



# 新工程教育方法實驗與建構計畫

## 淨零綠領人才培育革新-建構循環經濟之廢棄物資源化的主題課群

### 主題式課群整體規劃

#### 教育目標

- (1) 培養學生具備環境工程與安全衛生之專業知識與技能
- (2) 培養學生具有環境工程與安全衛生之實務執行能力
- (3) 培養學生具備專業倫理之態度與良好語文溝通能力
- (4) 訓練學生具備跨領域整合能力與了解當代環境議題之能力

#### 核心能力

- (1) 具備基礎科學之能力
- (2) 具備環安衛工程實務之知識與技能
- (3) 具備專案規劃及解決工程問題之能力
- (4) 具備語文溝通與獨立思考之能力
- (5) 具備結合跨領域知識之能力與團隊合作之精神
- (6) 具備職場專業倫理與自我終身學習之態度。

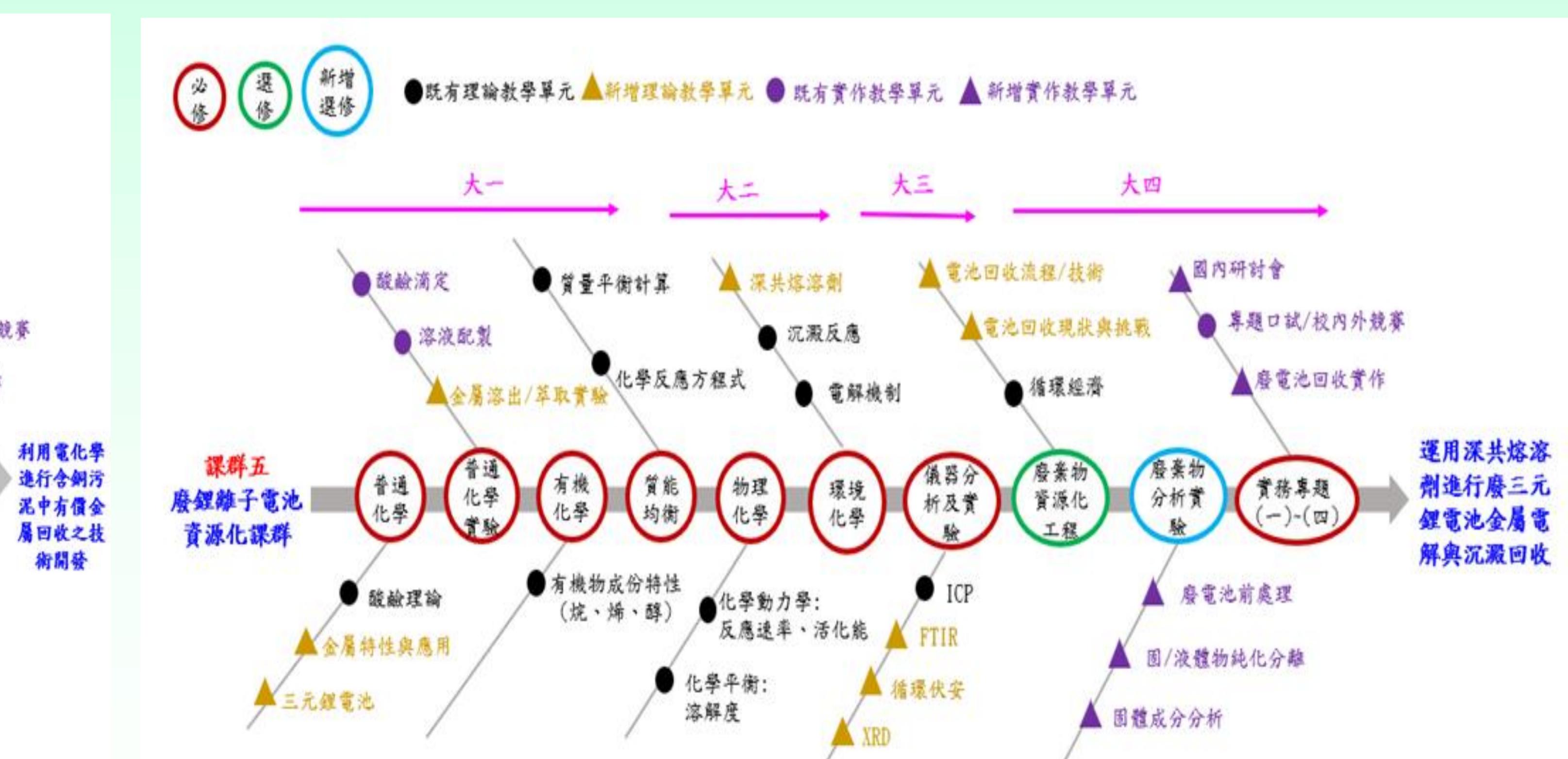
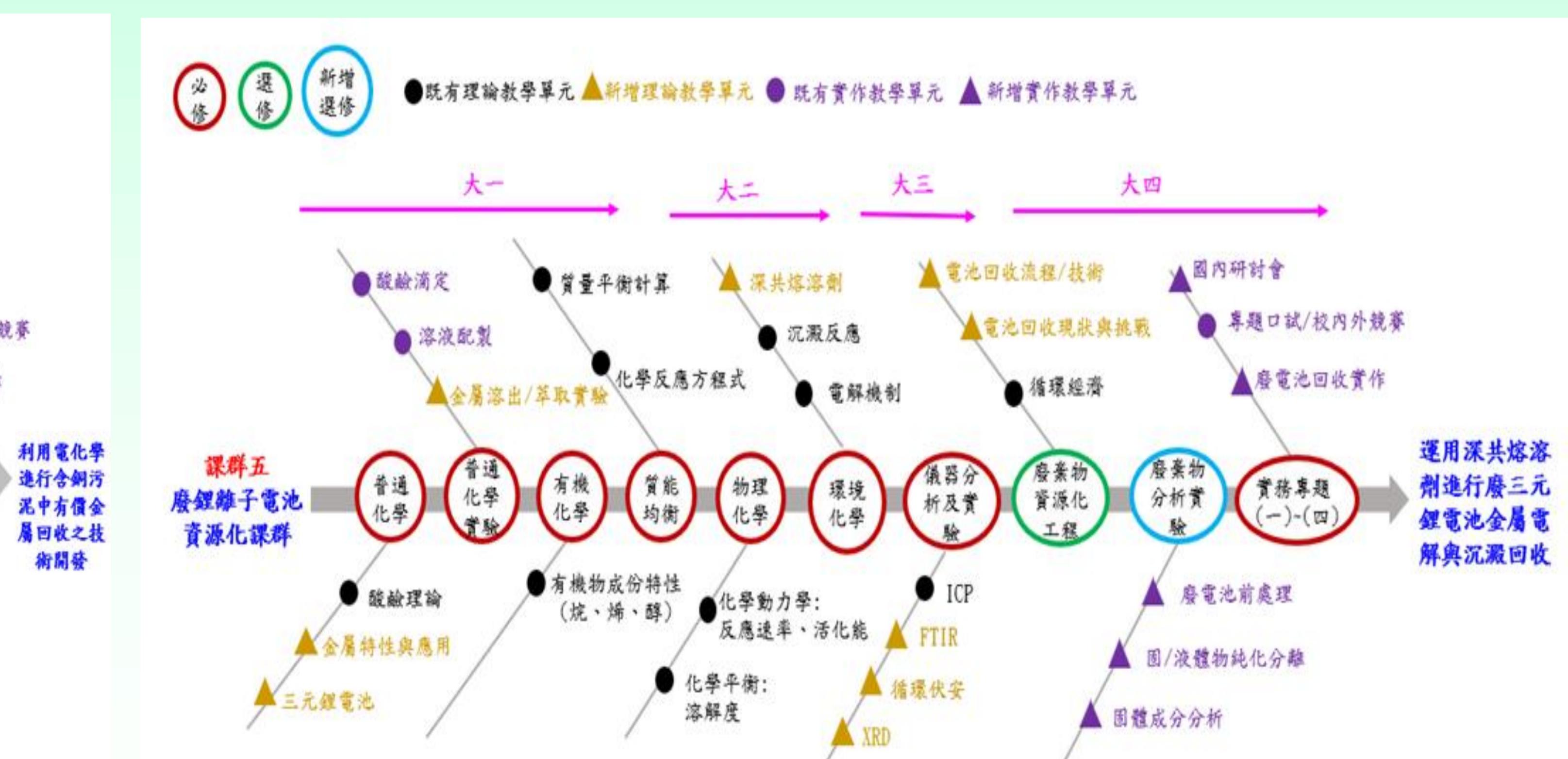
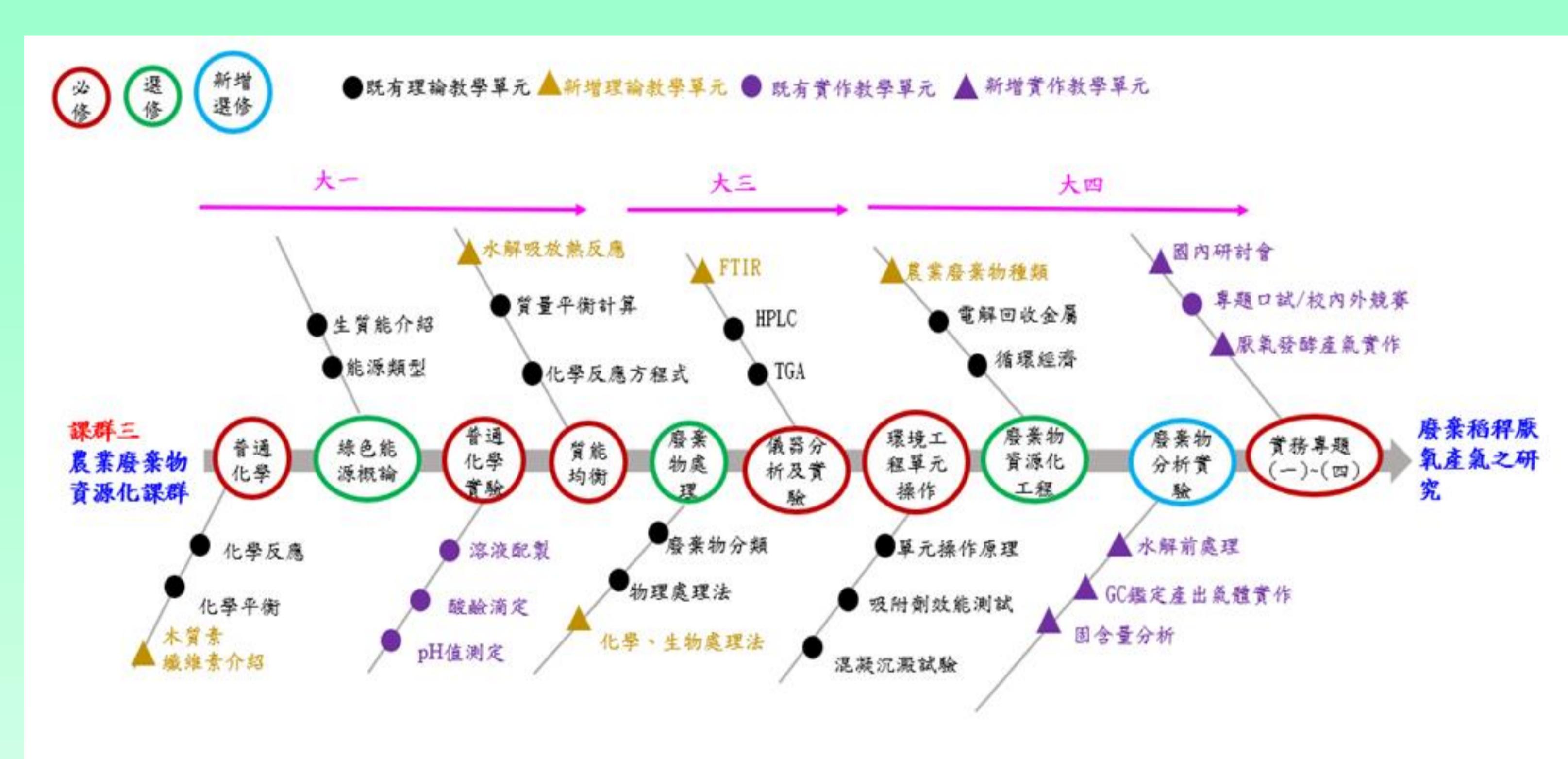
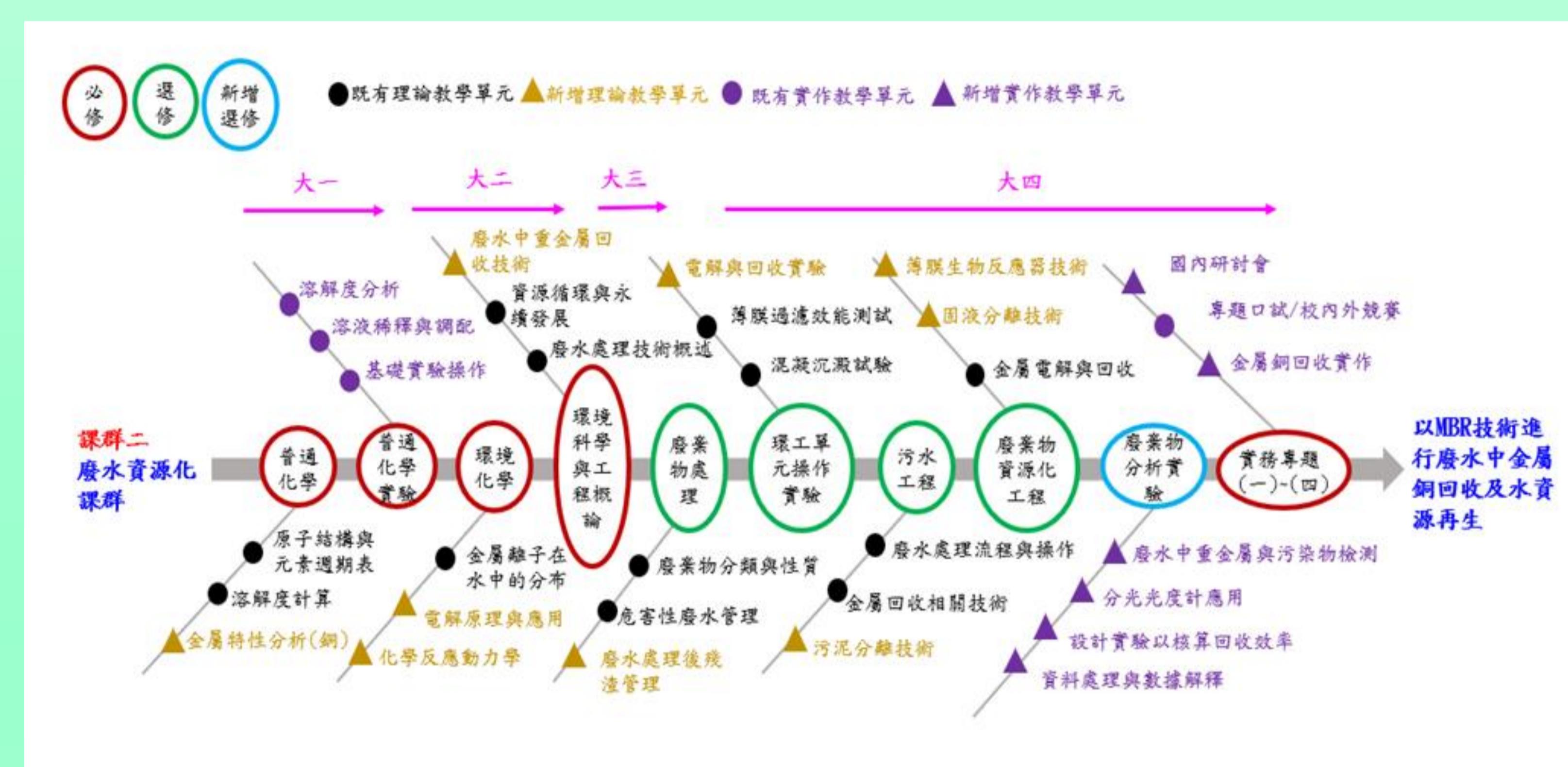
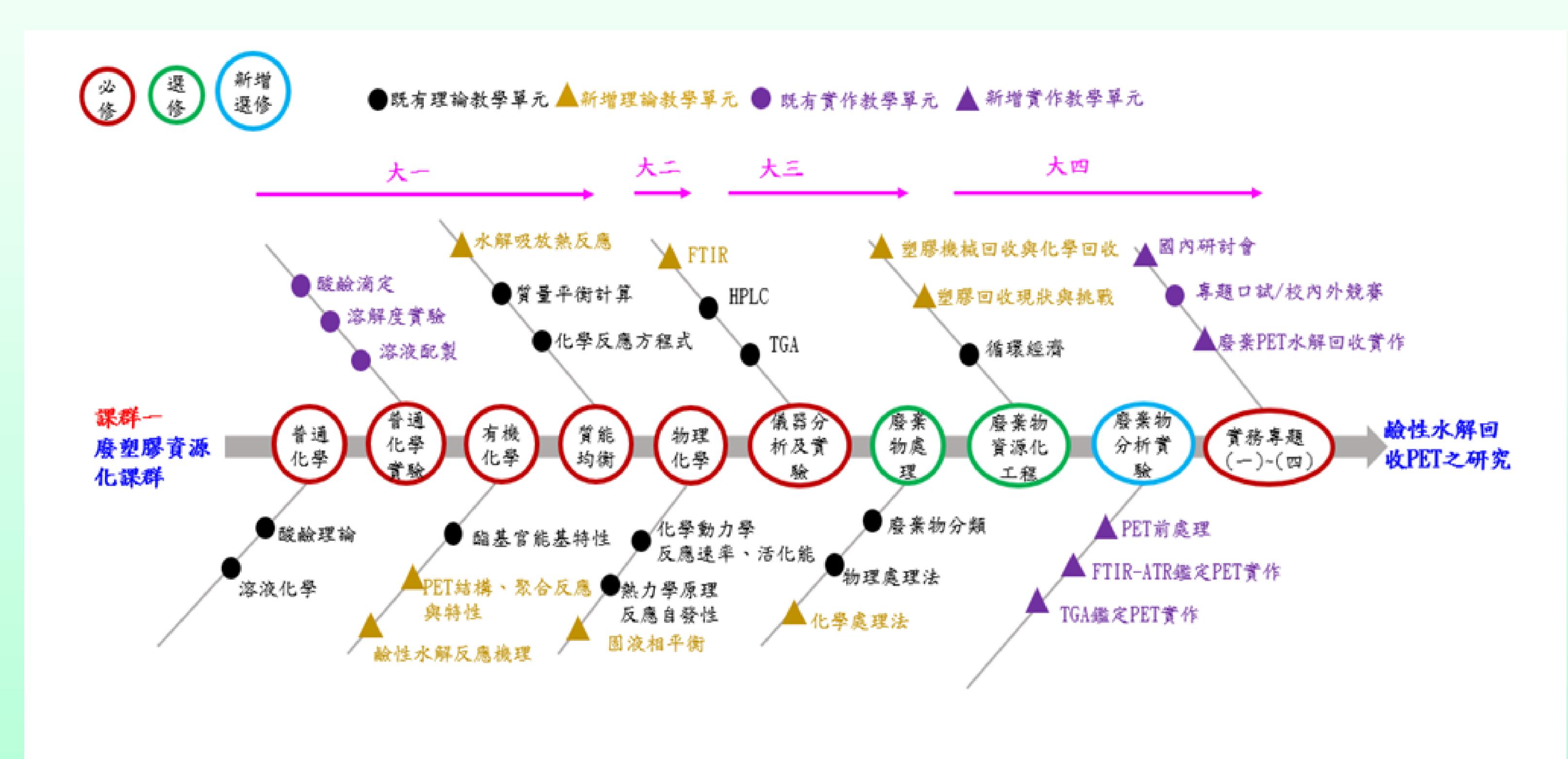
#### 實務主題串聯課程教學

- 因應全球淨零排放趨勢，我國於2022年提出「臺灣2050淨零排放路徑」，並將「轉型資源全循環，邁向零廢棄時代」列為12項關鍵戰略之一。該政策強調透過資源循環與廢棄物減量，降低對有限自然資源的依賴，同時推動循環經濟成為「5+2產業創新計畫」之重點方向。
- 廢棄物具有高度異質性，須依其來源、成分與特性，發展對應之專屬資源化技術。為回應未來淨零與循環經濟領域對專業人才之迫切需求，明志科技大學環境與安全衛生工程系，結合環境工程、資源回收之學術能量與產學合作經驗，規劃本計畫內容，培育具跨域實作能力之淨零綠領人才。

本計畫共規劃五大主題式課群，並搭配對應之問題導向學習 (PBL) 產業實務專題：

- ✓ 廢塑膠資源化課群 — 鹼性水解回收PET之研究
- ✓ 廢水資源化課群 — 以MBR技術進行廢水中金屬銅回收及水資源再生
- ✓ 農業廢棄物資源化課群 — 廢棄稻桿厭氧產氣之研究
- ✓ 工業污泥資源化課群 — 電化學技術回收含銅污泥中有價金屬
- ✓ 廢鋰離子電池資源化課群 — 運用深共熔溶劑進行廢三元鋰電池金屬回收

### 五大課群之課程地圖





# 新工程教育方法實驗與建構計畫

## 淨零綠領人才培育革新-建構循環經濟之廢棄物資源化的主題課群



### 明志科技大學環境與安全衛生工程系

#### 本階段成果亮點

#### PBL 實務專題步驟拆解與課程能力對照表

表 1-1 鹼性水解回收 PET 之研究(廢棄物資源化課群)



| 拆解任務項目    | 必備專業知識  | 專業知識所對應的課程章節   | 專業知識所對應的核心能力                         | 即時回饋評量方式                                |
|-----------|---|--|--------------------------------------|---|
| 實驗室安全教育訓練 | 安全化學品處理(腐蝕性化學物質、個人防護)。                        | 1. 實務專題-實驗室安全教育訓練。   | 1. 具備環安衛工程實務之知識與技能。                  | 考試檢定-分數要達 90 分, 才給與通過。                  |
| 學術倫理課程    | 誠實進行研究、如實呈現結果、並遵守不捏造、不篡改、不剽竊的基本原則。            | 1. 實務專題-學術倫理。  | 1. 具備職場專業倫理與自我終身學習之態度。               | 考試檢定-分數要達 100 分, 才給與通過。                 |
| 文獻資料收集    | 科學期刊資料收集-比較不同技術之間的優缺點, 確認操作實驗的相關參數, 以及預期實驗結果。 | 1. 實務專題-資料檢索。<br>2. 廢棄物處理-廢棄物分類、物理處理法及化學處理法。<br>3. 環境科學與工程概論-資源循環與永續發展。<br>4. 廢棄物資源化工程-循環經濟、塑膠回收現狀與挑戰、塑膠機械回收與化學回收。 | 1. 具備職場專業與資訊倫理與自我終身學習之態度。            | 簡述文獻種類及查找平台與方法, 並將文獻整理成 PPT, 於讀書會上進行分享。 |
| 原料分選      | • 調查與收集市售 PET 產品。<br>• 正確辨識與分選廢料。             | 1. 實務專題-資料檢索。<br>2. 廢棄物處理-廢棄物分類。   | 1. 具備基礎科學之能力。<br>2. 具備環安衛工程實務之知識與技能。 | PET 之特性分析結果。                            |

#### 課群執行現況

表 2-1-1 課群開課狀況及其修課人數

| 開課時間            | 開課年級 | 課程名稱      | 授課老師   | 修課人數 |    |     |
|-----------------|------|-----------|--------|------|----|-----|
|                 |      |           |        | 男性   | 女性 | 總人數 |
| 113-1、<br>114-1 | 一    | 普通化學      | 吳容銘    | 81   | 20 | 101 |
| 113-1           | 一    | 綠色能源概論    | 崔珂     | 35   | 10 | 45  |
| 113-2           | 一    | 有機化學      | 崔珂     | 46   | 13 | 59  |
| 113-2           | 一    | 質能均衡      | 劉禎淑    | 59   | 12 | 71  |
| 113-2           | 一    | 普通化學實驗    | 盧奕廷    | 36   | 10 | 46  |
| 114-1           | 二    | 物理化學      | 劉禎淑    | 48   | 10 | 58  |
| 114-1           | 二    | 環境科學與工程概論 | 程裕祥    | 52   | 11 | 63  |
| 114-1           | 二~四  | 實務專題(一)   | 系上所有教師 | 32   | 10 | 42  |
| 總計              |      |           |        | 389  | 96 | 485 |
| 114-1           | 四    | 污水工程      | 陳錫金    | 21   | 2  | 23  |
| 114-1           | 四    | 廢棄物分析實驗   | 嚴莉婷    | 9    | 4  | 13  |

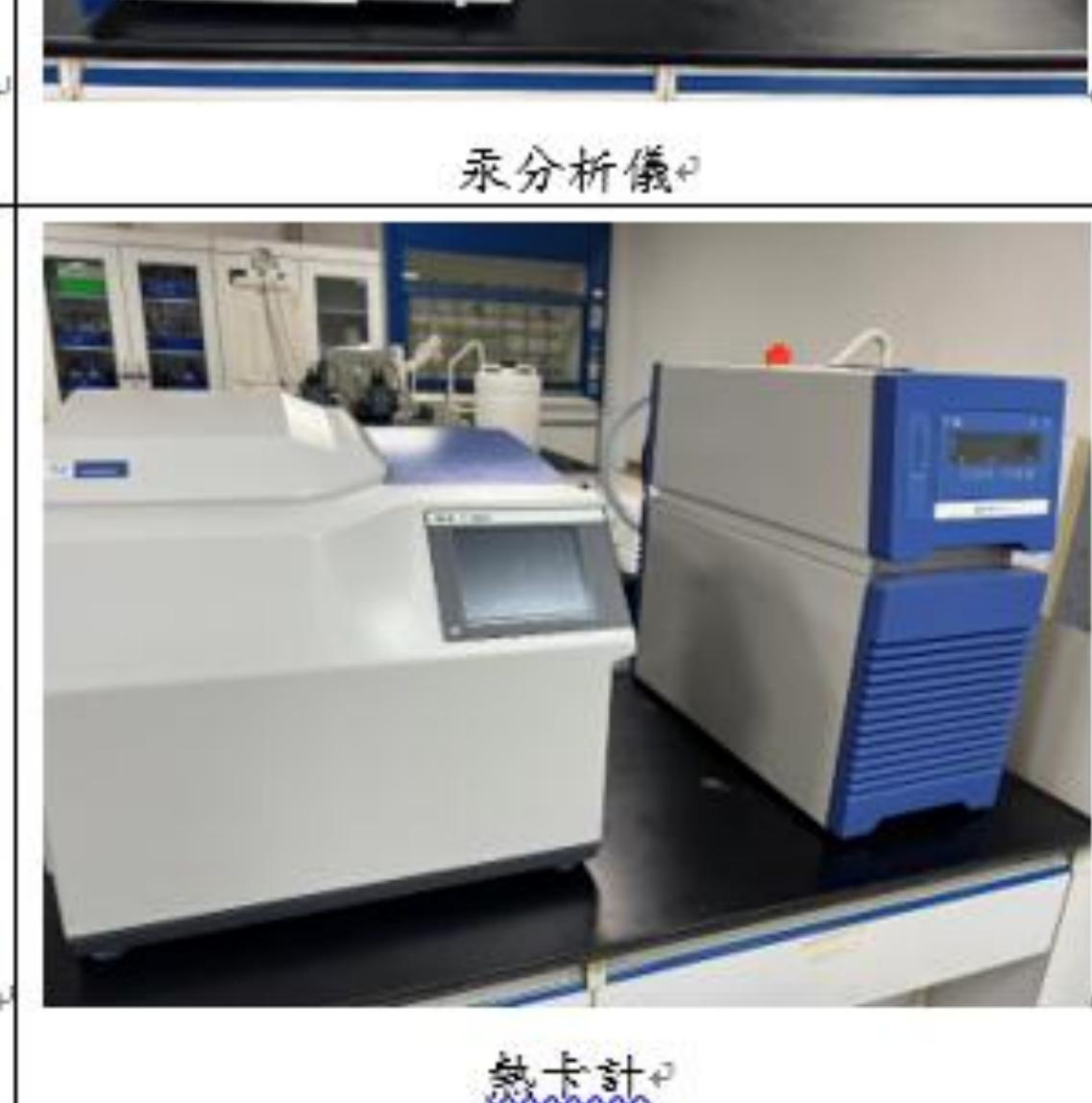
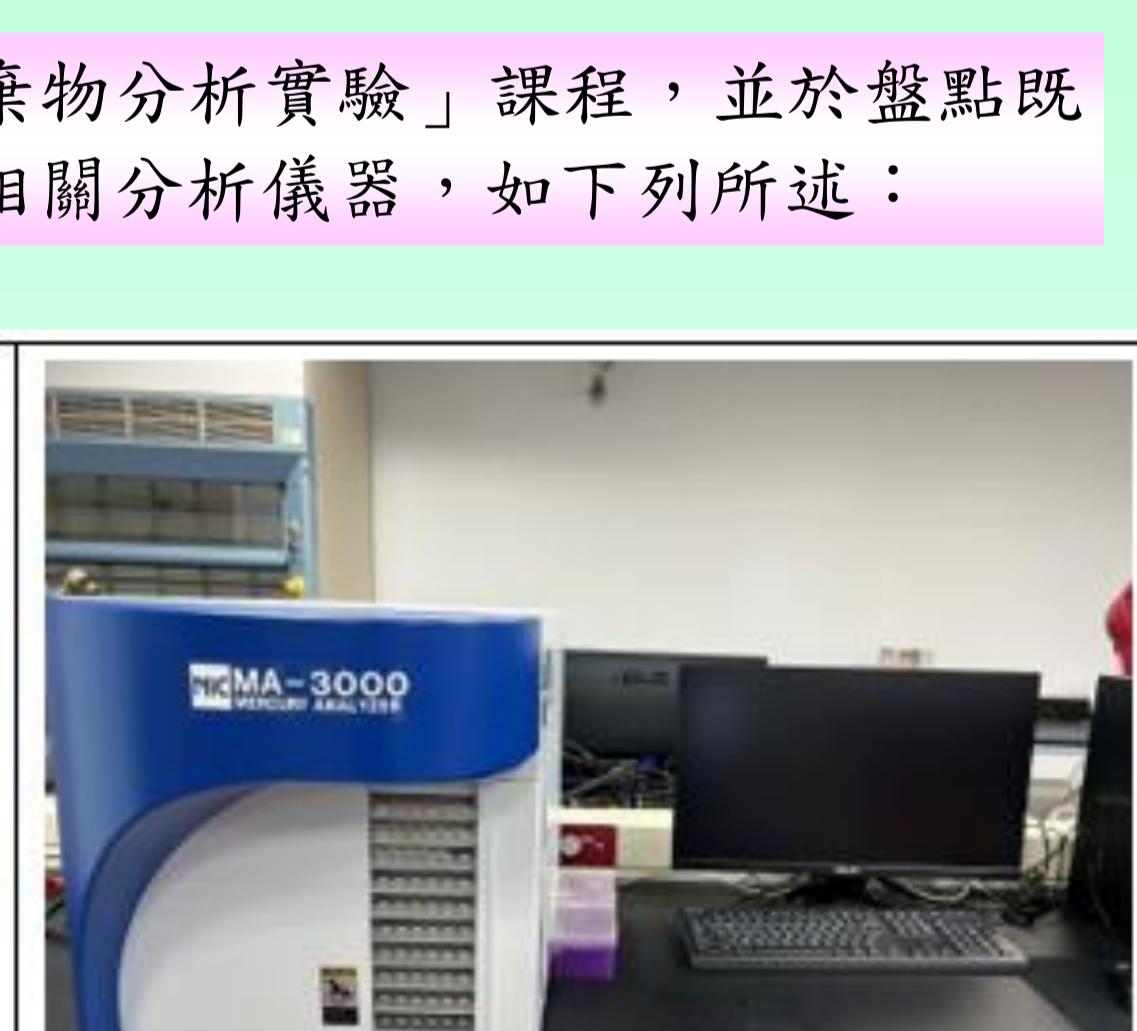
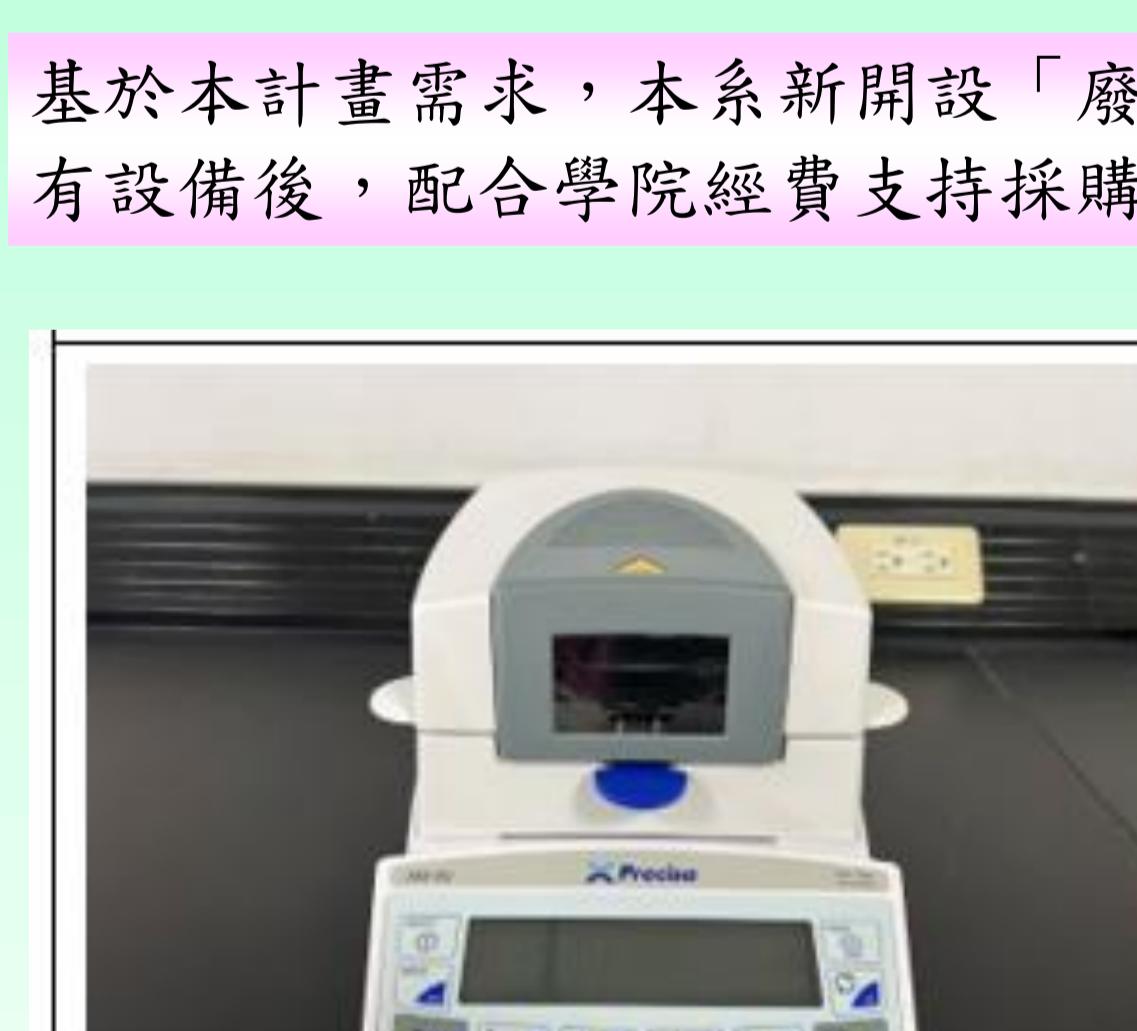
#### 教材開發實例

| 課程名稱   | 課程內容   |    |             |                              |                            |                               |                              |
|--|--|----|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 普通化學：(1)木質素、纖維素介紹<br>(2)金屬特性與應用<br>(3)三元鋰電池。 | <p><b>農業廢棄物組成分布</b></p> <p>物理特性如何影響<br/>三元鋰電池的性能與應用</p> <p>物理特性：導電性影響功率輸出、延展性有助於材料加工、熔點影響高溫穩定性、密度影響重量能量密度。</p> <p>化學特性：氧化還原電位決定能量密度和電壓、活性影響安全性、耐腐蝕性影響循環壽命。</p> <p>應用需求：電動汽車追求高能量密度、儲能系統注重安全性和成本。</p>   |    |             |                              |                            |                               |                              |
| 普通化學實驗：<br>金屬溶出/萃取實驗。                        | <p><b>實驗步驟2: 隔水加熱溶解金屬</b></p> <p>取一50 mL的圓底燒瓶，加入配製好的20 mL鹽酸後，隔水加熱至各組指定的溫度(35 °C or 45 °C)。<br/>維持溫度穩定在誤差±5 °C內，共需維持5分鐘。<br/>溫度達穩定後，加入鋁箔(約1 cm x 1 cm)到圓底瓶內。使用攪拌棒盡快將鋁箔完全浸入溶液內，開始計時10分鐘。期間仍須保持溫度±5 °C內。<br/>迅速倒出酸液於乾淨容器後，將數毫升液體裝入助教提供之樣品瓶中，後續經系上協助ICP-OES測量。</p> <p><b>結報+問題與討論</b></p> <p>實驗數據紀錄(溶解度測量將由環安系助教統一進行，後續再提供實驗數據給同學)<br/>數據分析：一次列出四組數據(本組數據x1+挑選其他組數據x3)。</p> <table border="1"> <tr> <td>樣品</td> <td>溶解度數值 (ppm)</td> </tr> <tr> <td>樣品1 (第1-4組): 溫度35 °C、濃度0.5 M</td> <td>樣品2 (第5-8組): 溫度35 °C、濃度1 M</td> </tr> <tr> <td>樣品3 (第9-12組): 溫度45 °C、濃度0.5 M</td> <td>樣品4 (第13-16組): 溫度45 °C、濃度1 M</td> </tr> </table> <p>問題與討論1: 請從以上四組數據的結果，分析溫度、濃度兩種因素對於金屬溶解度所造成的影响。<br/>問題與討論2: 請說明此結果符不符合你的預期? 請詳細說明原因。<br/>問題與討論3: 請說明本實驗造成誤差可能的原因有哪些。</p> | 樣品 | 溶解度數值 (ppm) | 樣品1 (第1-4組): 溫度35 °C、濃度0.5 M | 樣品2 (第5-8組): 溫度35 °C、濃度1 M | 樣品3 (第9-12組): 溫度45 °C、濃度0.5 M | 樣品4 (第13-16組): 溫度45 °C、濃度1 M |
| 樣品   | 溶解度數值 (ppm)  |    |             |                              |                            |                               |                              |
| 樣品1 (第1-4組): 溫度35 °C、濃度0.5 M                 | 樣品2 (第5-8組): 溫度35 °C、濃度1 M   |    |             |                              |                            |                               |                              |
| 樣品3 (第9-12組): 溫度45 °C、濃度0.5 M                | 樣品4 (第13-16組): 溫度45 °C、濃度1 M   |    |             |                              |                            |                               |                              |



#### 實務教學面軟硬體之建置

|  |           |
|--|-----------|
|  | 空氣單元操作實驗室 |
|  | 水單元操作實驗室  |
|  | 水質分析實驗室   |
|  | 微量分析實驗室   |
|  | 灰化爐       |
|  | 熱卡計       |



#### 下階段工作重點

- 持續深化主題式課群之推動。
- 以已建構完成之「PBL 實務專題步驟拆解與課程能力對照表」作為核心工具，全面落實於各課群相關課程與實務專題中。
- 強化課程間之銜接性與進度協調，特別關注大二至大三階段之專題前置準備，逐步推動專題時程前移，以利學生於大三上學期完成專題成果展示。
- 將依據本年度教學反思與學生回饋，完成課群成效評估工具與問卷之訂定，結合即時回饋評量、Rubrics 及學習經驗調查，建立具系統性之課群學習成效評估機制。