

大學入學考試中心

學科能力測驗

自然考科考試說明

—111 學年度起適用—

中華民國 108 年 9 月

著作權屬財團法人大學入學考試中心基金會所有，僅供非營利目的使用，轉載請註明出處。若作為營利目的使用，應事前經由財團法人大學入學考試中心基金會書面同意授權。

學科能力測驗自然考科考試說明

目 錄

前言	1
壹、測驗目標	1
貳、測驗內容	4
一、測驗範圍	4
二、題型與配分	4
參、試題舉例	5
一、第壹部分試題	5
(一) 物理	5
(二) 化學	10
(三) 生物	16
(四) 地球科學	20
二、第貳部分試題	24
附錄一、測驗目標與學習表現對應表	37
附錄二、自然領綱普通型高中（必修）之學習表現與學習內容	39

學科能力測驗

自然考科考試說明

前言

111 學年度起，「學科能力測驗自然考科」（以下簡稱「學測自然考科」）將依據「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域」（以下簡稱「自然領綱」）命題。為因應自然領綱的實施，特提出學測自然考科「考試說明」，以符合自然領綱中對建構科學素養的期許。

學測自然考科「考試說明」內容包括測驗目標、測驗內容與試題舉例。在測驗目標方面，就不同能力層次做解說，涵蓋科學核心概念、理解運用能力、探究能力及科學的態度與本質等方面；在測驗內容方面，涵蓋測驗範圍及題型與配分；在試題舉例方面，各試題都有參考答案、測驗目標、學習表現、測驗內容與說明。

壹、測驗目標

學測自然考科旨在評量考生自然科學的科學認知、探究能力及科學的態度與本質。自然領綱為十二年課程連貫設計，在第五學習階段的物理、化學、生物和地球科學各科必修學分數為 2~4 學分，其中必須包含跨科的探究與實作。自然領綱著重素養，落實整合、內化與應用，由科學史發展過程了解各重要知識的脈絡，將所學習到的知識應用在生活中，並能正確判別科學相關的社會或新聞議題。另外，自然領綱必修的探究與實作，是針對物質與生命世界，培養學生發現問題、認識問題、問題解決、提出結論及表達溝通之能力，課程內容著重學科間的整合及實作技能，期望能達到學理與實踐相互為用的目標。

自然領綱中的學習表現和學習內容，陳述學生應習得的知識、能力與態度，並不適合直接作為測驗目標。然學測自然考科之測驗目標，主要在評量考生現階段必須具備的科學知識、技能和方法，在測驗目標研擬時，是參考自然領綱的學習表現和探究與實作學習內容，並配合學科能力測驗的特性和實施條件，轉化成在命題與評量上可執行的項目（對應表請見附錄一）。

學測自然考科的測驗目標分成五大項：一、測驗考生自然科學的基本知識與概念；二、測驗考生科學資料和圖表的理解能力；三、測驗考生自然科學知識的應用能力；四、測驗考生自然科學的分析與歸納能力；五、測驗考生自然科學的綜合與表達能力。

各大項及細項目標如下：

一、測驗考生自然科學的基本知識與概念

測驗考生對教材中所學習到的知識與概念，能知道、理解並內化為有效的資訊。包括重要術語、基本事實、處理事務的程序、科學法則或理論的要義、科學史的發展以及學科知識之間的連結。本層次可細分如下：

1a. 認識、理解重要的科學名詞和定義

1b. 認識、理解基本的科學現象、規則、學說、定律

1c. 認識、理解各階段科學的進展

1d. 認識、理解學科間共通的原理

二、測驗考生科學資料和圖表的理解能力

測驗考生理解、整理及判讀科學資料和圖表的能力。考生能夠理解或利用已知的事實與原理法則以解釋資料，例如能將資料轉換成另一種表達的形式，並說明資料的意義，即是此項能力的一種表現。本層次可細分如下：

2a. 理解文本、數據、式子或圖表等資料的意義

2b. 找出文本、數據、式子或圖表等資料的特性、規則或關係

2c. 根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

三、測驗考生自然科學知識的應用能力

測驗考生應用所學與邏輯推理，對科學方面的學習融會貫通後，進而具有舉一反三的能力。考生能將所學過的原則、方法、概念、原理、定律和理論，運用到不同的情境中，並依據程序步驟解決問題。本層次可細分如下：

3a. 選用適當的資料解決問題

3b. 根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

3c. 根據觀察現象或前導實驗結果提出假設，設計實驗以驗證假設

3d. 應用科學定律、模型，評論探究過程或實驗架構

四、測驗考生自然科學的分析與歸納能力

測驗考生能根據科學原理、原則，分析與歸納事物間的關係，並建立其組成間或與整體的關聯性。本層次可細分如下：

- 4a.根據資料說明、驗證或詮釋重要科學原理
- 4b.針對日常生活現象或科學探究情境，發現問題的因果關係
- 4c.根據事實或資料，整理辨別各種觀點的異同
- 4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

五、測驗考生自然科學的綜合與表達能力

測驗考生運用所學形成完整且具體的綜合與表達能力，包括知道科學的本質、影響，以及能進行科學性的評論。考生除了能夠理解並解釋概念或現象，並能由資料中建立所學新知識與舊經驗的連結，能夠綜合性的對事物進行科學性評析。本層次可細分如下：

- 5a.根據事實或資料，進行表達與說明
- 5b.根據事實或資料，綜合科學知識，提出評析或思辨
- 5c.根據事實或資料，評價科學對自然環境或人類文明的影響

貳、測驗內容

一、測驗範圍

學測自然考科以普通高中學習重點（學習表現、學習內容）為主軸，旨在評量考生現階段必須具備的科學知識、技能和方法。學測自然考科在第五學習階段中，包含自然領綱中部定必修 12 學分，如表一所示。學測命題須落實「測驗目標」，具有連結高中學習與大學教育之任務，考量十二年國民基本教育各階段課程之連貫發展，國中與普通高中階段之課程難以切割，因此學測命題之相關素材，或考生作答所需之基礎知識，部分可能涉及國中學習內容，然學測自然考科仍以落實「測驗目標」為先，不以國中課程的知識內容為其命題設計之主體。

表一、第五學習階段的測驗範圍

領域	科目	學分*	
自然科學	必修物理	2-4	共 12 學分
	必修化學	2-4	
	必修生物	2-4	
	必修地球科學	2-4	

*含探究與實作

二、題型與配分

學測自然考科試卷依試題類型分第壹部分和第貳部分，每題均計分。第壹部分為選擇題型，含單選題和多選題，共約 32-36 題；第貳部分為混合題型（兼含選擇題與非選擇題）或非選擇題型，共約六大題組。整卷中選擇題占分約 70-80%，非選擇題占分約 20-30%。

參、試題舉例

以下試題舉例呈現第壹部分和第貳部分試題類型，其中第壹部分再依物理、化學、生物與地球科學分別舉例；第貳部分則根據本中心試題研發計畫，以呈現混合題型為主。

一、第壹部分試題

(一) 物理

1. 電磁爐是利用平行於爐面的平面線圈，通電後改變通過金屬鍋底的磁場使其產生應電流，鍋底因電流熱效應而加熱食物。在其他變因保持不變且可正常使用的條件下，改變下列哪幾項因素，可以使電磁爐加速煮熟食物？（應選 2 項）
- (A)增加產生爐面磁場之交流電源的電流 (B)將電磁爐放置在一大型永久磁鐵上
(C)將交流電源改為高壓直流電源 (D)增加產生爐面磁場之線圈匝數
(E)增加同材質金屬鍋的厚度

（改寫自 107 年研究用試卷）

參考答案：AD

測驗目標：3b.根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

3c.根據觀察現象或前導實驗結果提出假設，設計實驗以驗證假設

學習表現：探究能力－問題解決 pe-Vc-1

測驗內容：必修物理 PKc-Vc-3 變動的磁場會產生電場，變動的電場會產生磁場。

PMc-Vc-2 電在生活中的應用。

說明：

本題測驗考生是否能根據變動的磁場會產生電場的定律，及題目提示的原理理解日常生活中電磁爐加熱食物的過程，進而能提出可以加速煮熟食物的正確方式。

- (A)增加產生爐面磁場之交流電源的電流可加大單位時間磁場的變動，產生更大的應電流進而加熱食物。
- (B)永久磁鐵增加磁場，但無助於加大單位時間磁場的變動，故無加速煮熟食物效果。
- (C)高壓直流電源因電流磁效應而有穩定磁場，但因需要磁場變化，才有應電流的產生，故無加速煮熟食物的效果。
- (D)增加產生爐面磁場之線圈匝數可加大單位時間磁場的變動，進而增加應電流，而加熱煮熟食物。
- (E)增加同材質金屬鍋的厚度，其單位面積磁力線變化量不變，故其應電動勢不改變。然而因為鍋子的總質量增加，無助於加熱速率。

綜合上述分析，本題正確答案為(A)(D)。

2. 北宋沈括《夢溪筆談》：「內侍李舜舉家曾為暴雷所震。其堂之西室，雷火自窗間出，赫然出檐，人以為堂屋已焚，皆出避之。及雷止，其舍宛然，墻壁窗紙皆黔。」
語譯：李舜舉家曾經被巨大的雷電擊中。有雷火從房子的西邊房間窗戶冒出，然後竄出房簷之上，人們都害怕得跑出去躲避。暴雷停止後，房子卻保持完好，只是墻壁和窗紙都變黑了。

根據上述短文，下列有關閃電的敘述何者正確？

- (A) 雷電自天而降，如同水往低處流一般，故閃電擊中李家的房子，有可能是因為附近的房子都比李家的高
(B) 閃電擊中李家後，由西室的窗戶出來，完全是隨機問題
(C) 閃電由屋簷出來，可能是因為屋簷突出，有針尖效應
(D) 墻壁窗紙變成黑色，是因為書桌上的墨汁噴出
(E) 房屋沒有被焚毀的主因是屋內沒有火源

(改寫自 107 年研究用試卷)

參考答案：C

測驗目標：3b.根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

4b.針對日常生活現象或科學探究情境，發現問題的因果關係

學習表現：探究能力－問題解決 po-Vc-2、科學的態度與本質 ai-Vc-2

測驗內容：必修物理 PKc-Vc-4 所有的電磁現象經統整後，皆可由馬克士威方程式描述。

PMc-Vc-1 用電安全。

說明：

本題測驗考生是否能解釋北宋沈括在《夢溪筆談》中所描述的閃電雷擊現象。

- (A) 雷電自天而降，如同水往低處流一般，故閃電擊中李家的房子，有可能是因為附近的房子都比李家的高，屬於不合理推論，因為較高的房子電荷較密集，較易受雷擊。
(B) 閃電擊中李家後，由於西室的窗戶外有房簷，電荷較密集，故容易產生針尖效應而放電，不完全是隨機問題。
(C) 閃電由屋簷出來，可能是因為屋簷突出，電荷較密集，故有針尖效應。
(D) 「只是墻壁和窗紙都變黑了。」是因為高電流通過所產生電流熱效應之結果。
(E) 根據文章描述，推測大部分電流由屋簷竄出，故屋內並未起火。

綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

第3-4題為題組

小明的家人在市場買了真空包裝的肉，回家打開切成肉片，發現切面泛著淡淡的偏綠色金屬幽光，有些地方還看到彩虹色的金屬光澤，如圖 1 所示，心想是不是肉被金屬污染了呢？

於是小明上農委會的「農業知識入口網站」詢問，駐站專家表示，無論新鮮的肉或煮熟的肉，經過鋒利的刀具切割後，在切面上有時可見彩虹光澤，主要是因為切面上有肌肉纖維造成，如圖 2 所示，是很正常的物理現象，這種現象在孔雀羽毛和魚的鱗片皆可見，但其原理與光通過三稜鏡所產生的現象並不相同。



圖 1

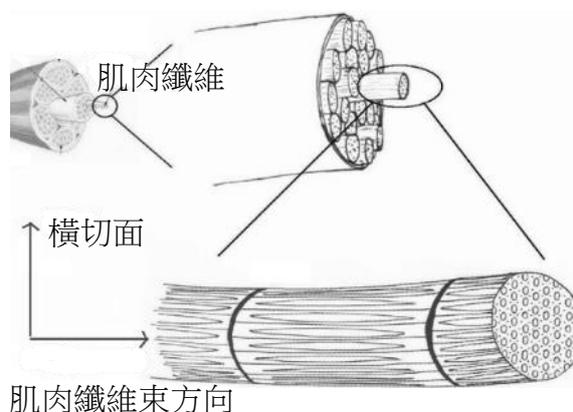


圖 2

小明於探究與實作課程中與同學小儒及阿平提出「肌肉切割後會產生金屬光澤」的現象，拿出 X、Y、Z 三種不同刀子，先用同等力道切割紙張的張數判斷刀子鋒利程度，再以不同角度方式切肉，並把有無金屬光澤的結果記錄於表 1：

表 1 切割結果

	X	Y	Z
以同等力道切割紙張劃破張數	12 張	6 張	1 張
切割方向與肌肉纖維平行	×	×	×
切割方向與肌肉纖維夾 45 度	✓	×	×
切割方向與肌肉纖維垂直	✓	✓	×

3. 依據「農業知識入口網站」駐站專家的說法，下列關於光的物理現象，何者最適合說明肉的切面有彩虹色的金屬光澤？

- (A)干涉 (B)漫射 (C)色散 (D)反射 (E)折射

4. 依據表 1 結果，阿平由探究所得的結果形成五點論點：

甲：刀子越鋒利，越容易產生金屬光澤

乙：拿出第四把刀子S，當切割方向與肌肉纖維平行，就不會產生金屬光澤

丙：僅由Y刀切割的結果，可以確定切割方向會影響金屬光澤的產生

丁：僅由X、Y兩把刀切割的結果，可以推論切割方向與肌肉纖維垂直就可以產生金屬光澤

戊：拿出第五把刀子T，以同等力道可以劃破5張紙，當切割方向與肌肉纖維夾45度，不會產生金屬光澤

小明反思「探究成果」，發現部分論點屬科學邏輯謬誤的過度推論。試問哪些為過度推論的論點？（應選 2 項）

(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁 (E)戊

（改寫自 107 年研究用試卷）

【第 3 題】

參考答案：A

測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

3b.根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2

測驗內容：必修物理 PKa-Vc-5 光除了反射和折射現象外，也有干涉及繞射現象。

探究與實作 發現問題－蒐集資訊

說明：

(A)干涉，指的是兩列或兩列以上的波在空間中重疊時發生疊加，從而形成新波形的現象。

(B)漫射，指的是光線照射在物體粗糙的表面會無序地向四周反射的現象。

(C)色散，在光學中，色散是指一道非單色光，在非真空環境下，不同頻率色光有不同的速率。在光學中，一個重要且常見的色散現象為透過三稜鏡或是帶有色差的透鏡產生的光譜，不同顏色的光有著不同的折射角。

(D)反射，指光線行進到兩介質的交界面上，其光的行進方向發生改變而返回原介質，且入射角等於反射角，此現象稱之為反射。

(E)折射，指波在穿越介質交界面或經歷介質的漸次變化時，發生傳播方向上的改變。

由文本中「農業知識入口網站」駐站專家的說法，無論新鮮的肉或煮熟的肉，經過鋒利的刀具切割後，在切面上有時可見彩虹光澤，主要是因為切面上有肌肉纖維所致，此現象在孔雀羽毛和魚的鱗片皆可見，此為光的干涉。故本題正確答案為(A)。

【第 4 題】

參考答案：BD

測驗目標：4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

5b.根據事實或資料，綜合科學知識，提出評析或思辨

學習表現：探究能力－思考智能 tc-Vc-1、科學的態度與本質 an-Vc-2

測驗內容：必修物理 PKa-Vc-5 光除了反射和折射現象外，也有干涉及繞射現象。

PMc-Vc-3科學的態度與方法。

探究與實作 論證與建模－分析資料和呈現證據

表達與分享－評價與省思

說明：

由表1的結果，可推論：

- (A) 依據表 1，當「以同等力道切割紙張劃破張數」作為刀子鋒利的標準，可推論刀子越鋒利，越容易產生金屬光澤。
- (B) 以刀子 X、Y、Z，切割方向與肌肉纖維平行，不會產生金屬光澤，但推論「拿出第四把刀子 S，當切割方向與肌肉纖維平行，就不會產生金屬光澤」，屬於過度推論。
- (C) 僅由 Y 刀不同切割角度的結果，可以確定切割方向會影響金屬光澤的產生。
- (D) 僅由 X、Y 的資料作為依據，無法斷言任意刀子切割方向與肌肉纖維垂直可以產生金屬光澤，故推論出「切割方向與肌肉纖維垂直就可以產生金屬光澤」屬於過度推論。
- (E) 推論 T 的鋒利程度應當介於 Y、Z 之間，由於 Y、Z 兩組實驗中，當切割方向與肌肉纖維夾 45 度角，均無金屬光澤，故可推論 T 於同樣切割方式時亦無金屬光澤。
- 綜合上述分析，本題答案為(B)(D)。

(二) 化學

1. 已知在化學反應 $X + 2Y \rightarrow 3Z + W$ 中，2.0 克的 X 能與 4.0 克的 Y 完全反應，生成 3.0 克的 Z。若要生成 4.5 克的 W，則需要有多少克的 X 參與反應？

- (A) 2.0 (B) 3.0 (C) 4.0 (D) 5.0 (E) 6.0

(改寫自 102 學年度學測)

參考答案：B

測驗目標：1b.認識、理解基本的科學現象、規則、學說、定律

2a.理解文本、數據、式子或圖表等資料的意義

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Vc-1

測驗內容：必修化學 CAa-Vc-2 道耳頓根據定比定律、倍比定律、質量守恆定律及元素概念提出原子說。

CJa-Vc-1 拉瓦節以定量分析方法，驗證質量守恆定律。

說明：

本題測驗考生對化學反應式中，反應物與產物計量關係的理解以及質量守恆定律應用。

1. 由化學反應 $X + 2Y \rightarrow 3Z + W$ 可清楚知道 X 與 Y 反應後產生 Z 與 W。
2. 根據質量守恆定律，化學反應前後重量不改變。由題幹中「2.0 克的 X 能與 4.0 克的 Y 完全反應，生成 3.0 克的 Z。」，故可列式為： $2 + 4 = 3 + W$ (克)， $W = 3$ (克)。
3. 由上述可推論 X、Y、Z、W 四種物質反應時的質量比為 2:4:3:3。
4. 要產生 4.5 克 W，根據各物質的質量比，可知 X 與 W 的關係如下： $X : W = 2 : 3 = X : 4.5$ ，故 $X = 3$ (克)。
5. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)。

第2-3題為題組

甲、乙、丙為三種不同濃度的稀鹽酸溶液，將不同體積的甲、乙、丙溶液分別和強鹼水溶液混合，反應後溶液之 pH 值均大於 7，且總體積皆為 10 毫升。在反應完全後，所測得溶液之溫度變化 (ΔT) 如圖 3 所示。(假設溶液之比熱和密度均與水相同)

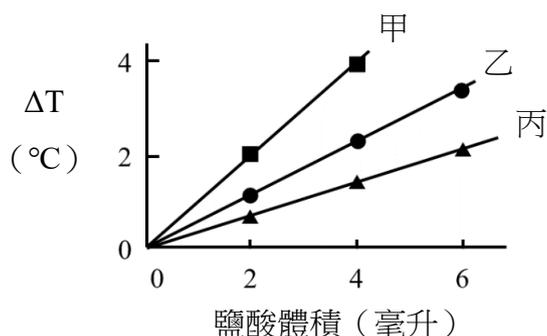


圖 3

2. 下列有關上述反應的敘述，哪些選項正確？（應選 3 項）
- (A)此反應為放熱反應
 (B)強鹼為限量試劑
 (C)由反應可推知，此強鹼水溶液為氫氧化鈉水溶液
 (D)反應前，甲、乙與丙三種鹽酸溶液的濃度大小順序為：甲 > 乙 > 丙
 (E)反應前，若甲溶液的體積為 4 毫升，則反應後溶液溫度約可增高 4°C
3. 根據圖 3 的實驗結果，約多少毫升的甲溶液與強鹼水溶液反應後，其所產生之溫度變化，與 6 毫升丙溶液和強鹼水溶液反應所產生的溫度變化相同？
- (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5

（改寫自 101 學年度學測）

【第 2 題】

參考答案：ADE

測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2

測驗內容：必修化學 CBa-Vc-1 化學反應發生後，產物的能量總和較反應物低者，為放熱反應；反之，則為吸熱反應。

CJd-Vc-4 在水溶液中可幾乎 100% 解離的酸或鹼，稱為強酸或強鹼；反之則稱為弱酸或弱鹼。

說明：

本題測驗考生對酸鹼中和反應、限量試劑以及計量化學關係的瞭解。

- (A) 由圖可知，溶液溫度上升為正值，表示強酸與強鹼的反應放熱使水溶液溫度升高。
- (B) 反應中溶液溫度上升量與鹽酸溶液的體積呈正比，且反應後水溶液的 pH 值均大於 7.0，表示所加入之鹽酸完全被中和，鹽酸為限量試劑，鹼為過量。
- (C) 題幹敘述僅知溫度上升，但並不知道是何種強鹼，無法推知此過量的強鹼水溶液為氫氧化鈉水溶液。
- (D) 因甲、乙與丙三種鹽酸溶液體積相同時，溶液與強鹼作用後， ΔT （放熱）大小順序是甲 > 乙 > 丙，故其濃度大小順序為：甲 > 乙 > 丙。
- (E) 由圖所示當甲溶液的體積為 4 毫升，則反應後溫度約可增高 4°C 。

綜合上述分析，本題正確答案為(A)(D)(E)。

【第 3 題】

參考答案：B

測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納
4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2

測驗內容：必修化學 CBa-Vc-1 化學反應發生後，產物的能量總和較反應物低者，為放熱反應；反之，則為吸熱反應。

CJd-Vc-4 在水溶液中可幾乎 100% 解離的酸或鹼，稱為強酸或強鹼；反之則稱為弱酸或弱鹼。

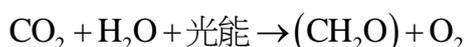
說明：

本題測驗考生對酸鹼中和反應與放熱之關係。

1. 依圖可知，6 毫升丙溶液和強鹼水溶液反應，反應後所產生的熱量使溫度約可增高 2°C 。
2. 在相同增高 2°C 的條件下，相當於甲溶液體積約 2 毫升和強鹼水溶液反應後溫度變化。
3. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)。

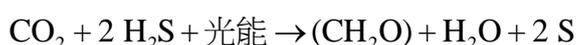
第4-5題為題組

光合作用是指生物體將「光能」轉換成「化學能」的過程。有些生物進行光合作用後會釋放氧氣，稱為「釋氧光合生物」；有些生物進行光合作用後不會釋放氧氣，稱為「非釋氧光合生物」。植物是釋氧光合生物，它們的光合作用反應式如下：

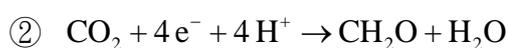
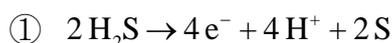


二十世紀初的多數學者認為植物進行光合作用時， CO_2 受光照而分解產生氧氣，C則與反應物 H_2O 結合，形成碳水化合物。據此，當時多數學者認為植物光合作用的化學機制是一種「水合反應（hydration reaction）」。

同一時期的凡尼耳（*C. B. van Niel*）是研究紫硫菌（一種非釋氧光合生物）的學者。他發現紫硫菌進行光合作用時， H_2S 是必要的反應物，光合作用過後，細菌內部會形成由元素硫（S）聚集而成的顆粒。據此，凡尼耳推論紫硫菌的光合作用反應式如下：



並認為該反應是由下列兩個半反應：①與②，所共組形成：



凡尼耳的研究對當時學界造成很大的衝擊，因為他對紫硫菌光合作用的化學反應過程之推論與當時多數學者對植物光合作用的水合反應觀點並不相同。由於光合作用是自營生物的最重要代謝途徑之一，學者們認為光合生物從原核演化到真核的過程中，應會保守地採用相似的化學機制。以科學邏輯的系統性思考，為了解光合作用化學機制的論點，經由上述不同面向的證據及所學知識回答下列問題：

4. 凡尼耳認為紫硫菌的光合作用應該屬於下列哪一類型的化學反應？

- (A)水合反應 (B)酸鹼反應 (C)沉澱反應
(D)氧化還原反應 (E)結合反應

5. 為了要確認植物光合作用的化學反應機制，二十世紀中期的科學家利用含有兩種不同氧同位素（ ^{16}O 和 ^{18}O ）的反應物（ C^{16}O_2 和 H_2^{18}O ），對植物的光合作用進行雙重標記實驗，並得到反應結果如下：



根據此一研究結果分析，下列哪些推論正確？（應選2項）

- (A)光合作用生成 O_2 ，其O原子來源為反應物 H_2O 的氧原子
- (B)光合作用生成 CH_2O ，其O原子來源為反應物 H_2O 的氧原子
- (C)光合作用生成物的水是來自反應物中的水
- (D)由科學文本及同位素標記的實驗結果，光合作用的反應機制應是二十世紀初的多數學者推論正確
- (E)由科學文本及同位素標記的實驗結果，光合作用的反應機制應是研究紫硫菌的學者凡尼耳之推論正確

（改寫自 107 年研究用試卷）

【第 4 題】

參考答案：D

測驗目標：1a.認識、理解重要的科學名詞和定義

2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2

測驗內容：必修化學 CJc-Vc-1 氧化還原的廣義定義為：物質失去電子稱為氧化反應；
得到電子稱為還原反應。

說明：

本題測驗考生對化學反應之認識與跨學科學習的連結。

- (A)水合反應是指無機化學中物質溶解在水裡時，與水發生的化學作用。一般指溶質分子（或離子）和水分子發生作用，形成水合分子（或水合離子）的過程。
- (B)酸鹼反應是指當酸與鹼相遇時發生的化學反應，叫做中和。酸和鹼的水溶液加在一起，反應後產生鹽類和水的變化，並同時放出熱量，稱為酸鹼中和。
- (C)沉澱反應是指化學中沉澱的產生是由於化學反應而生成溶解度較小的物質，或者由於溶液的濃度大於該溶質的溶解度所引起的。
- (D)氧化還原反應是指在反應前後元素的氧化數具有相應的升降變化的化學反應。
- (E)結合反應是指由兩種（或兩種以上）物質相互反應，生成另一種與原來不同物質的反應型式。

綜合上述分析，凡尼耳認為紫硫菌的光合作用是由①和②兩個電子轉移的半反應所共組形成的氧化還原反應。本題正確答案為(D)。

【第5題】

參考答案：AE

測驗目標：1c.認識、理解各階段科學的進展

4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2、科學的態度與本質 ah-Vc-1

測驗內容：必修化學 CAa-Vc-2 道耳頓根據定比定律、倍比定律、質量守恆定律及元素概念提出原子說。

CAa-Vc-4同位素。

CMb-Vc-1近代化學科學的發展，以及不同性別、背景、族群者於其中的貢獻。

說明：

本題測驗考生對於化學反應方程式以同位素標示法研究化學反應機構以及道耳頓原子說的理解。



- (A) 由反應物 H_2^{18}O 和產物 ${}^{18}\text{O}$ 知道光合作用 O_2 來自 H_2O 的氧原子。
- (B) 由反應物 H_2^{18}O 和生成物 CH_2^{16}O 的 O 判斷 CH_2O 的原子非來自 H_2O 。
- (C) 由反應物 H_2^{18}O 和生成物 H_2^{16}O 的 O 原子判斷，產物水與反應物水是不同來源。
- (D) 由科學文本及同位素標記的實驗結果，光合作用的反應機制應是二十世紀初的多數學者推論錯誤。
- (E) 由科學文本及同位素標記的實驗結果，光合作用的反應機制應是凡尼耳之推論正確。

綜合上述分析，本題正確答案為(A)(E)。

(三) 生物

1. 紅綠色盲為常見之一種遺傳疾病。王先生與王太太皆辨色正常，生有二男小華及小志，皆為紅綠色盲。李小姐辨色正常，擬與小華結婚且盼生下辨色正常的孩子。下列情況哪些正確？（應選 2 項）
- (A) 王先生帶有一個色盲等位基因
 (B) 王太太帶有一個正常等位基因
 (C) 小華及小志都是同型合子的基因型
 (D) 李小姐辨色正常，所以一定生下正常的孩子
 (E) 若李小姐是同型合子，則生下的孩子皆辨色正常

（改寫自 107 學年度學測）

參考答案：BE

測驗目標：2b. 找出文本、數據、式子或圖表等資料的特性、規則或關係

4b. 針對日常生活現象或科學探究情境，發現問題的因果關係

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2

測驗內容：必修生物 BGa-Vc-4 性聯遺傳。

說明：

紅綠色盲為性聯遺傳，若假設正常等位基因為 X^A 、色盲等位基因為 X^a 。

- (A) 因為王先生辨色正常，其基因型應為 $X^A Y$ ，因此沒有帶有色盲等位基因。
 (B) 雖然王太太辨色正常，但因生下的男孩為紅綠色盲，故王太太應為異型合子 $X^A X^a$ 。
 (C) 小華與小志皆為紅綠色盲，基因型為 $X^a Y$ ，非同型合子。
 (D) 李小姐辨色正常，基因型為 $X^A X^A$ 或 $X^A X^a$ ，所以李小姐可能生下色盲的孩子。
 (E) 小華為紅綠色盲，基因型為 $X^a Y$ 。若李小姐的基因型為 $X^A X^A$ ，則其生下的孩子皆辨色正常。

綜合上述分析，本題正確答案為(B)(E)。

2. 生物的演化過程相當漫長，不易直接觀察，常藉由各種證據方能推論其演變的歷程。下列有關各種演化證據的敘述，哪些正確？（應選 3 項）
- (A) 根據化石及其所在地層，可推測古生物外形及其生活的環境
 (B) 根據蝙蝠的飛膜與麻雀翅膀的同功構造，可推測物種的親緣關係
 (C) 根據昆蟲與爬蟲類的胚胎發育過程，可推測兩者在綱的階層上具有共同祖先
 (D) 根據化石的地理分布，可推測當時大陸板塊的位置與現今是否相同
 (E) 根據物種之 DNA 分子核苷酸序列的相似性，可推測物種間的親緣關係之遠近

（改寫自 103 學年度學測）

參考答案：ADE

測驗目標：1a.認識、理解重要的科學名詞和定義

1c.認識、理解各階段科學的進展

學習表現：科學認知

測驗內容：必修生物 BGb-Vc-4 演化證據對生物分類系統演變之影響。

說明：

(A)(D)(E)為正確選項。

(B) 蝙蝠的前肢特化成飛膜，具有飛行的能力。其前肢的骨骼構造和鳥類翅膀的骨骼構造非常相似，這些器官或結構是來自於共同祖先的特徵，稱為「同源構造」，可藉以推測不同物種的親緣關係；但同功構造則不能用以推測親緣關係。

(C) 在分類上，昆蟲屬於節肢動物門、爬蟲類屬於脊索動物門。分類在不同「門」的生物，其必定不同「綱」，因此在綱的階層上不會具有共同祖先。

綜合上述分析，本題正確答案為(A)(D)(E)。

3. 小玉觀察花的構造並繪出的示意圖如圖 4（此花朵已移除 3 片花瓣）。下列有關花的敘述，何者正確？

(A) 甲為柱頭，是雄蕊的一部分

(B) 乙是花藥，其中花粉染色體套數為 $2n$

(C) 丙為子房中的胚珠，受精後會發育為種子

(D) 減數分裂在甲和乙內發生

(E) 花柱及子房壁都是由單套染色體的細胞組成

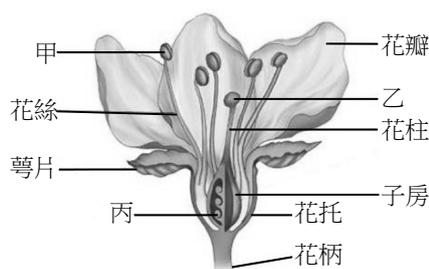


圖 4

(改寫自 107 學年度學測)

參考答案：C

測驗目標：1a.認識、理解重要的科學名詞和定義

2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2

測驗內容：必修生物 BDa-Vc-6 真核細胞的細胞分裂。

國中生物 Db-IV-7 花的構造中，雄蕊的花藥可產生花粉粒，花粉粒內有精細胞；雌蕊的子房內有胚珠，胚珠內有卵細胞。

說明：

本題結合國中課程概念，測驗考生對植物生殖構造與功能的瞭解。

(A) 甲為花藥，是雄蕊的一部分。

(B) 乙為柱頭，並非花藥。

(D) 減數分裂發生的部位是在甲及丙。

(E) 花柱及子房壁都是由雙套染色體的細胞組成。

綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

第4-5題為題組

市面上部分的清潔用品含「柔珠」成分，主打抗痘、清潔及美白等功效。這類產品被大量使用時，柔珠也悄悄隨著下水道流入大海。由於柔珠直徑多小於 1 mm，淨水廠柵網無法攔截過濾，入海途中會吸附重金屬，而變為高毒性的微粒。海洋動物如果大量誤食，可能導致疾病或死亡。柔珠通常難以被分解，會持久留在海裡，造成生態系的沉重負擔。

科學家 Cózar 等人曾用 200 μm 的拖網在全球開放海域的輻合區探測漂浮性塑膠碎片的數量。結果顯示，汙染物以直徑 1~5 mm 大小的塑膠微粒為主，其中直徑 2 mm 的比例最高，且小於 1 mm 者幾乎沒有。另有研究指出，海葵誤食 5 mm 的塑膠微粒 2 小時後，就會將其排出體外；若誤食更小的微粒（例如 0.1 μm 或 9 μm ），則會將其累積在體內。

國際上越來越關注這個議題，美國總統歐巴馬於 2015 年底簽署一個法案，明定 2017 年 7 月之前，市面上所有的清潔用品都不得含有柔珠。我國環保署也已公告，2018 年 7 月起不得製造、輸入或販賣含塑膠微粒的個人清潔用品。

4. 下列敘述何者較符合本文意涵？

- (A)美國在 2015 年就禁止使用含柔珠的產品
- (B)我國為亞洲第一個禁用含柔珠產品的國家
- (C)添加柔珠的清潔用品是海洋中最大的塑膠汙染源
- (D)柔珠僅為海洋表面塑膠微粒組成的一小部分
- (E)柔珠因生產成本低，在日用產品中被大量使用

5. 根據上文，哪些選項有可能是 Cózar 等人在開放性海域幾乎蒐集不到直徑小於 1 mm 塑膠微粒的原因？（應選 3 項）

- (A)世界各國已經全面禁用含柔珠成分的清潔用品
- (B)塑膠微粒可能附著大量重金屬，沉到海底底泥中
- (C)直徑較小的塑膠微粒被海洋生物誤食後不容易排出
- (D)直徑較小的塑膠微粒已被微生物或光分解
- (E)採樣設備不足，不夠有效蒐集直徑較小的塑膠微粒

（108 年研究用試卷）

【第4題】

參考答案：D

測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

5c.根據事實或資料，評價科學對自然環境或人類文明的影響

學習表現：科學的態度與本質 an-V c-3

測驗內容：探究與實作 發現問題—形成或訂定問題

國中生物 Lb-IV-2人類活動會改變環境，也可能影響其他生物的生存。

說明：

本題測驗考生能否根據文章內容，擷取作答資訊及統整理解。

(A)美國於2015年僅簽訂法案，尚未禁用含柔珠產品。

(B)(E)文章並無敘述，無法做此判斷。

(C)(D)海洋污染物以1~5 mm大小的塑膠微粒為主，故柔珠僅為海洋表面塑膠微粒組成的一小部分。但因直徑多小於1mm，進入海洋生物體內不易被排出，故應被禁用。

綜合上述分析，本題正確答案為(D)。

【第5題】

參考答案：BCE

測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

學習表現：探究能力—思考智能 tc-V c-1、科學的態度與本質 ah-V c-1

測驗內容：探究與實作 規劃與研究—尋找變因或條件

國中生物 Lb-IV-2人類活動會改變環境，也可能影響其他生物的生存。

說明：

本題旨在測驗考生對科學文章進行合理的分析與推論。

(A)(D)文章並無敘述，資訊不足無法做此推論。

(B)塑膠微粒會吸附大量金屬微粒，故有可能沉積於海底。

(C)由海葵實驗結果，可以做此推論。

(E)科學家Cózar等人用200 μm 的拖網進行塑膠微粒採集，會漏掉小於200 μm直徑大小的樣本，故可做此推論。

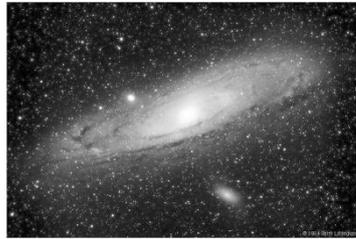
綜合上述分析，本題正確答案為(B)(C)(E)。

(四) 地球科學

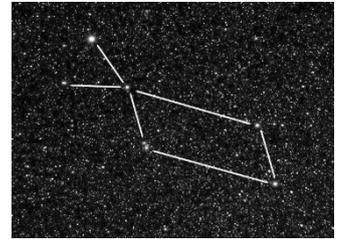
1. 圖 5 分別是昴宿星團 (a)、仙女座大星系 (b)、天琴星座 (c) 的影像。下列選項何者正確？(應選 2 項)



(a)



(b)



(c)

圖 5

- (A) 仙女座大星系屬於銀河系
- (B) 仙女座大星系是三者中最大的系統
- (C) 昴宿星團不屬於銀河系
- (D) 天琴星座中，肉眼可見的恆星都屬於銀河系
- (E) 天琴星座中的恆星和地球距離均相等

(改寫自 97 學年度學測)

參考答案：BD

測驗目標：1a. 認識、理解重要的科學名詞和定義

學習表現：科學認知

測驗內容：必修地球科學 EEd-Vc-1 我們的宇宙由各種不同尺度的天體所組成，且正在膨脹。

說明：

宇宙組織尺度由小而大為恆星→星團→星系→星系群→宇宙。

- (A) 仙女座大星系是其他星系，並不屬於銀河系。
- (B) 三張圖中尺度最大的系統是仙女座大星系。
- (C)(D) 其他星系中的恆星離地球太遠，是無法觀察到的，所以昴宿星團和其他肉眼可見的恆星都屬於銀河系，(D) 為正確選項。
- (E) 星座指的是天空某一區域範圍中的恆星，是從地球向該天區看過去所有恆星的組合，與地球的距離無關。

綜合上述分析，本題正確答案為(B)(D)。

2. 2016 年 7 月尼伯特強烈颱風撲臺前，颱風中心曾通過一海氣象浮標，編號 NTU2。期間 NTU2 對風向以及風速的隨時間觀測紀錄如圖 6 所示。圖中各時間點上，由風速 0 向外延伸線段指示風的去向（上方為北，右側為東），線段延伸終點所對應 Y 軸數據為風速。根據圖 6 中的風向與風速資料，可推測尼伯特颱風的颱風中心在約 7 月 7 日 12 時左右經過 NTU2。根據圖、文資料，下列哪些選項正確？（應選 3 項，甲、乙、丙三欄各選 1 項）

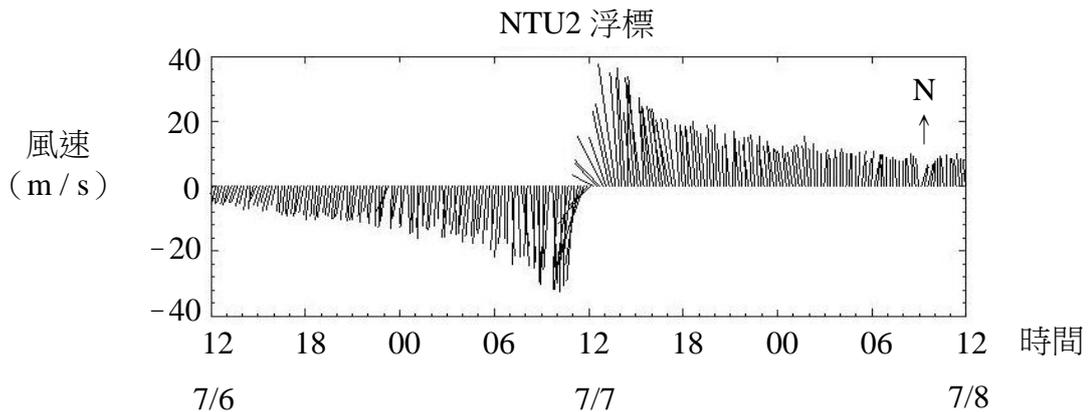


圖 6

甲、颱風中心通過 NTU2 風速的變化		乙、颱風中心通過 NTU2 前後風向的變化		丙、颱風通過 NTU2 的路徑	
(A)	風速偏高，但前後出現最低風速	(C)	由北風改成南風	(E)	由西向東
(B)	風速偏低，但前後出現最高風速	(D)	由南風改成北風	(F)	由東向西

（改寫自 106 年研究用試卷）

參考答案：BCF

測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納
 4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-2、po-Vc-2

測驗內容：必修地球科學 EMd-Vc-2 颱風是一個螺旋雲帶結構，中心氣壓最低。

EMd-Vc-3 侵臺颱風的路徑主要受太平洋高壓所引導，不同路徑對臺灣各地的風雨影響不同。

探究與實作 論證與建模－解釋和推理

說明：

1. 颱風在很靠近中心的外圍處，風速最大，但中心則幾近無風狀態。
2. 另中心近地面的氣流為逆時鐘方向流動，在環流的一、四象限吹偏南風，在二、三象限吹偏北風。圖 6 線段延伸為風的去向，但風向是指風的來向，從圖得知颱風中心通過前後，風向由偏北風轉向偏南風，表示颱風第二、三象限先通過測站，然後才是一、四象限通過，也就是颱風是由東向西通過測站。
3. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)(C)(F)。

3. 地球的歷史淵遠流長，地表的變動滄海桑田、千變萬化。重建地質事件發生的先後順序非常重要，下列哪些選項可用來判斷事件發生時間的先後？（應選 3 項）
 - (A)風化程度：風化程度愈嚴重的岩石愈古老
 - (B)疊置定律：未經變動的沉積岩層，愈底部愈古老
 - (C)岩層截切關係定律：岩層被岩脈截切，岩層形成的時間較岩脈早
 - (D)化石：含三葉蟲化石的岩層比含恐龍化石的岩層早生成
 - (E)化學元素：鈾含量愈少的岩石愈古老

（108 年研究用試卷）

參考答案：BCD

測驗目標：1a.認識、理解重要的科學名詞和定義

1b.認識、理解基本的科學現象、規則、學說、定律

學習表現：科學認知

測驗內容：必修地球科學 Ehb-Vc-1 化石可以作為地層的相對地質年代對比的輔助工具。

Ehb-Vc-2 利用岩層中的化石與放射性同位素定年法，可幫助推論地層的絕對地質年代。

國中地球科學 Hb-IV-1 研究岩層岩性與化石可幫助了解地球的歷史。

Hb-IV-2 解讀地層、地質事件，可幫助了解當地的地層發展先後順序。

說明：

- (A) 岩石風化程度和形成年代並無正相關，和其岩性及周圍環境的關聯性較大。
- (B)(C)(D) 為正確選項。
- (E) 很多岩石原本就不含鈾元素，所以不是所有岩石都可使用鈾元素含量變化來定出岩石年齡。

綜合上述分析，本題正確答案為(B)(C)(D)。

4. 金門料羅灣的潮汐類型為半日潮，最大潮差可高達 6 公尺，導致潮間帶非常寬闊。某日於乾潮開始後，觀測者甲量測碼頭港內的水位變化共三小時，他以保麗龍塊浮起長竿，每 10 分鐘用筆把參考階梯的位置標示在竿上並記錄時間，如圖 7-(a) 所示。觀測者乙在碼頭附近的沙灘上，同時進行三小時的測量，他每 10 分鐘以皮尺量測水線距與某一立竿的距離，並記錄時間，如圖 7-(b) 所示。綜合兩人資料後，可以得到下列哪一項數據？

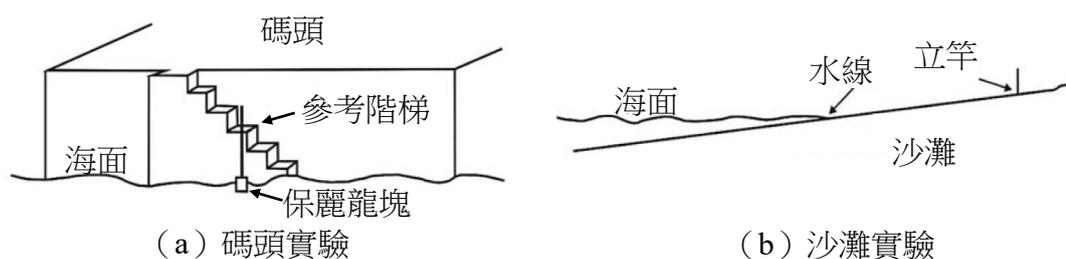


圖 7

- (A) 可以獲得一次漲退潮的精確時間長度 (B) 可以獲得沙灘的潮間帶最大寬度
(C) 可以獲得當天潮汐的最大潮差 (D) 可以判斷滿潮的時刻
(E) 可以概估沙灘的坡度

(改寫自 99 微調參考試卷)

參考答案：E

測驗目標：2c. 根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

4d. 根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

學習表現：探究能力－問題解決 pe-Vc-1

測驗內容：必修地球科學 E1c-Vc-3 潮汐的變化受到日地月系統的影響有週期性。

探究與實作 發現問題－形成或訂定問題

論證與建模－提出結論或解決方案

說明：

半日潮的週期約 12 小時 25 分鐘，所以乾潮到下一次滿潮約 6 小時 12 分。觀測者甲、乙的實驗均只進行了三小時，無法得知選項 (A)、(B)、(C)、(D) 裡所描述的一次漲退潮的精確時間長度、潮間帶最大寬度、最大潮差及滿潮時刻。但觀測者甲測得水位高度變化，觀測者乙測到相對高度的沙灘斜面長度，兩人的資料可以概估出沙灘的坡度，故本題正確答案為 (E)。

二、第貳部分試題

一、國際度量衡大會考量科學的實驗結果應具有一貫性和可複製性，故制定國際單位制（SI），作為全球科學工作者採用的依據。

目前SI有七個「基本物理量」，例如長度、質量和時間；由基本物理量組合而成的稱為「導出物理量」，例如密度、動能。國際度量衡大會為追求長期穩定的標準，在2019年5月20日世界度量日正式施行重新定義後的國際單位制的基本單位，例如質量以普朗克常數定義1公斤。

1. 下列何者是目前國際單位制的基本物理量？

- (A)速度 (B)電流 (C)力矩 (D)力 (E)功

2. 下列哪些是導出物理量？（應選2項）

- (A)加速度 (B)溫度 (C)發光強度 (D)物質數量 (E)電量

3. 以 kg、m、s 表示「動能」的單位為何？

4. 已知普朗克常數 h 的單位為 $J \cdot s$ ，可寫成 $[h] = J \cdot s$ 。現以普朗克常數重新定義公斤，請問如何用 $[h]$ 、m、s 表示 kg？

（108 年研究用試卷）

【第 1 題】

參考答案：B

測驗目標：1a. 認識、理解重要的科學名詞和定義

學習表現：科學認知

測驗內容：必修物理 PEa-Vc-1 科學上常用的物理量有國際標準單位。

說明：

此試題測驗考生對於國際標準單位之了解以及基本物理公式認知。

「國際單位制」簡稱「SI」，其定義七個基本物理量及對應單位如下：

基本物理量	基本單位	單位符號
長度	公尺	m
質量	公斤	kg
時間	秒	s
電流	安培	A
溫度	克耳文	K
發光強度	燭光	cd
物質數量	莫耳	mol

【第 2 題】

參考答案：AE

測驗目標：1b.認識、理解基本的科學現象、規則、學說、定律

學習表現：科學認知

測驗內容：必修物理 PEa-Vc-2 因工具的限制或應用上的方便，許多自然科學所需的測量，包含物理量，是經由基本物理量的測量再計算而得。

說明：

此試題測驗考生對於導出物理量認知。

1. 「SI」，其定義七個基本物理量為長度、質量、時間、電流、溫度、發光強度、物質數量。故(B)(C)(D)為基本物理量。
2. 加速度是由長度與時間兩個基本物理量所導出。電量是由電流和時間兩個基本物理量所導出。故加速度和電量是導出物理量，本題正確答案為(A)(E)。

【第 3 題】

參考答案： $\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$

測驗目標：1a.認識、理解重要的科學名詞和定義

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Vc-1

測驗內容：必修物理 PEa-Vc-2 因工具的限制或應用上的方便，許多自然科學所需的測量，包含物理量，是經由基本物理量的測量再計算而得。

說明：

本題測驗考生是否能根據動能的定義，結合物理因次分析推論物理單位。

1. 已知物理中動能計算方式為 $K = \frac{1}{2}mv^2$ 。
2. m 為質量，其單位是 kg； v 是速度，其單位 m/s。
3. 綜合上述分析，以基本單位表示動能的單位為 $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ 。

【第 4 題】

參考答案： $\text{kg} = [h] \cdot \text{s}/\text{m}^2$

測驗目標：3a.選用適當的資料解決問題

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Vc-1

測驗內容：必修物理 PEa-Vc-1 科學上常用的物理量有國際標準單位。

PEa-Vc-2 因工具的限制或應用上的方便，許多自然科學所需的測量，包含物理量，是經由基本物理量的測量再計算而得。

說明：

本題測驗考生是否能根據短文說明，應用適當資料回答問題。

1. 已知物理中普朗克常數 h 的單位為 $\text{J} \cdot \text{s}$ 。
2. 焦耳 (J) 為能量單位，故可以由基本物理量表示成 $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ 。
3. 綜合分析，故普朗克常數的單位可表示為 $[h] = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ 。
4. 經數學運算可得公斤的單位為 $\text{kg} = [h] \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 。

二、外傘頂洲不久後將消失？

臺灣沿海最大沙洲—外傘頂洲（圖 8），很多人認為它將面臨壽終正寢的時刻，當地漁民說，「再三、五年，就不見了。」學者專家也說：「再八年吧！」。

外傘頂洲主要由濁水溪、北港溪泥沙沖積而成，現在乾潮時面積可達 1 千多公頃，滿潮時則僅剩 2 百多公頃。

外傘頂洲在不同年代的位置及面積大小並不完全相同。依據○○大學水工試驗所調查資料，外傘頂洲超過平均海水水位面積，在 1999 年約有 2888 公頃，而 2012 年僅剩 1220 公頃。

依目前沙洲面積縮減的速度，倘若沒有適當防治措施，沙洲在不久的將來可能就真的會消失了。

到底外傘頂洲為何會消失，各方說法不一，但有不少人把矛頭指向北邊新建的工業區。這座原被暱稱為「移動的國土」的沙洲，可能即將成為「消失的國土」。（文本改寫自 2013 年某媒體時事報導）



圖 8

1. 如果要驗證該媒體報導所述「有人認為近年外傘頂洲面積消減主要由北邊新建的工業區建廠造成」是否為真，下列哪兩項最適合做為對照佐證的資料？（應選 2 項）
 - (A) 臺灣各工業區面積的數據
 - (B) 外傘頂洲面積隨時間變化的數據
 - (C) 外傘頂洲附近產業隨時間變化的數據
 - (D) 各式防治外傘頂洲被侵蝕的措施之分布位置
 - (E) 各種可能會影響外傘頂洲面積事件的發生時間
 - (F) 外傘頂洲上及附近居民人口數隨時間變化的數據

2. 讀了以上報導後，為了想知道沙洲消滅的狀況，阿文和小星以衛星圖來計算沙洲面積。已知沙洲面積是依沙洲露出海面的部分來計算，阿文從某張衛星照片計算為 1000 公頃，但小星用另一張衛星照片計算的結果則為 400 公頃。已確認兩人計算面積的方法及結果都是正確的，下列哪些最有可能是造成兩者結果差距如此大的原因？（應選 2 項）
- (A) 照片解析度不同
 - (B) 拍攝的年份不同
 - (C) 拍攝照片的衛星軌道高度不同
 - (D) 衛星偵測到的電磁波波段不同
 - (E) 因潮汐造成的海平面高度不同
 - (F) 因全球暖化造成海平面的高度變動
3. 根據報導中○○大學水工試驗所提供的資料（報導中標示底線的部分），假設外傘頂洲面積縮減速率維持不變，試畫出其面積值的變化趨勢線，用作圖法推估並標示出外傘頂洲消失（全部低於平均海水位）的年份為何？（**注意事項**：作答區方格紙上已畫出坐標軸，請標出兩坐標軸的單位，面積資料點的坐標，並以實線畫出趨勢線，虛線表示推估線，留意作圖範圍勿超出方格紙）。
4. 下列是六位學生對於外傘頂洲面積變化及其影響的推論，已知丙同學的論述是錯誤的之外，還有一位同學的敘述也是錯誤的。請找出那位**敘述錯誤**的同學，並更正其敘述錯誤之處（參考丙同學的更正方式）。
- 甲：外傘頂洲主要由濁水溪、北港溪泥沙沖積而成，所以兩條河流上的水庫和攔沙壩等工程也會影響其面積變化。
- 乙：外傘頂洲被稱為「移動的國土」，表示沙洲靠近海岸部分的沙，是不斷被侵蝕和沉積的。
- 丙：在外傘頂洲上放置消波塊，可以減緩海浪侵蝕的速率，同時增加沉積物的來源及沉積的量。
- 丁：以目前外傘頂洲面積不斷減少的狀況，表示沙洲已沒有沉積物來源。
- 戊：外傘頂洲面積的縮減可能減少沙洲對雲嘉海岸線的屏障，造成其海岸線的後退。
- 己：如果外傘頂洲消失，附近雲嘉海岸生態及經濟產業可能要改變。

錯誤同學	更正方式
丙	在外傘頂洲上放置消波塊是為了用來減緩海浪侵蝕的速率，但不會增加沉積物的來源及沉積的量。

（改寫自 107 年研究用試卷）

【第 1 題】

參考答案：BE

測驗目標：3a.選用適當的資料解決問題

4b.針對日常生活現象或科學探究情境，發現問題的因果關係

學習表現：探究能力－問題解決 po-Vc-1、po-Vc-2

測驗內容：探究與實作 發現問題－蒐集資訊、提出可驗證的觀點

規劃與研究－擬定研究計畫

說明：

影響沙洲面積變化的因素很多，如沉積物來源及數量、海岸地形及侵蝕速率變化等，要驗證「近年外傘頂洲面積消滅主要由北邊新建的工業區建廠造成」這句話是否為真，應該要將外傘頂洲以往面積的變化歷史對照各種可能影響外傘頂洲面積事件發生的時間點，才能比較出「新建工業區建廠」是否是影響近年沙洲面積變化的主因。因本題只選兩項答案，故以(B)和(E)是最適合的選項。

【第 2 題】

參考答案：BE

測驗目標：4b.針對日常生活現象或科學探究情境，發現問題的因果關係

4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析（包含：觀察、分類、關係或結論）

學習表現：探究能力－思考智能 tc-Vc-1

測驗內容：必修地球科學 E1c-Vc-3 潮汐的變化受到日地月系統的影響有週期性。

探究與實作 發現問題－觀察現象

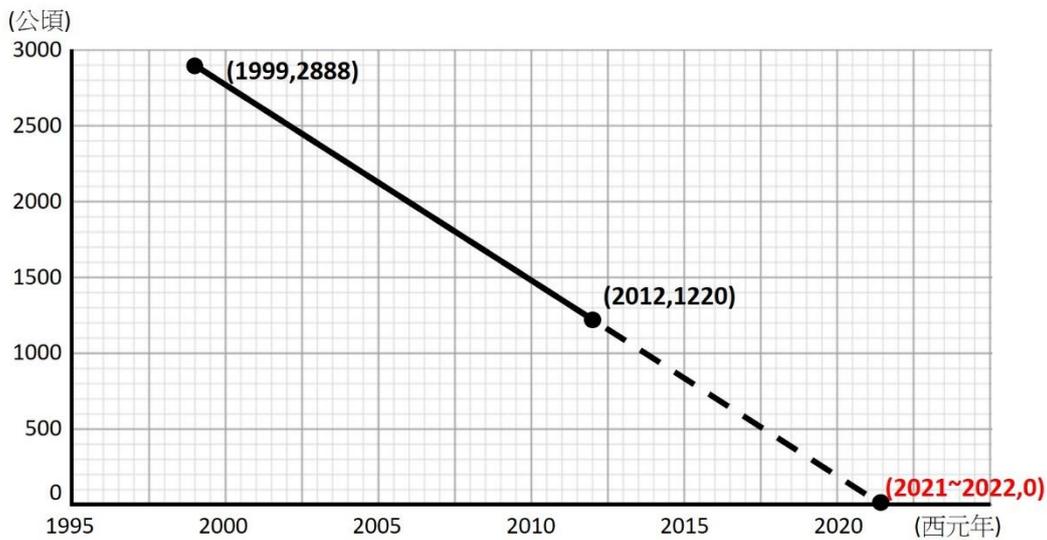
規劃與研究－尋找變因或條件

說明：

因題幹說明兩人計算面積的方法及結果都是正確的，所以應該是沙洲本身露出海面的面積變化造成。其原因之一可能是在不同時間，潮汐造成海水面高度不同，因沙洲較平緩，潮間帶很大，故面積變化很大；原因之二可能是在數年間沉積侵蝕過程造成的沙洲面積變化。故(B)(E)為正解。

【第3題】

參考答案：



測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

3a.選用適當的資料解決問題

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Vc-1、pa-Vc-2

測驗內容：探究與實作 論證與建模－分析資料和呈現證據

表達與分享－表達與溝通

說明：

利用文本資料提供的數據「在1999年約有2888公頃，而2012年僅剩1220公頃」，及題幹中說明「假設外傘頂洲面積縮減速率維持不變」之條件，可以用年份及沙洲面積分別為兩坐標軸，在圖中畫出兩點，通過兩點的直線斜率為其面積縮減速率，直線延伸外推到面積為0時的年份即為沙洲消失的時間。

【第4題】

參考答案：

錯誤同學	更正方式
丁	以目前外傘頂洲面積不斷減少的狀況，表示沙洲被侵蝕的速率大於沉積的速率。

測驗目標：5a.根據事實或資料，進行表達與說明

5c.根據事實或資料，評價科學對自然環境或人類文明的影響

學習表現：探究能力－問題解決 pc-Vc-1

測驗內容：必修地球科學 E1c-Vc-2 波浪形成的主因為風吹海面，而波浪會影響海岸地形。

ENa-Vc-3認識地球環境有助於經濟、生態、文化及政策四個面向的永續發展。

探究與實作 表達與分享－評價與省思

說明：

錯誤同學丁：外傘頂洲的面積取決於整體的侵蝕速率和沉積速率，當侵蝕速率大於沉積速率時則面積減少。

其他敘述補充說明如下：

甲：沙洲面積受沉積和侵蝕作用影響，如果沉積物被水庫和攔沙壩等攔截，沉積物減少，面積就會縮小。

乙：移動的國土表示沙洲處於侵蝕和沉積不斷作用的動態變化中。

丙：消波塊可以減少水衝擊的能量，減緩侵蝕作用，但不能增加沉積物的來源。

戊：當沙洲縮減或消失時，外海的大浪會直接影響雲嘉海岸，侵蝕力增加，海岸線會後退。

己：雲嘉海岸的經濟主要為海水養殖業，受地形影響很大。

三、小明想了解光合作用的反應機制，請教了兩位老師。

生物老師說：植物在葉綠體中進行光合作用時，利用光能將二氧化碳及水轉變成葡萄糖和氧氣。光合作用包含光反應及碳反應兩個階段。光反應是葉綠體利用所吸收的光能將水分子分解，釋放出氧氣、氫離子及電子，再經由一系列電子傳遞過程，將光能轉變成化學能，這些化學能再經由碳反應而儲存於醣類中。

化學老師說：2,6-二氯酚靛酚（2,6-dichlorophenol indophenol，縮寫為DCPIP）是一種常用的氧化還原指示劑，利用DCPIP可檢測植物光合作用的相關機制，示意圖如圖9。

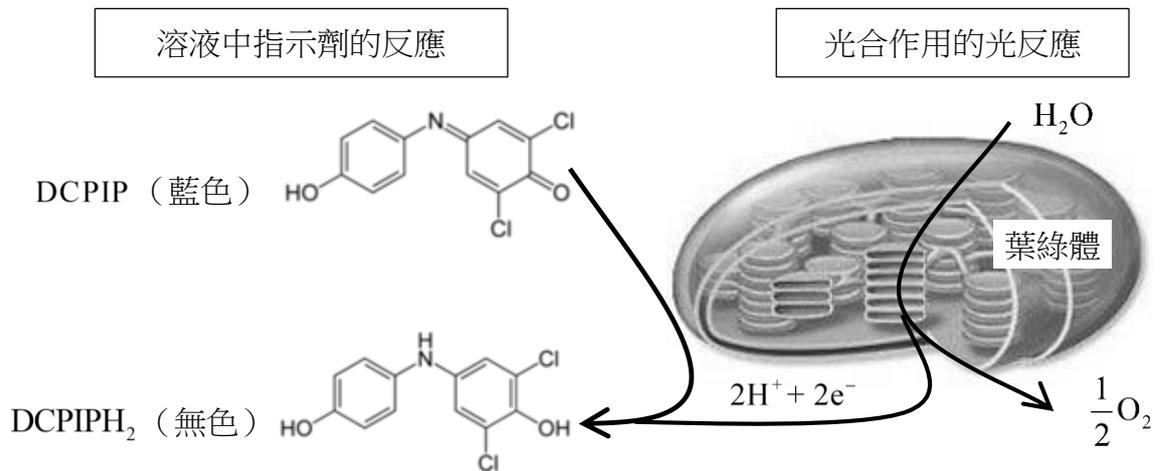


圖 9

小明聽了兩位老師的說明後，想利用葉綠體進行光反應時會釋出電子，以及DCPIP接受電子後會變色的特性，來了解植物光反應的過程。小明首先從菠菜葉片取得葉綠體，添加0.5 M蔗糖溶液，製備成綠色的「葉綠體懸浮液」，此懸浮液具有葉綠體的正常功能。然後，進行A~D試管的實驗，其結果如表2所示。

表2 光反應實驗條件與結果

實驗材料與條件		A試管	B試管	C試管	D試管	E試管
葉綠體懸浮液 (mL)		0	0	4.5	4.5	2.0
0.5 M 蔗糖溶液 (mL)		4.5	4.5	0	0	2.5
0.05% 藍色DCPIP溶液 (mL)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
未照光前溶液顏色		藍色	藍色	藍綠色	藍綠色	藍綠色
照光處理		不照光	照光	不照光	照光	照光
實 驗 結 果	實驗10分鐘後溶液顏色	藍色	藍色	藍綠色	藍綠色	/
	實驗20分鐘後溶液顏色	藍色	藍色	藍綠色	接近綠色	
	實驗30分鐘後溶液顏色	藍色	藍色	藍綠色	完全綠色	

1. 小明依據實驗結果提出下列甲～丙 3 項推論，這 3 個推論何者正確？
推論甲：根據 B 及 D 試管實驗結果，推測沒有葉綠體，不會進行光反應。
推論乙：根據 C 及 D 試管實驗結果，推測沒有照光，不會進行光反應。
推論丙：根據 A 及 B 試管實驗結果，推測需要照光，才能進行光反應。
- (A)只有甲 (B)只有乙 (C)只有丙
(D)只有甲乙 (E)只有甲丙 (F)只有乙丙
(G)甲乙丙均正確
2. 若 D 試管中 0.05%藍色的 DCPIP 溶液濃度改為 0.10%，其餘溶液不變，經光照 x 分鐘後，試管原有的藍綠色完全褪色成為綠色，則 x 應為下列何者較為合理？
(A) 5 (B)10 (C) 20 (D) 30 (E) 40
3. 試以小明的實驗結果說明：若將藍色 DCPIP 溶液與蔗糖溶液混合，經照光處理 30 分鐘後，是否有發生氧化還原反應？（試指出由哪一試管的實驗結果所呈現溶液的顏色，來說明是否發生氧化還原反應？）
4. 小華想要改變實驗條件，於是設計了 E 試管的實驗，條件如表 2 所示，並比較 10、20 與 30 分鐘溶液的顏色。試問小華設計這實驗的目的為何？

(108 年研究用試卷)

說明：

本試題主要是根據必修課程已習得的知識內容，進行實驗程序操作，並針對實驗結果提出推論與分析。

【第 1 題】

參考答案：D

測驗目標：1d.認識、理解學科間共通的原理

4c.根據事實或資料，整理辨別各種觀點的異同

學習表現：探究能力－問題解決 pe-Vc-1

測驗內容：必修生物 BDa-Vc-4 光合作用與呼吸作用的能量轉換關係

探究與實作 論證與建模－分析資料和呈現證據

說明：

本題測驗考生對試驗目的、設計原理以及結果推論之能力。

1. 測驗考生根據題幹內容說明的實驗目的，A~D試管的實驗設計是利用DCPIP作為指示劑以檢驗光反應是否進行，目的在了解照光的有無對葉綠體發生光反應的影響，以及葉綠體是發生光反應的構造。

2. 各項推論分析如下：

推論甲：因為B及D試管的實驗條件只差別在是否含有葉綠體，在光照下，加了葉綠體懸浮液的D試管，其藍色會褪掉，代表有光反應發生；而未加葉綠體懸浮液的B試管，其藍色維持，代表無法進行光反應。因此，實驗結果可推論沒有葉綠體，不會進行光反應。推論正確。

推論乙：因為C及D試管的實驗條件只差別在是否有照光。照光的D試管，其藍色會褪掉，代表有光反應發生；而未照光的C試管，其藍色維持，代表無法進行光反應。因此，實驗結果可推論沒有照光，不會進行光反應。推論正確。

推論丙：由實驗設計及結果得知，光反應的必要條件為光照及有活性的葉綠體存在，而A及B試管的實驗條件皆不具有葉綠體，因此都無法發生光反應。由此可知，無法藉由A及B試管的實驗判斷是否需要照光，才能進行光反應。推論錯誤。

3. 綜合上述分析，本題正確答案為(D)。

【第2題】

參考答案：E

測驗目標：1d.認識、理解學科間共通的原理

2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

學習表現：探究能力—問題解決 pa-Vc-2

測驗內容：必修化學 CJa-Vc-3 莫耳與簡單的化學計量。

CJb-Vc-3 體積莫耳濃度的表示法。

探究與實作 規劃與研究—尋找變因或條件

論證與建模—解釋和推理

說明：

D試管之DCPIP溶液濃度由0.05%提高至0.10%，表示溶液中尚未反應的指示劑濃度增加，要將溶液從原有的藍綠色完全褪色成為綠色所需時間增長。故選(E)。

【第3題】

參考答案：由試管 B 的實驗結果仍為藍色，顯示沒有發生氧化還原反應。

測驗目標：2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納

3a.選用適當的資料解決問題

5a.根據事實或資料，進行表達與說明

學習表現：探究能力－問題解決 po-Vc-2

測驗內容：必修化學 CJc-Vc-1 氧化還原的廣義定義為：物質失去電子稱為氧化反應；得到電子稱為還原反應。

探究與實作 表達與分享－評價與省思

說明：

測驗考生對於實驗結果之理解、進行推論以及表達的能力。

- 1.由試管B的實驗結果顯示，DCPIP藍色溶液與蔗糖無色溶液混合呈現藍色。且將試管B照光後，仍呈現為藍色。
- 2.因顏色均呈現藍色，無顏色變化，故可推論DCPIP未得到電子。
- 3.經上述分析推論，藍色DCPIP溶液與蔗糖溶液混合，經照光處理後，不發生氧化還原反應。

【第4題】

參考答案：實驗目的為探究葉綠體濃度降低是否會影響光反應速率。

測驗目標：1d.認識、理解學科間共通的原理

3d.應用科學定律、模型，評論探究過程或實驗架構

5b.根據事實或資料，綜合科學知識，提出評析或思辨

學習表現：探究能力－問題解決 pc-Vc-1、探究能力－思考智能 tm-Vc-1

測驗內容：必修生物 BDa-Vc-4 光合作用與呼吸作用的能量轉換關係

探究與實作 規劃與研究－尋找變因或條件

論證與建模－提出結論或解決方法

表達與分享－表達與溝通

說明：

由各試管的實驗條件及結果可知，D試管的實驗條件最完整，能進行光反應。比對D試管，E試管的實驗條件只加入葉綠體懸浮液2.0 mL，大約為D試管的一半，預測E試管藍色的褪色速率比D試管慢。如果預測結果正確，可推測葉綠體濃度會影響光反應的速率。因此，E試管的實驗目的為探究葉綠體濃度降低應該會影響光反應速率。

附錄一、測驗目標與學習表現對應表

測驗目標	學習表現	
一、測驗考生自然科學的基本知識與概念		
1a.認識、理解重要的科學名詞和定義	科學認知	
1b.認識、理解基本的科學現象、規則、學說、定律	科學認知	
1c.認識、理解各階段科學的進展	探究能力－智能思考	推理論證
	探究能力－智能思考	批判思辨
	科學的態度與本質	認識科學本質
1d.認識、理解學科間共通的原理	科學的態度與本質	養成應用科學思考與探究的習慣
	科學的態度與本質	認識科學本質
二、測驗考生科學資料和圖表的理解能力		
2a.理解文本、數據、式子或圖表等資料的意義	探究能力－智能思考	推理論證
	探究能力－問題解決	分析與發現
2b.找出文本、數據、式子或圖表等資料的特性、規則或關係	探究能力－智能思考	推理論證
	探究能力－問題解決	分析與發現
2c.根據文本、數據、式子或圖表等資料作解釋、比較、推論、延伸或歸納	探究能力－智能思考	推理論證
	探究能力－問題解決	分析與發現
三、測驗考生自然科學知識的應用能力		
3a.選用適當的資料解決問題	探究能力－問題解決	觀察與定題
3b.根據科學定律、模型，解釋日常生活現象或科學探究情境	探究能力－思考智能	想像創造
	探究能力－問題解決	觀察與定題
3c.根據觀察現象或前導實驗結果提出假設，設計實驗以驗證假設	探究能力－思考智能	想像創造
	探究能力－問題解決	計劃與執行
3d.能應用科學定律、模型，評論探究過程或實驗架構	探究能力－思考智能	建立模型
	探究能力－問題解決	計劃與執行

測驗目標	學習表現	
四、測驗考生自然科學的分析與歸納能力		
4a.根據資料說明、驗證或詮釋重要科學原理	探究能力－問題解決	分析與發現
4b.針對日常生活現象或科學探究情境，發現問題的因果關係	探究能力－問題解決	觀察與定題
	探究能力－問題解決	分析與發現
4c.根據事實或資料，整理辨別各種觀點的異同	探究能力－思考智能	批判思辨
	探究能力－問題解決	觀察與定題
	探究能力－問題解決	分析與發現
4d.根據資料或科學探究情境，進行科學性分析 (包含：觀察、分類、關係或結論)	探究能力－思考智能	批判思辨
	探究能力－思考智能	建立模型
	探究能力－問題解決	分析與發現
	探究能力－問題解決	討論與傳達
五、測驗考生自然科學的綜合與表達能力		
5a.根據事實或資料，進行表達與說明	探究能力－問題解決	討論與傳達
5b.根據事實或資料，綜合科學知識，表達出評析或思辨	探究能力－思考智能	批判思辨
	探究能力－問題解決	討論與傳達
	科學的態度與本質	認識科學本質
5c.根據事實或資料，評價科學對自然環境或人類文明的影響	科學的態度與本質	養成應用科學思考與探究的習慣
	科學的態度與本質	認識科學本質

附錄二、自然領綱普通型高中（必修）之學習表現與學習內容

下述內容係摘自「十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校—自然科學領域」。

（一）學習表現

項目	子項	第五學習階段學習表現（必修）
探究能力 -思考智能(t)	想像創造 (i)	ti-Vc-1 能主動察覺生活中各種自然科學問題的成因，並能根據已知的科學知識提出解決問題的各種假設想法，進而以個人或團體方式設計創新的科學探索方式並得到成果。
	推理論證 (r)	tr-Vc-1 能運用簡單的數理演算公式及單一的科學證據或理論，理解自然科學知識或理論及其因果關係，或提出他人論點的限制，進而提出不同的論點。
	批判思辨 (c)	tc-Vc-1 能比較與判斷自己及他人對於科學資料的解釋在方法及程序上的合理性，並能提出問題或意見。
	建立模型 (m)	tm-Vc-1 能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而了解模型有其局限性。
探究能力 -問題解決(p)	觀察與定題 (o)	po-Vc-1 能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 po-Vc-2 能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，確認並提出生活周遭中適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題（或假說）。當有多個問題同時存在時，能分辨並擇定優先重要之問題（或假說）。

項目	子項	第五學習階段學習表現（必修）
	計劃與執行（e）	<p>pe-V c-1 能辨明多個自變項或應變項並計劃適當次數的測試、合理地預測活動的可能結果和可能失敗的原因。藉由教師或教科書的指引或展現創意，能根據問題特性、學習資源（設備、時間、人力等）、期望之成果（包括信效度）、對社會環境的影響等因素，規劃最佳化的實作（或推理）探究活動或問題解決活動。</p> <p>pe-V c-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源，能適度創新改善執行方式。能進行精確的質性觀察或數值量測，視需要能運用科技儀器輔助記錄。</p>
	分析與發現（a）	<p>pa-V c-1 能合理運用思考智能、製作圖表、使用資訊及數學等方法，有效整理資訊或數據。</p> <p>pa-V c-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、理解科學相關的社會議題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。</p>
	討論與傳達（c）	<p>pc-V c-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且較完整的疑問或意見。並能對整個探究過程：包括，觀察定題、推理實作、數據信效度、資源運用、活動安全、探究結果等，進行評核、形成評價並提出合理的改善方案。</p> <p>pc-V c-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數</p>

項目	子項	第五學習階段學習表現（必修）
		<p>學公式、模型等，呈現探究之過程、發現或成果；並在保有個資安全與不損及公眾利益下，嘗試以報告或新媒體形式，自主並較廣面性的分享相對嚴謹之探究發現、成果、結論或主張。視需要，並能摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用及展望等。</p>
科學的態度與本質（a）	培養科學探究的興趣（i）	<p>ai-V c-1 透過成功的問題解決經驗，獲得成就感。</p> <p>ai-V c-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。</p> <p>ai-V c-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。</p>
	養成應用科學思考與探究的習慣（h）	<p>ah-V c-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。</p> <p>ah-V c-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。</p>
	認識科學本質（n）	<p>an-V c-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具 and 技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。</p> <p>an-V c-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。</p> <p>an-V c-3 體認科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。</p>

(二) 學習內容

1. 生物

主題	次主題	第五學習階段學習內容 (必修)
生物體的構造與功能 (D)	細胞的構造與功能 (Da)	BDa-Vc-1 不同的細胞具有不同的功能、形態及構造。
		BDa-Vc-2 原核細胞與真核細胞的構造與功能。
		BDa-Vc-3 ATP 是提供細胞生理作用所需能量的直接來源。
		BDa-Vc-4 光合作用與呼吸作用的能量轉換關係。
		BDa-Vc-5 真核細胞的細胞週期包括間期與細胞分裂期。
		BDa-Vc-6 真核細胞的細胞分裂。
		BDa-Vc-7 有絲分裂的過程。
		BDa-Vc-8 動物生殖細胞一般須經過減數分裂的過程形成配子。
		BDa-Vc-9 多細胞生物的受精卵經由有絲分裂與細胞分化的過程，形成不同類型的細胞。
演化與延續 (G)	生殖與遺傳 (Ga)	BGa-Vc-1 孟德爾遺傳法則中，性狀與遺傳因子之關係。
		BGa-Vc-2 孟德爾遺傳法則的延伸。
		BGa-Vc-3 遺傳的染色體學說之發展歷程。
		BGa-Vc-4 性聯遺傳。
		BGa-Vc-5 遺傳物質為核酸。
		BGa-Vc-6 分子遺傳學的中心法則。
		BGa-Vc-7 同一性狀具有不同的表徵。
	演化 (Gb)	BGb-Vc-1 生物性狀的表徵比例會變動。
		BGb-Vc-2 達爾文的演化理論。
		BGb-Vc-3 共同祖先的概念對生物分類系統之影響。
		BGb-Vc-4 演化證據對生物分類系統演變之影響。
		BGb-Vc-5 在地球上的生物經演化過程而形成目前的生物多樣性。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
科學、科技、社會及人文 (M)	科學發展的歷史 (Mb)	BMb-Vc-1 細胞學說的發展歷程。 BMb-Vc-2 孟德爾依據實驗結果推論遺傳現象的規律性。 BMb-Vc-3 性染色體的發現。 BMb-Vc-4 演化觀念的形成與發展。
	科學在生活中的應用 (Mc)	BMc-Vc-1 基因轉殖技術的應用。

2. 物理

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
能量的形式、轉換及流動 (B)	能量的形式與轉換 (Ba)	PBa-Vc-1 電場以及磁場均具有能量，利用手機傳遞訊息即是電磁場以電磁波的形式來傳遞能量的實例。 PBa-Vc-2 不同形式的能量間可以轉換，且總能量守恆。能量的形式因觀察尺度的不同，而有不同的展現與說明。 PBa-Vc-3 質量及能量可以相互轉換，其轉換公式為 $E = mc^2$ 。 PBa-Vc-4 原子核的融合以及原子核的分裂是質量可以轉換為能量的應用實例，且為目前重要之能源議題。
	溫度與熱量 (Bb)	PBb-Vc-1 克氏溫標的意義及理想氣體的內能的簡單說明。 PBb-Vc-2 實驗顯示：把功轉換成熱很容易，卻無法把熱完全轉換為功。 PBb-Vc-3 物體內的原子不斷在運動並交互作用，此交互作用能量與原子的動能合稱為熱能。 PBb-Vc-4 由於物體溫度的不同所造成的能量傳遞稱為熱。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
物質系統 (E)	自然界的尺度與單位 (Ea)	PEa-Vc-1 科學上常用的物理量有國際標準單位。 PEa-Vc-2 因工具的限制或應用上的方便，許多自然科學所需的測量，包含物理量，是經由基本物理量的測量再計算而得。 PEa-Vc-3 原子的大小約為 10^{-10} 公尺，原子核的大小約為 10^{-15} 公尺。
	力與運動 (Eb)	PEb-Vc-1 伽利略之前學者對物體運動的觀察與思辯。 PEb-Vc-2 伽利略對物體運動的研究與思辯歷程。 PEb-Vc-3 克卜勒行星運動三大定律發現的歷史背景及內容。 PEb-Vc-4 牛頓三大運動定律。 PEb-Vc-5 摩擦力、正向力、彈力等常見的作用力。
自然界的現象與相互作用 (K)	波動、光及聲音 (Ka)	PKa-Vc-1 波速、頻率、波長的數學關係。 PKa-Vc-2 定性介紹都卜勒效應及其應用。 PKa-Vc-3 歷史上光的主要理論有微粒說和波動說。 PKa-Vc-4 光的反射定律，並以波動理論解釋折射定律。 PKa-Vc-5 光除了反射和折射現象外，也有干涉及繞射現象。 PKa-Vc-6 惠更斯原理可以解釋光波如何前進、干涉和繞射。 PKa-Vc-7 馬克士威從其方程式預測電磁波的存在，且計算出電磁波的速度等於光速，因此推論光是一種電磁波，後來也獲得證實。
	萬有引力 (Kb)	PKb-Vc-1 牛頓運動定律結合萬有引力定律可用以解釋克卜勒行星運動定律。 PKb-Vc-2 物體在重力場中運動的定性描述。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
	電磁現象（Kc）	<p>PKc-Vc-1 電荷會產生電場，兩點電荷間有電力，此力量值與兩點電荷所帶電荷量成正比，與兩點電荷間的距離平方成反比。</p> <p>PKc-Vc-2 原子內帶負電的電子與帶正電的原子核以電力互相吸引，形成穩定的原子結構。</p> <p>PKc-Vc-3 變動的磁場會產生電場，變動的電場會產生磁場。</p> <p>PKc-Vc-4 所有的電磁現象經統整後，皆可由馬克士威方程式描述。</p> <p>PKc-Vc-5 馬克士威方程式預測電磁場的擾動可以在空間中傳遞，即為電磁波。</p> <p>PKc-Vc-6 電磁波包含低頻率的無線電波，到高頻率的伽瑪射線在日常生活中有廣泛的應用。</p>
	量子現象（Kd）	<p>PKd-Vc-1 光具有粒子性，光子能量 $E = h\nu$，與其頻率 ν 成正比。</p> <p>PKd-Vc-2 光電效應在日常生活中的應用。</p> <p>PKd-Vc-3 原子光譜。</p> <p>PKd-Vc-4 能階的概念。</p> <p>PKd-Vc-5 電子的雙狹縫干涉現象與其波動性。</p> <p>PKd-Vc-6 光子與電子以及所有微觀粒子都具有波粒二象性。</p> <p>PKd-Vc-7 牛頓運動定律在原子尺度以下並不適用。</p>
	基本交互作用（Ke）	<p>PKe-Vc-1 原子核內的質子與質子、質子與中子、中子與中子之間有強力使它們互相吸引。</p> <p>PKe-Vc-2 單獨的中子並不穩定，會透過弱作用（或弱力）自動衰變成質子及其他粒子。</p> <p>PKe-Vc-3 自然界的一切交互作用可完全由重力、電磁力、強力、以及弱作用等四種基本交互作用所涵蓋。</p>

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
科學、科技、社會及人文 (M)	科學在生活中的應用 (Mc)	PMc-Vc-1 用電安全。 PMc-Vc-2 電在生活中的應用。 PMc-Vc-3 科學的態度與方法。 PMc-Vc-4 近代物理科學的發展，以及不同性別、背景、族群者於其中的貢獻。
資源與永續發展 (N)	能源的開發與利用 (Nc)	PNc-Vc-1 原子核的分裂。 PNc-Vc-2 核能發電與輻射安全。 PNc-Vc-3 能量一樣的系統，作功的能力不一定相同。 PNc-Vc-4 雖然能量守恆，但能量一旦發生形式上的轉換，通常其作功效能會降低。

3. 化學

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
物質的組成與特性 (A)	物質組成與元素的週期性 (Aa)	CAa-Vc-1 拉瓦節提出物質最基本的組成是元素。 CAa-Vc-2 道耳頓根據定比定律、倍比定律、質量守恆定律及元素概念提出原子說。 CAa-Vc-3 元素依原子序大小順序，有規律的排列在週期表上。 CAa-Vc-4 同位素。
	物質的形態、性質及分類 (Ab)	CAb-Vc-1 物質的三相圖。 CAb-Vc-2 元素可依特性分為金屬、類金屬及非金屬。 CAb-Vc-3 化合物可依組成與性質不同，分為離子化合物與分子化合物。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
能量的形式、轉換及流動 (B)	能量的形式與轉換(Ba)	CBa-Vc-1 化學反應發生後，產物的能量總和較反應物低者，為放熱反應；反之，則為吸熱反應。 CBa-Vc-2 能量轉換過程遵守能量守恆。
物質的結構與功能 (C)	物質的分離與鑑定(Ca)	CCa-Vc-1 混合物的分離過程與純化方法：蒸餾、萃取、色層分析、硬水軟化及海水純化等。 CCa-Vc-2 化合物特性的差異。
	物質的結構與功能(Cb)	CCb-Vc-1 原子之間會以不同方式形成不同的化學鍵結。 CCb-Vc-2 化學鍵的特性會影響物質的結構，並決定其功能。
物質系統 (E)	氣體(Ec)	CEc-Vc-1 氣體基本性質。
物質的反應、平衡	物質反應規律(Ja)	CJa-Vc-1 拉瓦節以定量分析方法，驗證質量守恆定律。 CJa-Vc-2 化學反應僅為原子的重新排列組合，其個數不變，依此原則即可平衡化學反應方程式。 CJa-Vc-3 莫耳與簡單的化學計量。
	水溶液中的變化(Jb)	CJb-Vc-1 溶液的種類與特性。 CJb-Vc-2 定量說明物質在水中溶解的程度會受到水溫的影響。 CJb-Vc-3 體積莫耳濃度的表示法。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
及製造 (J)	氧化與還原反應 (Jc)	CJc-Vc-1 氧化還原的廣義定義為：物質失去電子稱為氧化反應；得到電子稱為還原反應。 CJc-Vc-2 氧化劑與還原劑的定義及常見氧化劑與還原劑。
	酸鹼反應 (Jd)	CJd-Vc-1 水可自解離產生 H^+ 與 OH^- 。 CJd-Vc-2 根據阿瑞尼斯的酸鹼學說，物質溶於水中，可解離出 H^+ 為酸；可解離出 OH^- 為鹼。 CJd-Vc-3 $pH = -\log[H^+]$ ，此數值可代表水溶液的酸鹼程度。 CJd-Vc-4 在水溶液中可幾乎 100% 解離的酸或鹼，稱為強酸或強鹼；反之則稱為弱酸或弱鹼。
	化學反應速率與平衡 (Je)	CJe-Vc-1 定溫時，飽和溶液的溶質溶解度為定值，其溶質溶解與結晶達到平衡。 CJe-Vc-2 物質的接觸面積大小對反應速率之影響。
	有機化合物的性質、製備及反應 (Jf)	CJf-Vc-1 醣類、蛋白質、油脂及核酸的性質與功能。 CJf-Vc-2 常見的界面活性劑包括肥皂與清潔劑，其組成包含親油性的一端和親水性的一端。 CJf-Vc-3 界面活性劑的性質與應用。
科學、科技、社會及人文 (M)	科學、技術及社會的互動關係 (Ma)	CMa-Vc-1 化學製造流程對日常生活、社會、經濟、環境及生態的影響。
	科學發展的歷史 (Mb)	CMb-Vc-1 近代化學科學的發展，以及不同性別、背景、族群者於其中的貢獻。 CMb-Vc-2 未來科學的發展。
	科學在生活中的應用 (Mc)	CMc-Vc-1 水的處理過程。 CMc-Vc-2 生活中常見的藥品。 CMc-Vc-3 化學在先進科技發展的應用。
	環境汙染與防治 (Me)	CMe-Vc-1 酸雨的成因、影響及防治方法。 CMe-Vc-2 全球暖化的成因、影響及因應方法。 CMe-Vc-3 臭氧層破洞的成因、影響及防治方法。 CMe-Vc-4 工業廢水的影響與再利用。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
資源與永續發展 (N)	永續發展與資源的利用 (Na)	CNa-Vc-1 永續發展在於滿足當代人之需求，又不危及下一代之發展。 CNa-Vc-2 將永續發展的理念應用於生活中。 CNa-Vc-3 水資源回收與再利用。 CNa-Vc-4 水循環與碳循環。
	能源的開發與利用(Nc)	CNc-Vc-1 新興能源與替代能源在臺灣的發展現況。

4. 地球科學

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
物質系統 (E)	宇宙與天體 (Ed)	EEd-Vc-1 我們的宇宙由各種不同尺度的天體所組成，且正在膨脹。 EEd-Vc-2 天體的亮度與光度用視星等與絕對星等來表示。 EEd-Vc-3 天文觀測可在不同的電磁波段進行。 EEd-Vc-4 恆星的顏色可用來了解恆星的表面溫度。
地球環境 (F)	組成地球的物質 (Fa)	EFa-Vc-1 由地震波可以協助了解固體地球具有不同性質的分層。 EFa-Vc-2 固體地球各分層之化學組成與物理狀態不同。 EFa-Vc-3 大氣溫度與壓力會隨高度而變化。 EFa-Vc-4 海洋表水鹽度主要受降水、蒸發及河川注入等因素影響。 EFa-Vc-5 海水的溫度隨深度和水平分布而變化。
	地球與太空 (Fb)	EFb-Vc-1 由地球觀察恆星的視運動可以分成周日運動與周年運動。
地球的歷史 (H)	地球的起源與演變(Ha)	EHa-Vc-1 天文學家以太陽星雲學說來解釋太陽系的起源和形成。太陽系是由太陽、行星、衛星、小行星和彗星等天體組成。 EHa-Vc-2 與其他類地行星及太陽系小天體相較，地球獨一無二的環境，極為適合生命的發生和繁衍。 EHa-Vc-3 在地球大氣演化過程中，海洋與生物扮演著極其重要的角色。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
	地層與化石（Hb）	EHb-Vc-1 化石可以作為地層的相對地質年代對比的輔助工具。 EHb-Vc-2 利用岩層中的化石與放射性同位素定年法，可幫助推論地層的絕對地質年代。
變動的地球（I）	地表與地殼的變動（Ia）	EIa-Vc-1 科學家曾經提出大陸漂移、海底擴張及板塊構造等主要學說，來解釋變動中的固體地球。 EIa-Vc-2 板塊邊界可分為聚合、張裂及錯動三大類型。 EIa-Vc-3 板塊邊界有各種不同的地質作用與岩漿活動。 EIa-Vc-4 由地質構造與震源分布等特徵，可推論臺灣位於聚合型板塊邊界。
	天氣與氣候變化（Ib）	EIb-Vc-1 一定氣壓下，氣溫越高，空氣所能容納的水氣含量越高。 EIb-Vc-2 當水氣達到飽和時，多餘的水氣會凝結或凝固。 EIb-Vc-3 空氣中的水氣量可以用濕度來表示。 EIb-Vc-4 空氣上升時會因為膨脹而降溫。 EIb-Vc-5 大氣的水平運動主要受氣壓梯度力、科氏力和摩擦力的影響。 EIb-Vc-6 天氣圖是由各地氣象觀測資料繪製而成，用以分析天氣。 EIb-Vc-7 大氣與海洋的交互作用會影響天氣，造成氣候變化，例如：聖嬰現象。
	海水的運動（Ic）	EIc-Vc-1 表面海流受盛行風的影響。 EIc-Vc-2 波浪形成的主因為風吹海面，而波浪會影響海岸地形。 EIc-Vc-3 潮汐的變化受到日地月系統的影響有週期性。 EIc-Vc-4 臺灣海峽的潮流運動隨地點不同而有所差異。
	晝夜與季節（Id）	EId-Vc-1 太陽每日於天空中的位置會隨季節而改變。

主題	次主題	第五學習階段學習內容（必修）
科學、科技、社會及人文 (M)	天然災害與防治 (Md)	EMd-Vc-1 颱風形成有其必要條件與機制。 EMd-Vc-2 颱風是一個螺旋雲帶結構，中心氣壓最低。 EMd-Vc-3 侵臺颱風的路徑主要受太平洋高壓所引導，不同路徑對臺灣各地的風雨影響不同。 EMd-Vc-4 臺灣位在活躍的板塊交界，斷層活動引發的地震及所導致的災害常造成巨大的損失。
資源與永續發展 (N)	永續發展與資源的利用 (Na)	ENa-Vc-1 永續發展對地球與人類的延續有其重要性。 ENa-Vc-2 節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。 ENa-Vc-3 認識地球環境有助於經濟、生態、文化及政策四個面向的永續發展。
	氣候變遷之影響與調適 (Nb)	ENb-Vc-1 氣候變化有多重時間尺度的特性。 ENb-Vc-2 冰期與間冰期的氣溫變化及海平面的升降，對全球生物與自然環境會造成影響。 ENb-Vc-3 過去主導地球長期的自然氣候變化的原理並無法完全用來解釋近幾十年來快速的氣候變遷情形。根據目前科學證據了解人類活動是主要因素。 ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。

5. 「自然科學探究與實作」課程內容

普通型高級中等學校「自然科學探究與實作」課程內容屬於新設必修領域課程內容，共佔自然科學領域部定必修學分數三分之一，可以分兩學期實施。旨在以實作的過程，針對物質與生命世界培養學生發現問題、認識問題、問題解決，以及提出結論與表達溝通之能力。

本課程內容含有探究本質的實作活動、跨科的學習素材、多元的教法與評量方式，培養學生自主行動、表達、溝通互動和實務參與之核心素養。主要是提供學生體驗科學探究歷程與問題解決的學習環境和機會；促進正向科學態度和提升科學學習動機；培養科學思考與發現關鍵問題的能力；探索科學知識發展與科學社群運作的特徵，藉此認識科學本質。另外，此領域課程乃延續國民小學至國民中學教育階段探究與實作國民科學素養之培育，故列為必修課程內容。

自然科學探究與實作課程內容在於提供學生統整的學習經驗，強調跨學科之間的整合，以綜合運用自然科學領域的七項跨科概念（物質與能量、構造與功能、系統與尺度、改變與穩定、交互作用、科學與生活、資源與永續性），期能學理與實踐相互為用。學習系統性知識及跨領域對話與思考，以實用性及生活化的題材和議題為主，因此自然科學探究與實作的內容採不分科為原則。透過適當提問的主題探討和實作活動，引導學生體驗科學實踐的歷程，循序建構高層次獨立思考及團隊合作的能力，進而成為具有科學素養並能理性積極參與公眾決策的未來公民，以達適性揚才的教育目標。

自然科學探究與實作的學習重點分為「探究學習內容」和「實作學習內容」兩部分。「探究學習內容」著重於科學探究歷程，可歸納為四個主要項目：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享，各主要項目下包含的細項詳見下表。「實作學習內容」為可實際進行操作的科學活動，例如：觀察、測量、資料蒐集與分析、歸納與解釋、論證與作結論等。探究與實作學習內容各項目未必有固定的步驟順序，可依探究的主題和實作活動採循環或遞迴等方式進行。

探究學習內容		實作學習內容
<p>◎發現問題</p> <p>基於好奇、求知或需要，觀察生活周遭和外在世界現象，察覺可探究的問題，進而蒐集整理所需的資訊，釐清並訂定可解決或可測試的研究問題，預測可能的結果，提出想法、假說或模型。</p>	觀察現象	<ul style="list-style-type: none"> 從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體等，進行多方觀察。 運用感官或儀器辨識物體和現象的特性。 依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化。 推測所觀察現象的可能成因。
	蒐集資訊	<ul style="list-style-type: none"> 利用報紙、圖書、網路與媒體蒐集相關資訊，並判斷資訊來源的可靠性。 閱讀與理解資訊內容。 整理並提取適當的資訊。
	形成或訂定問題	<ul style="list-style-type: none"> 依據觀察所得，經由蒐集資訊、閱讀和討論等過程，提出適合科學探究的問題。 當有多個問題同時存在時，能分辨並選擇優先重要之問題。
	提出可驗證的觀點	<ul style="list-style-type: none"> 依據選定的問題提出想法、假說或模型。
<p>◎規劃與研究</p> <p>根據提出的問題，擬定研究計畫和進度。辨明影響結果的變因，選擇或設計適當的工具或儀器觀測，以獲得有效的資料數據，或根據預期目標並經由測試結果檢視最佳化條件。</p>	尋找變因或條件	<ul style="list-style-type: none"> 判定與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係。 合理的預測探究的可能結果。
	擬定研究計畫	<ul style="list-style-type: none"> 依據所提出的問題，計劃適當的方法、材料、設備與流程。 應用或組裝合適的器材與儀器。
	收集資料數據	<ul style="list-style-type: none"> 正確且安全的操作器材設備。 設計適當的紀錄格式並詳實記錄。 有系統性的收集定性或定量的資料數據或檢視最佳化條件。

探究學習內容		實作學習內容
<p>◎論證與建模</p> <p>分析資料數據以提出科學主張或結論、發現新知或找出解決方案。發展模型以呈現或預測各因素之間的關係。檢核資料數據與其他研究結果的異同，以提高結果的可信度，並察覺探究的限制。</p>	分析資料和呈現證據	<ul style="list-style-type: none"> • 使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據。 • 依據整理後的資料數據，製作圖表。 • 由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 • 比較自己、同學與其他相關的資訊或證據的合理性與正確性。
	解釋和推理	<ul style="list-style-type: none"> • 由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義。 • 由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係。 • 根據探究結果形成解釋。
	提出結論或解決方案	<ul style="list-style-type: none"> • 由探究所得的解釋形成論點。 • 依據證據提出合理的解決方案。 • 由探究結果形成結論、新的概念或問題。 • 檢核自己、同學的結論與其他相關的資訊或證據的異同。
	建立模型	<ul style="list-style-type: none"> • 嘗試由探究結果建立合理模型以描述所觀察的現象。 • 察覺模型的侷限性。
<p>◎表達與分享</p> <p>運用適當的溝通工具呈現重要發現，與他人分享科學新知與想法，推廣個人或團隊的研究成果。</p>	表達與溝通	<ul style="list-style-type: none"> • 適當利用口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 • 正確運用科學名詞、符號或模型，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 • 有條理且具科學性的陳述探究成果。 • 運用各種資源與他人分享科學資訊。

探究學習內容		實作學習內容
	合作與討論	<ul style="list-style-type: none"> 傾聽他人的報告，並能提出具體的意見或建議。 評估同學的探究過程、結果或模型的優點和限制，並提出合理的疑問或提出改善方案。
	評價與省思	<ul style="list-style-type: none"> 反思探究成果的應用性、限制性及改進之處。 對各類科學資訊進行評估與判斷，審慎檢視其真實性與可信度。 體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及探究結果的再現性。 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。