學、精密機械製造 | 電路與電子學、程式語言、機電整合 | 精密機械設計、流體力學、自動控制 | 相關專業課程整合 | 相關專業課程整合 | |

表 4 各專題統整專業課程之目標

| 專題主題 | 專業課程 | 統整專業課程之目標 |
|---------------------|-------------|---|
| 專題 1：機構 概念創作 | 工程程式設計 | 在專題課程中係使用圖控軟體進行運動控制，因此學生可以藉此重新整理「工程程式設計」課程的程式演算法與流程規劃。 |
| | 靜力與材料力學 | 積木結構鬆脫主要因未考慮作用力影響，因此可以建立具體的力學分析能力。 |
| | 機構學 | 重要機構元件知識與運用，以及機構運動時序關聯。 |
| 專題 2： 麥克納姆輪 車 | 微控制器 | 邏輯控制原理以及應用。 |
| | 工程程式設計 | 基本程式寫作。 |
| | 機構學 | 運動學分析與應用。 |
| | 電路與電子學 | 簡單電路與實作，以能串接相關電路模組。 |
| | 機械製造工程實習 | 學習如何使用製造方法以及數位加工設備，將創意構想完成實物。 |
| 專題 3： 機構人偶創 作 | 機構學 | 相關機構與建立運動時間序列。此思考方式將有助於未來在自動化機械之機構開發。 |
| | 機械設計 | 學習如何使用課程學習到重要機器元件之方法、相關知識，以及設計原理，完成自動人偶設計與除錯，以能使機構運轉順暢。 |
| | 機械製造工程實習 | 學習如何使用數位加工設備，將創意構想完成實物。 |
| 專題 4： 自動×智動 | 前述課程 | 全面統合機械之力學、機構學、電子學、數位邏輯、程式語言等知識； |
| | 電腦輔助設計與製造整合 | 統整概念設計與數位製造之間的關係與基礎理論。 |

(2) 實作與創意討論空間之配合

在以自主方式獲得技能與知識的學習模式，適當的學習空間是必備的。因此本計畫主要的活動即在 107 年度機械系所整建出三個創意實作空間(idea 系列)中進行。其中一個空間為跨域討論空間，以可組合之梯形桌與四周牆(窗)掛白板的設計，提供學生小組互動的學習與討論空間(圖 5)³；另兩個空間為專題實作空間(Maker Space)，配置各種加工設備，如 3D 列印機、雷射切割機、CNC 雕刻機、與車銑床等機台，以及電動工具、手工具等，可以充分支援學生進行構想原型製作(圖 6)。

³ 參考校內分享會簡報：https://youtu.be/dpJ8_Vu_Hqs
https://drive.google.com/open?id=1D1dUkO4_qa1g75jMSKSGHUg1lyHx2MQM



圖 5 新建跨域討論空間



圖 6 實作空間與學生學習狀況

3.3 自主學習實作專題課程規劃策略

本計畫之兩門實作專題課程在 108 學年度第一、二學期開課，同時因應 108-1 學期課程執行成效，重新修正課程規劃，在 109 學年度第一學期亦以新的內容開課。在大二課程主題將以建立基礎創新實作能力為核心，透過與專業課程相關的議題，讓學生以實作方式實現構想。因此在大二上學期的專題以機構類別為主題，下學期以電路電子類別為主題。也因為考慮到學生在進大學前，欠缺足夠的實作技能，因此專題規劃的重點會以「習作再到創作」方式進行，而且專題成果要求也必須使規模縮減到能力所及，以避免造成目標過大卻不易實現，而產生挫折感之狀況。本計畫所開之三門課程所規劃內容與成果，分別在「4. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)」之各小節(見第 18 頁之後)中說明。

另一方面，為提高學生在自主學習屬性之實作課程的參與感，本計畫另外一個研究重點在如何利用遊戲化理論來規劃兩門微課程，以強化學生自主學習的動機，進而提升專業課程的學習。圖 7 為針對實作專題課程以八角框架理論所建立初步的分析架構。在本計畫中將會以此進行規劃，並針對實施成效進行比對分析，以能有精進更好的課程品質。其中針對各個核心動力與所採取的主要策略、措施間的關係說明如下：

- **重大使命與召喚**：在此除了讓學生具有「提昇個人學習能力」外，並無法有其他的使命，此部份是最弱的動力。
- **發展與成就**：在課程中可以透過以網路和競賽公開成果方式，來給予學生「從無到有的創作成就」、「克服困難的成就」、「公開發表帶來的讚聲」等動機。

- **賦予創造力**：透過給定主題但自選題目的機制，以及參考案例討論、輔導，給予學生各種創作可能性，讓他們能夠擁有「在主題限制下帶來的創造力」、「創造出有價值的作品」。
- **所有權與佔有欲**：透過學生可以保留完成的作品的做法，讓學生有「IKEA 效應創造的擁有感」。
- **社會影響力與同理心**：透過多次進度報告，學生可以得知其他小組的構想與進度，在同儕彼此影響，可以讓他們有「同儕互動激勵」的動力。
- **稀缺性與迫切**：由於課程排除其他未參與專題課程的學生，此限制性使學生具有「圈內」的動力。同時在作品創作設計過程中，如果能夠提點學生不足或不明白的專業知識來解決困難，也可以激發他們對「追求完整專業知識」的動力。
- **不確定性與好奇心**：專題採取習作與創作先後方式進行，可以先讓學生產生安全感，讓創作在有信心的基礎下，對後續新的創作更可以在成果不確定下，更有動力去完成。如此可以激發出學生有「對創作感興趣、但又不確定結果」以及「其他同學會做出甚麼作品」的動力。
- **損失與避免**：由於課程並不對學生嚴格評定成績優劣，同時亦規劃小組方式進行，可以讓他們有「避免放棄同伴」、「避免半途而廢」的動力。

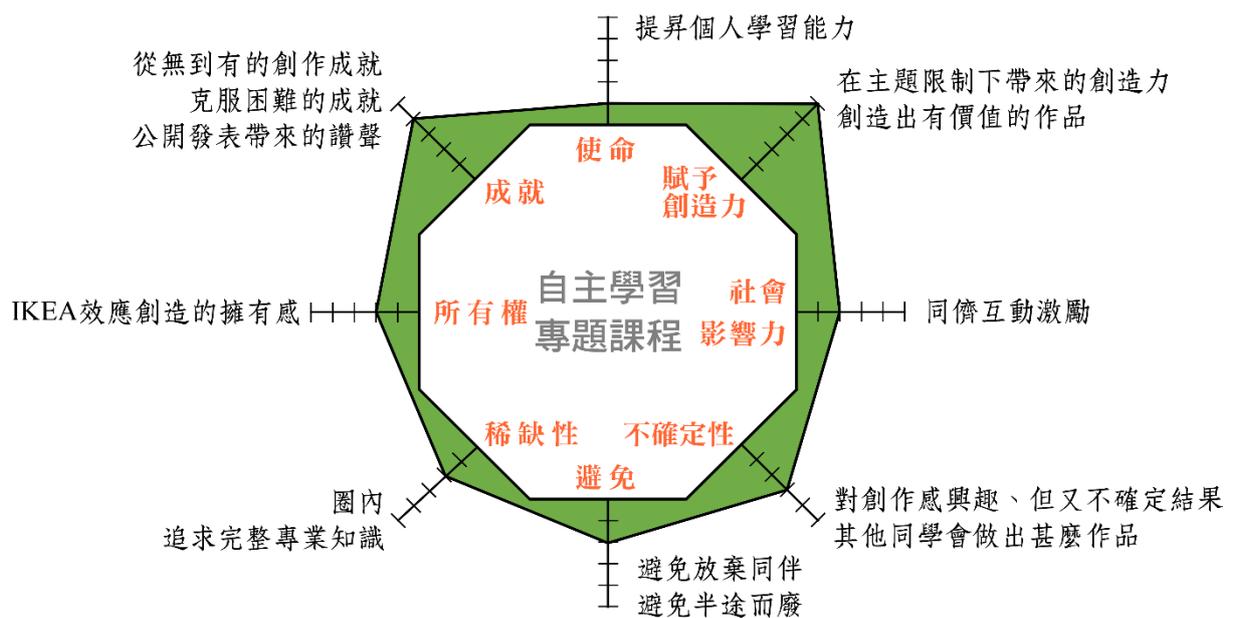


圖 7 實作微課程之八角框架分析

3.4 課程實施方式

在本計畫中，實作微課程架構與進行方式如圖 8 所示，分成「課堂共同活動」與「自主學習」兩部份，以下分別說明在課程中主要和活動內容與進行方式：

- **課堂講授**：將以連結「創作主題」與「專業課程」兩方向為主，首先讓學生透過案例分析瞭解「創作主題」代表理念意義，以及如何將相應的專業理論、知識應用到創

作之中；其中所涉及專業課程部份將會以提綱挈領方式，指點學生。隨後再配合學生提出構想，指正其中觀念不正確之處或補充不瞭解之理論或知識應用。

- 實作演練：將由業師與助教協助，學習如何操作數位加工機台、使用單晶片控制器、程式撰寫等。此部份演練主要目標在使學生可以有初步概念，排除他們使用時的心理障礙，而能在後續自主學習時，敢勇於嘗試。
- 成果報告：以展示作品為目標，區分「概念報告」、「作品展示報告」以及「競賽」。
- 小組討論與實作：會在課後進行，包括各階段工作討論，以及作品製作。為使小組討論進行得以順利，亦會協助學生借用討論空間或實作空間。
- 教師助教諮詢：區分三種類型，(a) 專業課程理論、知識應用在創作上之諮詢，(b) 實作相關問題諮詢，(c) 特定小組面談。前兩者由學生主動進行，後者則由教師、助教主動發掘進度、表現不理想的小組，進行個別面談，以協助脫離學習困境。

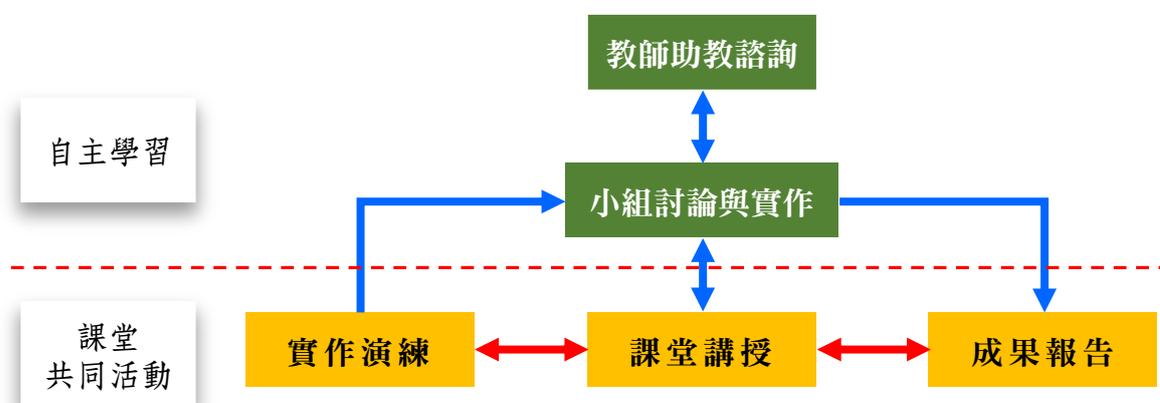


圖 8 實作課程架構與進行方式

3.5 學生個人學習資料建立

學生個人學習資料包括「前測資料」與「學生學習成果評量」等。這些資料將延續前一年度計畫所建立的資料進行補充，以便在三年度計畫完成後有完整資料可以進行完整分析。

(1) 前測資料

此處之前測資料為課程實施前為瞭解學生的初始能力的測驗資料，包括「初始能力問卷」、Sternberg 思考風格問卷(Sternberg, 1997)、圖像表達問卷(Roam, 2012)。對本計畫而言，思考風格問卷之目的在進一步瞭解學生思考特質背景，以做為觀察記錄之參考，並可做為後續分析時佐證資料；圖像表達問卷目的在瞭解學生是否習慣以圖像方式表達、溝通構想，以輔助瞭解學生思考模式。此兩類問卷在前年度導航課程已對參與學生施測，本年度計畫不再進行施測，將直接沿用，以避免間隔時間過短，造成過大誤差。

(2) 學生學習成果評量

本計畫課程配合學校校級自主微課程，此類課程對學生最後評量只有「通過」與「不通過」兩種，因此在計畫中對學生學習成果評量不採傳統計分方式。在排除分數之影響下，可

以進一步從要求學生之成果評量來進行觀察與分析自主學習的成效。相關評量結果除納入學生個人學習資料，以進行後續系列課程之參考外，也同時也做為課程成效評量與改進之依據。本計畫所規劃以下評量方式：

- 各主要單元之階段成果：搭配每次聚會的報告，針對學生報告內容進行分析，探討學生投入以及團隊分工狀況。
- 課堂課程參與記錄：除了課堂出席狀況外，也會根據學生個人資料建立課堂課程參與狀況，並對表現特殊(積極或被動)之學生進行進一步觀察與訪談。
- 期末成品：將針對學生團隊製作之成果配合各階段報告進行分析，以瞭解其產生過程，以及專業課程相關知識導入狀況。
- 自我評量：將設計自我評量問卷，來瞭解學生在學習之後的自我認知狀況，以做為與其他評量成果資料之間的比較。

3.6 成效評量

本計畫教學成效評量採以學生個人的「自評問卷」與「作品分析」等表現進行交叉分析。交叉評量目的在避免個別評量產生判斷誤差，並可以從中發現學生學習的特點，以做為後續課程規劃之參考。本計畫學習成效評估來源主要包括以下：

- 學生觀察記錄：由助教填寫記錄學生重要表現或事件，必要時會由負責教師和相關學生面談。
- 學生自我學習評量：以情境型式的問卷讓同學清楚表達他們對學習成果主觀的認知。
- 學生學習成果評量：目前同學在期末展現自主學習專題成果已經是本系固定舉辦的活動。亦會邀請校外專家擔任評審委員，以能給予同學不同角度的反思。同學亦被要求製作成果影片，藉此亦可以讓學生有進一步反思的機會。

3.7 課程改善

課程持續精進是使課程得以永續經營的重要工作。在本計畫係採以下兩種方式進行：

- 實施過程中：在每一單元結束後進行，主要針對教學實行面不足、待改進之問題，進行檢討與提出對應的改善方向，並完成記錄。此部份工作著重在教學內容與細節。
- 課程結束後：進行成效評量後，分析檢討學習成效。從整體的教學規畫面，檢討學習成果是否達成預期目標，並完成記錄。若無法達標，則探究其原因，究竟在所設定教學目標不當、實施策略或教學方法待改善。此部份工作著重在整體的教學規劃，包括課程進行方式與學生自主學習輔導。

此一方式即在 108-1 學期進行的機構人偶專題進行，並看到成效。機構人偶專題係帶領學生應用機構原理，完成一個或多個具有多個相關連動作的人偶。雖然一開始要求學生人偶作品僅能具有 3~5 個動作，以避免過於複雜，造成無法完成的困境。但在課程進行過程發現到學生實作基礎薄弱，使得要落實具體構想時，並無法很具體落實到成品的製作，雖然也提

供製作上的建議做法，但是最後還是有同學無法順利實現。

在從學生角度分析與檢討這些問題，可以發現到他們需要能先具備基礎實作能力後，才有經驗與想像構想應該如何呈現出實體，也才能設計出具體可行的機構。因此，在計畫執行一半時，即將原本計畫書中的教學規劃內容重新更動主題，將原來規劃的「機構人偶」與「互動裝置」改為大三課程，在第二學期即要開始的內容，改為「麥克納姆輪車」之製作。另外，規劃在大二第一學期的專題主題則改為「機構概念創作」，配合計畫延期，一併在本年度計畫中進行討論與分析。新的課程內容、規劃與執行成果則分別在第 18 頁「4.1 自主學習專題 – 機構人偶 (108-1)」、第 26 頁「4.2 自主學習專題 – 麥克納姆輪車製作 (108-2)」，以及第 34 頁「4.3 自主學習專題 – 機構概念創作 (109-1)」詳述，此處則不再贅述。

4. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

4.1 自主學習專題 – 機構人偶 (108-1)

(1) 課程目標

自動人偶(Automata, 圖 9)為一種結合故事與機械，而產生趣味之動態展演。此類型創作除需具藝術、哲學思考與內涵外，也同時需結合機械之力學、機構學等知識，特別是學生需學會如何使不同機構件的動作具備特定的時序關係。同時為能完成成品雛型製作，亦將在課程中帶領學生學習如何使用數位加工設備(雷射切割機、3D 列印機、CNC 雕刻機等)，以能快速將自己想法實現，以傳達出 Maker 的創造精神。



圖 9 「動力藝術創作」。左：Hugger 蜂鳥，右：自動人偶(Automata, 場景 農場)

課程規劃主要目的係透過機構創新設計，讓學生在知識向度不會只停留在事實知識與概念知識，而在認知歷程向度也不能只在較低層面。因此透過面向藝術的創作，可以讓學生以實踐創新角度，從另一面來認識機構學、動力學等課程；特別是學生可以因此建立整體機構的系統規劃，包括機構能呈現之意義、輸出與輸入運動之思考、多機構組合之時序關係等。並且可以在此課程中學習到各種數位加工設備，強化學生實作實踐的能力。

因此在本課程設計中，課堂講授之目的在引導學生認識與思考創作方向，學生則在完成創作之目標驅動下，透過團隊合作方式，自行學習如何融合科技與人文藝術兩個不同領域內容，進而提出創新動力藝術作品。如此除可達自主學習之目的，亦能豐富學生博雅之素養。

學生在本課程中將透過課堂引導與自主學習，學習到以下內容：

- 動力藝術之現況，以及如何欣賞、評論相關藝術作品；
- 學習如何將科技與藝術結合；
- 學習如何在既有資源發揮創意；
- 學習如何使用數位加工設備，將創意構想完成實物。
- 學習如何展現自己成果。

因此本課程之教學目標以 Bloom 分類法之二維向度規劃，整理於表 5，並做為後續分析研究之參考。

表 5 「機構人偶」二維向度教育目標

| | | 認知歷程向度 | | | | | |
|------|--------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------------|----------------|
| | | 記憶 | 瞭解 | 應用 | 分析 | 評鑑 | 創作 |
| 知識向度 | 事實知識 | 能列舉出機構種類以做為設計時的依據 | 瞭解各種機構之分類、運動特性以及構造 | 瞭解如何選用適當的機構用於需要的運動轉換 | 能選擇合適的分析方法來分析機構運動 | 能評估所選擇機構會產生的問題 | 製作日常活動的日誌 |
| | 概念知識 | 能瞭解機構構造與工作原理 | 瞭解機構工作原理 | 提出適當理由說明選擇的機構可滿足運動要求 | 瞭解機構分析方法與工具原理 | 確定設計、測試結果間的相關性 | 組織一個同好有共同目標的團隊 |
| | 程序知識 | 能想出如何選擇機構類型、如何進行分析 | 瞭解機構整體關係與分析方法 | 能使用時序方式規劃機構運動關係 | 能整合各種方法與工具分析機構運動 | 能事先預估並評斷機構運動結果 | 規劃有效率的計畫工作流程 |
| | 後設認知知識 | 辨識遇到的機構問題可從課本中找到相關理論 | 瞭解個人面對問題時的反應 | 使用個人易上手的方法 | 能瞭解個人在分析問題時的盲點 | 反思個人的成長 | 建立學習歷程檔案 |

(2) 課程規劃

本課程之實作專題目標為完成一個如圖 10 般具有故事性之機構人偶。參與學生必須以一小組方式，構思出一個簡單故事情節，並規劃必要的動作(至少三種相依機構件之輸出動作)，設計出對應運動方式與機構，並以雷射切割機、3D 列印機等製作完成。因此課程就以設計創作的流程進行規劃，從問題背景介紹、相關機構分析來釐清設計重點，到提出設計概念、建立機構型態以及可行方案，再到完成製作，逐步發展設計的方式。專題規劃內容如表 6 所示。

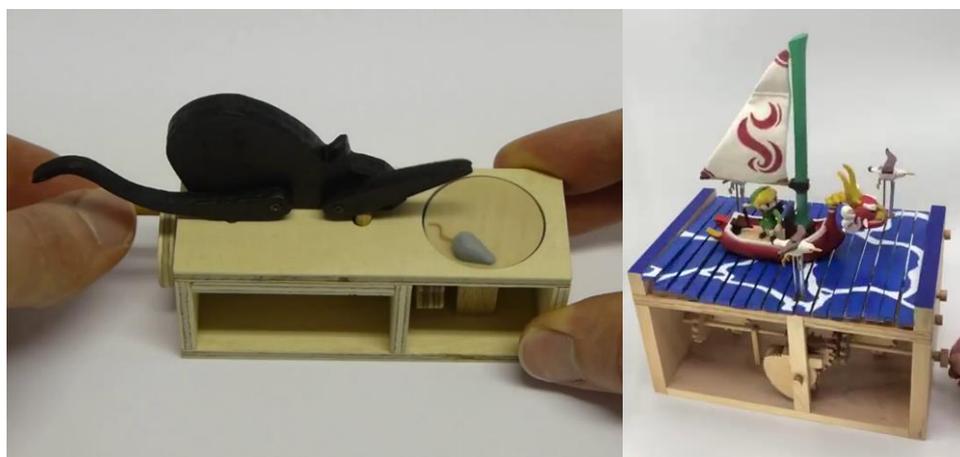


圖 10 典型「機構人偶」

表 6 「機構人偶」課程進度與規劃內容

| 堂次 | 課程主題 | 內容說明 | 指定作業 | 時數 |
|----|-------------|--|---------------|------|
| 1. | 動力藝術導論 | 以有系統介紹各類型之數位藝術，並個別介紹著名之創作與設計理念，以導引學生發想出創新構想。 | 資料收集、構想發展 | 2 Hr |
| 2. | 機構人偶介紹 | 相關機構人偶創作案例介紹以及創作構想分析 | 發展具體構想 | 2 Hr |
| 3. | 以數位製造設備實現創作 | 以有組織方式說明數位製造設備之功能、原理與可應用範圍，以及相關軟體操作方式。 | 軟體學習；完成指定題目繪製 | 4 Hr |

| 堂次 | 課程主題 | 內容說明 | 指定作業 | 時數 |
|-----|------------|---|----------|------|
| 4. | 實機練習 | 針對新手，以分組方式輪流在不同機器現場說明使用之安全事項、操作流程，並讓學生親自操作。 | 修正構想 | 2 Hr |
| 5. | 機構與運動設計概念： | 引導學生瞭解如何應用機構與動力學設計構想之機構 | 發展機構具體型態 | 2 Hr |
| 6. | 期中報告(二) | 設計初步結構與運動方式 | 修正機構設計 | 2 Hr |
| 7. | 概念製作方法分析 | 說明概念製作方法與重點 | 細部設計 | 2 Hr |
| 8. | 期中報告(三) | 與各組學生討論細部設計，包括其構想具體設計以及製作方法。 | 機構元件製作準備 | 8 Hr |
| 9 | 細部設計實作 | 學生攜帶製作所需圖檔，由業師與助教協助進行細部設計。 | 細部設計 | 4 Hr |
| 9. | 實機作業 | 學生攜帶製作所需圖檔，由業師與助教協助進行初步製作。 | 完成作品 | 2 Hr |
| 10. | 期末報告 | 呈現作品以及作品創作理念與設計構想、作品設計結構與運動方式以及製作過程 | 成果影片製作 | 2 Hr |
| 11 | 系成果展示 | 公開報告 | | |

(3) 執行成果

本課程主要在課堂進行，學生在課後要再補足不足地方。學生共十四人，分成四組，製作主題分別如下：

- 貓熊與白熊：以貓熊與白熊互動為主題，白熊拿著菜刀作勢要攻擊熊貓，熊貓跑出院門外。動作數目為3。
- 強打虎王跳跳虎：描繪跳跳虎精準擊球。
- 月球麻糬工廠：描繪月球上機器人彎腰觀察外星人打的麻糬，而外星人則是坐在小型幽浮上不停地搗麻糬。
- 打地鼠機器人：以常見的打地鼠機，來製作打地鼠之情境。

基本上課程進行過程可以區分為兩種型式：

- **課堂講授與實作**：在課堂活動中，先以理論與機構分析引導學生發想。在學生提出構想時，則在不阻礙學生創意發想下，儘可能引導到具體可行的解決方案。另外再由助教協助完成實作。課後學生則根據要求逐一補足未完成部份。學生作品發展歷程如圖 11 所示。
- **成果展示與反思**：專題課程的成果展示包括成果預報、系成果報告以及成果心得影片。成果心得影片之連結如圖 12。

課程活動



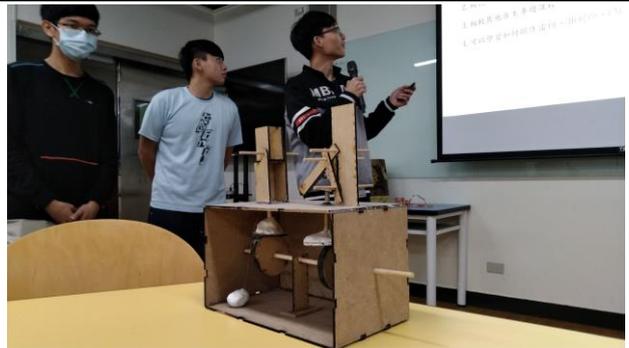
數位加工機台操作與安全講習



小組討論



作品測試

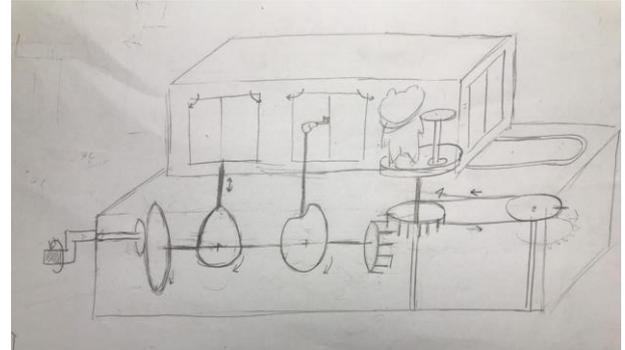


作品成果發表

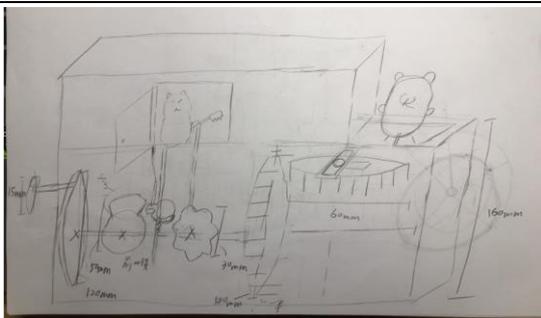
第一組 貓熊與白熊 作品發展歷程



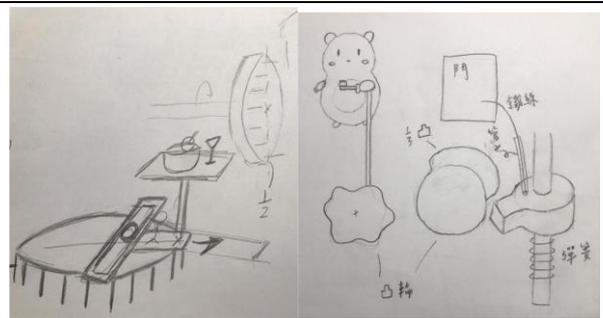
初步概念構想



機構初步構想



機構修正後構想

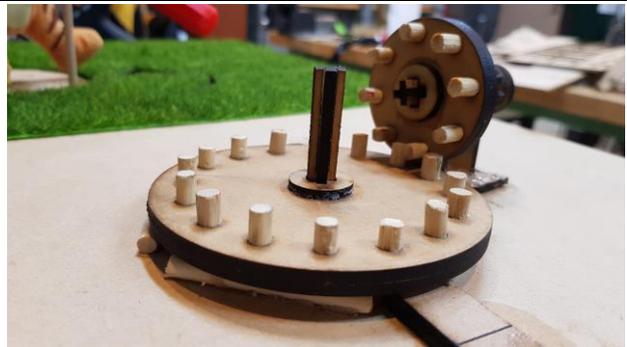


相關細部設計

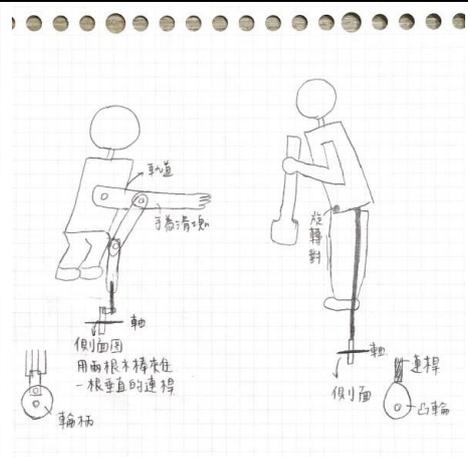


作品成果

其他各組成果



強打虎王跳跳虎



月球麻糬工廠

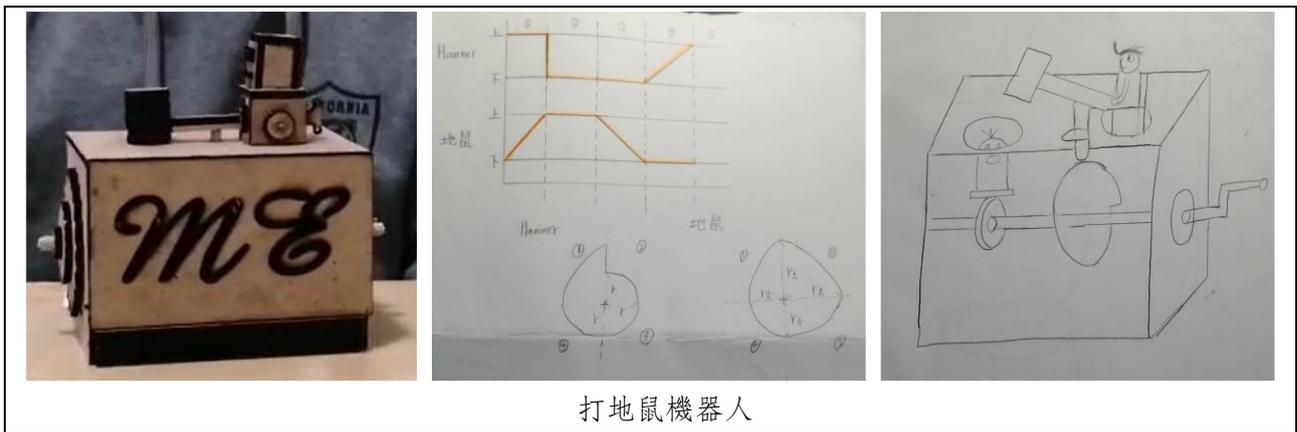


圖 11 「機構人偶」成果剪輯

108-1 學期
動態藝術 -- 機構人偶

108-2 學期
麥克納姆輪車

109-1 學期
機構概念創作



<https://reurl.cc/ZQlzy3>



<https://youtu.be/iWRoyl0skwM>



<https://youtu.be/0FP1A84jGck>

圖 12 自主學習專題學生成果報告（影片）

(4) 評量結果與討論

A. 作品分析

在四組學生作品中，第一組「貓熊與白熊」是有個有趣的案例。在其他組的作品雖然外觀不佳，但都可以順利運轉，而第一組運轉上卻是不平順。該組作品發展歷程的相關圖片可從圖 11 見到。學生初步的想法先是做三隻熊之間的故事，後來在討論過程中再鼓勵他們改為兩隻熊的運動。機構的構想：

“主角為兩隻熊，…。這個作品的特色在於兩隻熊間的互動，首先會看到第一隻熊拿著斧頭上下揮動，之後才會看到另一隻熊從家裡逃出，然後再被抓回去，透過設計過的運動順序來達到上述的效果。”

這樣的想法基本上也順利規劃出機構的運動，不過學生在實作上遇到問題：

“切輪時忘記在其上打洞，導致無法穩定的固定在軸上，將銷輪的銷由鐵絲改成竹篾後因太粗導致無法順利轉動上方。原本的人偶因為重量過重無法順利移動。因為控制熊往前移動的框框比熊底下的長條木板寬，留有太多空間所以會讓它左右位移，而無法順利往前。”

“上方木板沒有開一個給鐵絲穿過的洞，因此鐵絲需呈現一個彎曲的角度才能碰到門，原本凸輪做得太大造成木板上升角度過多，導致鐵絲卡在縫隙下不來”

“因為層板的空隙過大，手部下方木棍無法固定在同一平面上，因此無法順利地跟著凸輪上下運動，兩齒輪因沒有將位置固定住，導致旋轉時產繩無法順利咬合的情形發生”

而這些學生在期末報告中列出的問題，有部份是討論時曾經向他們提醒，但在進行實作時，並沒特別感覺，所以在真正做出來之後才會真實感受、更深刻瞭解問題。特別是在這個製作版本中可以見到所有元件板厚過小，特別是要以接觸方式帶動的機構元件，造成的結果就是使得機構元件運動不順。但是學生成品完成時，已經在期末，學生也因課業的關係，並無意願再進一步修改。如果再能持續完成，以整體發展過程而言，這是一個不錯的作品。

另一方面，在與學生討論的過程中，也見到學生的兩大困境：對何種型式機構能產生需要的運動轉換，無法快速的瞭解；將給定機構概念完成具體的設計實作，欠缺力學上以及機械設計上的考慮。當然，以參與課程的學生背景僅為大二、初學機構學，在概念實作方面並沒有增加時數、而且提早開始進行狀況下，要能達到預期的目標，有相當大的難度。

B. 問卷評量結果與分析

在學期結束時，要求學生完成線上問卷，其中除了針對自主學習、團隊合作以及課程專業學習等問題，亦有開放式問題。問卷題目詳見附錄 1，填答結果統計圖則見附錄 2。對於指標性質的問卷題目，以 5 級分方式進行平均，並對應二維向度的學習目標，彙整於表 7 中。從學生在這些問題的回應，有以下的發現與對應探討。

- 在學習的狀況中，同學普遍表現最弱的項目是在人偶機構的製作能力，這項呈現同儕間多樣表現。掌握製作方法從佳、略佳到普通各有約 1/3 同學。因此在進行創作時，實作基礎能力的養成就成為必須的。
- 同學學習表現次弱的項目在構想的產生。從問卷結果來看，大部份同學可以從給的例子產生 3~4 個想法，而少數 2 人可以更多，或有 1 人在 2 個。此一狀況以初學者來看也是不錯的結果。而要將機構想法轉換到機構設計，則各有約 1/3 同學達成能力從佳、略佳到普通。
- 而學生對機構學中各主要機構原理的的認識，都有極高的肯定。此代表實作對此類型專業課程的學習有一定的必要性。
- 而在人偶機構的製作過程中少，學生遇到問題最多人會採取和同學討論再一起解決。而分別有兩位同學傾向自己進行分析或是找資料來解決問題。此結果也呈現出現在的學生較喜歡以團隊合作解決問題的模式。也因此如何強化團隊合作能力，引導他們學習表達、溝通，解決衝突，也是後續教學研究必要的課題。
- 從學生對實作過程中解決問題的反思來看，大部份同學都可以明確掌握到問題解決的方法，但是還是會遇到能力不夠、需要時間來解決的問題，遇到這種狀況就會退縮，改採其它的設計：

原本我們的機構是更複雜，有牽涉到行星齒輪的部分，但在構想的時候卻發現機構過

於複雜，牽涉到的因素太多，但為了在期末時能夠呈現出我們的作品，我們只好忍痛將它去除。

…，因此應用在機構學到的知識，試圖更改凸輪的半徑才免強成功，如果有時間，希望還能想出更好的方法。

- 而同學也會因為解決問題過程中，自行找到其中原因。這也是自主學習希望達到的目的。

…，不過我們經過不斷的嘗試，將凸輪和連桿中間的接觸多加了一個平面，使其能夠更順暢的運作，並且在連桿伸上去的地方加一個套子，讓他不會左右前後的偏離垂直線，才能用比較少摩擦力去堆動上面的人偶。

…，另外在製作過程中，我發現非常微小量的誤差就會導致機構運動非常不順暢。

…，一開始設計的凸輪不能動，凸輪的角度過大所以他的從動件會動不太了，還好最後重製凸輪後就成功讓機件運轉了。

- 在小組互動上，或許是學生自行分組，且人數控制在 3 或 4 人，學生之間互動很好，並特別問題。
- 同學在完成作品後的心得也可以見到，透過此類型的課程設計可以讓他們自己學習建立工作方法與流程。有不少同學有了更清楚的認知。

…，有下一次機會重做，我想我會先以基本的人物先做起，再慢慢擴充其他東西。

…，投入更多的時間在製作的方面，因為在後期我們所剩的時間較少，導致製作過於草率些，…。

…，在構思時期就先針對工作日程做一個初步考量，而不是想到在做，…。

(1) 決定想要表達的故事。(2) 決定好人偶的外型，…。(3) 決定人偶要作什麼運動。(4) 運用機構學方面知識，…。(5) 先求簡單、順利的運動，…。(6) …先將確定的部分先做出來，…。(7) 每次開會之前先將問題記錄下來，…。

而再從學生的回應來看，幾乎所有學生都認為如果可以先實作出一個已有的作品，對未來創作會有所幫助。同時也從他們作品表現與問卷回應來看，同學在實作經驗與能力不足狀況下，原來規劃的目標不容易達成，欠缺考慮到學生進入到這領域中是否已完備所需能力，而整合當學期專業課程的目標也應從引導、體驗或是展示方向思考。

表 7 「機構人偶」指標問題與對應學習目標以及評量狀況

| | 事實知識 | 概念知識 | 程序知識 | 後設認知 | 評量佔比 |
|---|------|------|------|------|-------|
| 1. 我可以在網路上收集到很多有關自動人偶的案例，並分享給同學。 | 應用 | | | | 4.139 |
| 2. 我從找到案例中，會產生相當多的想法。(註：不需要是否具備可行性) | 應用 | | | | 4.072 |
| 3. 我在老師講解自動人偶機構之後，可以將小組決定人偶所呈現的動作構想，轉換成機構的設計構想。(註：不需要是否具備可行性) | | 應用 | | | 4.071 |

| | 事實知識 | 概念知識 | 程序知識 | 後設認知 | 評量佔比 |
|---|------|------|------|------|-------|
| 4. 在進行自動人偶機構的設計過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考。 | | | | | 4.214 |
| 5. 在小組進行自動人偶機構的設計過程中，我看到同學提出的機構設計，也會提出不同的設計想法來改進。 | | | 評鑑 | | 4.139 |
| 6. 在小組進行自動人偶機構的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。 | | | 分析 | | 3.929 |
| 8. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到機構學中所探討機構扮演的運動轉換以及時序關係，也可以解釋作品中的人偶運動如何透過機構來轉換。 | | | | 瞭解 | 4.286 |
| 9. 在課程結束後，我可以從這門課程可以瞭解到機構學中所介紹主要機構元件，如連桿機構、凸輪與齒輪機構的應用與原理。 | | | | 瞭解 | 4.5 |
| 10. 在課程結束後，我學會如何使用數位加工設備，雷射切割機、3D 列印機等，來實現自己的想法。 | | | | 應用 | 4.139 |

4.2 自主學習專題 – 麥克納姆輪車製作 (108-2)

在 108-1 學期完成檢討後，發現原規劃內容並不適合大二同學，因此在本學期專題課程從較複雜的互動裝置創作改為麥克納姆輪車製作，希望能有一個簡易入門的主題，帶領同學進入到以 Arduino 創作。

(1) 課程目標

專題課程的設計目標，係希望透過有趣的遙控麥克納姆輪車專題，讓學生在實踐過程中，可以有更強動機以自主學習態度，以容易上手的學習方式，來認識到現代智慧製造中自走車的相關控制技術。

麥克納姆輪屬於全向輪的一種，如圖 13 所示，此設計相當於在輪子的圓柱面上安裝與軸線垂直(Omni 輪)或呈一定角度(麥克納姆輪，多為 45°)的滾輪。因此使得車輪可以除繞車軸線滾動外，也會在垂直滾輪軸線方向上有一個自由度。此種類型的車輪常應用在今日的智慧工廠中的自走車(圖 14)，可以使車輛靈活運動，滿足路徑控制上的要求。



圖 13 兩種不同應於全向運動之車輪



圖 14 麥克納姆輪車的實務應用，在課堂原理解說使用案例之一

因此透過「實作練習—發想創作」之模式，來引導學生認識與思考創作方向，並且在完成創作之目標驅動下，透過團隊合作方式，以自主學習方式整合各種專業知識與實作技能完成要求目標。學生在課程中將學習到

- 麥克納姆輪車機構原理，以及在自動化工業中的應用。
- 如何使用雷射切割機製作車體，過程中學生可以學到雷切機使用技巧，培養後續創作所需的實踐能力。
- Arduino 控制器以及藍芽通訊的基本原理與簡單電路應用。
- App Inventor 使用與 App 開發。

同時透過課堂上的引導與自主學習，學生也會學習到統整與應用以下課程相關內容(另見表 3)：

- 微控制器：邏輯控制原理以及應用。
- 工程程式設計：基本程式寫作。
- 機構學：運動學分析與應用。
- 電路與電子學：簡單電路與實作，以能串接相關電路模組。
- 機械製造工程實習：學習如何使用數位加工設備，將創意構想完成實物。

前述目標的構想，在配合本次課程的完成與檢討，以二維向度方式重新整理於表 8，以做為後續課程持續規劃之參考準則。

表 8 「麥克納姆輪車製作」二維向度教育目標

| | | 認知歷程向度 | | | | | |
|------|------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------|
| | | 記憶 | 瞭解 | 應用 | 分析 | 評鑑 | 創作 |
| 知識向度 | 事實知識 | 能列舉出應用麥克納姆輪之車輛種類，以及設計特點，能做為設計時的依據 | 瞭解麥克納姆輪運動特性、組合以及構造；瞭解 Arduino 程式工作原理。 | 瞭解何時使用麥克納姆輪用於需要的運動場合。 | 能分析麥克納姆輪的運動關係來控制車輛運動。 | 能對製作的車輛出現問題時可以找到其中原因，並將其解決。 | 製作日常活動的日誌。 |
| | 概念知識 | 能說出麥克納姆輪構造與工作原理，以及 Arduino 可以應用的方式 | 瞭解機構工作原理 | 提出適當理由說明選擇的機構與 Arduino 程式可滿足運動要求 | 瞭解機構分析及電控所需要的方法與工具。 | 能指出麥克納姆輪車與 Arduino 程式演算法的正確性或可以改進的地方。 | 組織一個同好有共同目標的團隊 |

| | | 認知歷程向度 | | | | | |
|--------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------|----------------|--------------|----|
| | | 記憶 | 瞭解 | 應用 | 分析 | 評鑑 | 創作 |
| 程序知識 | 能想出如何選擇機構類型、如何進行分析；知道如何在控制卡接線與上傳程式。 | 瞭解機構整體關係與分析方法；瞭解 Arduino 程式寫作方法。 | 能夠使用 A | 能整合各種方法與工具分析機構運動 | 能事先預估並評斷機構運動結果 | 規劃有效率的計畫工作流程 | |
| 後設認知知識 | 辨識遇到的機電控制問題可從課本與網路中找到相關理論 | 瞭解個人面對各種問題時的反應。 | 能夠使用個人易上手的方法寫作 Arduino 程式。 | 能瞭解個人在分析問題時的盲點 | 反思個人的成長 | 建立學習歷程檔案 | |

(2) 課程規劃

在課程內容規劃上，將透過實作方式讓學生學習到包括全向運動車輛之運動控制原理與製作、行動裝置 App 寫作、通訊原理，以及 Arduino 單晶片控制等。在課程前半學期帶領學生製作一台基本可以用手機遙控的全向運動車，後半學期則以競賽方式激勵學生發揮創意改造車輛參加競賽。在本實作專題課程中要求學生必須完成的成品有二：

- 基本版全向運動車輛：學期前半段讓學生在短時間內製作、組裝出一個基本的、可以用手機遙控的麥克納姆輪車，從中讓學生體驗到如何應用的相關知識完成一台全向運動車。
- 進階版全向運動車輛：學期後半再以競賽做為學生進一步創思的動力，學生在已完成麥克納姆輪車基本版上，根據競賽目標創作不同的配件或改裝車輛與控制程式。

學生為可以順利完成目標，在專題製作過程中，學生不只學習雷射切割機、3D 列印機等數位加工設備，Arduino 控制器、藍芽通訊、App 程式開發，也可同時學習整合相關專業課程(見表 4)。專題課程在課堂進行內容如表 9 所示，在課堂的時數基本上比例並不會相對多，但學生則要自行尋找時間，自主進行小組討論、分工製作。

表 9 「麥克納姆輪車製作」課程進度與規劃內容

| 序次 | 課程主題 | 內容說明 | 課後作業 | 時數 |
|----|------------------------|---------------------------------------|-------------|------|
| 1 | 課程說明 | 說明課程進行方式、內容與要求 | | 1 Hr |
| 2 | 麥克納姆輪原理 | 全向輪原理與應用，速度與運動方向關係 | 競賽企劃 | 2 Hr |
| | 機台講習 | 安全講習、雷射機操作講習 | 取得認證 | 4 Hr |
| 3 | Arduino、藍芽原理與實作 | 認識 Arduino、Arduino 程式語言環境、程式控制元件、藍芽實作 | | 2 Hr |
| | 麥克納姆輪車架構 | 車輛設計說明與製作 | 完成麥克納姆輪車架切割 | 2 Hr |
| 4 | 報告 | 期中報告：競賽提案與規則訂定 | | 2 Hr |
| | Arduino 與 APP Inventor | APP inventor 與 Arduino 程式 解說與測試 | | 2 Hr |
| | 車輛成品製作 | 車輛組裝與 APP inventor、Arduino 程式完成，車輛測試 | | 2 Hr |

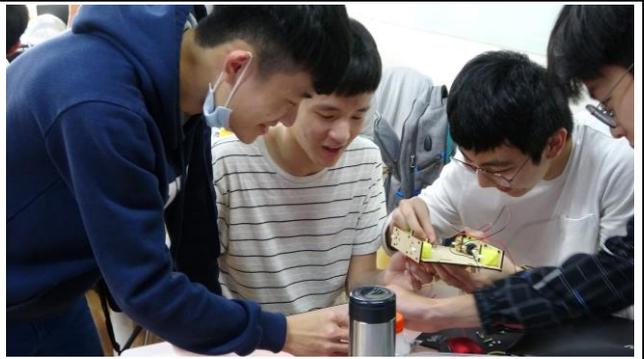
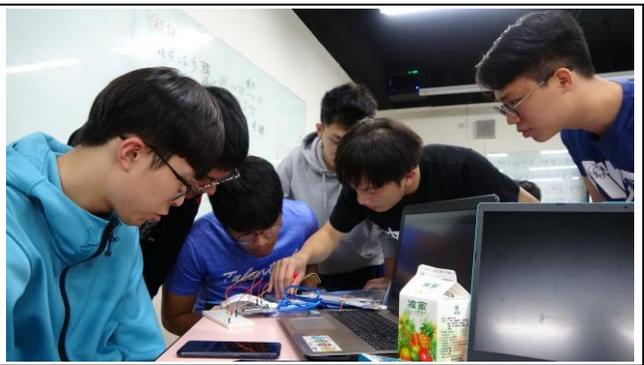
| 序次 | 課程主題 | 內容說明 | 課後作業 | 時數 |
|----|------|-------------|-------------------|------|
| 5 | 報告 | 競賽車輛概念報告 | | 2 Hr |
| | 實作練習 | 競賽車輛製作與討論 | 課後自主分組進行製作(12 Hr) | 4 Hr |
| 6 | 競賽 | 競賽進行 | | 2 Hr |
| 7 | 成果發表 | 成果發表與檢討(預報) | | 2 Hr |
| 8 | 成果發表 | 系成果發表 | | 2 Hr |

(3) 執行成果

本課程之成果可以區分三部份，相關活動剪輯彙整在圖 15：

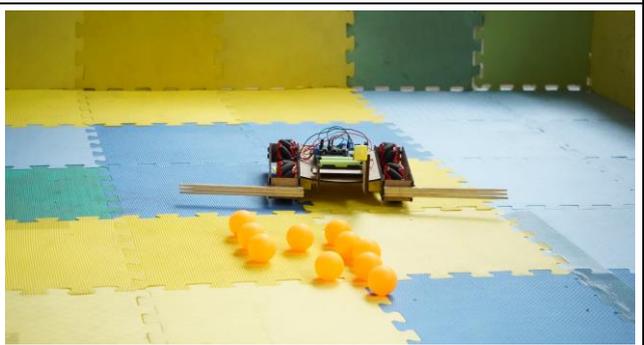
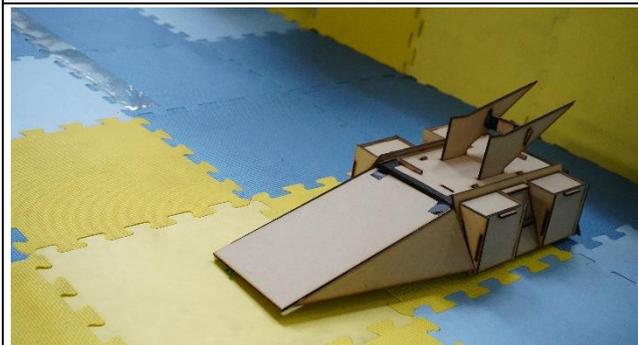
- **課堂講授與實作：**在課堂活動中，儘可能以實作為主要，因此引進工學院學生社群「鈺鈺客」協助進行實作課程講授與學生輔導。在有限的課堂時數中，則以學生能掌握到製作手機遙控的權全向車輛的重點，同時激發起他們的興趣與動機，讓相關的細節工作可以在兩次課堂之間的課後時間，有更強烈的動力以自主學習完成要求的工作。同時，也在雲端資料夾提供相關的參考資料，並給予相關的必要資訊，以做為學生進入自主學習的起點。
- **競賽：**競賽活動是一種吸引同學努力創作、發揮創意的方式，也因此競賽規則採由同學自行提案，共同討論方式來決定。本學期的競賽主題為機器足球賽，不同傳統球賽規則，每隊有兩台機器人對抗，在各自防守場區中分別放入不同顏色乒乓球，由各隊機器人以遙控方式踢入對方球門。若進去為己方顏色之球，則分數以兩倍計。場地中間另加裝障礙，包括橋樑與孔洞，增加競賽之挑戰度。
- **成果展示與反思：**專題課程的成果展示包括成果預報、系成果報告以及成果心得影片。成果心得影片之連結如圖 12。





實作輔導

競賽作品與過程



競賽作品



競賽與場地

圖 15 「麥克納姆輪車製作」課程活動剪輯

(4) 評量結果與討論

A. 作品分析

學生共分六組進行競賽，分別各在期中完成的車輛為基礎，以競賽策略製作符合目標的車輛。從圖 15 中的作品，可以見到學生的作品已經與原來的車輛的範本有很大差異，同時也增加許多功能，也同樣透過手機進行遙控。由於本學期課程除有部份從前學期繼續進行的大二的同學，以及大一的同學。由學生作品的發展可以見到，在進行自主專題之前，已具備實作必須的基礎能力會比完全新手的同學更容易進入狀況，有更多的想法。

在學生的作品中可以見到不少的巧思：

我們的車子可以利用前面的鏟子去把球收集起來使敵人沒辦法輕易的把球搶走，並且有踢球跟收球的功能

”...在設計上我們就開始研究球的部分，想法是希望能在球的特性上看能不能找出破綻，從而下手。最後真的被我們找出，我們就決定利用雙面膠的特性以黏住球為主，最為防守之特點。但在實戰上卻也多了進攻的表現，實在可圈可點。

B. 問卷評量結果與分析

表 10 為指標性質的問卷題目，與對應二維向度的學習目標，以及 5 級分平均量化結果。從學生在這些問題的回應，有以下的發現與對應探討。

- 在學習指標最弱的項目是能否收集 Arduino 案例做為參考。大約一半強的學生可以大部份完成，而二分之一弱的學生，僅能部份或少部份完成。這結果和大一、二年級並無相關性。分析學生在課程之工作，此指標結果與兩方面有關：(a) 競賽題目要求的複雜度不高，並不需要收集太多相關案例，而且團隊分工下，部份同學就不須要花時間工作。(b) 課堂上並未提供案例或討論的連結，對部份學生而言，在需求端不強狀況下，也不太會花時間進行。
- 也因為欠缺較多的收集資料與閱讀，相應能產生較多構想的機會就減少，這就反映在指標 2 的結果。
- 同學學習狀況表現另一較弱的項目是投入時間意願。僅有少數(2 位)有很強烈意願為

了競賽表現，投入更多的時間，其餘同學大約各有一半意願依次下降。探討其中原因主要還在於時間分配與投入選擇上。不可諱言，機械系專業課程多習慣以紙筆測驗方式來評斷學生表現。此種測驗方式是客觀的評量，所以沒準備，通過測驗的機會就不大。但是學生深知實作成績評定是主觀，只要達到一定程度，成績並不會過於太差。所以雖然大部份學生還是多有意願完成更好作品，但是在時間限制下，現實面的考量如同問卷結果。

- 而在團隊互動關係中，「主動想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考」的狀況也呈現約三分之二強的同学有較強的行動，三分之一弱的同學則是稍為被動。此狀況在學生都是選修、自願性強的狀況下，屬合理的結果。
- 而車輛製作過程中，學生遇到問題採取的方式中，超過一半同學會採取和同學討論在一起解決，而有三位同學傾向自己進行分析獨自解決，兩位同學則透過找資料來解決問題，也兩位喜歡先問老師或助教，再和同學討論。此結果也呈現出現有的學生較喜歡以團隊合作解決問題的模式。
- 在指標量化表現較高幾項多來自對競賽作品的自我肯定以及因競賽而產生的動機與期待。從這幾個項是可以確認，原來課程設計採競賽元素，對學生的學習動機與自我肯定上，有較為明確的關聯性。
- 學生和同學可以順利完成遙控車的製作，最主要的動力來自於喜歡從無到有的創作；其次是喜歡不斷挑戰困難；也有兩位同學面對同儕會有完成的責任感，一位同學喜歡獲得同儕讚賞。
- 學生對實作過程中解決問題的反思來看，這學期狀況和機構人偶的狀況類似；例如，從大一大部份同學還是會遇到能力不夠、需要時間來解決的問題，遇到這種狀況就會退縮，改採其它的設計：

因為欠缺繪圖能力，導致我們在車體加裝與器材的配合度不夠好，也未能考慮所供應器材(板材寬度與馬達大小)本身大小，導致無法成功組裝，面對其問題，導致我們只能利用較陽春的手法來達成目標。

…，尤其我們對程式還沒有太大的了解，導致我們需要學長的教學，…。

- 而同學也會因為解決問題過程中，自行找到竅門而產生創意的作品。例如競賽中攻進最多球數的一組，說出他們當初的做法：
…，沒辦法做出中所想的成品。於是我們開始著手於研究球的特性，想辦法找出破綻，而我們發現雙面膠黏乒乓球的效果還不錯，所以我們決定嘗試從雙面膠的角度著手，研究哪種傾斜角度更容易使球滾上來，當初是想說垂直黏在車身就行了，不過最後發現傾斜 30 度的效果較好，所以就決定 30 度傾角了。而實際狀況也很理想。
- 在小組互動上，或許是學生自行分組，且人數控制在 2 或 4 人，學生之間互動很好，也有學生提到小組聚會時間不易安排；或是人數過少，欠缺群體激盪的效應。此問題應可透過拉長小組實作驗收時間，以及安排多次課程報告方式來補足。

- 同學在完成作品後也有不少心得可以做為參考。特別是大一同學，而大二同學在經過比賽後，反而有更多的想法，認為可以放到競賽中。

表 10 「麥克納姆輪車」指標問題與對應學習目標以及評量狀況

| | 事實知識 | 概念知識 | 程序知識 | 後設認知 | 評量佔比 |
|---|------|------|------|------|-------|
| 1. 我可以在網路上收集到很多有關 Arduino 的程式案例，並分享給同學。 | 應用 | | | | 3.6 |
| 2. 我從找到 Arduino 案例中，會產生相當多的想法。(註：不需要是否具備可行性) | 應用 | | 記憶 | | 3.67 |
| 3. 我在老師、助教講解麥克納姆輪遙控車原理與做法之後，可以理解其中原理，並且很快地順利將遙控車完成。 | | 瞭解 | | | 4.196 |
| 4. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。 | | | | 瞭解 | 3.733 |
| 5. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。 | | | | 評鑑 | 4.204 |
| 6. 在製作期中的遙控車或是改造競賽用的車子，我會很努力參與小組的製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。 | | | | 分析 | 4.134 |
| 8. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。 | | | 創作 | | 4.204 |
| 9. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會互相鼓勵，共同面對問題來解決，最後一起做出成品。 | | | 創作 | | 4.196 |
| 10. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這工作是很有趣，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的產品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。 | | | | 分析 | 4.396 |
| 11. 在進行準備麥克納姆輪遙控車競賽車輛設計的過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考。 | | | 應用 | | 3.865 |
| 12. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。 | | | 創作 | | 4.07 |
| 13. 在小組進行車輛設計過程中，我看到同學提出的設計，也會提出不同的設計想法來改進。 | | | 應用 | | 4 |
| 14. 在小組進行遙控車的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。 | | | 分析 | | 3.999 |
| 16. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到麥克納姆輪的運動關係，Arduino 控制板程式控制，App 寫作，以及機構的運動轉換。在以後可以更有自信完成類似的作品。 | | | | 評鑑 | 4.067 |
| 17. 在課程結束後，我學會如何使用數位加工設備，如雷射切割機，來實現自己的想法。 | | | | 應用 | 4.067 |

4.3 自主學習專題 – 機構概念創作 (109-1)

本自主學習專題因與前兩學期自主專題執行成果的精進課程，因與本年度計畫相關，因此在本計畫成果報告進行討論。

(1) 課程目標

本課程旨在結合機構、程式語言，以「從做中學習」的方式，帶領同學一窺機構的基本構成原理，機構運動與程式邏輯，以及整合這些相關知識下產生創新應用的可能性；同時也可以學習到團隊溝通、表達能力。因為本課程係為學生的第一門自主學習課程，為能避免學生實作能力影響到創新機構概念的實現，本學期則改以 Fischertechnik 為實作教具，讓學生可以在實作方式下快速將機構運動概念成形，瞭解到機構運動的原理與構成，再以參加競賽之目標驅動下，透過團隊合作方式，引導學生如何將專業課程所學到的各種機構原理，自主學習如何融合進機構創作之中，完成機構作品參與競賽。

表 11 「機構人偶」二維向度教育目標

| | | 認知歷程向度 | | | | | |
|------|--------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------------|----------------|
| | | 記憶 | 瞭解 | 應用 | 分析 | 評鑑 | 創作 |
| 知識向度 | 事實知識 | 能列舉出機構種類以做為設計時的依據 | 瞭解各種機構之分類、運動特性以及構造 | 瞭解如何選用適當的機構用於需要的運動轉換 | 能選擇合適的分析方法來分析機構運動 | 能評估所選擇機構會產生的問題 | 製作日常活動的日誌 |
| | 概念知識 | 能瞭解機構構造與工作原理 | 瞭解機構工作原理 | 提出適當理由說明選擇的機構可滿足運動要求 | 瞭解機構分析方法與工具原理 | 確定設計、測試結果間的相關性 | 組織一個同好有共同目標的團隊 |
| | 程序知識 | 能想出如何選擇機構類型、如何進行分析 | 瞭解機構整體關係與分析方法 | 能使用時序方式規劃機構運動關係 | 能整合各種方法與工具分析機構運動 | 能事先預估並評斷機構運動結果 | 規劃有效率的計畫工作流程 |
| | 後設認知知識 | 辨識遇到的機構問題可從課本中找到相關理論 | 瞭解個人面對問題時的反應 | 使用個人易上手的方法 | 能瞭解個人在分析問題時的盲點 | 反思個人的成長 | 建立學習歷程檔案 |

(2) 課程規劃

Fischertechnik 套件與常見的 Lego 套件最大明顯不同的地方在於構件的組合方式。FT 套件的基本構件係類似縮小的鋁擠型(15x15)，使得在組合時可以在長方柱形構件的六個面進行組合。內容可以涵蓋連桿機構、齒輪機構、鍊條皮帶機構以及氣壓、電控等。

學生在本課程中將透過課堂引導與自主學習，學習到以下內容：

- 能以圖表方式清楚表達概念與溝通；
- 能對重要的機構名稱、構造、用途、與組成有簡單的概念；
- 能學習到如何構思機構之運動邏輯；
- 能以團隊方式完成具備機電整合功能的機構；
- 學習如何展現自己成果。

表 12 「麥克納姆輪車製作」課程進度與規劃內容

| 序次 | 課程主題 | 內容說明 | 指定作業 | 時數 |
|----|---------------------|---|------|----|
| 1 | Fischertechnik 簡介 | 以有系統介紹各類型之機構以及應用 Fischertechnik 之機構。 說明規定與進行方式 | | 2 |
| 2 | Fischertechnik 基本操作 | 練習基本組裝技巧 | | 3 |
| 3 | 連桿機構 | 連桿機構原理與應用、瓦氏天平機構 | | 3 |
| 4 | 傳動機構(一) | 凸輪、鏈條、齒輪等各基本機構功用及運作方式 | | 3 |
| 5 | 傳動機構(二) | 凸輪、鏈條、齒輪等各基本機構功用及運作方式 | | 3 |
| 6 | 電控模組 | 學習使用 Flip-Flop 控制器、各種感測器與電路。 | | 3 |
| 7 | ROBO Pro 圖控軟體 | 學習如何撰寫程式、模擬特定機構之運動。 | | 3 |
| 8 | 循跡機器人 | 製作以程式控制之循跡運動機器人 | | 3 |
| 9 | 期中報告 | 競賽企劃提案與版本決定；小組討論 | | 3 |
| 10 | 競賽準備(一) | 競賽概念報告；完成競賽作品 | | 3 |
| 11 | 競賽準備(二) | 完成競賽作品 | | 3 |
| 12 | 競賽準備(三) | 完成競賽作品 | | 3 |
| 13 | 期末競賽 | 競賽 | | 3 |

(3) 執行成果

為能給予學生可以順利完成專題之作品，在執行面上則先以實作練習讓學生做中學學習到機構的知識，以及如何對照已有的實例，將機構的概念與構造轉換到積木組合上。隨後再以競賽為誘因，促使同學有更佳的動力完成競賽用的機構。因此這學期在教學方法上，結合前兩學期的經驗，重新訂出以下做法：

- 為強化學生自學的能力，重新編纂自學手冊，**圖 16**。手冊中包括三種內容：
 - 基本理論：將實作練習會用到的相關機構或電控、程式等實務應用背景或是相關理論進行說明，以便藉此可以讓學生產生聯結。
 - 參考範例：講義中對練習問題會提供相當的組合範例，有些取自 Fischertechnik 相關組合手冊，有些則採用自行組裝後的照片。如此學生可以自行觀看，並嘗試組合，自行完成。
 - 練習問題：則採取要學生讓組合好的機構運轉是電路連接、程式執行後會發生何種結果，並觀察與探討狀況，寫出記錄。



(1) 平行製圖儀

圖 3.7 為傳統的平行製圖儀，用以精準繪製出我們所要求的線段。

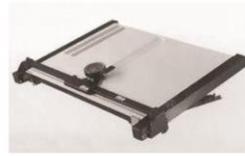


圖 3.7 平行製圖儀(1)

除了此種形式的製圖儀外，尚有另一種利用多組平行四連桿構成的製圖儀機構 (圖 3.8)

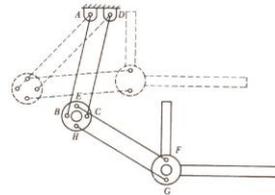


圖 3.8 平行製圖儀(2)

(2) 翻板車庫門機構

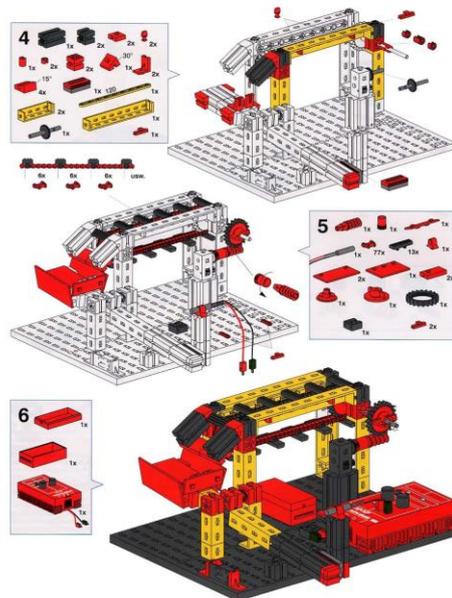
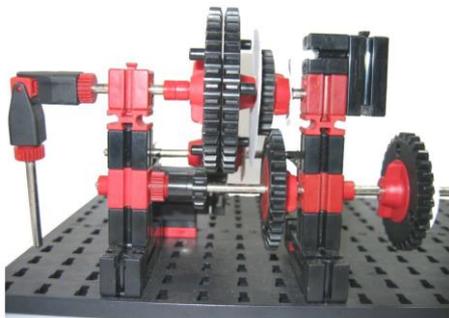
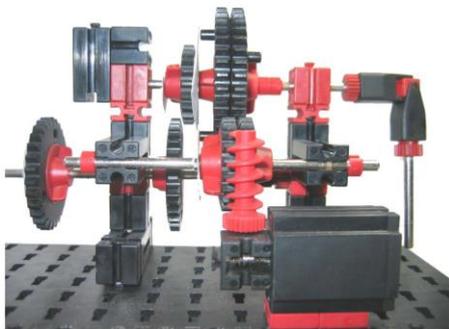
圖 3.9 為國外常見的翻板式車庫門機構，此一機構可以使車門依一設計的運動路徑進行開啓與關閉，而不會與車輛干涉，可以充分使用有限的車庫空間。圖 3.10 為此一機構動作分解圖，由關閉狀態開始動作直到打開。



圖 3.9 翻板式車庫門

7.3 換檔式變速器組合練習 ☆☆

請剪下助教給的圖片，依助教指示按大小裝配在齒輪上。利用裝上的圖片，記錄下各齒輪轉動時對應的角度，再寫出齒輪兩種變速的過程，最後分析出兩種減速比。



動作要求：當有物品掉落到爪子中，爪子往下掉，在爪子還沒把物品送至地面前輸送帶會停止，爪子回到原位後輸送帶才繼續前進。

請畫出 Flip-Flop 與電控元件的配線圖：

圖 16 自學手冊：實作講義基本內容

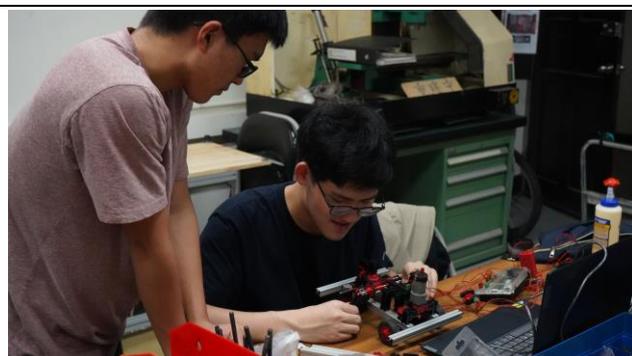
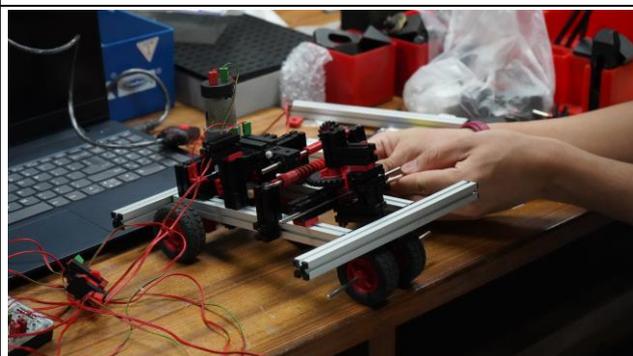
- 實作練習：讓學生以 2 人為一組進行。本學期共 11 人，其中 1 位同學因對相關內容較為熟悉，所以自願 1 人 1 組。
- 競賽導入：競賽方式維持 108-2 學期的做法，由學生自行提出策劃案，再討論並表決採用的方案。最後的版本會透過表決，並將其他企畫案中屬性類似的規劃納入其中，並討論出大家可以接受的比賽規則與進行方式。
- 競賽準備進行與成果發表：競賽是學生最後做出自己作品的目標，因此在課程規劃上。就大幅度將時間轉到同學自行練習之用。
- 競賽進行與成果發表：以 108-2 的方式進行競賽，結束後進行反思報告。最後學生必須參加系內的成果報告。

整個學期活動的照片與學生的作品彙整在圖 17 中，學生成果彙整影片連結則見圖 12。

課堂與課後活動

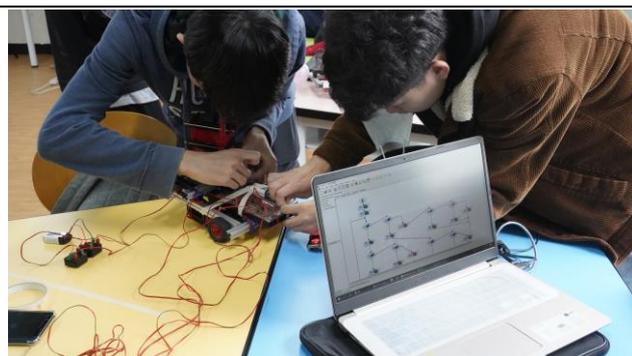


根據講義進度之課堂練習



課後準備競賽作品

競賽作品與過程



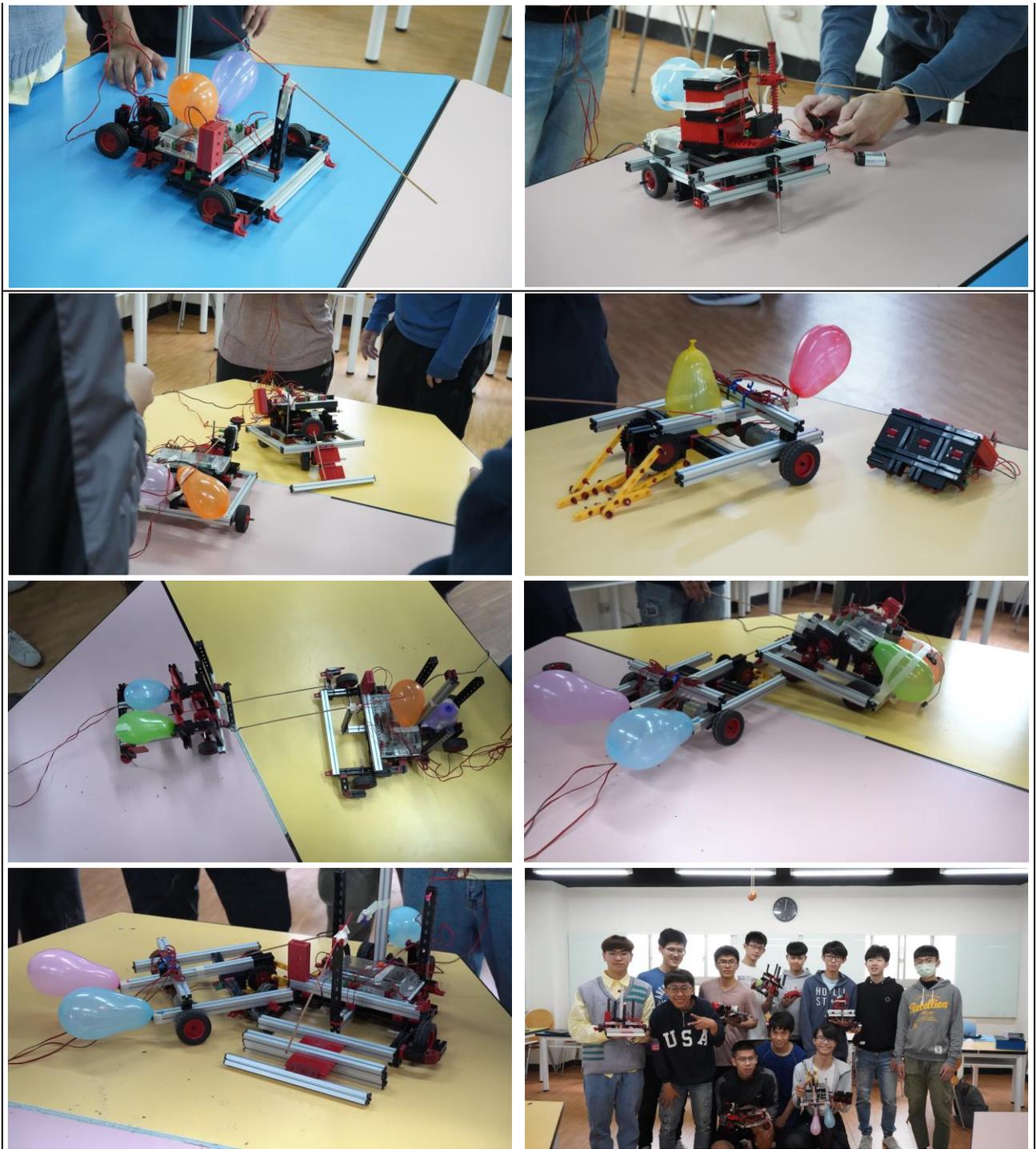


圖 17 「機構概念創作」課程活動剪輯

(4) 評量結果與討論

A. 作品分析

如同 108-2 的麥克納姆輪車一般，學生也有很多創意放在競賽作品之中。但由於必須使用 Fischertechnik 積木進行組裝，因此多少有限制，例如馬達或齒輪的嚙合問題。

我們的製成品原本是構想能夠靠著低底盤跟堅固的結構來避免被推動，再利用刺破氣球的方式來進攻，然而沒想到馬達的馬力實在是太弱了...導致我們的車子看起來像任人宰割的鐵塊

但也因為如此，學生也可以聚焦在他們作品發展之中。以其中一組學生作品為例，他們將競賽攻擊武器－香，安裝在以螺桿機構上，以便能調整角度：

我們花了很多時間與心血在設計與組裝，形成了無間不摧的自走車，主要結構分為傳動系統與防禦系統，傳動系統由兩顆大馬達構成，防禦系統為一個旋轉機台，就如同羅馬矛兵的原理，前方為一個盾牌，而盾牌的側邊則為香，就如同長矛一般，可以刺破別人的氣球，並搭配香傾角的調整系統，可以因應不同的敵人來調整，也可以避免香卡在別人自走車的問題，透過旋轉的方式，同時攻守兼具，我們也是唯一一組氣球都沒被刺破的一組。

也有學生從競賽規則決定獲勝策略，進一步做出會得到勝利的車輛：

因為是相撲機器人和戳氣球，所以我想：只要把其他車推下去不就贏了？所以我把重心放在速度與機動性上。特色就是簡單暴力。

B. 問卷評量結果與分析

表 10 為指標性質的問卷題目，與對應二維向度的學習目標，以及 5 級分平均量化結果。從學生在這些問題的回應，有以下的發現與對應探討。

- 指標量化結果幾乎大於 4.0，即表示學生對學習狀況與成果帶來的成就感有自我肯定的認知。
- 而最弱一項是投入較多時間在競賽的作品製作，經統計有一半以上同學(約 8 人)，但也有 3 位並無法主動投入。此狀況也在前兩學期課程出現，屬於系整體課程進行之模式所產生的問題，並不易改變。
- 學生完成競賽車輛的製作，最主要的動力是因為「喜歡不斷挑戰困難」(5 位)，其次為「喜歡從無到有的創作」(4 位)，但也有 3 位是因為「怕沒做完就沒有成績」。在自願參與課程的學生中，有此分佈狀況並不會令人訝異，特別是傳統機械課程架構常有四大或五大必修主科的修課壓力。也因此若將此模式以必修型式出現，則必然分佈狀況也會因此改變。
- 製作競賽車輛時，7 位會採用以下方式完成「直接組裝，再測試、討論後進行修改」，2 位「先一起討論後，再直接組裝，然後測試、討論後進行修改」，其他的做法皆有 1 人會採用。
- 在準備競賽車輛過程中，面對問題方式本學期採取複選詢問，結果如圖 18 所示。在解決問題方式中，有 9 位同學會採取自己分析與獨立解決方式，7 位採取和同學討論共同解決，4 位先問老師或助教後，再和同學一起解決。也有 3 位會找資料，以及 3 位改設計來解決問題。

而僅有 3 位同學對此問題僅單選，皆選擇獨立解決問題；而其他選擇獨自處理的同學也會選擇其他的方式，絕大部份會再和同學討論確認。

- 在團隊互動上，因為分組多為 2 人一組，因此在課業壓縮可用時間下，較多組別使用分工方式，如用模組、或機構與程式等。而在此方式下，學生也發現也會遇到溝通互動的問題：

我們這組的互動主要是一個人提出想法，另一個去人實踐它，但有的時候提出的問題會是另一個人無法獨力解決的，所以就一起去想解決的辦法，

我們小組的分工方式是我做車架還有後輪，然後另外一位負責前輪與程式碼，我認為這樣能夠快一些組好車子，

我們是採部位分工制，將車身的各個部份個別組裝，最後再將各部位組合。優點是作品完成速度比較快。需改善我的隊友必須了解我的想法才比較知道該如何動作。

我們這組的互動方式採分工制，就是他做 part1，我做 part2，然後看誰先做完再去幫另一位，我們發現這樣可以比較有效率的完成工作，但有時候會彼此不知道對方做的東西的運作原理，所以事後討論很重要

…，兩人各做一部分再合起來，優點是可以從很多想法中挑出最適合的，但是分工部分可能兩人做出的成品有一些差異，導致組裝合起來時會有一些問題，…。

表 13 「機構概念創作」指標問題與對應學習目標以及評量狀況

| | 事實知識 | 概念知識 | 程序知識 | 後設認知 | 評量佔比 |
|---|------|------|------|------|--------|
| 1. 我在接觸這門課的 Fischertechnik 和內容之前，已經瞭解各種主要機構元件：連桿、齒輪、凸輪的大概原理。 | | 瞭解 | | | 4.087 |
| 2. 我和夥伴可以按照講義的說明，使用積木完成要求的機構組合 | | | 記憶 | | 4.5 |
| 3. 我在根據講義完成練習案例後，可以當場清楚瞭解該類型機構(如各種連桿、齒輪與凸輪機構)的運動原理。 | | 應用 | | | 4.5 |
| 4. 我在根據講義完成練習案例後，會對該類型機構產生一些應用的想法。(註：不需要是否具備可行性) | | 應用 | | | 4.082 |
| 5. 我可以熟練使用 RoboPro 程式來達成控制機構的運動。 | 應用 | | | | 4.333 |
| 6. 我在學習使用 RoboPro 程式控制機構後，可以掌握到機構運動的流程，對生活中各種控制裝置可以瞭解工作原理。 | 分析 | | | | 4.334 |
| 1. 我認為競賽可以提高我在學習機構創作的動機，會促使我構思整合在課堂練習學到的各種機構元件，同時利用積木來實現我的想法。 | 創作 | | | | 4.496 |
| 2. 在準備競賽車輛的製作過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供同組同學討論的參考。 | | | 創作 | | 4.75 |
| 3. 在小組進行競賽車輛的製作過程中，我看到同學提出的機構設計，也會提出不同的設計想法來改進。 | | | 評鑑 | | 4.667 |
| 4. 在進行競賽車輛的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。 | | | 應用 | | 4.334 |
| 5. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。 | | | | 應用 | 3.2004 |
| 6. 在製作競賽車輛的過程中，我會很努力和同伴一起製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。 | | | | 評鑑 | 4.166 |
| 7. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。 | | | 創作 | | 4 |
| 8. 在製作競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。 | | | 應用 | | 4.167 |

| | 事實知識 | 概念知識 | 程序知識 | 後設認知 | 評量佔比 |
|--|------|------|------|------|-------|
| 9. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這是很有趣的工作，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的作品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。 | | | | 評鑑 | 4.496 |
| 10. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。 | | | | 創作 | 4.333 |
| 1. 在課程結束後，我可以從這門課程可以瞭解到機構學中所介紹主要機構元件，如連桿機構、凸輪與齒輪機構的應用與原理。 | | | | 瞭解 | 4.001 |
| 2. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到機構學中所探討機構扮演的運動轉換以及時序關係，也可以解釋作品中的要求的運動如何透過不同的機構來轉換。 | | | | 分析 | 4.087 |

13. 在準備競賽車輛過程中，我遇到問題會採取以下那些方式(可複選):

12 則回應

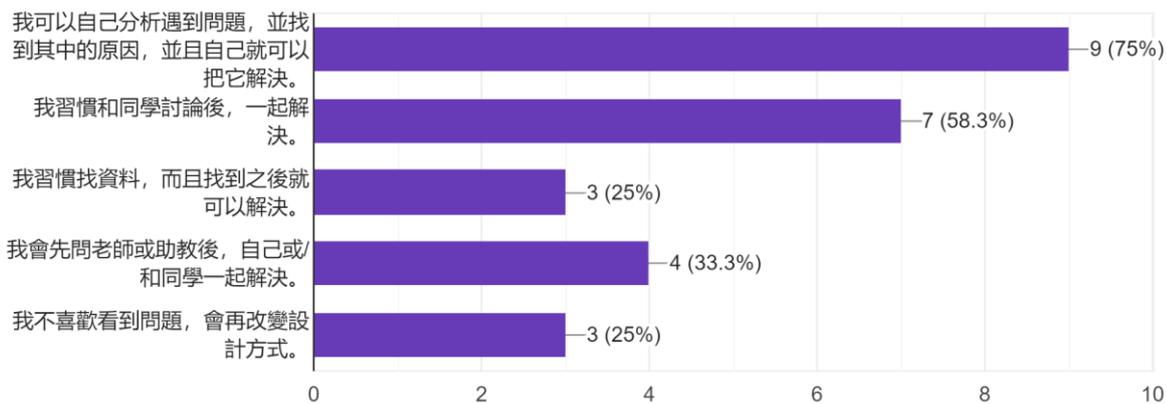


圖 18 學生會採取的解決問題方式

5. 結論 (Conclusion)

5.1 計畫總結

透過本計畫共自 108-1 至 109-1 執行，分別以三門不同主題「自主學習實作專題」 -- 「機構人偶」(原自動人偶)、「麥克納姆輪車」、「機構概念創作」，進行課程規劃、施教以及學生學習成效分析與探討。由課程執行經驗與成效分析結果比較，有以下論點可供類似課程開課規劃之參考。

- **課程規畫與學生基礎必備能力關係密切。**本計畫 108-1 進行「機構人偶」(原自動人偶)之主題，從學生作品結果發現到部份大二學生並不具備足夠的實作基礎能力，使得機構的構想具體實限受到限制，同時有降低學生學習動機。因此在 108-2 即將原規劃之有關互動裝置之「數位藝術創作」改為「麥克納姆輪車」，並將原大二開課之規劃內容，改到大三，並改以「機構人偶」與「自動 X 智動」兩個課程名稱。在 108-2 與 109-1 課程教授結果，成效極佳，對於二年級同學而言，可以建立他們個別的自主學習自信心以及參與實作課程之動機。
- **進階式引導有助於自主學習與創新實踐。**在「麥克納姆輪車」、「機構概念創作」等兩門課程之中，嘗試先讓學生以現有的成品或解決方案，進行實作，體驗到如何實踐的過程以及製作的技巧。隨後才進行創新作品的設計與製作，此一漸近方式也獲得學生的肯定，並從相關能力指標顯示出來。另外一方面，「機構概念創作」完成自學實作手冊，可以讓學生據以自行組裝 Fischertechnik 積木。而學生開始在實作過程中，以這樣 DIY 方式進行學習，則在第二學期開始接觸 Arduino 軟硬體，更可以快速透過網路上許多的開源資料以自主學習模式，培養自我實作與創新能力。
- **直觀的實作可有效提高創作的成功機會。**從學生分享創作的歷程可以確認的是，透過直接的實作，以及在教師以及助教觀察與諮詢下，不斷的測試、除錯與重建，可以快速、有效創造出不錯的作品。
- **競賽舉辦有助於強化學習動機。**在 108-2 與 109-1 的兩門課程，皆規劃在期末進行進競賽，由成果分析，可以見到對學生的學習動機與學習成果產生正面的影響。尤其經調查，學生完成競賽作品最主要的動力是來自「喜歡不斷挑戰困難」與「喜歡從無到有的創作」。當然也有少數會因為成績與同儕互動，而略為被動完成。但配合團隊進行競賽的設計，這些被動作為的影響就會降到最低。
- **團隊建立與分工合作對於學習解決問題有正面意義。**在三個課程中皆以小組型式讓學生組成團隊，人數約 2 至 3 人，採自由分組方式進行。課程結束後進行調查結果發現，學生對團隊進行模式並無特別的困擾。而解決問題方式，雖然有部份同學會採取自己分析與找出解決方案方式，或是先問老師或助教，但隨後仍會將問題解決想法帶回團隊，進行共同討論。

- **實作專題與專業理論學科間的交互影響**。在目前現有機械系專業理論學科以課堂講習為重點狀況下，學生透過實作專題可以學到具體且整合的內容，同時也能對所學有深入反思，有助於相關專業領域的靈活思考與具體實踐。但另一方面，專業理論學科的課業壓力也對學生的專題學習設下如何投入時間的障礙。

5.2 未來精進方向

針對本年度計畫中之課程教學成果，有以下精進與改善之方向：

- 對於本計畫所提出之實作專題課程架構，中央大大學機械系雖然已納入課程架構之中，並以此模式投入「新工程教育方法實驗與建構計畫」，但在各課程中間如何合理安排課業負擔，以及空堂時間的安排，就有待於後續以系架構進行課程整合。
- 以團隊方式解決問題的模式，在本計畫中的三個專題課程常見到。因此團隊解題模式，對以自主學習模式進行問題導向實作專題的課程規劃與實施，具有相當重要意義。因此對其中運作機制，與參與人員互動關係等研究課題，值得後續進行探討。
- 學生學習結果顯示，實作部份宜提前進行，儘可能不要壓縮作品實作時間，同時期間可以透過進度報告，由各小組分享概念與遇到問題，則有助於學生創新想法的發展。

參考文獻 (References)

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing*. New York: Longman.
- Anderson, L. W. (1999). *Rethinking Bloom's Taxonomy: Implications for Testing and Assessment*. ED 435630.
- Atman, C. J., Chimka, J. R., Bursic, K. M., and Nachtman, H. L. (1999). "A Comparison of Freshman and Senior Engineering Design Processes." *Design Studies*, 20(2), pp.131-152.
- Atman, C. J., Cardella, M. E., Turns, J., & Adams, R. (2005). "Comparing Freshman and Senior Engineering Design Processes: an In-depth Follow-up Study." *Design Studies*, 26(4), pp. 325-357.
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007). "Engineering Design Processes: A Comparison of Students and Expert Practitioners." *Journal of Engineering Education*, 96(4), pp. 359-379.
- Atman, C. J., Yasuhara, K., Adams, R. S., Barker, T. J., Turns, J., & Rhone, E. (2008). "Breadth in Problem Scoping: A Comparison of Freshman and Senior Engineering Students." *International Journal of Engineering Education*, 24(2), pp. 234-245.
- Barrows, H. S. (1996). "Problem-based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview." *New Directions for Teaching and Learning*, 68. 3-11.
- Bloom, B.S., Englehart, M.D., Furst, E.J. et al. *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook 1: Cognitive Domain*, New York: Longman, 1956.
- Brown, T. (2008). "Design Thinking." *Harvard Business Review*, June, pp. 84-92.
- Brown, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. Harper Business. 吳莉君譯，設計思考改造世界。聯經出版公司，2010。
- Carberry, A. R., & McKenna, A. F. (2014). "Exploring Student Conceptions of Modeling and Modeling Uses in Engineering Design." *Journal of Engineering Education*, 103(1), pp. 77-91.
- Chang, P.-F., Tsai, S.-J., Chang, W.-L. (2009). "Exploring the Thinking Styles and Problem-Solving Preferences of Engineering Students in a Project-Based Design Course," International Conference on Technology Education in the Asia-Pacific Region (ICTE) 2009, Taipei.
- Cózar-Gutiérrez, R., & Sáez-López, J. M. (2016). "Game-based learning and gamification in initial teacher training in the social sciences: an experiment with MinecraftEdu." *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13(1): 2.
- Dichev, C., Dicheva, D., Angelova, G., & Agre, G. (2014). "From Gamification to gameful Design and gameful Experience in Learning." *Cybernetics and Information Technologies*, 14(4), 80–100.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O. et al. (2005). "Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning." *Journal of Engineering Education*, pp. 103-120.
- Esche, S. K. (2002) "Project-Based Learning (PBL) in a Course on Mechanisms and Machine Dynamics." *World Transactions on Engineering and Technology Education*, Vol.1, No.2, pp. 201-204.
- Frankenberger, E., Badke-Schaub, P. and Herbert Birkhofer (1998), *Designers, the Key to Successful Product Development*, Springer.
- Hadim, H. A, Eshe, S. K. (2002). "Enhancing the Engineering Curriculum through Project-based Learning." 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston.
- Hilton, K.H. (2002), "A Relationship Between Thinking Styles and Design Degree Student Motivation", Centre of Learning and Teaching of Art and Design Conference: Enhancing curricula, London, April, 2002.
- Johnson, C., Bull, K., and Osmond, J. (2013). "Cooperative Design and Communities of Practice."

- In Y. Luo (Ed.), *Cooperative Design, Visualization, and Engineering*, pp. 141-152. Springer.
- Khan, A. & Pearce, G. (2015). "A Study into the Effects of a Board Game on Flow in Undergraduate Business Students." *International Journal of Management Education*, 13(3), 193–201.
- Kelley, D. and Kelley, T. (2014) *Creative Confidence: Unleashing the Creative Potential within Us All*. William Collins. 林育如譯，創意自信帶來力量。聯經出版公司，2014。
- Kittleson, J. M., & Southerland, S. A. (2004). "The role of discourse in group knowledge construction: A case study of engineering students." *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3), pp. 267-293.
- Knight, D.W., 1, Carlson, L.E. & Sullivan, J. F.(2007) "Improving Engineering Student Retention through Hands-On, Team Based, First-Year Design Projects. 31st International Conference on Research in Engineering Education, Honolulu, HI.
- Krathwohl, D.R., Bloom, B.S. and Masia, B.B. *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals Handbook II: Affective Domain*. New York: McKay Company. Inc. 1956.
- Lindemann, U. (Ed.) (2003). *Human behaviour in Design—individuals, teams, tools*. Springer-Verlag, Berlin.
- Lewrick, M., Link, P. & Leifer, L. (2018). *The Design Thinking Playbook: Mindful Digital Transformation of Teams, Products, Services, Businesses and Ecosystems*. John Wiley & Sons
- Pahl, G. and Beitz, W. (1997). *Konstruktionslehre (Engineering Design)*. 4th Ed., Springer Verlag, Berlin, pp. 58-67.
- Samuel, A. E., and Lewis, W. P. (1991). "Evaluation of Students' Strategies for Concept Application in Engineering Design". *Instructional Science*, 20(4), 311-329.
- Silva, A., Fontul, M. and Henriques, E. (2015) "Teaching design in the first years of a traditional mechanical engineering degree: methods, issues and future perspectives". *European Journal of Engineering Education*, Vol. 40, No. 1, pp.1–13.
- Sternberg, R.J. (1997). *Thinking Styles*. Cambridge University Press, Cambridge, 1997. 中譯本：斯特恩柏克，活用你的思考風格 薛絢譯，天下遠見，臺北，1999。
- Tsai, S.-J., Chang, P-F. and Yeh, T.L. (2007). "A study on the roles of the thinking styles in the design behaviors". International Conference on Design ICED 2007, Paris France, 29.08~31.08 2007.
- Tsai, S.-J., Yeh, T.L., Li, C.K., Wang, N.C. (2008). "Teaching Strategies for Design Realization in Engineering Design Education". International Conference on Engineering Education 2008. 27-31 July 2008, Pécs-Budapest, Hungary.
- Tsai, S.-J., Chang, P-F., Chang, W.-L., Li, C.-K. and Huang, G.-L. (2009). "Exploring the Problem-Solving Styles of Freshmen from a Hands-on oriented Course". International Conference on Engineering Education 2009, 24-28 August 2009, Seoul, Korea.
- Tseng, K.-H., Chang, C.-C., Lou, S.-J. and Chen, W.-P. (2013) "Attitudes Towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PjBL) Environment." *International Journal of Technology and Design Education*. 23, pp. 87-102
- 周郁凱 (2017)，遊戲化實戰全書 (Chou, Yu-Kai, *Actionable gamification: beyond points, badges, and leaderboards*)，王鼎鈞譯，台北市 城邦商業周刊。
- 沈揚庭、戴沛吟 (2016) 以 CDIO 精神發展創客育成模式之課程設計與評估，高等教育研究紀要，81-100。
- 張佩芬、蔡錫錚、張琬琳、林妙真 (2009) 探究國內大一學生思考風格與問題解決歷程之關係。台灣心理學會第 48 屆年會，台北。

- 張基成、林冠佑 (2016)。從傳統數位學習到遊戲式數位學習—學習成效、心流體驗與認知負荷。科學教育學刊，第二十四卷第三期，頁 221-248。
- 楊淳皓 (2017)。促進學生主動學習通識課程的教學策略：問題本位學習、專題式學習法與翻轉教室的整合。通識學刊：理念與實務，5(2)，1-40
- 劉霆、劉正良 (1994) 宏觀視野的機器導論課程。機構與機器設計 (中華民國機構與機器原理學會會刊)。
- 葉則亮、蔡錫錚、張佩芬 (2009) 基於多樣化思考心理型態之工程設計教學策略之研究 (NSC96-2516-S-008-001-MY2) 計畫成果報告。
- 蔡錫錚、林秀芬、葉則亮 (2006)。設計者思考風格與設計行為關連性之研究初探。研討會主題。第九屆全國機構與機器設計學術研討會暨 2006 年海峽兩岸機構學學術研討會，台灣高雄正修科技大學。
- 蔡錫錚、李建寬、張佩芬、葉則亮(2009)。設計新手之設計行為特質。第十二屆全國機構與機器設計學術研討會。中正大學，嘉義。

附錄 (Appendix)

附錄 1 課後問卷題目

自主學習課程 -- 動力藝術創作 學習問卷 調查

本問卷調查為瞭解各位在學期中的自主學習狀況外，並可做為未來課程安排的參考。因此，每位同學必須在1月16日(四) 12:00 前完成作答，以便提交同學最後成績至系辦。完成問卷調查者同學，則可得到總分15分；未完成者，則以零分計算。作答內容必須真實，內容不會影響此項目以其學期中各位的表現評量。

*必填

1. 組別 *

單選。

- 第一組：徐、莊、李、陳
- 第二組：李、唐、柏
- 第三組：劉、李、呂、黃
- 第四組：陳、王、陳

2. 姓名 *

學習狀況自我評
量

請根據以下各題學習情境的敘述，以自己經歷或達成程度，評量自我自己狀況。

3. 1. 我可以在網路上收集到很多有關自動人偶的案例，並分享給同學。 *

單選。

- 完全達成
- 大部份達成
- 部份達成
- 少部份達成
- 並未達成

4。 2. 我從找到案例中，會產生相當多的想法。(註：不需要是否具備可行性) *

單選。

- 完全達成 (5個以上)
- 大部份達成 (3~4個)
- 部份達成 (2個)
- 少部份達成 (1個)
- 並未達成

5。 3. 我在老師講解自動人偶機構之後，可以將小組決定人偶所呈現的動作構想，轉換成機構的設計構想。(註：不需要是否具備可行性) *

單選。

- 完全達成
- 大部份達成
- 部份達成
- 少部份達成
- 並未達成

6。 4. 在進行自動人偶機構的設計過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

7。 5. 在小組進行自動人偶機構的設計過程中，我看到同學提出的機構設計，也會提出不同的設計想法來改進。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

8。 6. 在小組進行自動人偶機構的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

9。 7. 在人偶機構的製作過程中，我遇到問題採取的方式： *

單選。

- 我可以自己分析遇到問題，並找到其中的原因，並且自己就可以把它解決。
- 我習慣和同學討論後，一起解決。
- 我習慣找資料，而且找到之後就可以解決
- 我比較習慣聽老師、助教解說後，自己或和同學一起解決
- 我不喜歡看到問題，會再改變設計方式。

- 10。 8. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到機構學中所探討機構扮演的運動轉換以及時序關係，也可以解釋作品中的人偶運動如何透過機構來轉換。*

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

- 11。 9. 在課程結束後，我可以從這門課程可以瞭解到機構學中所介紹主要機構元件，如連桿機構、凸輪與齒輪機構的應用與原理。*

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

- 12。 10. 在課程結束後，我學會如何使用數位加工設備，雷射切割機、3D列印機等，來實現自己的想法。*

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

作品自評與反思

以下主要針對各位對作品的瞭解以及反思，請儘可能據實詳細回答。

13。 1. 請簡單說明你們製作成品的構想與特色(至少50字) *

14。 2. 請簡單說明你們遇到問題或困難突破的地方，它們對你們製作成品甚麼影響？(至少50字) *

15。 3. 請簡單說明，你們小組互動的方式，有甚麼優點？有甚麼要再改善？(至少50字) *

16。 4. 請簡單說明，如果再重新創作，你們會如何進行這工作？(至少50字) *

回
饋

以下為對本學期課程之意見回饋，你的意見將做為下學期數位創作以及下一學年度課程改進依據。

17。 1.【意見回饋】系上實作設備資源 *

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

18。 2.【意見回饋】對於課程進度安排狀況的建議 *

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

19。 3.【意見回饋】如果在課程中加入先實作出一個現有的小作品(如"貓與老鼠"這樣機構)·對成品成功的機率會提高 *

單選。

- 相當同意
- 同意
- 普通
- 不同意
- 相當不同意

20。 4.【意見回饋】教師與助教輔導狀況 *

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

21。 5.【意見回饋】實作成品要求的困難度 *

單選。

- 不困難
- 有一點困難
- 普通
- 有難度
- 相當困難

22。 6. 對於這學期課程綜合建議與感想，包括老師和助教。字數不拘。*

Google 並未認可或建立這項內容。

Google 表單

自主學習課程 -- 麥克納姆車輛創作 學習 問卷調查

本問卷調查為瞭解各位在學期中的自主學習狀況外，並可做為未來課程安排的參考。因此，每位同學必須在7月1日(三) 12:00 前完成作答，以便提交同學最後成績至系辦。完成問卷調查者同學，則可得到課程總分15分；未完成者，則以零分計算。作答內容必須真實，內容不會影響此項目以及其他學期中各位的表現評量。

*必填

1。 姓名 *

單選。

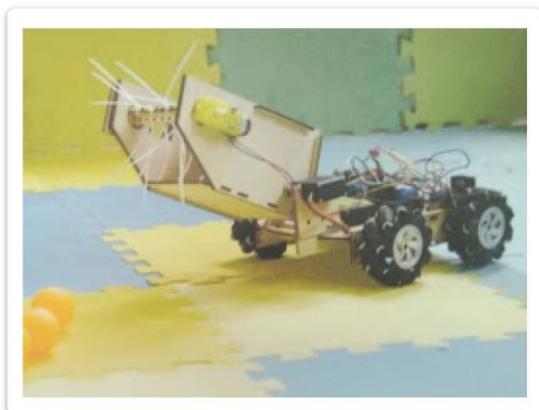
- 劉
- 李
- 陳
- 王
- 陳
- 李
- 唐
- 賴
- 張
- 蔣
- 廖
- 郭
- 陳
- 韓
- 張

2. 我的競賽作品

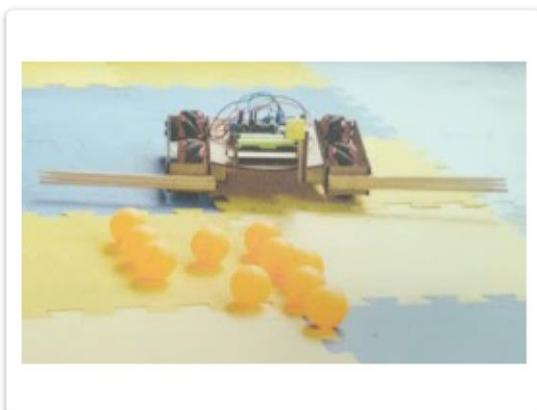
單選。



獨角仙的夢



靈魂收割者



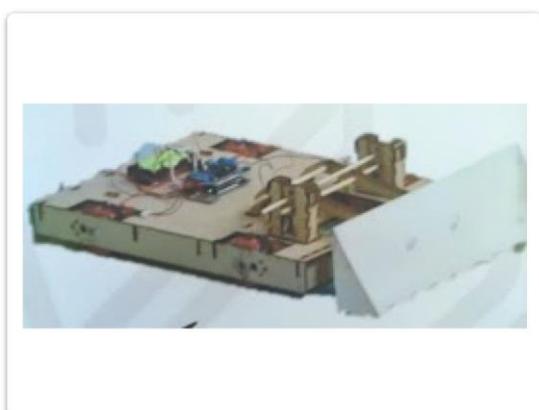
中央外馬爾



守門員(一)



守門員(二)



攻擊手

學習狀況自我評
量

請根據以下各題學習情境的敘述，以自己經歷或達成程度，評量自我學習狀況。

3。 1. 我可以在網路上收集到很多有關Arduino的程式案例，並分享給同學。*

單選。

- 完全達成
- 大部份達成
- 部份達成
- 少部份達成
- 並未達成

4。 2. 我從找到Arduino案例中，會產生相當多的想法。(註：不需要是否具備可行性)
*

單選。

- 完全達成 (5個以上)
- 大部份達成 (3~4個)
- 部份達成 (2個)
- 少部份達成 (1個)
- 並未達成

5。 3. 我在老師、助教講解麥克納姆輪遙控車原理與做法之後，可以理解其中原理，並且很快地順利將遙控車完成。*

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 並未符合

- 6。 4. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。*

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 並未符合

- 7。 5. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。*

單選。

- 完成同意
- 同意
- 普遍
- 不同意
- 相當不同意

- 8。 6. 在製作期中的遙控車或是改造競賽用的車子，我會很努力參與小組的製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。*

單選。

- 完成同意
- 同意
- 普遍
- 不同意
- 相當不同意

- 9。 7. 我認為在整個學期中，我和同學可以順利完成遙控車的製作，最主要是因為以下的動力：*

單選。

- 喜歡從無到有的創作
- 喜歡不斷挑戰困難
- 喜歡完成後，同學給予讚賞
- 怕沒做好會對不起同學
- 怕沒做完就沒有成績

- 10。 8. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。*

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 11。 9. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會互相鼓勵，共同面對問題來解決，最後一起做出成品。*

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 12。 10. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這工作是很有趣，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的作品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。 *

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

- 13。 11. 在進行準備麥克納姆輪遙控車競賽車輛設計的過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考。 *

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

- 14。 12. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。 *

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

- 15。 13. 在小組進行車輛設計過程中，我看到同學提出的設計，也會提出不同的設計想法來改進。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 16。 14. 在小組進行遙控車的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 17。 15. 在遙控車的製作過程中，我遇到問題採取的方式： *

單選。

- 我可以自己分析遇到問題，並找到其中的原因，並且自己就可以把它解決。
- 我習慣和同學討論後，一起解決。
- 我習慣找資料，而且找到之後就可以解決
- 我比較習慣聽老師、助教解說後，自己或和同學一起解決
- 我不喜歡看到問題，會再改變設計方式。

- 18。 16. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到麥克納姆輪的運動關係，Arduino控制板程式控制，App寫作，以及機構的運動轉換。在以後可以更有自信完成類似的作品。*

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

- 19。 17. 在課程結束後，我學會如何使用數位加工設備，如雷射切割機，來實現自己的想法。*

單選。

- 完全符合
 大部份符合
 部份符合
 少部份符合
 不符合

作品自評與反思

以下主要針對各位對作品的瞭解以及反思，請儘可能據實詳細回答。

- 20。 1. 請簡單說明你們製作成品的構想與特色(至少50字)*

21。 2. 請簡單說明你們遇到問題或困難突破的地方，它們對你們製作成品甚麼影響？(至少50字) *

22。 3. 請簡單說明，你們小組互動的方式，有甚麼優點？有甚麼要再改善？(至少50字) *

23。 4. 請簡單說明，如果再重新創作，你們會如何進行這工作？(至少50字) *

回
饋

以下為對本學期課程之意見回饋，你的意見將做為下學期數位創作以及下一學年度課程改進依據。

24。 1.【意見回饋】系上實作設備資源 *

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

25。 2.【意見回饋】對於課程進度安排狀況的建議 *

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

26。 3.【意見回饋】在課程中先讓同學實作出一個成品的做法，對後續完成競賽作品成功的機率會提高。 *

單選。

- 相當同意
- 同意
- 普通
- 不同意
- 相當不同意

27。 4.【意見回饋】教師與助教輔導狀況 *

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

28。 5.【意見回饋】實作成品要求的困難度 *

單選。

- 不困難
- 有一點困難
- 普通
- 有難度
- 相當困難

29。 6.對於這學期課程綜合建議與感想，包括老師和助教。字數不拘。 *

自主學習課程 -- 機構概念創作 學習問卷調查

本問卷調查為瞭解各位在學期中的自主學習狀況外，並可做為未來課程安排的參考。因此，每位同學必須在1月20日(三) 12:00 前完成作答，以便提交同學最後成績至系辦。完成問卷調查者同學，則可得到總分15分；未完成者，則以零分計算。作答內容必須真實，內容不會影響此項目以其學期中各位的表現評量。

*必填

1. 組別 *

單選。

- 第一組：吳、何
- 第二組：賴、王
- 第三組：牟
- 第四組：王、陳品
- 第五組：王、鄭
- 第六組：王、陳

2. 姓名 *

一、課程學習狀況自我評量

請根據以下各題針對期中之前學習Fischertechnik組合機構的情境敘述，以自己經歷或達成程度，評量自我自己狀況。

- 3。 1. 我在接觸這門課的Fischertechnik和內容之前，已經瞭解各種主要機構元件：連桿、齒輪、凸輪的大概原理。*

單選。

- 完全達成
- 大部份達成，只有部份不瞭解。
- 部份達成，大約有一半左右還不瞭解。
- 少部份達成，大部份還不太瞭解。
- 並未達成，幾乎都不很清楚。

- 4。 2. 我和夥伴可以按照講義的說明，使用積木完成要求的機構組合。*

單選。

- 完全達成
- 大部份達成，少數(1~3項)還要助教協助。
- 部份達成，大約有一半左右還需要助教協助指導。
- 少部份達成，大部份都要需要助教協助指導。
- 並未達成，幾乎都需要助教協助指導。

- 5。 3. 我在根據講義完成練習案例後，可以當場清楚瞭解該類型機構(如各種連桿、齒輪與凸輪機構)的運動原理。*

單選。

- 完全達成(每個案例都會可以當場瞭解)
- 大部份達成(大約一半左右的案例可以當場瞭解)
- 部份達成(大約三分之一左右的案例可以當場瞭解)
- 少部份達成(只有三分之一以下的案例可以當場瞭解)
- 並未達成(好不容易完成，所以都還來不及想)

- 6。 4. 我在根據講義完成練習案例後，會對該類型機構產生一些應用的想法。(註：不需要是否具備可行性) *

單選。

- 完全達成 (每個案例都會有想法)
- 大部份達成 (大約一半左右的案例)
- 部份達成 (大約三分之一左右的案例)
- 少部份達成(只有三分之一以下的案例)
- 並未達成(好不容易完成，還來不及想)

- 7。 5. 我可以熟練使用RoboPro程式來達成控制機構的運動。 *

單選。

- 完全達成，包括RoboPro與循跡車單元
- 大部份達成，RoboPro單元可以瞭解，但循跡車單元只有部份不瞭解。
- 部份達成，RoboPro與循跡車單元只能瞭解大部份，要助教或夥伴講解才能完成。
- 少部份達成，RoboPro與循跡車單元大部份還不太瞭解，要助教或夥伴講解才能完成。
- 並未達成，幾乎都不很清楚，助教或夥伴講解後還是不是很瞭解。

- 8。 6. 我在學習使用RoboPro程式控制機構後，可以掌握到機構運動的流程，對生活中各種控制裝置可以瞭解工作原理。 *

單選。

- 完全達成
- 大部份達成，只有部份不瞭解。
- 部份達成，大約有一半左右還不瞭解。
- 少部份達成，大部份還不太瞭解。
- 並未達成，幾乎都不很清楚。

- 9。 1. 我認為競賽可以提高我在學習機構創作的動機，會促使我構思整合在課堂練習學到的各種機構元件，同時利用積木來實現我的想法。 *

單選。

- 完全同意
- 大部份同意
- 部份同意
- 少部份同意
- 不同意

- 10。 2. 在準備競賽車輛的製作過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供同組同學討論的參考。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 11。 3. 在小組進行競賽車輛的製作過程中，我看到同學提出的機構設計，也會提出不同的設計想法來改進。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

12。 4. 在進行競賽車輛的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

13。 5. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

14。 6. 在製作競賽車輛的過程中，我會很努力和同伴一起製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 15。 7. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 16。 8. 在製作競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 17。 9. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這是很有趣的工作，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的的作品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

18。 10. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

19。 11. 我認為在整個學期中，我和同學可以順利完成競賽車輛的製作，最主要是因為以下的動力(請選最強的)： *

單選。

- 喜歡從無到有的創作
- 喜歡不斷挑戰困難
- 喜歡完成後，同學給予讚賞
- 怕沒做好會對不起同學
- 怕沒做完就沒有成績
- 其他： _____

20。 12. 我和和同學製作競賽車輛時，會採用以下方式完成 *

單選。

- 直接組裝，再測試、討論後進行修改。
- 先畫機構簡圖，再組裝，然後測試、討論後進行修改。
- 先一起討論後，再直接組裝，然後測試、討論後進行修改。
- 其他： _____

21。 13. 在準備競賽車輛過程中，我遇到問題會採取以下那些方式(可複選)：*

- (可複選)
- 我可以自己分析遇到問題，並找到其中的原因，並且自己就可以把它解決。
 - 我習慣和同學討論後，一起解決。
 - 我習慣找資料，而且找到之後就可以解決。
 - 我會先問老師或助教後，自己或/和同學一起解決。
 - 我不喜歡看到問題，會再改變設計方式。

22。 14. 承上題。我在以下解決問題方式，最常用的是那一個(單選)？*

- 單選。
- 我可以自己分析遇到問題，並找到其中的原因，並且自己就可以把它解決。
 - 我習慣和同學討論後，一起解決。
 - 我習慣找資料，而且找到之後就可以解決。
 - 我會先問老師或助教後，自己或/和同學一起解決。
 - 我不喜歡看到問題，會再改變設計方式。

三、作品自評與反思

以下主要針對各位對作品的瞭解以及反思，請儘可能據實詳細回答。

23。 1. 在課程結束後，我可以從這門課程可以瞭解到機構學中所介紹主要機構元件，如連桿機構、凸輪與齒輪機構的應用與原理。*

- 單選。
- 完全符合
 - 大部份符合
 - 部份符合
 - 少部份符合
 - 不符合

- 24。 2. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到機構學中所探討機構扮演的運動轉換以及時序關係，也可以解釋作品中的要求的運動如何透過不同的機構來轉換。 *

單選。

- 完全符合
- 大部份符合
- 部份符合
- 少部份符合
- 不符合

- 25。 3. 請簡單說明你們製作成品的構想與特色(至少50字) *

- 26。 4. 請簡單說明你們遇到問題或困難突破的地方，它們對你們製作成品甚麼影響？(至少50字) *

27。 5. 請簡單說明，你們小組互動的方式，有甚麼優點？有甚麼要再改善？(至少50字)*

28。 6. 請簡單說明，如果再重新創作，你們會如何進行這工作？(至少50字)*

回
饋

以下為對本學期課程之意見回饋，你的意見將做為下學期數位創作以及下一學年度課程改進依據。

29。 1.【意見回饋】對於課程進度安排狀況的建議*

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

30。 2.【意見回饋】如果在課程中加入Arduino做為機構控制，並學習撰寫程式，對學習機電整合會有幫助。*

單選。

- 相當同意
- 同意
- 普通
- 不同意
- 相當不同意

31。 3.【意見回饋】教師與助教輔導狀況*

單選。

- 相當好
- 還不錯
- 普通
- 不好
- 相當不好

32。 4.【意見回饋】實作成品要求的困難度*

單選。

- 不困難
- 有一點困難
- 普通
- 有難度
- 相當困難

33。 5. 對於這學期課程綜合建議與感想，包括老師和助教。字數不拘。*

Google 並未認可或建立這項內容。

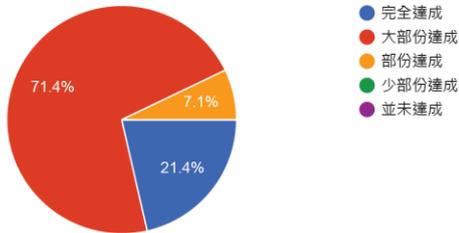
Google 表單

附錄 2 問卷填答結果統計

(1) 108-1 機構人偶

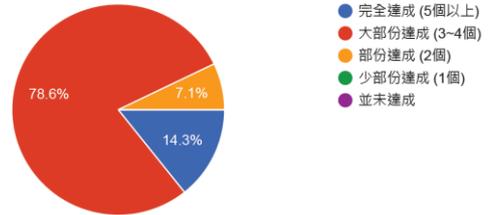
1. 我可以在網路上收集到很多有關自動人偶的案例，並分享給同學。

14 則回應



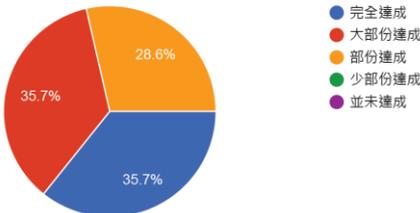
2. 我從找到案例中，會產生相當多的想法。(註：不需要是否具備可行性)

14 則回應



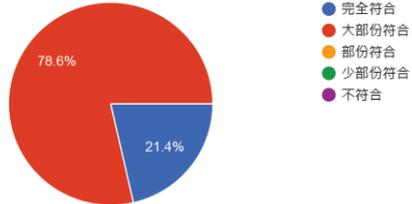
3. 我在老師講解自動人偶機構之後，可以將小組決定人偶所呈現的動作構想，轉換成機構的設計構想。(註：不需要是否具備可行性)

14 則回應



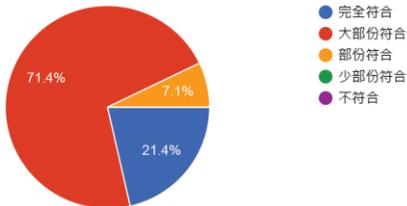
4. 在進行自動人偶機構的設計過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考。

14 則回應



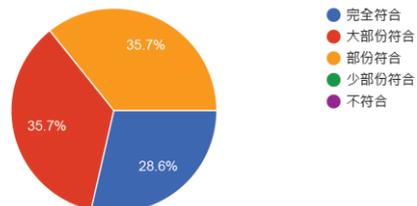
5. 在小組進行自動人偶機構的設計過程中，我看到同學提出的機構設計，也會提出不同的設計想法來改進。

14 則回應



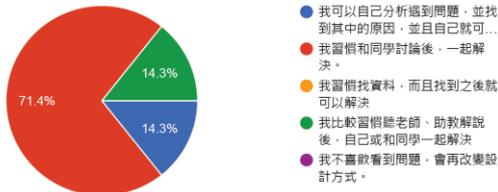
6. 在小組進行自動人偶機構的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。

14 則回應



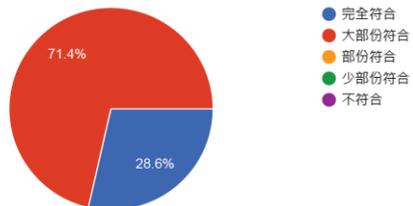
7. 在人偶機構的製作過程中，我遇到問題採取的方式：

14 則回應



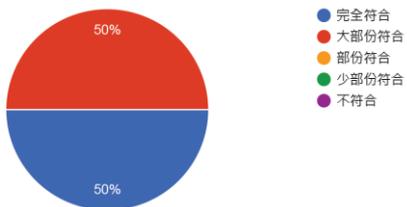
8. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到機構學中所探討機構扮演的運動轉換以及時序關係，也可以解釋作品中的人偶運動如何透過機構來轉換。

14 則回應



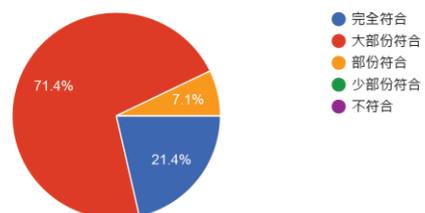
9. 在課程結束後，我可以從這門課程可以瞭解到機構學中所介紹主要機構元件，如連桿機構、凸輪與齒輪機構的應用與原理。

14 則回應



10. 在課程結束後，我學會如何使用數位加工設備，雷射切割機、3D列印機等，來實現自己的想法。

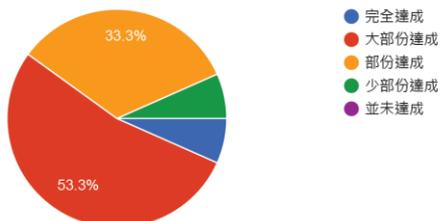
14 則回應



(2) 108-2 麥克納姆輪車

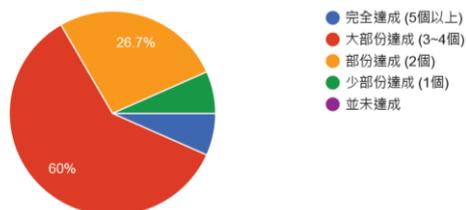
1. 我可以在網路上收集到很多有關Arduino的程式案例，並分享給同學。

15 則回應



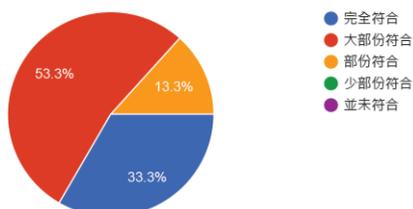
2. 我從找到Arduino案例中，會產生相當多的想法。(註：不需要是否具備可行性)

15 則回應



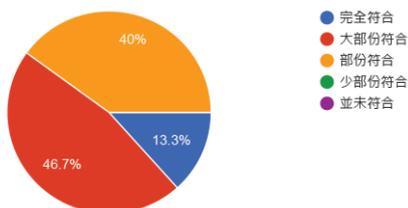
3. 我在老師、助教講解麥克納姆輪遙控車原理與做法之後，可以理解其中原理，並且很快地順利將遙控車完成。

15 則回應



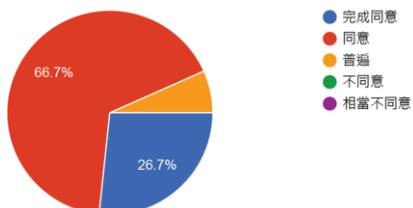
4. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。

15 則回應



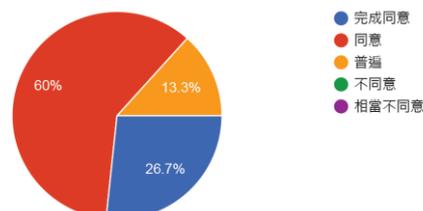
5. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。

15 則回應



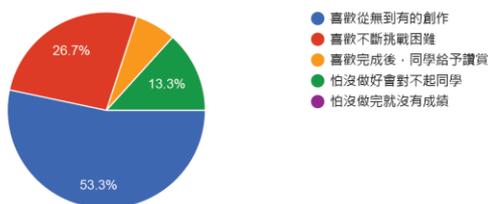
6. 在製作期中的遙控車或是改造競賽用的車子，我會很努力參與小組的製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。

15 則回應



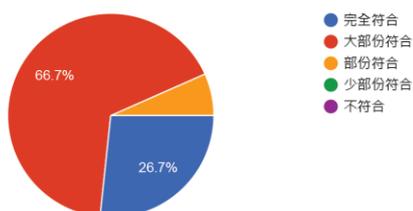
7. 我認為在整個學期中，我和同學可以順利完成遙控車的製作，最主要是因為以下的動力：

15 則回應



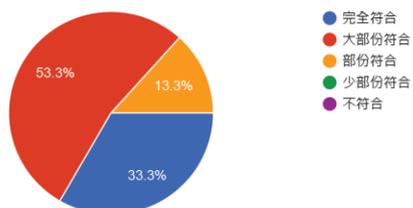
8. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。

15 則回應



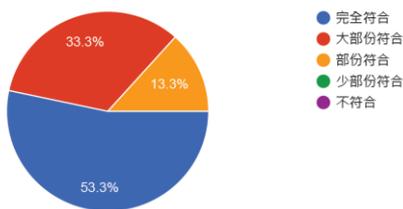
9. 在製作麥克納姆輪遙控車競賽車輛的過程中，我和同學會互相鼓勵，共同面對問題來解決，最後一起做出成品。

15 則回應



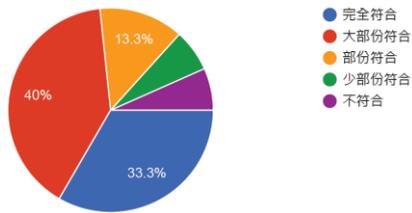
10. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這工作是很有趣，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的成品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。

15 則回應



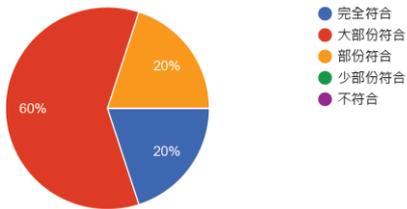
11. 在進行準備麥克納姆輪遙控車競賽車輛設計的過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供小組同學討論的參考。

15 則回應



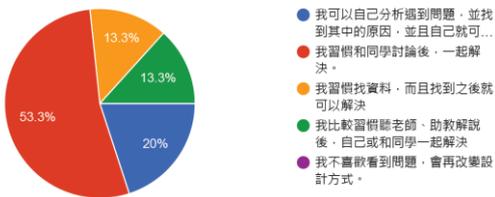
13. 在小組進行車輛設計過程中，我看到同學提出的設計，也會提出不同的設計想法來改進。

15 則回應



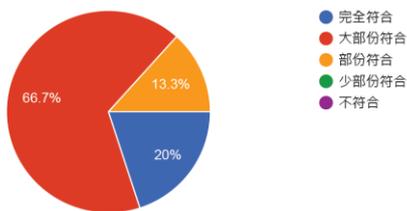
15. 在遙控車的製作過程中，我遇到問題採取的方式：

15 則回應



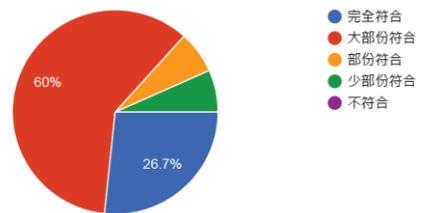
17. 在課程結束後，我學會如何使用數位加工設備，如雷射切割機，來實現自己的想法。

15 則回應



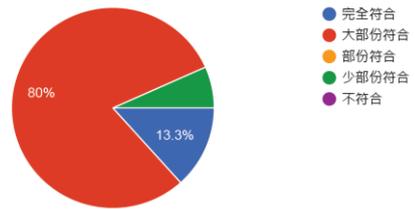
12. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。

15 則回應



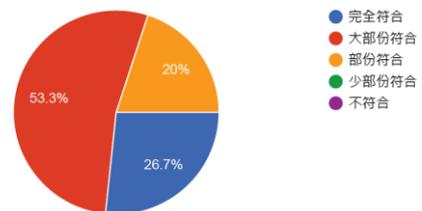
14. 在小組進行遙控車的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。

15 則回應



16. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到麥克納姆輪的運動關係，Arduino 控制板程式控制，App 寫作，以及機構的運動轉換。在以後可以更有自信完成類似的作品。

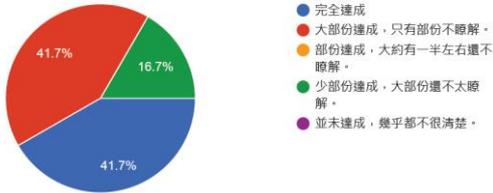
15 則回應



(3) 109-1 機構概念創作

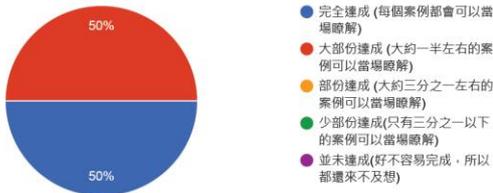
1. 我在接觸這門課的Fischertechnik和內容之前，已經瞭解各種主要機構元件：連桿、齒輪、凸輪的大概原理。

12 則回應



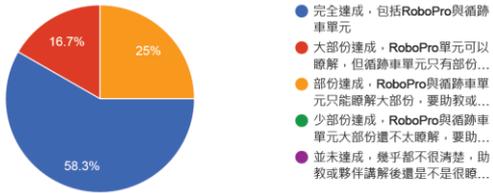
3. 我在根據講義完成練習案例後，可以當場清楚瞭解該類型機構(如各種連桿、齒輪與凸輪機構)的運動原理。

12 則回應



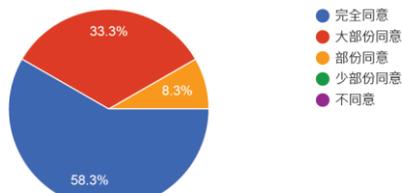
5. 我可以熟練使用RoboPro程式來達成控制機構的運動。

12 則回應



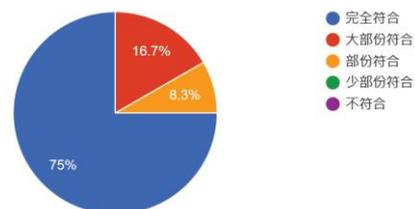
1. 我認為競賽可以提高我在學習機構創作的動機，會促使我構思整合在課堂練習學到的各種機構元件，同時利用積木來實現我的想法。

12 則回應



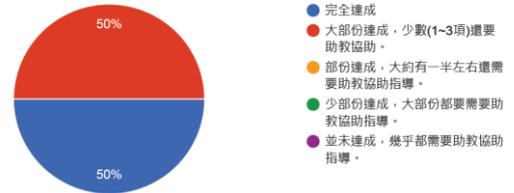
3. 在小組進行競賽車輛的製作過程中，我看到同學提出的機構設計，也會提出不同的設計想法來改進。

12 則回應



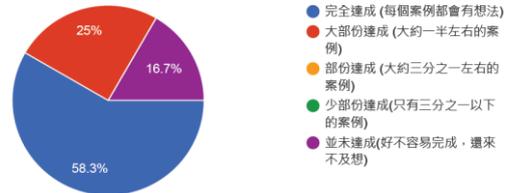
2. 我和夥伴可以按照講義的說明，使用積木完成要求的機構組合。

12 則回應



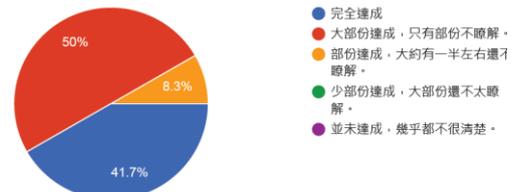
4. 我在根據講義完成練習案例後，會對該類型機構產生一些應用的想法。(註：不需要是否具備可行性)

12 則回應



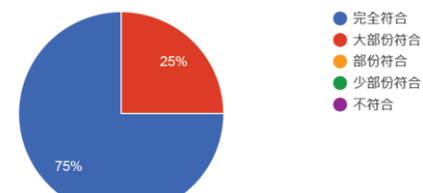
6. 我在學習使用RoboPro程式控制機構後，可以掌握到機構運動的流程，對生活中各種控制裝置可以瞭解工作原理。

12 則回應



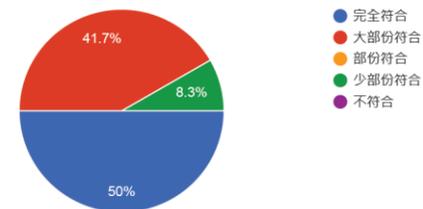
2. 在準備競賽車輛的製作過程中，我會自己想出機構的可行設計，來提供同組同學討論的參考。

12 則回應



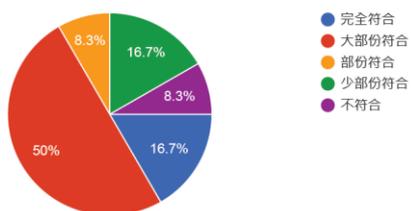
4. 在進行競賽車輛的製作過程中，我會掌握到實際製作的方法，同時把它製作出來。

12 則回應



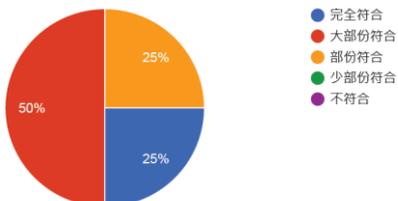
5. 為了準備競賽，我在課後時間花出較多時間在製作車子，以能夠爭取較佳的成績。

12 則回應



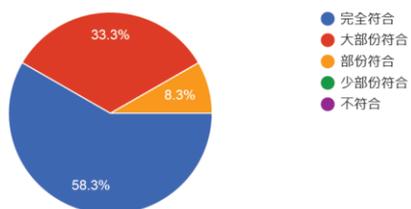
7. 在製作競賽車輛的過程中，如果遇到問題，我會鼓勵同組同學不要放棄，找到解答來完成作品。

12 則回應



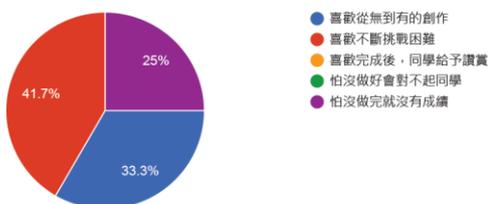
9. 在製作競賽車輛之前，我會感到興奮與期待，因為這是很有趣的工作，但是又沒有辦法確定自己會做出怎樣的作品，同時也不知道其他同學會做出甚麼作品和我們小組來競賽。

12 則回應



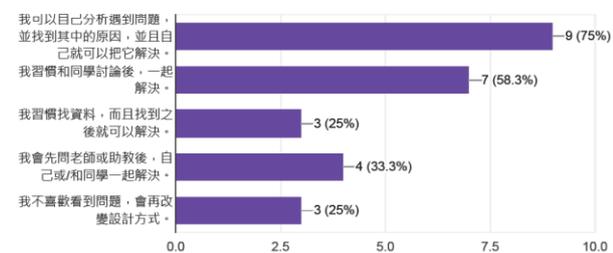
11. 我認為在整個學期中，我和同學可以順利完成競賽車輛的製作，最主要是因為以下的動力(請選最強的)：

12 則回應



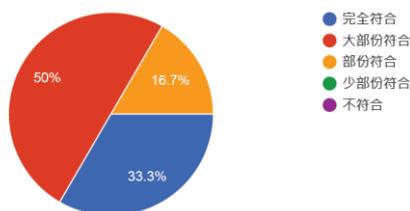
13. 在準備競賽車輛過程中，我遇到問題會採取以下那些方式(可複選)：

12 則回應



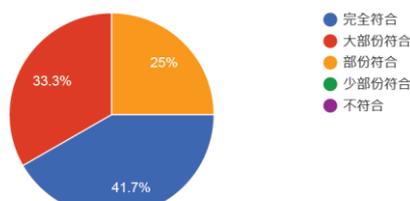
6. 在製作競賽車輛的過程中，我會很努力和同伴一起製作，因為我喜歡透過這樣過程來學到完整而且可以應用的專業知識。

12 則回應



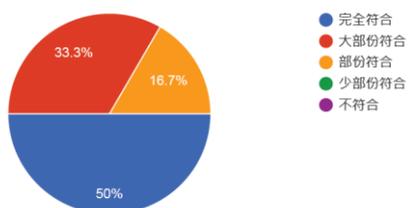
8. 在製作競賽車輛的過程中，我和同學會根據競賽的規則限制下，想出競賽獲勝的策略，並且實現可行設計。

12 則回應



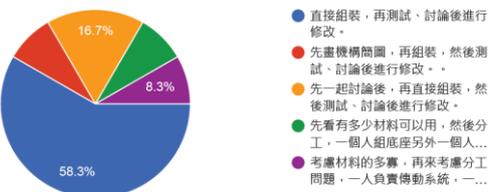
10. 就算是競賽結果不如預期，但我對自己做出來的競賽作品還是覺得很棒。

12 則回應



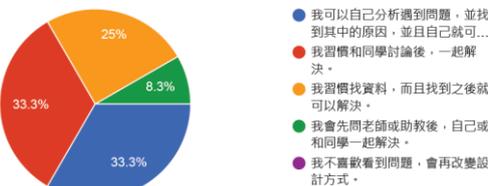
12. 我和同學製作競賽車輛時，會採用以下方式完成

12 則回應



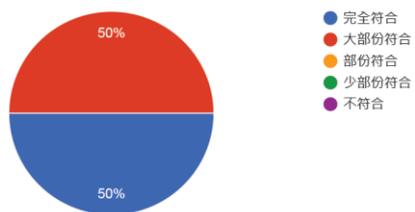
14. 承上題。我在以下解決問題方式，最常用的是那一個(單選)？

12 則回應



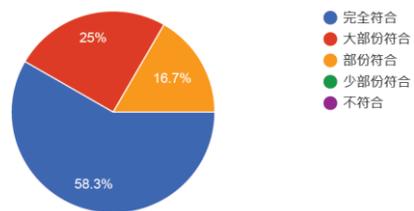
1. 在課程結束後，我可以從這門課程可以瞭解到機構學中所介紹主要機構元件，如連桿機構、凸輪與齒輪機構的應用與原理。

12 則回應



2. 在課程結束後，我從這門課程中，可以瞭解到機構學中所探討機構扮演的運動轉換以及時序關係，也可以解釋作品中的要求的運動如何透過不同的機構來轉換。

12 則回應



附錄 3 問卷反思類型問題回應

(1) 108-1 機構人偶

1. 請簡單說明你們製作成品的構想與特色

- 因為喜歡某個卡通裡的卡通人物，所以想要把它們實體化，再加上故事性，而我們的作品的故事是，白熊跟熊貓吵架，白熊拿著刀想要打熊貓，熊貓就逃出門外再跑回去。
- 我們的打地鼠機構的構想為我們想設計一個跟自我以往經驗有相關的機構，所以我們想到了打地鼠，而其特色是能運轉之餘還有跟機械相關的裝飾在旁如齒輪,ME,跟發條
- 我們一開始的構想就是要做成一個有趣的故事，關於三隻熊的，然後因為技術問題減少成了兩隻熊，但是機構還是一開始設想的差不多。特色就是和其他組不同，我們有用減速齒輪來始整個時間軸拉的更長，不讓動作太快結束
- 我們的作品是一個模擬打者揮棒的機構，透過曲柄搖桿產生往復運動帶動讓打者及球棒，使看起來有種真的在打球的fu。
- 因為學期初時逢中秋節，所以就想到玉兔搗藥的故事，並加以改編成一個外星人和一個機器人在月球搗麻糬，並開了一間麻糬觀光工廠的故事。
- 以生動活潑的故事呈現我們的機構作品。機器人跑到月球好奇麻糬的製作方式，參觀麻糬工廠並看到外星人正在搗麻糬。我們也盡所能打造似月球的表面，色彩也很生動豐富。
- 我們作品的構想是在很久之後的某天，人類在月球上發現外星生物，並派機器人去調查他們的生活方式，結果意外發現外星人的麻糬工廠。因為大家這次使用的機構都大同小異，所以我認為我們作品的特色是外表色彩鮮豔，故事內容很有趣，還有機器人很可愛。
- 我們從棒球的比賽中投手與打者的高張力中得到啟發，原先決定做投手與打者連動的機構。在多次討論與實際製作後，簡化到專注於完成完整的打者動作。我們最大的特色是將複雜的打擊動作，用最簡單的方式卻又不失真呈現出來。
- 我覺得我們的打地鼠的特色是鏈子的中心是中空的所以在鏈下去時會把地鼠套住有種地鼠被鏈下去的感覺，我覺得這是一個特色
- 重要構想是一部電視卡通人物的生活，主角為兩隻熊，其中一隻熊因為惹另外一隻熊生氣所以被拿著斧頭追打而逃出家門，另一隻熊則是在揮動斧頭並且將逃出們的熊抓回家裡。這個作品的特色在於兩隻熊間的互動，首先會看到第一隻熊拿著斧頭上下揮動，之後才會看到另一隻熊從家裡逃出，然後再被抓回去，透過設計過的運動順序來達到上述的效果。
- 期初時逢中秋節，我們決定配合一些探索月球的元素，於是將故事主軸設定在人類派遣機器人前往月球，觀察外星人的麻糬工廠的製作過程，機器人好奇地看著外星人在搗麻糬。利用凸輪機構讓兩個人偶作規律的運動。
- 我們的作品是走可愛卡通風格，想說比較平易近人一點，採用的故事主角為一部名叫熊熊遇見你的卡通，是我很喜歡的，也謝謝我的組員願意採納我的點子。
- 構想:創造出一個小時候熟悉的打地鼠機，能夠讓大家一眼就認出來 特色:特過視覺阻礙法，讓大家誤以為地鼠真的是被槌子打進洞裡，其實只是被中空的槌子罩住而已
- 利用連桿機構使跳跳虎玩偶進行揮棒打擊的往復運動，並期許牠能站上打擊區和投手對決

2. 請簡單說明你們遇到問題或困難突破的地方，它們對你們製作成品甚麼影響？

- 我們在過程中遇到了一些問題，像是放在凸輪上的桿子，沒辦法像想像中一樣很順的上下移動，還有熊貓沒辦法很順利的跑出門外，因為熊貓站的木板的寬度比軌道的寬度小太多，所以會讓它左右位移而有點卡住。
- 我們在其中遇到了許多大大小小的問題，從發現到思考到最後解決其實蠻有成就感的，其中最大困難應該是凸輪基圓太小導致卡住，後來才知道因為壓力角的問題所以才得以解決
- 遇到困難就是，像是我們一開始沒有固定齒輪的垂直軸，他會晃動甚至直接脫離軌道，但之後我們在接觸面又加裝一塊木板，讓軌道穩定下來。還有關於第二隻熊轉出去軌道因為弄太大會出現上下左右的問題，最後我們把軌道弄小，然後將垂直方向也加裝東西讓他不會浮起來。
- 我們的動力傳輸鏈是利用銷輪改變軸向然後將動力源繼續傳給四連桿，銷輪互相嚙合的位置因為無法透過公式計算而必須用肉眼觀察因此有轉動不順的問題發生
- 在製作的過程中，其實有遇到非常多問題。其中最大的問題也就是最後將所有零件組裝起來後動不起來，不過我們經過不斷的嘗試，將凸輪和連桿中間的接觸多加了一個平面，使其能夠更順暢的運作，並且在連桿伸上去的地方加一個套子，讓他不會左右前後的偏離垂直線，才能用比較少摩擦力去堆動上面的人偶。
- 一開始想法太天馬行空了，我們把每個人想要的點子集合起來，雖然這是不錯，但是考量時間和能力還是必須割捨一些。而這就影響我們捨棄兔子跳躍以及地球自轉。
- 原本我們的機構是更複雜，有牽涉到行星齒輪的部分，但在構想的時候卻發現機構過於複雜，牽涉到的因素太多，但為了在期末時能夠呈現出我們的作品，我們只好忍痛將它去除。另外，原先地球應該是以磁浮的方式，呈現在作品上，經過許多嘗試後，發現地球重量與磁力之間的關係太過難控制，也沒有將它做出來，十分可惜。
- 我們遇到最大的問題是最原始的構想中有太多複雜的設計，在評估過後留下打者部分。另外在製作過程中，我發現非常微量量的誤差就會導致機構運動非常不順暢。
- 我們遇到最大的問題是一開始設計的凸輪不能動，凸輪的角度過大所以他的從動件會動不太了，還好最後重製凸輪後就成功讓機件運轉了
- 最主要遇到的問題有四個：第一個是減速機構的兩齒輪會無法一直嚙合，我們使用兩個木塊放置於齒輪兩側，使兩齒輪能夠保持在同一個垂直面上，使之保持嚙合；第二個問題是門無法推開，我們發現原因是中間層板的孔位置應該要在門附近，而不是從斧頭底下的孔穿過，並且需要將凸輪設計的小一些才不會讓木板被推的太高；第三個問題是斧頭不會上下移動，改善方法為將竹筷和凸輪接觸的地方再加裝一顆圓球，而不是直接讓竹筷和凸輪接觸，以及要將中間層板的孔縮小，否則竹筷會被凸輪前後帶，或是直接脫離凸輪的軌道掉下去；最後一個問題是銷輪無法嚙合，兩個銷輪會卡死，解決方法是將銷的間距加大會是將銷縮小。以上這些問題會導致組裝後無法如我們預期的運轉，需要不斷的修補來達到預期的效果。
- 雷切所產生的誤差真的很難掌握。由於材料有限，再考慮時間成本，我們花了很多時間校正插銷孔洞的大小，因為孔洞太小，摩擦力會太大，人偶運動會十分不順；而孔洞太大，人偶運動就會有很多位置上的偏斜和誤差。最後我們決定將孔洞設計大一點，先確保人偶可以順利的運動，再利用保麗龍膠固定，讓插銷不會因為人偶運動導致的震動而移動。
- 在我們製作的期間遇到了不少問題，但我覺得比較有意思的是我們明明在 Autocad 上精確的量出尺寸了，實際在組裝的時候卻會因為有些木板尺寸不合以至於我們還要填填補補，所以

實際的跟想像的真的差很多。

- 在嘗試組裝的過程中，我們發現自己當初的構想並不完善，出現了一些問題，像是凸輪在某些點會卡住，我們也因此應用在機構學到的知識，試圖更改凸輪的半徑才免強成功，如果有時間，希望還能想出更好的方法
- 由於投手將球投出後，球會形成無拘束運動，不易控制，若設計成拘束運動，則會增加機構複雜程度，因此將此構思移除，然而這導致作品整體故事性不足。

3. 請簡單說明，你們小組互動的方式，有甚麼優點？有甚麼要再改善？

- 我們小組的分工很明確，不會有人做比較多事，也不會有人都沒做事，大家討論的時候也都很認真，會認真聽意見，也會提出意見。
- 我們這組在互動與討論蠻有效率的，因為本來就認識加上又有共同興趣，所以討論起來蠻有效率的，改善的部分就是希望我們幹話不要那麼多哈哈
- 我們小組互動方式就是討論，不會有特別一個人主導整個團隊，然後要組裝機構和弄 ppt 都是大家一起決定，不會出現有人在狀況外的行為，若是有人時間搭配不上他們也會另外承擔下責任，找另外時間自己做一些事，不過可能就是因為沒有特別主導的人和想的太少，再做出實體的時候出了一些問題，可能要有人帶頭考慮理想和現實的區別
- 我們彼此互相分工合作，有人負責球棒的軌道設計，有人負責機構設計等等，同時大家都是系壘的成員，因此清楚的知道作品要達成的目標為何
- 我覺得我們小組的成員雖然每個人的想法都很多，卻不會有強勢的隊員一定要按照他的想法執行，大家都非常的隨和，一起提出想法和問題並一起解決，不過效率卻是我們這組的致命傷，有可能解決一個小問題必須花上比別組多兩倍的時間，我們應該要再更團結一點一起針對問題仔細分析，才不會導致進度落後的問題。
- 在晚上進行，難免會疲倦想睡覺，所以效率就比較低。而優點大概就是我們都會提出每個人的想法，一起討論可行性以及怎麼把它變可行。
- 我們固定幾個禮拜會開一次會，開會的方式就是大家提出自己的想法，接著再針對每個機構進行評估其可行性，或是看看其他人有沒有更好的想法，我認為這樣能夠激盪出更棒的想法，像是剛剛提到的磁浮地球。基本上我覺得我們的互動方式不錯，沒有地方需要改善。
- 我們小組的優點是溝通順暢，想法能快速整合。缺點是我們各自的時間比較難湊出大家有空的時候，導致部分細節最後來不及完成。
- 我覺得我們小組討論的方式都還不錯，至少大家願意一起去雷射切割機那一起做作品，也願意一起花時間趕工，分工方面也還可以，不過有人幫我畫 CAD 圖就更好了
- 我們在執行每件事前都會先分好工，有人去使用雷射切割、有人負責初步組裝、有人負責細部零件的處理，這樣的好處是不會所有人都擠在一起，做一件可能只需要一個人就可以完成的工作，但是當遇到問題的時候大家也會直接提出，然後大家會一起解決。可以改善的是到了期中後大家時間比較難配合，而且因為是分工完成，所以有時在工作交接上會做的有點不完善。
- 我們盡量運用上課時間把問題討論出來並且討論解決方案，而且我們也常常利用假日和課餘時間開會，當組員有其他事情需要忙時，我們也會在群組上事先和其他組員說，確保進度和工作是可以均分的，和組員們相處起來也非常和睦。我覺得我們應該要先決定好要採買什麼，我們有很多時間花費在材料的採買上。

- 我覺得我們的互動很歡樂，而且假設遇到問題時都會有人提出解決方法，其他人也都很專心聽別人在說話，唯獨聚在一起討論的時間有點少，所以每次出來討論的時間都很緊迫。
- 我覺得小組互動有時候會碰到一些很消極的組員，常常要來不來的，不過剛好我們要上同一堂課，所以比較沒這個問題，至於它的優點大概就是多幾個頭腦在幫你想吧，可以多考慮到一些自己平常想不到的問題
- 由於我們借用綜教館 idea garage 的創客空間，所以我們可以心無旁騖的進行所有的設計和製造，但也因此沒有養成自主規劃進度的習慣，因此總是在前一天趕工，而這是相當不樂見的現象。

4. 請簡單說明，如果再重新創作，你們會如何進行這工作？

- 如果要再重新創作，那我們會依照這次的作品，再精確的修改尺寸，重新切割木材，還有在放在凸輪上的桿子底下可以加上滾子，讓它可以更順的上下移動。還有把齒輪做厚一點，讓他比較不會左右移動。
- 我應該會早點開工，讓我們能提早發現問題，使我們能更早發覺並解決最後能讓我們機構更加完整
- 如果重新再創作，我們可能會對於畫設計圖的時候，更準確測量我們想要的位置到底在哪，而不是先給個誤差讓他比較大，導致之後還要另外加東西讓移動的機構有穩定的軌道，然後同時考慮現實中存在的重力和摩擦力，才能讓機構運作的更順利
- 我們應該會一樣分配每個人負責的部分，並且因為先前的經驗，更仔細考慮材料強度及桿件之間配合的順暢程度。
- 如果有更多時間重新設計這項專題，我們一定會把我們原先預期兔子在周圍繞圈並進行跳動的運動加上去，運用齒輪帶動兔子並用圓盤上的凸起去頂兔子跳動，我覺得這學期最遺憾的事我們製作的時間遠超過我們預期製作的機件，所以如果能夠重新製作，我們希望能把這部分補起來。
- 一步一步來，別一開始就甚麼甚麼東曜，而到最後發現時間上根本做不來，也發現現有能力和很難做到。所以有下一次機會重做，我想我會先以基本的人物先做起，再慢慢擴充其他東西。
- 如果再重新創作，我們會著重在機構的摩擦力部分，因為它讓我們在作品的呈現上出現很大的問題，另外，我們會投入更多的時間在製作的方面，因為在後期我們所剩的時間較少，導致製作過於草率些，我認為有些可惜。
- 在相同的設計下，我會更要求精準度，以達到機構運動順暢。此外我們可以充新安排時間讓整體完成度更高，並且將後來簡化的設計、捨去的部分再做更多的模擬與測試，以期重新回到我們機構中。
- 至少會把鏈子設計的抬得更高，然後因為這樣所以基臺和凸輪也要重新設計，可是這樣的設計應該可以讓鏈子比較有鏈的感覺
- 會比較希望花一整天的時間把大部分的東西一次做完，切完零件後就馬上組裝，發現有問題就馬上重新切割，因為我們遇到比較大的問題是如果發現運轉不順需要修改的話，需要再花一兩天等木板切好，然後再等一兩天等組裝好，發現問題後又要重新一次，導致花很多時間在反覆作一樣的事，因此會希望直接當場組裝然後修改，可能會比較有效率。
- (1)決定想要表達的故事。(2)決定好人偶的外型，考慮人偶外型所要用到的材料，因為材料有重量，會影響人偶的運動，還有材料跟木板的黏著度也需要考慮。(3)決定人偶要作什麼運動。

(4)運用機構學方面知識，設計機構並一併和老師、助教討論設計上可能有的問題。先把可能發生的問題解決，免得花第二次的時間重新設計。(5)先求簡單、順利的運動，再慢慢增加複雜度。(6)部分組員先將確定的部分先做出來，一部分的組員繼續討論後續設計，兩邊同時進行才不會趕不出成品。(7)每次開會之前先將問題記錄下來，方便和老師、助教討論，才不會浪費時間在找問題。

- 我會想要把動作再設計的簡單一點，把作品的重點放在有精美的背景而且是完整可以動的機構，且要早一點就開始實作，才會有多餘時間可以改善。
- 我們一開始以為做一個機構很簡單，所以拖到很後面才去做，沒想到沒自己想的那麼容易，搞得我們那天弄到晚上九點多，最後做出來的成品也沒想像中那麼好，所以如果要我們重新創作的話，我們可能會提早開始構想之類的
- 在構思時期就先針對工作日程做一個初步考量，而不是想到在做，如此一來便可以確保作品進度，並且在時間允許的範圍下繼續提升作品質量。

(2) 108-2 麥克納姆輪車

1. 請簡單說明你們製作成品的構想與特色

- 這次的競賽為團隊合作，我們一開始的想法是利用前面的大鏟子去攻擊對方車體，同時鏟子同時可以透過馬達的控制上下移動，進行鏟球的動作。後來因為彈簧的 K 值太大，整體結構和理論有些許誤差，我們最後決定做成防守為主攻擊為輔的遙控車。
- 我們的作品透過推土機發想，將我們的遙控車加裝大的鏟子作為攻擊與防守兼具的設備。另外我們的車特別的大，防守時可以更有效阻擋敵人，缺點是在進攻時靈活度較不足。
- 以前方巨鄂般的大鏟子針對敵人進行大範圍的攻擊性，並以彈簧作為翻到對手的致命武器
- 起初我們的構想就是完全的防守，攻擊的部分交給隊友，因此做出來的車子，比較難進行踢球，但卻能將別人的車剷起來
- 從原先的樣板，裝上車輪保護裝置，使車輪不容易脫落，也將車輪與軸承用熱溶膠黏上，在場上不會因為車輪脫落使車子無法參賽；也在其車頭裝載竹筷，利用槓桿原理，讓球可以成功射門。
- 我們這台麥克納姆車由於車身較大，上不了橋，所以一開始我們的定位就是守門員。首先，我們在車體的左右兩側加裝斜坡，並且在上面貼上雙面膠，用來將球穩穩地黏住。接著，為了防止其他車輛跑上斜坡，我們在斜坡上加裝刀片，除了保護車子外，也可以作為攻擊其他車體的工具。
- 我們的作品是以攻擊為目的，透過一個蒐集容器，還有類似掃地裝置，可以有效的一次蒐集完球後進攻，而且在進攻過程中，可以擁有絕對的球權，因為球不會被搶走，這樣的進攻方式的確使我們的遙控車有一定的威脅性。
- 我們的成品的構想是由整組以攻擊對手車輛為出發，以阻止他人進球為第一目標，所以進球的構建比較少，但特色就是防守超強，可以輕易的防止敵對進球。
- 起初的構想就是做一個超級守門人，完全著重於防守，進攻的部分則交給隊友，實際上我們確實也做出符合我們期望的作品
- 我們的車子可以利用前面的鏟子去把球收集起來使敵人沒辦法輕易的把球搶走，並且有踢球跟收球的功能
- 當初想說以守門員的腳色去思考如何把球彈出球門。但最後發現技術上有些困難，所以在設計上我們就開始研究球的部分，想法是希望能在球的特性上看能不能找出破綻，從而下手。最後真的被我們找出，我們就決定利用雙面膠的特性以黏住球為主，最為防守之特點。但在實戰上卻也多了進攻的表現，實在可圈可點。
- 我們這台獨角仙的夢，主要的位置是守門員，以守門為目的，我們設計了車體前方的兜，可以用來牽制對手的行動，還有車體兩旁的翼，是用來阻擋球的行進。
- 我們當初設計這輛車是希望可以把對手鏟起來讓對手離開地面來達到控場的效果，也希望能利用密底板來妥善的保護我們的輪子
- 我們成品的定位是守門員 側翼高度設定能將球擋下 前兜設計能牽制對手 使其難以行動 結合起來在防守方能達到極大效益
- 原本我們是想設計一個類似靈魂收割者的轉動裝置，但是上面裝的不是掃球器，而是破壞式長槍，專長是弄斷別台車的線，藉此取得勝利

2. 請簡單說明你們遇到問題或困難突破的地方，它們對你們製作成品甚麼影響？

- 主要面對到輪胎與連軸桿常常因為碰撞而脫落，後來我們外加了輪胎保護殼及利用自製的軸去頂住輪胎中心，最後有效的讓輪胎保持在輪軸上。
- 一開始我們設計車子前方的大鏟子是能夠上下擺動的，從 SolidWorks 中也成功設計好機構並且通過電腦模擬。然而在實際製作時卻無法達成，起因於我們設計時忽略掉彈簧的壓縮後長度，且在選購彈簧時也未注意到彈性係數的挑選。最終我們只能將鏟子固定，捨棄上下擺動的功能。
- 進行製造時，我們發現原本預想的凸輪因為摩擦力太大而無法作動，因此後來捨棄這項武器
- 比賽場地中有一個橋的設計，但在過去的過程中，前半段還行，到後面因為前擋板設計的關係而卡住，幸好助教到後面有另闢一條道路
- 因為欠缺繪圖能力，導致我們在車體加裝與器材的配合度不夠好，也未能考慮所供應器材(板材寬度與馬達大小)本身大小，導致無法成功組裝，面對其問題，導致我們只能利用較陽春的手法來達成目標。
- 原本我們是想設計收集球的裝置，並且再利用斜坡將其發射出去，我們也實際買了馬達和瓶蓋來做試驗，但可惜的是，我們發現球很難由瓶蓋收集進來，礙於時間關係，我們只好改變原本的想法。
- 因為有新增加馬達，所以需要額外連接一塊板子，這也意味著程式碼的寫法又不一样了，剛開始我毫無頭緒，上網找一些資料並且和學長討論後，我試著自己打出程式碼，最後很順利的達到我們預期的目標。
- 我們首先遇到的問題就是如何設計(改裝)我們的車子,讓我們可以實現我們想以防守為核心的目標，而最後在大家共同提出意見下所得出來的就是我們的作品，而其影響是讓我們更了解如何設計作品。
- 前面平台設計的部分，因為角度沒有計算好，導致在下橋的時候會卡住，不過後來助教有另闢一條平路，所以對比賽並沒有太大影響
- 我們要做出鏟子的困難點非常多，尤其我們對程式還沒有太大的了解，導致我們需要學長的教學，所以我們在學長的教導下我們的車子變得很厲害
- 我們當初遇到了問題是我們力不從心，沒辦法做出中所想的成品。於是我們開始著手於研究球的特性，想辦法找出破綻，而我們發現雙面膠黏乒乓球的效果還不錯，所以我們決定嘗試從雙面膠的角度著手，研究哪種傾斜角度更容易使球滾上來，當初是想說垂直黏在車身就行了，不過最後發現傾斜 30 度的效果較好，所以就決定 30 度傾角了。而實際狀況也很理想。
- 在我們製作車子時，遭遇最大的困難是，我們原本預想的車體由於需要一定的電腦繪圖能力才有辦法做出，我們並未學習過電腦繪圖，最後只繪出簡單的圖案，並用熱熔膠黏於車體上。
- 最大的困難就是一開始以為一定需要過橋，所以在設計上我們犧牲了前面鏟板的強度改用膠帶黏來讓它變成可動的以便過橋，這是最大的挑戰
- 我們遇到的最大瓶頸就是製圖能力 我們想做的東西必須經過製圖軟體 然而缺乏繪圖能力就無法把我們想做的東西做出來 我們只好以最簡單的方式替代
- 但是在雷切時因為我們考慮不周，板材只有印一片，導致無法完全接合；而伺服馬達的尺寸我們又未先比對過，導致後來正式上場時臨時應急只裝了六根竹籤，至少還能有射門功能

3. 請簡單說明，你們小組互動的方式，有甚麼優點？有甚麼要再改善？

- 我們小組算是蠻自動自發的，可能討論完一天就會有人把圖畫出來，然後實際在雷切的時候就看誰有空，大家輪流把零件做出來。至於最後收尾的部分是每個人一起付出心力，共同做一個完美 ending。
- 我們小組延續上學期的成員，大家彼此間的默契都很好。且我們三個對於雷切加工或 3D 列印都算熟悉，因此在機構設計時想法能夠快速整合。缺點是約時間比較常遇到時間喬不攏或遲到。
- 我認為這次的團隊合作似乎成為我們組員間的默契，所以個人認為優缺點似乎都被組員接受了
- 我們組一開始的共識便相當一致，就是做出一台防守車，為此我們還分別去查許多防守車該有的裝備，並討論其優缺以是否用在自己的車子上
- 我們能夠先討論出一個方向，再去執行；在執行的過程中，遇到很多困難，但也沒有放棄，而是互相鼓勵，並討論出下一步該如何應對，重新討論策略。但因為事前準備不夠充分，導致後面遇到多樣的障礙，希望之後能夠先做好事前準備，再來解決問題。
- 因為我們這組是兩個人，而且是室友，因此溝通上比較沒有障礙，而且隨時都可以討論，如果有想法可以隨時提出，並修正。目前狀況還不錯，沒有什麼需要改善的地方。
- 我們會一起想整個成品需要達到那些效果，設計圖的部分是學長幫忙畫的，然後程式碼撰寫以及操控界面的整合是由我負責。我覺得這樣的缺點是其他組員可能沒辦法學到更多東西，應該要讓他們試著做做看。
- 我們的組別組成是三人，我覺得這個人數剛剛好，不會有太多聲音又能具備一定的討論程度，所以我認為是一個不錯的小組互動的組成，再加上組員都是我朋友，所以大家想法會比較連貫也比較有效率，改善的部分我覺得還好，整體都不錯。
- 當初和隊友的配合是，他們負責搶球，我們負責守門，不過後來發現隊友的車體型有點大，很容易被隊友攔截，最後我們一分也沒拿到
- 我們的小組大多都是組長提出較多想法，而很多鐘子的程式也是組長做出來的，我覺得我跟另一個人應該多幫他分擔
- 我覺得我們這組的優點是會去嘗試多種想法，例如當初用馬達射出球的想法我們有實際去十冊看看，但最後技術上問題很多，於是不告而終。而後來又想出收納球的方法，同樣我們也畫出圖檔，切出原型，但後來也發現有些小問題不好解決，於是我們又開始思考、更改戰略。最後想出了致勝法寶。我覺得有想法'想沒有用，要做了才會知道，而我想就是因為我們有這樣的優點才能致勝吧。
- 我們小組的優點是我們之間會相互討論，當自己有想法時，會提出並徵求對方的意見，得出更完美的解決方案。至於我覺得我們小組需改善的部分為技術問題，未來我們會繼續加強這部分的能力。
- 我覺得他們在上課的時候可以認真一點，這樣可以多幫我一點技術層面的東西，其他部分都很棒，報告和製作的人各自做好份內的事
- 我們小組成員互動融洽 有什麼想法都會互相提供 也都很能接受對方的想法 還真的想不到有什麼地方需要改善的
- 藉由兩人團隊，我們在溝通上意見比較不會分歧，而做事效率也相較七人大團好。但美中不足的是創意性欠佳，常常需要參考別人想法。

4. 請簡單說明，如果再重新創作，你們會如何進行這工作？

- 事先找相關的資料，了解可能遇到的問題是什麼。至於進攻的方式感覺用黏的非常有效，而且不用牽涉到比較複雜的控制，是一個很有創意且實用的設計。
- 我打算縮小車體以求最佳的操控性，同時重新設計鏟子的擺動機構，使其能夠透過獨立的馬達控制升降。目標是更具有攻擊性，不再僅是防守者。
- 我想以電容式點火作為媒介，並加上以高壓汽缸作為動力發射的酒精，達到噴射火焰的效果
- 如果能重新設計自己的車子，我會希望他也能夠踢球，因為在比賽的時候，我們偶爾會配對到跟自己同性質的車子，導致沒有人能進攻，因此就像我們的最終目的是防守，但在必要時刻他也能是一台進攻車
- 會先磨練好基本能力(如:製圖能力)，並透過網路蒐集多樣不同想法，再將想法與同伴互相歸納、分享與構想出可執行的內容，也要事先了解各器材的尺寸，以防其器材無法互相結合。最後，再將其零件一一組裝。達成目標創作。
- 如果再重新創作，我會希望我們可以把原本發射球的裝置設計出來，因為在比賽當天有看到其中一組有做出類似這樣的構想，而且實際狀況也十分不錯！
- 我會希望大家一起完成這份工作，雖然有些組員不是機械領域的同學，但是我認為自己還是多少可以讓他們理解一點概念或知識，這樣的話他們來上這門微課程才可以學會更多事情，而不是只看最後的成品。
- 如果整個重新設計我想我會換成攻擊手，改成以進球為目標，換換風格，加上進球才是這次比賽獲勝的方法，所以我認為我會以攻擊型車子的方式下去著手。
- 如果能重新設計車子，第一個一定是先將前面平台的角度設計好，這樣才能除了平路外還有其他進攻管道，另外一個是希望能在平台上設計一個凹槽，以便固定球，使我們的車子不再是一台防守車，同時也可以進攻
- 我猜我會想要做個車殼，因為看到大二學長組的都有車殼，導致他們的車子都很大台，所以比較容易推動我們的車子
- 我覺得我們應該會花更多時間和心力在這上面，去嘗試更多更多的想法，把她製作完成後。我會想要改造他，幫她改變外觀，變得更加酷炫。不只如此，我會想加入更多的電控裝置，因為這次的電控裝置其實不多，主要就是控制車輪的部分而已。所以有機會我會想研究電控裝置的部分。
- 如果能夠重新創作，我們會去學習更進階的電腦繪圖能力，並運用電腦繪圖，把我們預想中的完美車子型態，完全複製變成現實。
- 我們如果知道可以不用過橋，然後再給我們一次機會的話，我們會更改前面鏟板的設計，可能改成更適合推球或收集球的設計，而不是推車的設計
- 既然我們缺乏製圖能力 那我想我們應該思考怎麼做才能把加裝零件功能發揮最大效益 例如加大防守範圍 或結合攻守
- 我們會在事前多花一些時間試跑，還有再熟悉彼此的車車特性，在分工上有更好的安排，在車體上也可以加裝更多裝置和彩繪藝術。

(3) 109-1 機構概念創作

3. 請簡單說明你們製作成品的構想與特色

- 我們的製作成品原本是構想能夠靠著低底盤跟堅固的結構來避免被推動，再利用刺破氣球的方式來進攻，然而沒想到馬達的馬力實在是太弱了...導致我們的車子看起來像任人宰割的鐵塊
- 我們的車以注重防禦為主，在車體的四邊都有加上鋁棒以防止車體被直接衝撞，此外我們也盡可能把車身壓低以免被輕易翻覆。
- 我們想要讓車子不容易受到撞擊而解體或脫落，所以在車體外圍上一圈鋁棒，再從鋁棒上延伸車子的結構，因此成品很穩固，但也因此機動性不高
- 我們花了很多時間在設計我們的自走車，課後在 108 教室改裝很多次，花了雪多心思，設計一款我們覺得無堅不摧、固若金湯的自走車。
- 結構上分成底座和塔台兩個部分，底座的部分包含兩顆馬達，負責驅動香、氣球屬於塔台部分，這個塔台是我們心血的結晶，他可以很靈巧的旋轉並保護氣球，我們是所有組別中唯一沒有被刺破氣球的隊伍，此外他還能調整香的水平傾角，以利攻擊。(至於為什麼沒有獲勝我在地 4 點做說明。)
- 一開始我們做的車子主要著重在轉向的機動性上，但是我們做完後發現它的前輪部分沒有車體骨架的保護，顯得十分脆弱，於是我們的第二代是先組裝車子的支撐結構，再裝上動力與轉向裝置，所以它非常穩固，但機動性不足
- 我們不希望我們的車向其他人一樣笨重，且不願見到比賽時兩台車一動也不動使比賽顯得特別無趣。既然不希望移動緩慢，那勢必得增加機動性，所以我們的設計方針是速度快、容易變向且以攻下其他組的氣球為目的。
- 我們花了很多時間與心血在設計與組裝，形成了無間不摧的自走車，主要結構分為傳動系統與防禦系統，傳動系統由兩顆大馬達構成，防禦系統為一個旋轉機台，就如同羅馬矛兵的原理，前方為一個盾牌，而盾牌的側邊則為香，就如同長矛一般，可以刺破別人的氣球，並搭配香傾角的調整系統，可以因應不同的敵人來調整，也可以避免香卡在別人自走車的問題，透過旋轉的方式，同時攻守兼具，我們也是唯一一組氣球都沒被刺破的一組。
- 因為要獲勝的最簡單方法乃是來自用線香將氣球戳破，故我們需要的是機器人的機動力，透過快速地繞背，將敵人的氣球戳破，故我們需要的並非機器人的負重，而是機器人的輕巧性! 故接下來的設計理念須著重於 1.降低與地面的摩擦力 2.減少機器人的負重 3.當被推倒時有一個彈性機制可以將機器人扶正而不至於被推落 4.保護氣球的銅牆鐵壁
- 當初製作成品時我們相著要合乎相撲這個主題，所以我們就參考了類似度角仙的外型希望能和它一樣擁有優秀的前端碰撞能力，在和對手接觸的第一瞬間能佔有優勢，而我們的特色正如構想一樣，擁有最強的防禦以及碰撞能力。
- 我們這組的特色就是笨重，因為我們認為相撲比賽要夠重才不會被推出去所以我們把車子做的很寬。然後使用齒輪加鏈條的方式帶動後輪。
- 因為是相撲機器人和戳氣球，所以我想:只要把其他車推下去不就贏了?所以我把重心放在速度與機動性上。特色就是簡單暴力。

4. 請簡單說明你們遇到問題或困難突破的地方，它們對你們製作成品甚麼影響？

- 問題：原本車子的程式寫完之後就算連結了也沒辦法正確運行，一開始以為是控制程式的部分有問題，後來也想過是不是車子本身的結構，結果研究了超久才發現原來是板子本身就有問題☹☹
- 我們遇到的困難是在前輪轉向的部分，由於我們是利用蝸杆與蝸輪來進行轉向的，齒輪嚙合的不精確讓我們花了相當多時間來調整。
- 前輪轉向很不穩定，很容易就卡住轉不動，或是只能轉一邊，轉回去時只轉一點就會卡住，所以花了很多時間找到問題和調整齒輪。最後做出來雖然很穩定，但是轉的很慢
- 我們遇上三個難關，程式燒錄失敗、電線接觸不良、傘齒輪嚙合不良。首先是程式的問題，在108 測試的時候都沒問題，但不知道為什麼比賽當天一直連接不上程式板，以至於上場前手忙腳亂，還讓教授生氣。第二個問題是電線，他真的不太好用，儘管已經拆掉重新接過一次，還是有接觸不良的問題。最後是我們的敗筆。由於一組材料只有一個大馬達套筒(當時不知道可以另外索取)，因此若要使用另外一個大馬達，則必須以其他方式傳遞動力，而我們選擇的是傘齒輪(也沒有其他選擇了)，但是成效並不好，扭力不足，裝上塔台後就沒辦法嚙合，以致左輪無法作動。
- 原本我們嘗試使用個種零件組裝車子，但發現過度的揮霍零件很容易使車體沒組完就缺貨了，於是我們開始精簡化自己的設計，但同時又要顧慮到車子的結構穩固，我認為這是一大挑戰
- 我們遇到最大的困難是變向的部分，我們選擇以左右前輪獨立控制前後轉向以達到前後左右移動的目的。最困難的部分是車身後半部的支撐，我們曾朝著兩輪支撐和萬向輪的分向去設計，但發現此兩種設計不僅構造複雜，更會使車身徒增重量。考慮到場地平滑的因素，因此最後我們想出使用兩支細鋁棒作為我們的解決方案。
- 我們總共遇到了三個問題，一為程式燒錄問題，二為電線接觸不良，三圍傘齒輪咬合不良，首先是程式的問題，在之前完工測試時都沒問題，但到了比賽當天卻一直沒辦法連接程式板，導致上場前手麻腳亂，延誤比賽時間，還使教授生氣，真的非常抱歉。二為電線問題，在結構上非常容易接觸不良，就算重接也成效不彰。三為我們最大的敗筆，由於一組材料只有一個大馬達套筒(當時不知道可以另外索取)，而我們需要兩個傳動系統，所以只剩下唯一一個連接大馬達的方式只剩下傘齒輪了，但傘齒輪有一個很大的問題，那就是咬合不全的問題，導致我們車的左輪沒辦法順利帶動我們的車子。
- 相比於其他組用四顆輪子的後輪驅動，我們採用的是前輪驅動，而後輪用的是兩根鐵桿取代之，因為起初我們發現若後輪使用的是輪子將會增加其摩擦力，使車子難以轉向，經過多次測試後，我們使用兩根鐵桿大大降低其摩擦力，以便轉向，增加他的機動力。
- 對於機構設計的優點本來就是難以兼顧，我們想要擁有優秀的碰撞能力就必須得要犧牲掉在戰場上的機動性，轉向時的機動性一直都是我們難以克服的一道關卡
- 一開始的時候我們花太多的材料在製造後輪，所以我們能夠用在前輪的材料太少，讓另一位同學不好發揮他負責的部分。
- 其實中間並沒有遇到問題，唯一相較困難的部分是接線。因為我需要高機動性，所以我需要馬達可以準確地向前向後。為此，我想過了許多接線方式。最終，我用了兩個方向開關與兩個按壓開關來控制移動。

5. 請簡單說明，你們小組互動的方式，有甚麼優點？有甚麼要再改善？

- 我們分工的非常明確，另一個同學會跟我說他的車子的設計理念以及構想，並獨立完成車體的部分，而我則是配合他想要的設計完成控制程式的部分，當然這之中我們還是有討論並且提供彼此一些想法的！
- 我們組員的互動相當良好，在課程時或是在比賽時都有良好的溝通與分工，我們需要改善的應該是在實際製作時由於未先設計所造成的時間浪費。
- 我們會提出各種想法，然後再把可行的或覺得比較好的想法挑出來，然後兩人各做一部分再合起來，優點是可以從很多想法中挑出最適合的，但是分工部分可能兩人做出的成品有一些差異，導致組裝合起來時會有一些問題，可以改成讓一個人想怎麼組裝，另一個人再把它照著做出來
- 我們認識很久，想法上面方面很有默契，彼此都遠意聆聽對方的意見，也很好溝通，最重要的是雙方都願意做事，有效分工，在製作上很有效率，沒有冗員。
- 唯一兩個人課業都很吃緊，在做自走車的時候，好不容易才能排出時間，但是這也無可奈何。
- 我們這組的互動方式採分工制，就是他做 part1，我做 part2，然後看誰先做完再去幫另一位，我們發現這樣可以比較有效率的完成工作，但有時候會彼此不知道對方做的東西的運作原理，所以事後討論很重要
- 我們是採部位分工制，將車身的各個部份個別組裝，最後再將各部位組合。優點是作品完成速度比較快。需改善我的隊友必須了解我的想法才比較知道該如何動作。
- 由於我們一開始就認識，想法上面很有默契，彼此都願意交流意見，一起改進我們的車子，所以我們沒有溝通上的問題，能夠有效分工，在製作上也比較有效率，唯一的難處是我們兩個的課業都很吃緊，所以很難安排出時間，但最後我們還是如期完成了。
- 我們這組的互動主要是一個人提出想法，另一個去人實踐它，但有的時候提出的問題會是另一個人無法獨力解決的，所以就一起去想解決的辦法，我們這組的機器人幾乎都是我們兩個自己想自己做出來的，但我們應該去參考一下別人的機器人，這樣比較容易獲得更多的靈感。
- 我們互動時習慣讓對方在彼此擅長的領域中一展長才，我本身對於機構方面還算有研究，所以我們互動時是彼此先進性討論描述完各自的需求之後再進行設計及調整
- 我們小組的分工方式是我做車架還有後輪，然後另外一位負責前輪與程式碼，我認為這樣能夠快一些組好車子，然後要改的地方是我要努力減少花在後輪的零件，讓前輪可以有更多零件組好。
- 因為我自己一組，所以並沒有遇到需要互動的部分，但是卻少了點多樣性。如果有隊友的話，雖然會有意見不合的可能性，但是兩個人一起，可以想到更多點子，然後再做整合。

6. 請簡單說明，如果再重新創作，你們會如何進行這工作？

- 我想我們可能會就車子的靈活性再做調整，在比賽完之後才發現如果無法自由變相移動的話，相比其他人是非常吃虧的，當然也還有其他的部分可以做微調，但我認為移動才是我們這組的最大問題
- 如果再重新製作的話，我們會選擇將轉向的方法變成用兩顆馬達的速度差來調整，並把後輪的差速器拿掉以減少齒輪無法嚙合的情況。
- 我會想要把前輪轉向改成用大齒輪接小齒輪來降低轉速，而不是用蝸桿。但是也可能用隊友

的想法，後輪用兩顆馬達，馬力比較夠，也可以同時控制到方向

- 不用說，一定是先去要第二個大馬達套筒，然後把傘齒輪移除，這樣就可以完美解決嚙合不良的問題了。
- 至於結構上我認為不需要做太大的更動，頂多就是增添一根支撐桿在自走車的前方，其餘都很完美，不大需要調整。
- 而電線接觸不良的部分我不確定能不能解決，會想嘗試看看在連接處捆上紙膠帶，看看能不能達到防斷、脫落的功能。
- 我覺得我們需要花更多時間在事前討論上，因為我們都是在決定一個大方向後，就埋頭負責自己的部分，結果使得車子完成後還需要做很多改動才能好好的運作，如果我們事先討論好某部分需要怎麼做就不會有這問題了吧
- 我們會先討論出大致方案再開始組裝，省去會先討論出大致方案再開始組裝，省去意見不合的時間導致重新組裝的時間。
- 我會改善我們的傳動系統，將傘齒輪更改成套筒，這樣我們的驅動就沒有問題了，至於結構上，我會將前面的支撐桿由一支更改成兩支，這樣就不會卡入桌子間的縫隙，導致無法行動，而電線方面，如果可以，我會希望能夠更改成更粗的電線，看看能不能解決接觸不良的問題。
- 我認為我們還是會用一樣的方式去進行，只是我們要將機器人改成兩個人都可以操控的，這次的比賽我們主要輸是輸在太過驕傲了，我們的特色本來就是在機動性，而不是在跟其他人硬拚蠻力，結果我們卻因為認為贏的太輕鬆，而開始戲弄對手，最終被對手推下去，驕兵必敗真的是我認為我們這次輸掉比賽的最大原因，所以如果我們改成兩個人一起操控的方式，一個人驕傲另一個人就可以藉由操作去提醒，才不會造成今天的結局。
- 想方法改善過彎時的不靈活是我們要再次設計時要改善的主要目標，如何在靈活度和碰撞能力之間取得一個平衡點這對我們來說非常重要
- 我覺得我們可以學習別人的車子，把笨種去掉改成輕巧，這樣就可以輕鬆的閃過攻擊，也不會一直需要被動等攻擊來才防禦別人。
- 我並不會改變太多，畢竟我沒有隊友。但是如果有，我會和隊友先發散思考再整合