



自然考科

歷屆學科能力測驗試題

111學年度學科能力測驗自然考科試題分析

1

建國中學 柳順儒 老師
趙君傑 老師
蔡敏麗 老師
葉昭松 老師

1	111學年度學科能力測驗	8	解題老師	建國中學	柳順儒 趙君傑 蔡敏麗 葉昭松
2	110學年度學科能力測驗	23	解題老師	建國中學 高雄中學	柳順儒 趙君傑 蔡敏麗 吳嘉鴻
3	109學年度學科能力測驗	33	解題老師	建國中學	柳順儒 趙君傑 蔡敏麗 葉昭松
4	108學年度學科能力測驗	44	解題老師	建國中學	柳順儒 曹淇峰 蔡敏麗 葉昭松
5	107學年度學科能力測驗	55	解題老師	建國中學	柳順儒 曹淇峰 蔡敏麗 葉昭松
6	106學年度學科能力測驗	66	解題老師	建國中學	高君陶 曹淇峰 蔡敏麗 葉昭松
7	105學年度學科能力測驗	75	解題老師	建國中學	高君陶 曹淇峰 蔡敏麗 葉昭松
8	104學年度學科能力測驗	85	解題老師	建國中學	李泗賓 曹淇峰 蔡敏麗 葉昭松

111 學年度學科能力測驗自然考科試題分析

建國中學 物理科教師／柳順儒

建國中學 化學科教師／趙君傑

建國中學 生物科教師／蔡敏麗

建國中學 地球科學科教師／葉昭松

壹、試題分析

一、物理科

在今年學測自然考科試題 60 題中，物理科占了 15 題。跨章節、跨科目的題目變多，雖然物理科試題的難易差距變大，但整體而言難易度「適當」，符合 108 課綱標準及命題的一般原則。需要計算的試題分別為第 1、3、5、7、49、60 題，除第 60 題以外，多為「基本」計算。試題主題「偏重」電磁學，各單元的核心概念大抵都融入試題中，其中第 60 題需要基本的物理觀念、閱讀理解、科學資料分析與圖表判讀等綜合能力來解題，屬「探究與實作」形式的計算題型。第 6 題為悠遊卡晶片的「生活議題」，題目與生活相關，可以讓學生理解生活中的物理學應用。整體而言，涉及 108 課綱中「探究與實作」的題目較多，閱讀量增加，鑑別度和難度提高，其中有生物及物理合科的創新題目（第 49 至 54 題組），結合飲酒前後血液流速概念和都卜勒效應，考生必須將實驗和課本知識融會貫通，強調「綜合應用」，但 108 課綱學校課程「授課時數」有限，同學課後的自我「延伸學習」成為重點，否則難拿高分。

二、化學科

因應新課綱題型的改變，與 110 年相比，今年學測自然考科的總題數從 68 題降為 60 題，化學科的題數也由 17 題降為 15 題。除了仍保有一定比例的學科知識基本題以及實驗題之外，圖表題則高達 10 題，其中有 7 題素養題以及 2 題探究與實作題。若以學科屬性分析，今年則有 2 題跨科試題（第 15、18 題），以及 1 個跨科題組（第 37 至 42 題）。因此，今年考題不僅符合 108 課綱中跨科融入的概念，同時也把科學素養與探究實作的精神和考題充分結合。另外，試題也強化與生活時事（3 題）和先進科技（2 題）的連結，這些都有助於鼓勵學生平日了解科學的新知與發展。

三、生物科

111 年學測是 108 課綱的第一次考試，基本上符合考綱原則：考題多元，包含基本題、素養導向、探究與實作與跨學科題型。試題分析如下：

- (一)難易度適中，鑑別度高：易答有 6 題、適中有 5 題、難答有 4 題。
- (二)題型多元，基本題型 4 題，素養導向題型 6 題，跨學科題型 3 題，探究與實作題型 2 題。
- (三)章節分布均勻，生物第一章 3 題，第二章 5 題，第三章 4 題。美中不足的是結合生物與物理的跨學科題中，生物部分屬於動物學的循環生理，為舊課綱內容，但 108 課綱已刪除，對學生而言是超綱的題目，對於有讀過選修生物的同學較有利。
- (四)時事題大爆發，COVID-19 相關題目就有 5 題，且融入生物第二章與第三章的內容出題，包括 RNA 結構與組成、中心法則、病毒的親緣關係樹、mRNA 疫苗的效力等。

四、地球科學科

108 課綱實施首屆的學生於今年學測上場，眾所矚目的素養導向、非選擇題、探究與實作試題也都正式亮相，而代表教育轉軸關鍵的 111 年學測中，以地球科學試題而言，題型符合課綱趨勢，八成以上試題以圖表判讀以及情境應用的方式呈現，如火星地貌探測、諾貝爾物理獎的氣候研究、鰻苗隨

洋流漂游以及地震造成海階擡升等皆為創新題材。同時，屬於跨學科和探究實作概念題組的試題也超過 5 題（第 1、8、39、44、45 題），需要簡易計算的題目也有 3 題（第 35、36、45 題），較往年多。但進一步拆解試題、探究測驗的核心概念時，可以發現仍以學科基本知識為主，對照課綱所列的 12 項地科學習主題也相當平均，整體的難度與往年相近，仍屬中偏易，因此紮實的學習理解和概念整合仍是準備學測的不二法門。

貳、試題分布與難易度

題號	涉 及 概 念	難易度	題 型
1.	速度的基本定義、讀懂圖表的能力、物理定義生活化的運用（物理）、颱風路徑估算移動速度（地球科學）	中	跨學科（物理與地球科學）、閱讀理解、科學資料分析
2.	速度的基本定義、讀懂圖表的能力、物理定義生活化的運用	中	跨學科（物理與地球科學）、閱讀理解、科學資料分析
3.	重力場強度	易	基本題
4.	四大基本力的性質	易	基本題
5.	動能的定義	易	基本題
6.	電磁感應（冷次定律）、電流磁效應（安培右手定則）	中	基本題
7.	黑體輻射、分析圖形並推論其相關資訊	中	素養導向：科學資料分析
8.	比較兩圖表差異，判斷能量移轉進行科學邏輯的推論（物理）、大氣中 CO ₂ 濃度增加造成的內外均溫變化（地球科學）	中	跨學科（物理與地球科學）、素養導向：科學資料分析
9.	科學知識與概念（每位科學家的貢獻）	易	基本題
10.	物質的組成、荷質比	易	基本題
11.	濾紙層析分析	中	素養導向：實驗操作與設計
12.	溫度壓力曲線	中	基本題
13.	常見的化學反應、酸鹼指示劑	難	素養導向：邏輯推論
14.	化學式與化學計量	中	基本題
15.	溶液的體積莫耳濃度	中	跨學科（化學與物理）、素養導向：情境題
16.	物質的構造、孤電子對	易	基本題
17.	物質的組成、質子數、質量數、同位素	中	基本題
18.	生活化學、酵素	中	跨學科（化學與生物）
19.	細胞週期、有絲分裂、染色體套數	中	素養導向：邏輯推論
20.	細胞分化、幹細胞、分生組織、成熟細胞	中	素養導向：情境題
21.	光合作用、呼吸作用	易	基本題
22.	孟德爾的遺傳法則、基因連鎖	難	基本題
23.	基因轉殖技術（探究與實作）	易	探究與實作：解釋與推理
24.	COVID-19 的 RNA 疫苗、RNA 構造與組成、轉錄、轉譯	中	素養導向：情境題
25.	疫苗的免疫源性（探究與實作）	難	探究與實作：解釋與推理
26.	同源器官、親緣關係樹	中	素養導向：邏輯推論
27.	天擇說與 DNA 突變	中	素養導向：邏輯推論
28.	火星與太陽系各行星的特徵	中	素養導向：情境題

題號	涉 及 概 念	難易度	題 型
29.	火星地質構造的先後順序——截切定律	中	素養導向：圖表判斷
30.	不同緯度的恆星視軌跡	易	基本題
31.	恆星、行星的顏色意義	中	基本題
32.	水的三相變化：凝結、凝華釋放潛熱	易	跨學科（地球科學與物理）
33.	太陽在黃道上的運行方向	中	基本題
34.	共伴效應：颱風與鋒面雲帶	中	素養導向：圖表判斷
35.	鰻苗隨黑潮的漂游路徑及速率計算	中	素養導向：閱讀理解
36.	淡水、鹹水混合比例之鹽度計算	中	基本題
37.	常見的化學反應、影響化學反應的因素、氧化與還原	難	素養導向：情境題、閱讀理解、圖表判斷、邏輯推論
38.	常見的化學反應、溶液的濃度	中	素養導向：邏輯推論
39.	懸浮黑碳吸收太陽輻射影響氣溫變因（探究與實作）	中	探究與實作：規劃與研究
40.	黑碳吸收太陽輻射對融雪的影響	易	素養導向：邏輯推論
41.	化學式與化學計量、實驗方法：樣品含量測量	難	基本題
42.	碳循環中的除碳和排碳機制	中	基本題
43.	形成海蝕凹壁構造的地質作用	易	基本題
44.	放射性元素：碳-14 定年法	易	跨學科（地球科學與化學）
45.	海階因地震快速擡升的作圖及速率計算（探究與實作）	難	素養導向：圖表判斷、探究與實作：論證與建模
46.	RNA 核苷酸的組成	易	基本題
47.	病毒不歸屬三域的原因	易	基本題
48.	新冠病毒的親緣關係樹	難	素養導向：圖表判斷
49.	波的基本性質、圖表閱讀推論與歸納	中	素養導向：閱讀理解、科學資料分析
50.	都卜勒效應	中	素養導向：閱讀理解
51.	折射定律（司乃耳定律）	易	基本題
52.	血液流速受心跳影響	易	跨學科（生物與物理）、素養導向：情境題
53.	顯微圖片、紅血球占血球數量最多	易	跨學科（生物與物理）、素養導向：圖表判斷
54.	動脈、靜脈與微血管的血液流速	難	跨學科（生物與物理）、素養導向：邏輯推論
55.	移除率與剩餘濃度（探究與實作）	中	素養導向：情境題、閱讀理解、圖表判斷
56.	實驗規劃與變因（探究與實作）	中	素養導向：情境題、閱讀理解、圖表判斷、邏輯推論
57.	常見化學反應、化學式與化學計量	易	基本題
58.	七大物理基本量的基礎認識	易	基本題

題號	涉 及 概 念	難易度	題 型
59.	靜力平衡、電流磁效應（安培右手定則）	中	基本題
60.	電磁感應（冷次定律）、科學資料分析（探究與實作）	難	探究與實作：科學資料分析

參、特殊試題分析

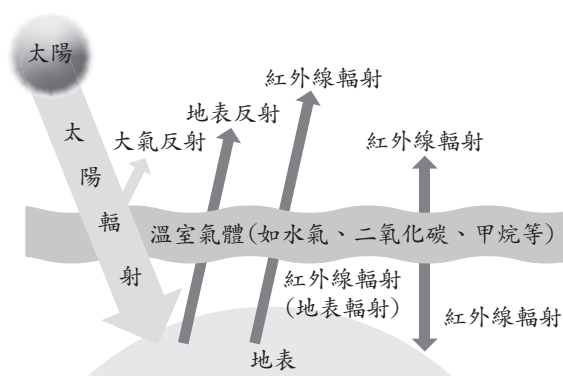
(一)第 1 題：本題為地球科學與物理合科設計的題組，使用「颱風路徑潛勢預測圖」估算移動速率，計算時必須使用預測路徑，並注意這並非真實的移動路徑，只是電腦模擬的機率估算結果。題目設計應該是為了在路徑中找到較適合計算的直線段落，實際上 21 日 14 時至 22 日 02 時之間，颱風中心有 70% 機率會在黑色框線的右下角區域移動，不一定只會在白色線段上。

(二)第 4 題：四大基本力的強度及作用範圍如下表所示，同學需熟記，往年也常出現相關試題。

名稱	作用力的簡述	相對強度（以強力為準）	作用的範圍（公尺）
強力	存在「質子與質子間」、「質子與中子間」、「中子與中子間」的吸引力	1（最強）	10^{-15}
電磁力	電磁力使電子束縛在原子內	$\frac{1}{137}$	無限大
弱力	弱力讓中子衰變成質子、電子與反電子、反微中子	10^{-13}	10^{-18} （最小）
重力	任何兩個具有質量的物體，都會互相吸引的「萬有引力」	10^{-39} （最弱）	無限大

(三)第 7 題：「大氣向外熱輻射功率隨頻率的變化」其實為物理（全）量子現象黑體輻射的課程內容，若同學對黑體輻射輻射曲線隨溫度變化產生曲線變化的趨勢有所了解，便能對題目中的敘述「5 個平滑的細線代表標準的輻射體由克氏（絕對）溫度 220K 到 300K，每隔 20K 的熱輻射特性曲線」，快速掌握「解題關鍵」。加上題目所問的是「攝氏」多少度，那麼由溫標轉換公式 $K = 273.15 + ^\circ C$ ，即可判斷(A)(B)(C)三選項皆「不可能」為答案！

(四)第 8 題：本題為「溫室效應」的標準題，太陽輻射能較短的波長照射到地球表面後，部分被吸收，也有部分是以紅外線的熱能形式再釋放大氣層中，或是再被特定氣體吸收後，以熱能形式釋放回地球表面，這樣可讓地球表面溫度不至於一直下降。了解這樣的結果，那麼當題目所指「 $F_A \uparrow$ 大氣向外（上）與 $F_A \downarrow$ 向內（下）的熱輻射」產生改變時，便很容易推論出 $\Delta T_{外} < 0$ 與 $\Delta T_{內} > 0$ 的結果！



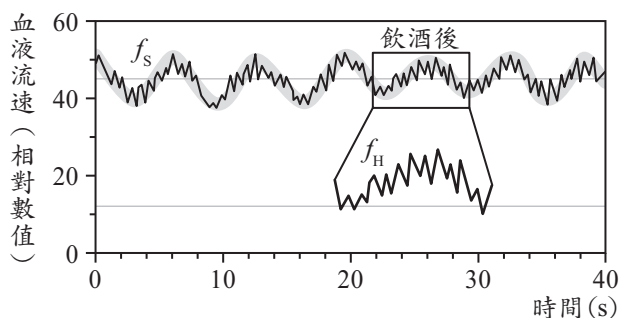
(五)第 13 題：算是難度較高的題目，同學除了必須明白題意中指示劑顯色情況所代表的 pH 值範圍外，更需要從「混合溶液可能的 pH 值」進行回推，逐步將不合理的甲、乙組合刪除，找到最有可能的組合。除了評量同學是否理解酸鹼強度、酸鹼中和、指示劑顯色等學科知識，對學生的「耐性」以及「邏輯推論」的能力來說，都是一個非常大的考驗。

(六)第 15 題：此題為化學與物理兩學科的跨科試題，這原本是一道基本的濃度換算問題，考生須由溶液 X 的溶解度（溶質克 / 100 克水），換算出體積莫耳濃度為何。在傳統考題裡，通常會直接將「溶液密度」這項條件，放在題目中讓同學方便換算使用。而本題則是把物理的浮力概念引入，透過金屬塊的浮力等於沒入液體的金屬體積乘上液體密度 ($B = V \times d$)，將溶液密度 (d) 計算出來後，再來進行濃度換算。

- (七)第 18 題為化學與生物的跨科試題，第 37 至 42 題則為化學與地科的跨科題組。不論是跨科試題或題組，除了有助提升學生統整學科知識外，也能讓同學理解在面對一個科學問題時，很少只靠單一學科的知識就能解決。在未來的考試中，跨科試題必然會持續占有相當大的比例。
- (八)第 22 題：此題是以科學史的發展脈絡來串連孟德爾古典遺傳學到現代的分子遺傳學，必須了解孟德爾如何推導兩個遺傳法則與分子生物學的中心法則，才能融會貫通，選出正確答案。
- (九)第 27 題：相當漂亮的素養導向題型，以姊弟對談的情境題方式帶出達爾文的天擇理論與加入分子生物學的現代演化，考驗學生是否能連結 DNA 突變與天擇理論。
- (十)第 33 題：過去的學測試題涉及天球概念多為星座、曆法等應用，今年則將天球模型直接入題，而且針對太陽在天球上黃道運行方向的基本知識進行檢核。天球模型對於理解天體運動，尤其是地球上的觀察者對於所見天象的理解其實有很大的助益。本題對於考生而言，由於春分時太陽直射地球赤道，應當位於乙或丁位置，因此先排除(A)(C)(E)選項不會有太大困難。但接著要將地球以逆時鐘方向公轉的常識轉換為太陽繞行地球的天球模型時，立體空間轉換能力較弱的同學可能就會誤解為相對運動而選擇順時鐘方向的(B)選項，但其實應該以系統外觀察日、地運行關係，也就是類似雙星以逆時鐘方向互繞的關係。未來若再有類似天球題目，也可能會針對天體因地球自轉而有順時鐘的視軌跡概念命題，建議同學多加理解。
- (十一)第 35 ~ 36 題題組：以海洋生物鰻苗的漂游結合海流命題，同時也是情境應用的素養題型，對臺灣而言非常重要的黑潮特性再次被納入學測命題，這兩題也需用到簡單計算。今年學測地科題的計算較往年出現更多，雖然不是複雜的計算方式，但代表同學對於圖表或閱讀資料的理解過程中，除了現象的描述之外，也應多加注意科學意義、趨勢估算等數學應用的層面。

肆、混合題試題分析

- (一)第 43 至 45 題：此題組可作為探究與實作結合學測命題的重要參考，以生活中可見的海階地貌情境發想，作答觀念涉及傳統學測重點——放射性元素定年法，可跨物理科及化學科的同位素概念，又同時涉及內營力與外營力地質作用，最後以作圖及計算平均擡升速率計算結尾，可以窺見命題委員的用心和鋪陳的脈絡。如同前述，若能掌握自然學科基本知識，第 43、44 題應該不難處理。而第 45 題則是要把題目的表 3 繪製為圖表，且因題目強調海階為地震造成的快速擡升現象，圖中的累積高程（縱軸）必須呈現快速累積的階梯狀，並非以折線方式進行連接 $T_0 \sim T_3$ 的 4 個數值點，而最後計算平均擡升速率則是直接以 T_3 和 T_0 的差值加以計算即可。然而分析題目線索時，可能因命題過程考量情境簡化，題目出現兩處容易誤解的地方。首先是放射性元素的定年結果，其單位應該為「年前」而非「年」，例如地層中若發現隕石撞擊痕跡，取得地質材料後定年，結果應記錄該隕石撞擊事件發生在 N 年前。因此此題作圖時橫軸年代的單位也應該記為「年前」，若如答題卷中以「年」作為橫軸單位，會造成時序上的混淆，而出現兩種可能作圖，一種是以海階從古到今的形成依時間作圖，另一種則是直接以表 3 數據作圖。
- (二)第 52 題：雖然本題為「生物」的試題，但引用了第 49 題「物理」試題的結果，其中「低頻高幅波」與「高頻低幅波」是高中課綱內未曾出現過的「專有名詞」，必須由 49 題題目的敘述「週期大且振幅大的波動」為「低頻高幅」波、「週期小且振幅小的波動」為「高頻低幅」波，才能分析圖 21 給的資訊來計算週期波 (f_H 、 f_S) 的頻率。血流速度受心搏



、血液阻力、血管阻力等因素影響，其中心搏對血流的影響來自心臟之收縮與舒張，尤其是心搏力量加劇時，影響會變得更明顯。圖 21 顯示飲酒後血流速度出現週期波 (f_H 、 f_S) 之現象 (見上頁圖)，其中 f_H 經由 49 題計算每分鐘頻率約為 60 次，而正常人心跳也介於每分鐘 60 ~ 100 次間，似乎明確指出選項(B)心跳為最適合的答案！況且其它選項並沒有「頻率」這個「性質」的存在。

(三)第 53 題：本題為跨科的「生物」試題，紅血球為血液中密度最高的血球細胞 (男性：540 萬 /c.c.，女性：480 萬 /c.c.)，血液中的紅血球並無法吸收 800 nm 波長之雷射光，但可反射雷射光，故可運用「都卜勒效應」測定血液 (紅血球) 的流速。解題流程：反射波是 800 nm 雷射光照射實體，遇到障礙所產生 → 圖 13 為血液抹片圖，數量最多的中央較淡的細胞 → 中央較淡的細胞是紅血球，因外形為雙凹圓盤狀 → 結論：紅血球數量最多，為產生反射波的主要細胞。

(四)第 54 題：本題為跨科的「生物」試題。

① 血液流速：動脈 > 靜脈 > 微血管，雷射光頻率變化分別為 Δf_A (動脈)、 Δf_C (微血管) 及 Δf_V (靜脈)，其中波源運動產生的都卜勒效應 (光波的「都卜勒效應」必須引用「相對論」修正，超出高中課綱範圍)，可用定性的分析方式，也就是波源運動的速度 (即血液流速) 愈快，血流儀的雷射光波長被擠壓得愈短 → 頻率愈高 → 頻率變化 Δf 愈大，故可得 $\Delta f_A > \Delta f_V > \Delta f_C$ ，所以這題即使對物理的都卜勒效應搞不清楚的同學，還做得出來嗎？勢必引用文中提到「 Δf 的量值與血液流速可近似為成正比」。

② 根據物理流體力學知識： $Q = \frac{P_2 - P_1}{R}$ ，影響血流速 (Q) 的因子有二：一為血管壓力差 ($P_2 - P_1$)，成正比；二為血管阻力 R ，成反比。根據生物知識：血管壓力為動脈 (A) > 微血管 (C) > 靜脈 (V)，也已知血管阻力與管腔大小成反比，微血管管腔很小，其血管阻力比靜脈大很多 → 推論：血流速為動脈 (A) > 靜脈 (V) > 微血管 (C)，「 Δf 的量值與血液流速可近似為成正比」，故血流速應為 $\Delta f_A > \Delta f_V > \Delta f_C$ 。

(五)第 55 ~ 57 題：這是筆者認為出題相當用心的一個化學素養試題題組！透過混合題型以及情境化說明，不僅評量考生閱讀理解、圖表判斷以及實驗設計的能力，同時也把探究與實作中「發現問題」以及「規劃與研究」兩大項目的精神融入。

① 首先，在題幹中有一個「科學家透過多孔有機金屬材料，進行水溶液中汙染物吸附效果探討」的科學情境，而考生必須能從題幹中的敘述，迅速找到第 55 題的關鍵資訊，了解 EPA 以及 WHO 對於飲用水中鉻含量的標準分別為何。其次，從圖表數據了解不同的水樣品 (溶液一與溶液二)，經過 MOF 吸附後，水樣中六價鉻的移除率以及剩餘濃度分別為何，進而歸納出本實驗的目的，最終藉由合理的推論，對各選項進行判斷。

② 第 56 題中，學生必須能從圖表的呈現，了解不同材料 (MOF、MOF@ 聚合物以及聚合物)，對六價鉻的吸附能力差異，進而理解本實驗究竟是如何進行設計，最後則建立出合理的結論。也就是除了圖表判斷和實驗操作與設計外，本題也把「邏輯推論」和探究與實作中的「規劃與研究」以及「論證與建模」兩大項目入題。我們可以發現，第 56 和 57 題其實是有層次的依序呈現，希望能讓同學理解在進行科學研究時可能經歷的過程。

③ 第 57 題雖是單純的基本題，但是以非選題的方式呈現，也稍稍提升了一點難度。這也提醒同學，準備應考時，基本學科知識的掌握相當重要，千萬不可輕忽。

伍、結論

一、物理科

今年學測物理科試題，著重觀念定義的清晰以及物理文本圖表的閱讀理解能力，並兼具生活情境的物理應用與學術素養的閱讀理解。然而整份物理科試題的計算量低，並不會對學生造成負擔，主要

強調邏輯性，而非計算能力，對基礎觀念清晰及閱讀理解能力強的學生而言，容易拿高分。另外，新課綱的特色——自然科學探究與實作，占了大約兩成的比重，並以混合題組的方式呈現，重視學生對於物理理論的發展歷程及定性解釋，建立學生對於科學探究的基本認識與知能，引導學生對於日常生活科技中物理原理應用的關注，培養學生對於學術文本閱讀的能力與理解，讓這新課綱第一次的學測物理科試題能與新課綱的設計相互呼應。

二、化學科

以今年試題來看，透過「卷卡合一」的設計，混合題型可以對考生進行較完整的評量。但以閱卷方便、避免給分誤差、以及降低模稜兩可答案出現等前提下，可預期非選題的答案，應該還是偏向以代號、特定符號或數字等方式呈現。短期內應該還不會出現需要以大量文字解釋或說明的非選考題。因此，同學只要平常心、按部就班回答問題，非選題型其實不難掌握。

另外，筆者再次提醒同學，考前一定要精熟基本知識與概念，同時一定要理解實驗相關細節，並從現在起，持續關心生活時事，切莫因準備考試就關在自己的象牙塔中。更重要的，由於素養試題的大量出現，同學需要加強閱讀理解、圖表分析以及邏輯推論的能力，如此才能適應新的考試方向，獲得高分！

三、生物科

108 課綱第一次學測的生物考題完美呈現 111 考綱原則：跨章節、跨學科、題型以素養導向為主，融入探究與實作的精神，加入混合題型中的手寫題。同學未來要以不同的思維準備學測，除了要熟悉理解高一生物的四個章節的內容外，也要多接觸相關的科學論文，熟悉實驗結果的解讀與推論。建議明年學測的準備方向如下：

- (一)理解並熟讀各章基本知識及重要概念，才能應付跨章節的題目。
- (二)多留意以化學、地科或物理來解釋生物概念的跨學科內容。
- (三)多閱讀科普文章增進自己的閱讀理解、邏輯推論、圖表判讀等能力。
- (四)加強探究與實作的步驟：觀察現象、收集資料、提出問題、設計實驗、收集與分析數據、討論與結論等。
- (五)練習文字表達與繪圖能力。

四、地球科學科

今年的學測是新課綱的試金石，在題目設計中能看見素養導向及探究與實作的融入，如情境設計、圖表解讀、論證建模等要素也都出現在題目中。另外，跨科試題的比例增加，第壹、貳部分都出現大量題組題，自然領域的四個學科界線相對模糊，都是今年的試題特色。若以試題難度而言，並未顯著增加，同學們可不必太過緊張，但試題以科學素養為重，引入科學時事（如諾貝爾獎、火星探測）和生活相關題材（如颱風、鰻苗、海階等），雖然並非大篇幅的閱讀素養形式，但平常若多關心科學新知，累積閱讀，將課堂所學的自然領域學科知識融會貫通，藉由閱讀資料中強化圖表判讀的能力，應試時就能更加得心應手！

頂標 (14級)	128.0~104.7分
前標 (12級)	104.6~88.6分
均標 (10級)	88.5~72.5分
後標 (7級)	72.4~48.4分
底標 (5級)	48.3~32.3分

第壹部分：選擇題（每題 2 分，占 72 分）每題題末之數值為大考中心公布之答（全）對率

1.-2. 題為題組

圖 1 為某颱風中心在 21 ~ 26 日的行進及預測路徑。假設颱風可視為固定質量的質點，地球轉動對颱風行進路徑的影響可忽略不計，颱風行進路徑在同一水平面上，且颱風沿預測路徑持續前進不折返。依據上述與圖 1 回答 1. ~ 2. 題。

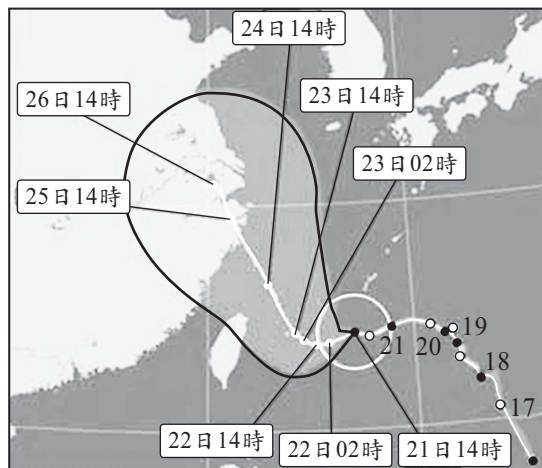
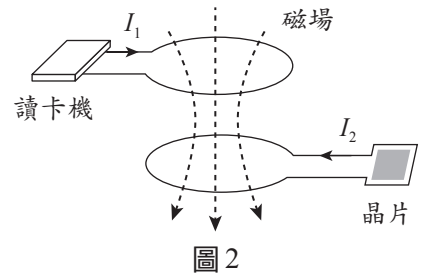


圖 1

- _____ 1. 已知此颱風在 21 日 14 時的暴風半徑為 180 公里，如白色圓圈所示。試以預測路徑估算自 21 日 14 時至 22 日 02 時之間，颱風移動的平均時速量值約多少公里？
 (A) 5 (B) 10 (C) 20
 (D) 30 (E) 40 【物理·地科】70%
- _____ 2. 已知此颱風在 22 日 02 時至 23 日 14 時之間，以等速率移動，但方向持續改變，之後朝北北西的方向維持直線前進，則下列敘述哪些正確？（應選二項）
 (A) 22 日 02 時至 23 日 14 時之間，颱風在路徑上各點位置所受合力為零
 (B) 22 日 02 時至 23 日 14 時之間，颱風在路徑上各點位置所受合力方向與速度方向垂直
 (C) 23 日 14 時之後，颱風恆以等速度前進
 (D) 23 日 14 時之後，颱風在各點位置所受合力都為零
 (E) 24 日 14 時至 26 日 14 時之間，颱風所受的平均合力方向與速度方向相反 【物理】39%
- _____ 3. 已知地球 (E) 與火星 (M) 的平均半徑比值 $\frac{r_E}{r_M}$ 約為 1.86，質量比值 $\frac{m_E}{m_M}$ 約為 9.3，試問同一物體在火星表面所受重力約為在地球表面所受重力的多少倍？
 (A) 0.10 (B) 0.37
 (C) 0.72 (D) 0.93
 (E) 1.86 【物理】61%
- _____ 4. 自然界的基本交互作用中，哪幾種對日常天氣現象的影響最為明顯常見？（應選二項）
 (A) 弱作用（弱核力） (B) 強作用（強核力）
 (C) 夸克作用 (D) 電磁力作用
 (E) 重力作用 【物理】63%
- _____ 5. 若質量為 720 公斤的球體，具有 3600 千焦耳的動能，則此球體的速率約為多少公尺／秒？
 (A) 10^2 (B) 10^3
 (C) 10^4 (D) 10^5
 (E) 10^6 【物理】59%

6. 常用的晶片卡中有內建線圈，如示意圖 2 的下半部所示，向左箭號代表應電流 $I_2 > 0$ 的流向。圖 2 的上半部為讀卡機線圈，向右箭號代表電流 $I_1 > 0$ 時的流向。當 $I_1 > 0$ 時線圈產生的磁場，如虛線所示。晶片卡線圈貼近讀卡機線圈時，電流 I_1 產生的磁場會造成應電流 I_2 的變動，驅動晶片發出訊息。當兩線圈均為靜止且 $I_2 = 0$ 時，欲使晶片卡線圈產生圖示 $I_2 > 0$ 流向的應電流，則讀卡機線圈的電流 I_1 應如何？（應選二項）



- (A) $I_1 > 0$ 且維持定值 (B) $I_1 > 0$ 且漸增
(C) $I_1 < 0$ 且漸增 (D) $I_1 \leq 0$ 且維持定值
(E) $I_1 < 0$ 且漸減

【物理】43%

7. - 8. 題為題組

2021 年的諾貝爾物理獎聚焦於複雜系統，如：氣候系統。圖 3 為簡化的地球氣候系統模型圖，圖中實線代表進入系統的太陽輻射，虛線 $F_G \uparrow$ 代表地面向上發出被大氣所吸收的熱輻射，虛線 $F_A \uparrow$ 與 $F_A \downarrow$ 分別代表大氣向外（上）與向內（下）的熱輻射。當太陽輻射的能量進出系統達收支平衡時，大氣內、外長期平均溫度維持恆定。然而，溫室氣體增加，會造成系統能量收支不平衡，長期平均溫度也因而產生變化。

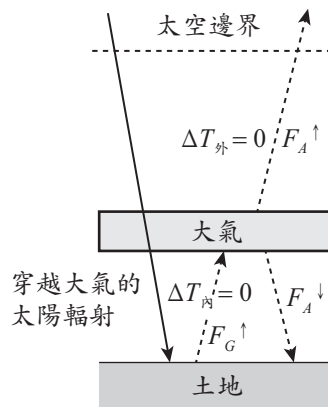


圖 3

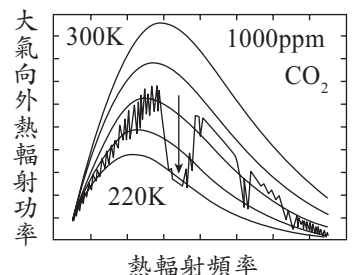
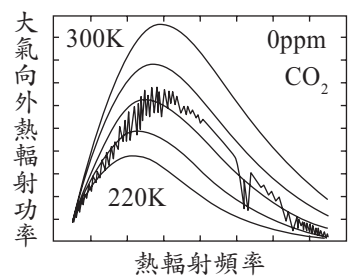


圖 4

圖 4 為大氣向外熱輻射功率對熱輻射頻率的曲線圖，5 個平滑的細線代表標準的輻射體由克氏（絕對）溫度 220K 到 300K，每隔 20K 的熱輻射特性曲線。圖 4 上圖與

下圖的黑色波折線，分別代表 CO_2 含量為 0 與 1000 ppm 時，地球氣候系統模型預測大氣向外熱輻射功率隨頻率的變化。依據上述圖文資料，回答 7. ~ 8. 題。

7. 圖 4 所預測之地球大氣向外熱輻射，最接近攝氏多少度的標準的輻射體所發出之熱輻射？

- (A) 270 (B) 260 (C) 100 (D) - 10 (E) - 100 【物理】43%

8. 若 $\Delta T_{\text{內}}$ 與 $\Delta T_{\text{外}}$ 分別代表因為溫室氣體 CO_2 增加導致大氣內與外之長期平均溫度的變化。依據圖 3 與圖 4 的模型預測，當大氣中的 CO_2 含量增加時， $\Delta T_{\text{內}}$ 與 $\Delta T_{\text{外}}$ 的關係式，哪些正確？（應選二項）

- (A) $\Delta T_{\text{內}} < 0$ (B) $\Delta T_{\text{內}} > 0$ (C) $\Delta T_{\text{內}} = \Delta T_{\text{外}} = 0$
(D) $\Delta T_{\text{外}} > 0$ (E) $\Delta T_{\text{外}} < 0$

【物理·地科】58%

9. 下列關於科學史實敘述，何者正確？

- (A) 馬克士威以馬克士威方程式解釋光電效應
(B) 愛因斯坦以光子模型解釋光電效應
(C) 拉塞福利用電子撞擊氫原子探究原子結構
(D) 波耳首先觀測到氫原子光譜
(E) 波耳氫原子模型的建構比拉塞福的原子模型來得早

【物理】35%

10. 下列離子之荷質比，即 $\frac{\text{電荷}}{\text{質量}}$ 比值的關係，何者正確？（原子量 $H = 1.0$ ， $He = 4.0$ ， $Li = 6.9$ ）

- (A) $H^+ > He^{2+} > Li^+$ (B) $He^{2+} > Li^+ > H^+$ (C) $Li^+ > He^{2+} > H^+$
 (D) $He^{2+} > Li^+ = H^+$ (E) $Li^+ = H^+ > He^{2+}$

【化學】65%

11. 小婷將混合染料以濾紙層析法分析，在展開液上升至停止線時終止層析。待濾紙乾燥後，觀察發現甲、乙、丙三種成分之相對位置如圖 5；並定義 Rf 值如下：

$$Rf \text{ 值} = \frac{\text{成分由起始線的移動距離}}{\text{同時展開液由起始線至停止線的移動距離}}$$

Rf 值與該成分及展開液的特性有關，可做鑑定之用。下列敘述何者正確？

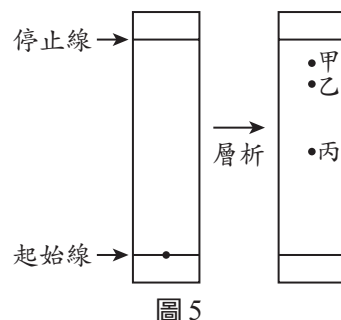


圖 5

- (A) 乙的 Rf 值為 0.2
 (B) 甲與丙的 Rf 值，兩者相加約為 0.6
 (C) 乙與丙在層析時，移動速率比約為 8 : 5
 (D) 甲、乙、丙的分子量大小關係為 $甲 < 乙 < 丙$
 (E) 甲、乙、丙的 Rf 值，會隨著展開液移動距離的增加而變大

【化學】57%

12. 在低溫高壓的狀態下，甲烷的氣體分子被水分子包覆，形成類似冰晶的化合物，稱為甲烷水合物。圖 6 是甲烷水合物的相圖，依此，下列敘述哪些正確？

（應選二項）

【化學】52%

- (A) 甲烷水合物點燃時，發生燃燒反應的應為甲烷氣體
 (B) 甲烷氣體與水不會同時存在
 (C) 在 0°C 、140 大氣壓時，甲烷水合物與冰同時存在
 (D) 在 -15°C 時，不會有甲烷水合物的存在
 (E) 在 0°C 、10 大氣壓時，不會有甲烷水合物的存在

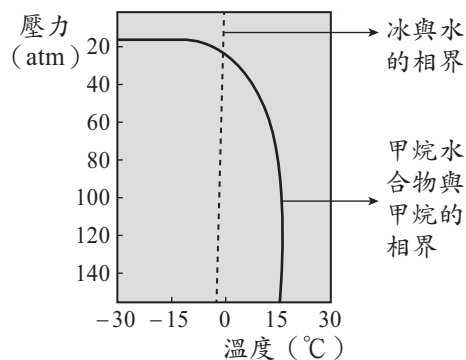


圖 6

13. 已知指示劑 X 在 pH 值 7.5 以下和 8.0 以

上分別是無色和粉紅色，而指示劑 Y 在 pH 值 4.0 ~ 7.5 與 8.0 ~ 10.0 時分別是綠色和藍色。若將濃度各 0.1 M 的溶液甲和乙分別以體積比 1 : 9、1 : 1 和 9 : 1 充分混合，再分別用指示劑 X 和 Y 測混合溶液，其結果如表 1 所示：

表 1

溶液體積比（甲：乙）	指示劑 X	指示劑 Y
1 : 9	粉紅色	藍色
1 : 1	無色	綠色
9 : 1	無色	綠色

根據上述實驗結果，下列何者最有可能為溶液甲和乙的組合？

【化學】33%

	甲	乙
(A)	$\text{HCl}_{(\text{aq})}$	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$
(B)	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$	$\text{HCl}_{(\text{aq})}$
(C)	$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$
(D)	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$
(E)	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$	$\text{NH}_{3(\text{aq})}$

14. 汽油是含有 5 至 12 個碳原子的碳氫化合物，燃燒時會排放 CO_2 ，是造成空氣中 CO_2 增加的原因之一。假如以辛烷 (C_8H_{18}) 代表汽油的成分，而且辛烷在引擎運轉時，可完全燃燒，其反應式如下： $\text{C}_8\text{H}_{18(l)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ (係數尚未平衡)

若一公畝的森林平均每天可吸收 16 公斤的 CO_2 ，當汽車油箱中 50 公升的辛烷完全燃燒，則所產生的 CO_2 約為一公畝森林多少天的吸收量？ (C_8H_{18} ：密度 = 0.70 g/cm^3 ，分子量 = 114)

- (A) 0.84 (B) 2.2 (C) 6.8
(D) 14 (E) 54

【化學】52%

15. 某離子化合物 X 之溶解度與溫度關係如圖 7。林生利用圖 8 裝置測試體積為 100 cm^3 金屬塊的浮力，且可忽略溫度對其影響。在 45°C 已達溶解平衡的 X 水溶液中，尚有未溶解的 X 固體。將金屬塊完全沒入該溶液中，發現金屬塊重量減輕 120 克重，若 X 式量為 75，則此 X 飽和溶液的體積莫耳濃度 (M) 為何？

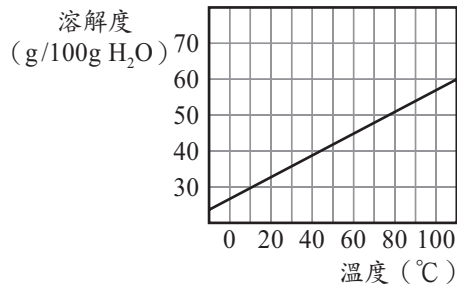


圖 7

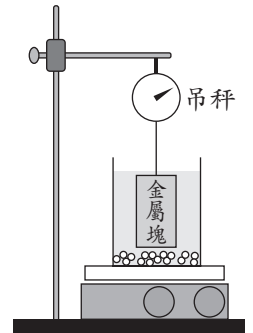


圖 8

- (A) 2.8 (B) 3.4 (C) 4.0
(D) 4.6 (E) 5.3

【化學】30%

16. 圖 9 是殺蟲劑芬普尼的結構；據此，一個芬普尼分子所含的所有氮原子共有幾對孤對電子？

- (A) 2
(B) 4
(C) 6
(D) 8
(E) 10

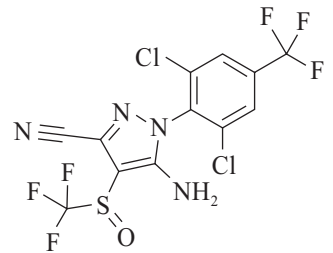


圖 9

【化學】55%

17. 圖 10 是某些元素 (以代號 a ~ h 表示) 其原子的質量數與質子數關係圖。根據此圖，下列敘述哪些正確？ (應選二項)

- (A) a 的原子半徑比 b 的原子半徑大
(B) d 與 e 為同位素
(C) c 的氧化物水溶液之鹼性比 d 的氧化物水溶液弱
(D) h 的價電子數比 f 多
(E) f 的中子數比 e 多

【化學】45%

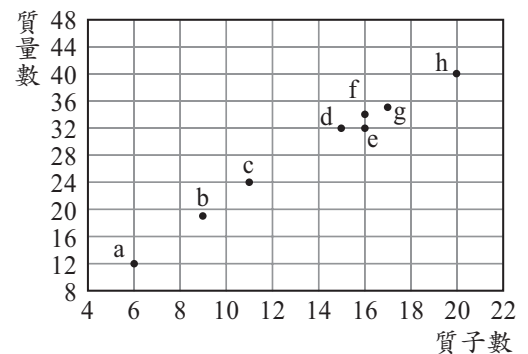


圖 10

18. 2021 年諾貝爾化學獎頒給研究催化劑的學者。人體中的酵素 (或稱酶)，即是生化反應的催化劑，如胃液中的胃蛋白酶可將蛋白質分解為小的分子片段。酵素的催化能力受環境的溫度、酸鹼性、受質濃度和專一性等影響。下列敘述哪些正確？ (應選二項)

- (A) 酵素通常是氨基酸的聚合物 (B) 胃蛋白酶在 $\text{pH} = 7.4$ 的環境有最佳活性
(C) 溫度愈高時，胃蛋白酶的催化能力愈強 (D) 食用大量制酸劑會降低胃蛋白酶的催化能力
(E) 胃蛋白酶亦可將澱粉分解產生葡萄糖

【化學】61%

19-20. 題為題組

分析細胞的 DNA 含量可瞭解組織中細胞的染色體套數或細胞所處之時期。研究者對某一具雙套染色體之生物，將其 DNA 以螢光物質染色，利用 DNA 含量與螢光強度成正比的原理，統計組織中不同螢光強度的細胞個數。

- _____ 19. 依據上文，下列對於細胞有絲分裂的敘述，何者正確？
- (A) 細胞分裂過程中，細胞因具單套染色體，螢光強度最弱
 (B) 細胞分裂完成時，細胞具雙套染色體，螢光強度較間期時弱
 (C) 細胞完成 DNA 複製時，細胞具三套染色體，螢光強度最強
 (D) 細胞 DNA 複製時，是處於細胞分裂期
 (E) 細胞完成 DNA 複製後進入間期，此時螢光強度最強 【生物】32%
- _____ 20. 取下列哪些部位的細胞進行 DNA 含量分析，較可能得到細胞分裂進行中的結果？（應選二項）
- (A) 植物木質部 (B) 植物根尖 (C) 受傷後修復中的皮膚
 (D) 成熟生殖細胞 (E) 成熟神經細胞 【生物】65%
- _____ 21. 有關真核生物的光合作用和呼吸作用，下列哪些正確？（應選三項）
- (A) 光合作用在葉綠體中進行
 (B) 發酵作用在粒線體中進行
 (C) 光合作用的過程中會產生 ATP
 (D) 有氧呼吸產生 ATP 的過程在細胞質中進行
 (E) 有些植物細胞內可同時進行光合作用和有氧呼吸 【生物】59%
- _____ 22. 從孟德爾的遺傳實驗中，延續到目前的遺傳學，有關基因的概念及其物質基礎的敘述，下列哪些正確？（應選二項）
- (A) 描述豌豆遺傳所說的一對遺傳因子等同現代遺傳學的兩個基因型之概念
 (B) 用遺傳因子描述豌豆的遺傳現象時，遺傳因子假說是一種具符號的抽象概念
 (C) 分子生物學的中心法則說明了孟德爾實驗中性狀和遺傳因子之間的關連性
 (D) 位於同一條染色體上的基因，還是有很高的機會遵循孟德爾的獨立分配律
 (E) 孟德爾的第一及第二遺傳法則適用於含 DNA 之生物，也適用於病毒 【生物】23%
- _____ 23. 小芳在實驗室學習基因轉殖的技術，他將生長激素基因（GH）殖入大西洋鮭之受精卵後，與控制組分別在試驗場之養殖池養成。另外，亦將轉殖組和控制組之魚分別飼養在由附近河流取水的養殖池中，以比較使用不同水質養殖的差別。三年後得成魚之體長如表 2。根據表 2，下列敘述哪些正確？（應選二項）
- (A) 控制組的魚，其體內並未有生長激素的分泌
 (B) GH 轉殖組的魚，其肌肉之密度較控制組的魚為低
 (C) 在河水中，可能較缺乏大西洋鮭生長所需的物質
 (D) 在河水中，GH 轉殖的大西洋鮭仍然會分泌高量生長激素
 (E) GH 轉殖的大西洋鮭，在河水中分泌生長激素的量高於在試驗場池水中 【生物】66%

表 2

	試驗場池水	河水
控制組	82 cm	53 cm
GH 轉殖組	166 cm	152 cm

24-25 題為題組

注射疫苗可透過免疫的過程達到防疫的目的，新冠肺炎（Coronavirus Disease 2019, COVID-19）之 RNA 疫苗即為對抗嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒 2 型（SARS-CoV-2）的疫苗之一。

24. 有關 RNA 的敘述，下列哪些正確？（應選二項）

- (A) RNA 分子為短片段的雙股螺旋結構
- (B) 構成 RNA 分子的四種基本鹼基與構成 DNA 的一樣
- (C) 細胞的基因被表現時，RNA 經由轉錄產生
- (D) COVID-19 疫苗的 RNA 轉譯後會產生蛋白質
- (E) 注射 RNA 疫苗後，其中的 RNA 必先插入基因體中才能產生蛋白質

【生物】54%

25. 圖 11 縱軸表示人體試驗施打某 RNA 疫苗後，中和抗體產生之數量，以顯示所誘導出免疫反應能力的大小（免疫原性）。橫軸表示施打之策略及時間。此試驗設定的劑量有五種（ $1\mu\text{g}$ 、 $10\mu\text{g}$ 、 $30\mu\text{g}$ 、 $50\mu\text{g}$ 及 $60\mu\text{g}$ ），第 1 次施打日定為第 1 日；施打後 7 天，定為第 8 日；第 22 日執行追加之第 2 次施打，劑量與第 1 次相同，但 $60\mu\text{g}$ 組未實施第 2 次注射。圖中之虛線為檢測極限值，即此值以下不具檢測參考之意義。下列敘述哪些正確？（應選三項）

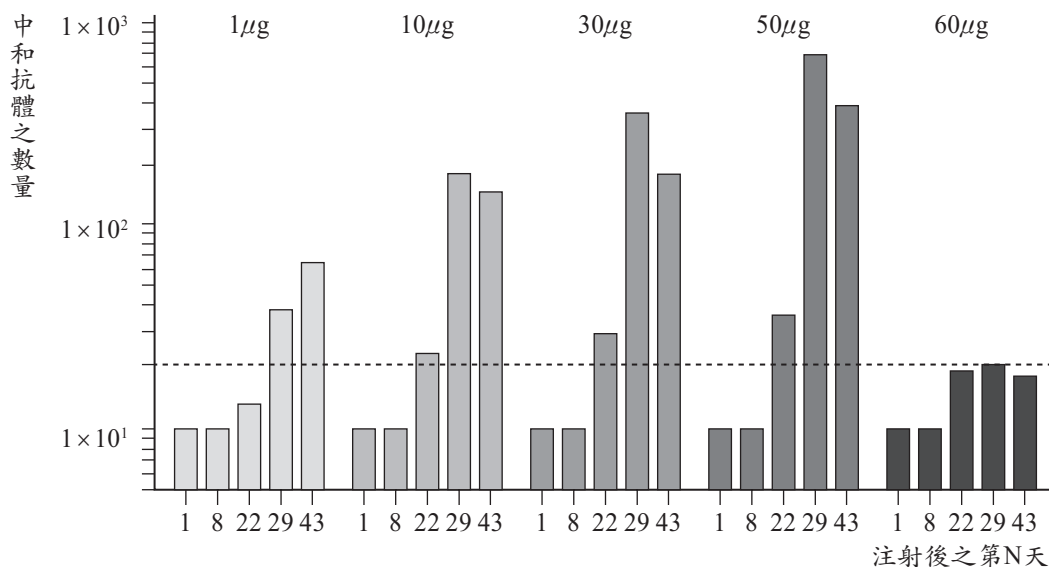


圖 11

- (A) 注射 $1\mu\text{g}$ 組為本試驗之控制組
- (B) 試驗值均被校正，使第 1 劑施打前之注射當天之免疫原性值為 1
- (C) 注射後第 22 天，顯示適當的第一劑就有有意義的免疫原性
- (D) 注射後第 29 天，顯示第二劑對免疫原性有提升的效果
- (E) 對照注射 $60\mu\text{g}$ 組的結果，可顯示第二劑對增強免疫原性值有其必要性

【生物】22%

26. 共同祖先之後代所呈現的同源結構是衡量後代物種間組成自然類群之準則。有關相對自然類群形成之推論，下列哪些正確？（應選二項）

- (A) 雞和人因體溫恆定而歸為同一類群，而非雞與鱷魚
- (B) 烏龜與蝙蝠因具有後肢而歸為同一類群，而非烏龜與海豚
- (C) 吳郭魚和鮭魚因具硬骨結構而歸為同一類群，而非吳郭魚與鯊魚
- (D) 植物和動物因其細胞具有細胞核而歸為同一類群，而非植物與細菌
- (E) 無尾熊和貓熊因生態習性相似而歸為同一類群，而非無尾熊與袋鼠

【生物】25%

27. 姊姊和弟弟唸過演化的主題後，姊姊做小結：「達爾文的天擇理論說明了族群會改變的原理」。下列他們兩人一來一往的後續對話，哪些正確？（應選三項）【生物】59%

(A)	「那麼！天擇對 DNA 的改變就不管用了！」
(B)	「DNA 發生突變後，某些較適合的性狀，天擇後會將它保留下來。」
(C)	「反之，對於有害的 DNA 突變，大部分天擇後會將它們移除。」
(D)	「有關 DNA 的現代理論已經取代十九世紀達爾文的演化理論了。」
(E)	「DNA 序列若發生趨同演化現象，則較不容易推論長時間的演化面貌。」

28-29. 題為題組

2020 年 7 月 30 日美國太空總署探測車「毅力號」發射升空，並降落在火星表面「傑澤羅坑」邊緣一個富存黏土礦物與碳酸鹽的三角洲附近（圖 12 中的白色圓圈區域）。

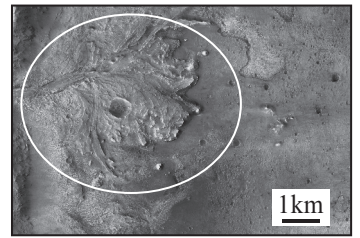


圖 12

28. 下列關於火星的描述，哪些正確？（應選二項）

- (A) 屬於類地行星
- (B) 由地球前往火星會通過小行星帶
- (C) 是與地球體積大小最相近的太陽系行星
- (D) 大氣濃密，表面主要因活躍的大氣活動而呈現棕紅色，以「大紅斑」最為著名
- (E) 表面曾經有流水的痕跡，表示火星曾經可能適合生命發展

【地科】51%

29. 圖 13 是圖 12 的局部放大影像，當中可見（甲）小隕石坑、（乙）波紋狀的風成沙丘、（丙）三角洲。此地貌由老到新的形成順序為何？

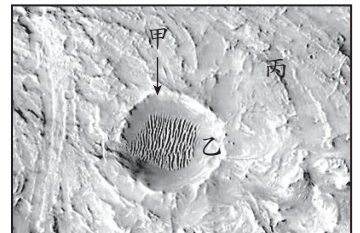


圖 13

- (A) 甲 - 乙 - 丙
- (B) 乙 - 丙 - 甲
- (C) 丙 - 乙 - 甲
- (D) 丙 - 甲 - 乙
- (E) 乙 - 甲 - 丙

【地科】68%

30. 小蕙與小傑分別於甲、乙兩地點所拍得的星跡照片如圖 14。兩人皆面向東方，長時間曝光拍攝，下列哪些正確？（應選二項）



甲地

乙地

圖 14

- (A) 甲地位於北半球，且緯度高於 45 度
- (B) 乙地位於南半球，且緯度低於 45 度
- (C) 甲地相當接近赤道
- (D) 甲地的緯度，較乙地高
- (E) 乙地位於北半球，且緯度約等於 45 度

【地科】62%

31. 天體的顏色提供豐富訊息。例如：織女星發出藍白光芒，心宿二顏色偏紅，天王星外觀為藍綠色，火星呈暗紅色。依據以上描述，下列何者正確？

- (A) 織女星的表面溫度比心宿二高
- (B) 天王星的表面溫度比火星高
- (C) 天王星的表面溫度比心宿二高
- (D) 織女星的發光能力比心宿二強
- (E) 火星的發光能力比心宿二強

【地科】67%

32. 水以固體、液體與氣體三相存在於地球系統中，相變時會伴隨著潛熱釋放或吸收。下列哪些現象會伴隨潛熱釋放？（應選三項）

- (A) 清晨時水氣凝結形成露珠時
 (B) 在高緯度地區冰直接變成水氣時
 (C) 地面積雪融化時
 (D) 水氣附著到凝結核上形成冰晶時
 (E) 夏季午後常見到的對流雲形成時

【地科】61%

33. 古人將所見星空，想成是繁星投影在一個無限大，以地球為中心且具有相同旋轉軸的天球。太陽一年的視軌跡為黃道，與天球赤道夾 23.5° 。天球概念之示意圖如圖 15，若以地球繞太陽公轉來推論太陽在天球中的移動軌跡，圖中對北半球而言，太陽自春分到冬至的移動順序為下列何者？

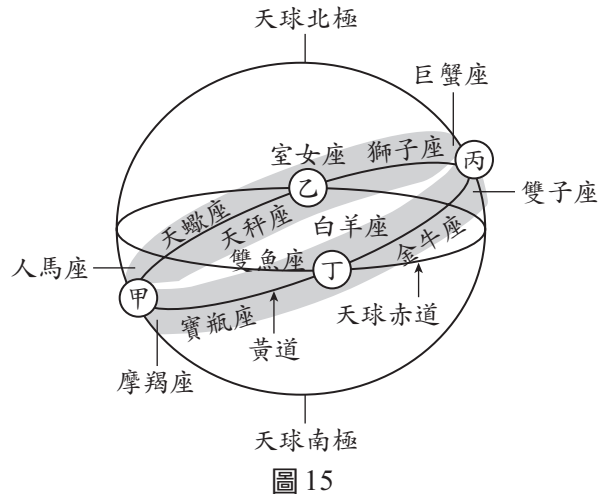


圖 15

- (A) 甲→乙→丙→丁
 (B) 乙→丙→丁→甲
 (C) 甲→丁→丙→乙
 (D) 丁→丙→乙→甲
 (E) 丙→丁→甲→乙

【地科】62%

34. 圖 16 是某年秋天某日東亞地區的衛星雲圖，H 表示高壓，白線為局部等壓線，灰線為甲天氣系統長帶狀的雲，乙為另一天氣系統，丙箭頭所指處為臺灣的位置。依圖，下列哪些較為正確？（應選三項）

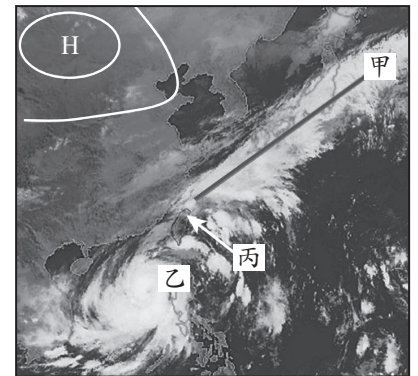


圖 16

- (A) 甲天氣系統長帶狀的雲為黑潮暖海溫所形成
 (B) 乙天氣系統的雲為颱風或熱帶低壓的雲系
 (C) 丙箭頭所指位置同時受到甲、乙兩天氣系統影響
 (D) 乙天氣系統是冷、暖氣團交會形成
 (E) 臺灣東北部要提防豪雨

【地科】52%

35. - 36. 題為題組

日本鰻在河川中成長，將成熟時，洄游數千公里到馬里亞納群島海域產卵。孵化後，幼魚隨北赤道洋流與黑潮漂游到近岸，再游進河川。每年冬季都可見日本、韓國、臺灣、大陸等地漁民於沿岸捕撈鰻苗供養殖所需。

35. 根據短文，以下推論何者有顯著錯誤？

- (A) 若鰻的幼魚被動地隨著黑潮漂送，則鰻苗於東亞的分布情形可以反應黑潮的流況分布
 (B) 福建海岸及臺灣西岸冬季都可能捕撈到鰻苗，表示黑潮水於冬季時會進入臺灣海峽
 (C) 已知黑潮平均流速約 1m/s ，相對於日本九州海岸，臺灣鰻苗漁汛多半提早一至兩天
 (D) 鰻的幼魚利用黑潮移動，所以在日本、韓國、臺灣、大陸等地都可以捕撈鰻苗
 (E) 近岸海水及河流的汙染，及生態環境破壞，可能是鰻魚產量變少的原因之一

【地科】40%

36. 鰻魚可感知鹽度以找尋適當河川。已知表層之黑潮水鹽度為 33‰，河水鹽度為 1‰，假設水體充分混合，當鰻魚所在水域之鹽度為 25‰ 時，黑潮水與河水混合的重量比例為何？

- (A) 3 : 1 (B) 2 : 3 (C) 1 : 1 (D) 3 : 2 (E) 1 : 2

【地科】55%

第貳部分：混合題或非選擇題（占 56 分，選擇題每題 2 分）

37.-42.題為題組

黑碳是指生質或化石燃料經不完全燃燒形成的產物，可經過幾千年到幾百萬年，不易分解。小芊想測量古地質樣品中的黑碳，老師告訴小芊，樣品中還有許多含碳物質，如動植物殘骸、化石燃料及油母質等，會影響黑碳含量的評估，因此必須先分離出不是屬於黑碳的碳質。油母質是指動植物遺骸（通常是藻類或木質植物）在地下深處被細菌分解，除去醣類、脂肪酸及胺基酸後，殘留下不溶於有機溶劑的高分子聚合物。

由文獻得知，以油母質與木炭做為實驗樣品，在酸性環境下，使用甲、乙、丙三種不同濃度的二鉻酸（ $H_2Cr_2O_7$ ）進行反應，得不同的反應時間點下，碳的殘留百分比，如圖 17。根據上文與實驗結果，回答下列問題。

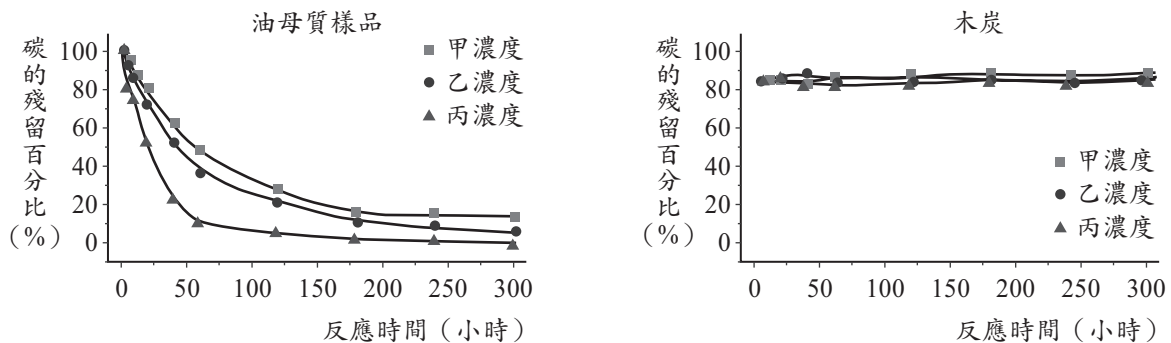


圖 17

37. 圖 17 顯示油母質與木炭樣品分別與二鉻酸溶液反應，得碳的殘留百分比不同。下列關於實驗結果與推論的敘述，哪些正確？（應選二項）
- (A) 油母質中的碳質相較木炭中的碳質的分子量大
 - (B) 油母質中的碳質顆粒較小，木炭中的碳質顆粒較大
 - (C) 油母質中碳的殘留百分比較木炭為低，是因油母質較易與二鉻酸溶液反應
 - (D) 油母質中的碳質比木炭中的碳質容易被還原
 - (E) 木炭中碳的殘留百分比，不因二鉻酸溶液濃度的不同而有明顯差異
- 【化學】46%
38. 文獻中常以二鉻酸溶液來分離不屬於黑碳的物質，從圖 17 的結果，回答下列問題：甲、乙、丙三種溶液中的二鉻酸濃度大小關係為何？（2 分）
- 【化學】

濃度大小關係

39. 燃燒煤或有機生質產生的黑碳可以懸浮於大氣中，形成懸浮微粒，並影響地球氣溫。若要估計黑碳對地球氣溫影響的程度，應該蒐集下列哪些資料比較合理？（應選二項）
- (A) 大氣中黑碳的總量
 - (B) 沉積於地殼中黑碳的總量
 - (C) 黑碳中含碳分子的分子量
 - (D) 單位重量黑碳微粒所吸收太陽輻射的量
 - (E) 家用烹調與暖氣加熱所排放出的黑碳總量
- 【地科】62%

40. 若黑碳沉降到極區冰川表面，對冰雪消融速率有何種影響？填入適當的詞彙。(2分)

冰雪消融速率會_____

【地科】

41. 在古土壤與二鉻酸充分反應移除不屬於黑碳的碳質後，以下實驗敘述，何者可以較易且最準確地得到樣品中黑碳含量？

- (A) 直接烘乾秤重
 (B) 以有機溶劑充分潤洗後烘乾秤重
 (C) 在氧氣下點火充分燃燒，產生的氣體用排水集氣法收集
 (D) 在氧氣下點火充分燃燒後，產生的氣體依序通入過氯酸鎂、氫氧化鈉後再分別秤重
 (E) 通入氫氣反應，測量生成的甲烷體積

【化學】56%

42. 「碳循環」有地球的控溫系統之稱，下列有關碳循環的敘述哪些正確？(應選三項)【地科】70%

- (A) 火山噴發會將岩石圈內的二氧化碳釋放至大氣中
 (B) 植物會進行消除二氧化碳的作用，也會進行呼吸作用釋放二氧化碳
 (C) 海水可無限制地溶入二氧化碳，藉由溫鹽環流帶往深海，再將其封存於岩石圈
 (D) 扣除人類活動影響，大氣中二氧化碳的比例從地球誕生以來無大幅度改變
 (E) 人類大量使用化石燃料，將大量二氧化碳釋放到大氣中，破壞了原有的碳循環平衡

43-45. 題為題組

某海岸有不同高程的海階，如圖 18 的 T_0 至 T_3 所示。海階常有海蝕凹壁。小莉推論海蝕凹壁為當地堅硬的火成岩壁受潮水長期侵蝕而成。海蝕凹壁上常有大量的穿孔貝附著在凹壁上。穿孔貝僅在潮起潮落之間的高度存活，無法長期離開水面。因此，小莉推論此海階上的海蝕凹壁主要由大地震所造成的垂直擡升而成。小莉詳細丈量每個海階和海蝕凹壁的高程，並利用凹壁上穿孔貝的碳進行碳-14 定年分析。所得的結果如表 3 所示。

表 3

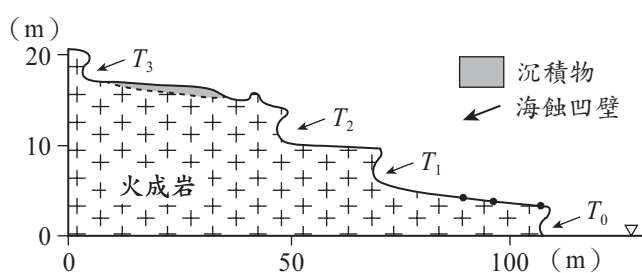


圖 18

階地	累積高程 (m)	定年結果 (年)
T_0	0	0
T_1	6	800
T_2	10	1600
T_3	18	2400

43. 該海蝕凹壁生成的過程中，下列何項地質作用影響最小？

- (A) 侵蝕作用
 (B) 搬運作用
 (C) 變質作用
 (D) 風化作用
 (E) 大地震瞬間擡升

【地科】60%

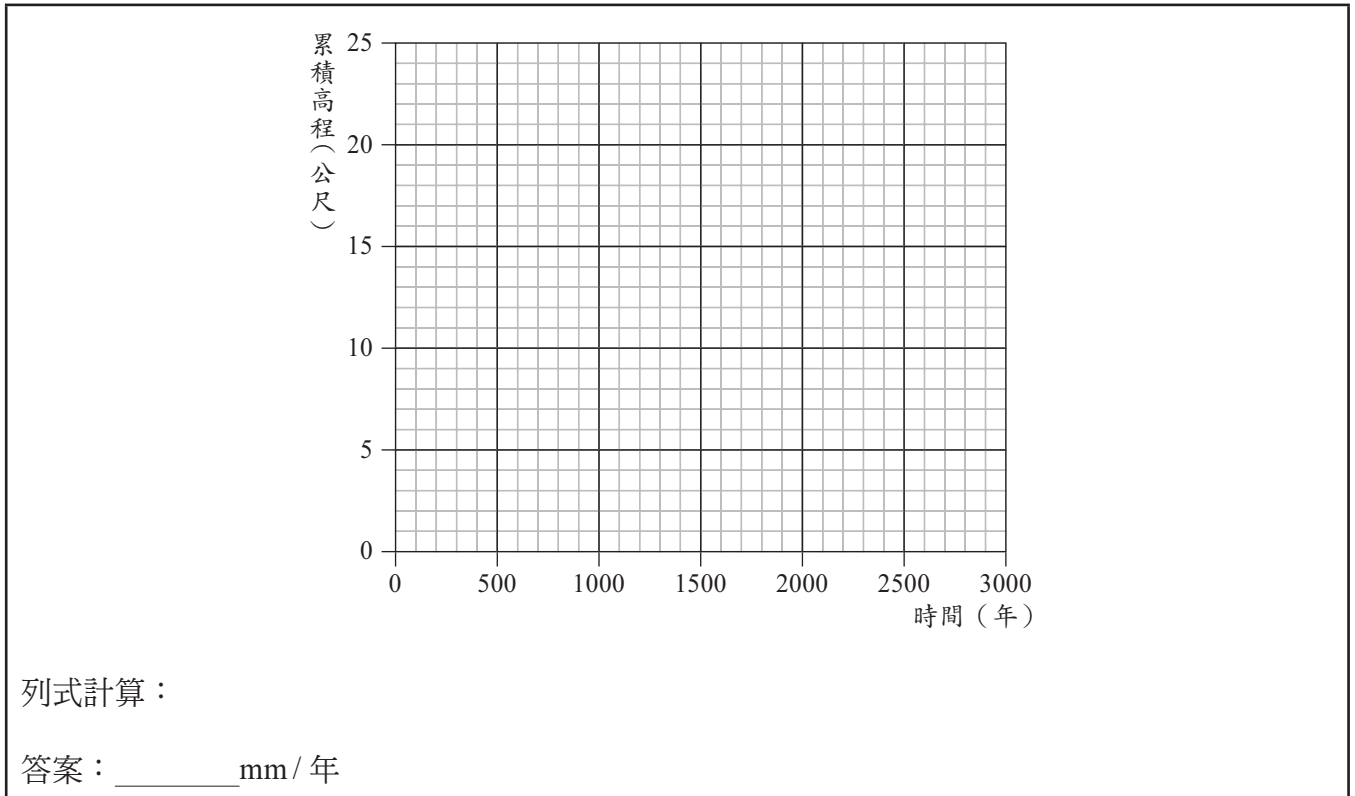
44. 有關碳-14 定年的敘述，下列哪些正確？(應選二項)

- (A) 碳-14 定年法為絕對地質年代定年法
 (B) 碳-14 具放射性
 (C) 碳-14 之半衰期約為 5730 年，此定年方式適用於時間尺度十萬年以上事件之探討
 (D) 碳-14 定年中，母元素含量的比例隨時間呈線性衰減
 (E) 碳-14 和碳-12 是同位素，碳-14 的原子核由 8 個質子和 6 個中子組成

【地科】32%

45. 若此海岸海階的形成主要由偶發大地震事件所引起，假設在兩次大地震之間無明顯擡升與海水面高度變化，請依下列坐標軸與表 3 的數據，畫出此海岸 T_0 到 T_3 期間，最符合上述地體擡升情形之累積高程（縱軸）隨時間（橫軸）的變化圖（2 分）。注意：由大地震引起的快速擡升，和緩慢擡升是有所不同的。並列式計算此海岸 T_0 到 T_3 期間的平均擡升速率（單位為 mm/年，計算至小數點第一位）（2 分）

【地科】



46.-48.題為題組

新冠肺炎（Coronavirus Disease 2019, COVID-19）是由 SARS-CoV-2 導致的傳染性肺炎，並且引發全球大流行之疫情。依據您所學的生物學知識及最近社會大眾對病毒、疫苗及疫情之關心及問題探討，回答 46.~48.題。

_____ 46. 圖 19 為冠狀病毒 RNA 中核苷酸之模式圖，有關此圖之描述下列哪些正確？（應選三項）

- (A) 甲為磷酸基
- (B) 乙為去氧核糖
- (C) 丙可能是胞嘧啶
- (D) 丙可能是鳥糞嘌呤
- (E) 丙不可能是尿嘧啶

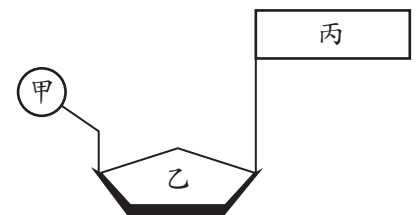


圖 19

【生物】56%

_____ 47. 有關冠狀病毒在目前三域生物分類系統歸類的敘述，哪些正確？（應選二項）

【生物】47%

- (A) 此病毒長度通常小於 $1\mu\text{m}$ ，長度太小是目前生物分類系統未將病毒列入的原因
- (B) 此病毒之核心不具 DNA，是被排除在目前生物分類系統之外的主要原因
- (C) 此病毒缺乏基本的細胞結構，故尚待分類學者引入生物分類系統
- (D) 此病毒的基因重組現象相當高，故較不適於分析同源結構來重建其演化關係
- (E) 此病毒 SARS-CoV-2 未使用二名法為學名，是目前尚未將它納入生物系統之主因

48. 分析不同新冠病毒的完整基因體，並以來自蝙蝠之病毒 RNA 做為親緣關係網絡圖的根，如圖 20，其中之線段長度代表 RNA 序列之差異程度；X、Y 及 Z 分別為不同中心點變異病毒株的 RNA；以及甲～辛等代表各地點病毒株的 RNA。請擷取此圖資訊，繪一個蝙蝠病毒 RNA、X、Y 及 Z 之分支關係圖。（3 分）並寫出哪一地點的病毒 RNA，與 X 和蝙蝠病毒 RNA 親緣關係最接近。（1 分）

【生物】

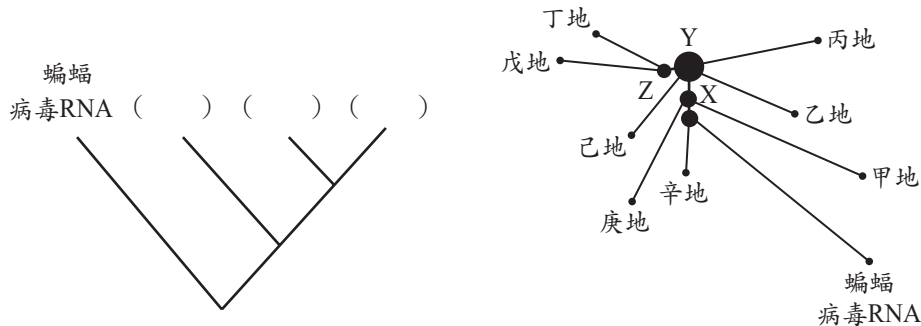


圖 20

親緣關係最接近的地點：_____

49.-54. 題為題組

測量血液流速的血流儀是以都卜勒效應為原理製成。若血流儀的感測器以頻率為 f 的聲波或光波入射到血液，而接收到的反射波頻率為 $(f + \Delta f)$ ， Δf 的量值與血液流速可近似為成正比。圖 21 為探究飲酒對於血液流速影響的監測數據曲線。

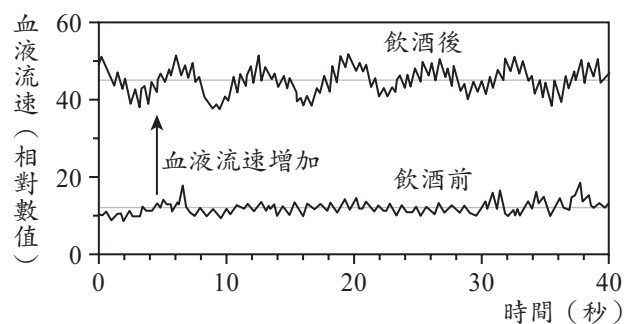


圖 21

49. 飲酒後，血液流速隨著時間變化可近似為

週期波，且有高頻低幅的成分與低頻高幅

的成分。如圖 21 所示，飲酒後的監測數據曲線猶如週期大且振幅大的波動與週期小且振幅小的波動疊加，其中前者稱為低頻高幅，後者稱為高頻低幅。假設高頻的成分頻率為 f_H ，低頻的成分頻率為 f_S ，依據這項血液流速的探究與分析，下列哪些正確？（應選二項）

(A) $f_H \approx 10 \text{ Hz}$

(B) $f_H \approx 1 \text{ Hz}$

(C) $f_S \approx 1 \text{ Hz}$

(D) $f_S \approx 0.1 \text{ Hz}$

(E) $f_S \approx 10 \text{ Hz}$

【物理】29%

50. 感測器靜止放置在皮膚表面，已知血液的流動方向使血液中的物質接近感測器，若監測血液流速的光波其特性代號如表 4 所示，則在相同的介質之中，入射波與反射波特性的關係，何者正確？

表 4

	波 速	波 長	頻 率	週 期
入射波特性代號	v_I	λ_I	f_I	T_I
反射波特性代號	v_R	λ_R	f_R	T_R

(A) $v_I > v_R$

(B) $f_I > f_R$

(C) $T_I < T_R$

(D) $\lambda_I > \lambda_R$

(E) $\lambda_I = \lambda_R$

【物理】31%

51. 圖 22 為波自介質 A 射入介質 B 的示意圖。波在介質 A 中波速較慢，在介質 B 中波速較快。箭號實線代表入射線，虛線為延伸線。在圖 22 中畫出。

(1) 法線。(1 分)

(2) 波進入介質 B 之後的折射線。折射線只需要畫出示意的偏右上、偏左下、或沿虛線不偏折。(1 分)

【物理】

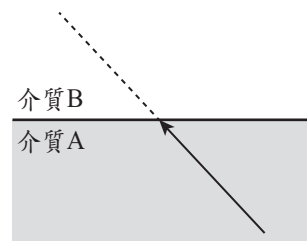


圖 22

52. 承 49 題，依據生物學知識判斷，血液流速變化中高頻的成分 f_H ，主要是由下列何種作用或機制所影響？

- (A) 呼吸 (B) 心跳 (C) 排泄
(D) 酒精發酵 (E) 能量產生

【生物】71%

53. 依據圖 23 中之血液抹片圖，並假設血流儀射入一波長 800 奈米的雷射光，則反射波主要由下列何者所反射？

- (A) 紅血球 (B) 白血球
(C) 血小板 (D) 蛋白質
(E) 水

【生物】55%

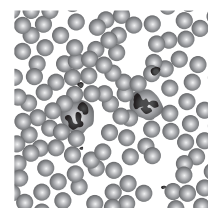


圖 23

54. 假設血流儀的雷射光能精準射入某器官的動脈 (A)、微血管 (C) 及靜脈 (V)，且反射出的雷射光頻率變化分別為 Δf_A 、 Δf_C 及 Δf_V 。依血管之功能、管壁彈性和厚度、管腔之大小等因素來推斷， Δf_A 、 Δf_C 、 Δf_V 之大小關係應如何才合理？(2 分)

【生物】

Δf_A 、 Δf_C 、 Δf_V 大小關係為：_____。

55-57. 題為題組

含有 Cr (VI) 的化合物，如鉻酸根離子 (CrO_4^{2-})，簡稱六價鉻。生活用品的製程中常產生六價鉻，成為影響水源的汙染物。美國國家環境保護署 (U.S. EPA) 與世界衛生組織 (WHO)，分別建議飲用水的鉻含量不可高於 100 ppb 與 50 ppb (10^{-9} ，即十億分之一)。如何有效移除水中六價鉻，一直是科學家試圖解決的課題。受到海綿的多孔結構可以吸水的啟發，科學家以具有多孔結構的有機金屬骨架 (簡稱 MOF)，吸附水中的六價鉻。MOF 材料除了能移除水中六價鉻外，亦可在酸性水溶液中，經照光將六價鉻轉變成毒性較低的三價鉻 (Cr (III)) 化合物，並將材料再生使用。

55. 將相同重量的 MOF 材料，放入兩杯體積相同但六價鉻濃度不同的水溶液，靜置 30 分鐘後，測量水中六價鉻濃度，其結果顯示於圖 24。下列敘述，哪些正確？(應選三項)

- (A) MOF 材料在溶液一與溶液二中，對六價鉻的移除率均高於 70%
(B) MOF 材料在溶液一與溶液二中，對六價鉻的移除率均低於 30%
(C) 處理過後的溶液一都同時符合 EPA 與 WHO 的飲用水標準
(D) 處理過後的溶液二都同時符合 EPA 與 WHO 的飲用水標準
(E) 本實驗的目的在測試 MOF 材料對於水溶液中六價鉻的吸附能力

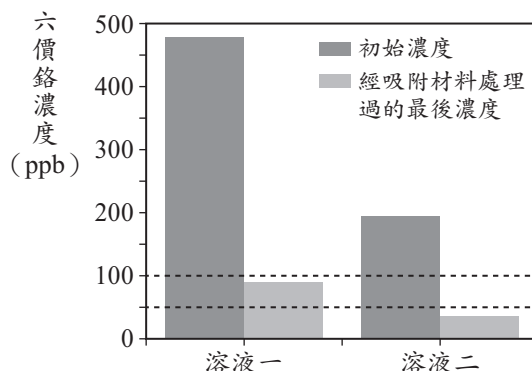


圖 24

【化學】60%

56. 科學家將 MOF 材料與聚合物結合，做成方便回收的錠型材料（簡稱 MOF@ 聚合物），並測試 MOF 材料與聚合物結合對於吸附六價鉻的能力，結果如圖 25 所示。下列敘述，哪些正確？（應選三項）

- (A) 「吸附材料的種類」為本實驗中的操縱變因
 (B) 此 MOF 材料、錠型材料與聚合物對六價鉻的吸附能力實驗，三者應使用相同初始濃度的六價鉻
 (C) 剔除聚合物對於六價鉻的吸附實驗，對於 MOF@ 聚合物實驗結果解讀沒有影響

- (D) MOF@ 聚合物形成的材料，增加了使用上的方便性，但卻犧牲了對六價鉻的吸附能力
 (E) 單獨使用聚合物，幾乎沒有移除水溶液中六價鉻的能力

【化學】55%

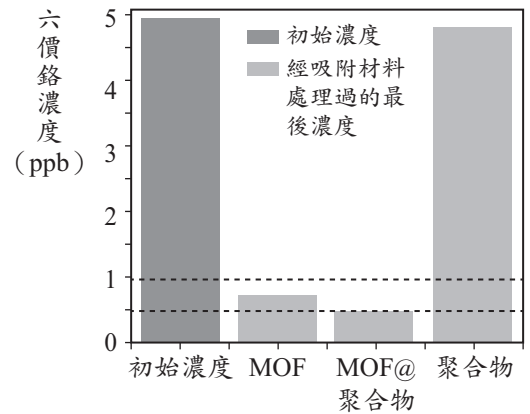


圖 25

57. 此 MOF 材料在酸性及照光的條件下，可產生如下的反應： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \cdots \cdots$ 式(1)

此外，小美於化學課中，也學到如下的反應式： $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \cdots \cdots$ 式(2)

試問反應式(2)是屬於哪一種類的反應？寫出式(2)平衡反應式的係數（係數為最簡整數比）。（4分）

【化學】

反應種類	平衡反應式的係數
	$\underline{\quad} \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \underline{\quad} \text{Fe}^{2+} + \underline{\quad} \text{H}^+ \longrightarrow \underline{\quad} \text{Cr}^{3+} + \underline{\quad} \text{Fe}^{3+} + \underline{\quad} \text{H}_2\text{O}$

58.-60. 題為題組

量子科學以光電科技改善了生活，也增進了質量國際標準的精密與穩定。科學家發現電壓、電阻與電磁波能量等電磁量的量子單元，與普朗克常數 h 相關，因此訂 $h = 6.62607015 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ 為新的質量基準。工程師使用類似於圖 26 的電磁天平來校準質量，並利用經過量子單元校正的電磁量，來測量與換算線圈的電壓與電流，藉以連結質量 M 與普朗克常數 h 。

某生利用積木製作一座類似於圖 26 等臂的電磁天平。圖中右側為秤盤，左側為線圈和磁鐵，X 與 Y 代表固定磁鐵的兩極。以支點為軸，線圈與秤盤可以是維持於水平的靜態模式，或上下微幅振動的動態模式。

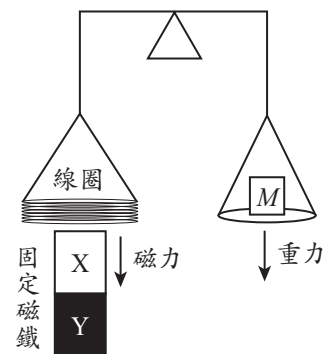


圖 26

58. 關於文中提到的物理量，哪個為基本量？

- (A) 質量 (B) 電阻 (C) 電壓 (D) 能量 (E) 磁場 【物理】69%

59. 靜態模式時，無電流的線圈與空的秤盤質量相同，天平最初處於水平靜止狀態。待測物置入秤盤之後，參照圖 26，下列線圈電流與磁極方向的組合，哪些能使天平恢復平衡？（應選二項）

【物理】51%

- (A) (B) (C) (D) (E)

60. 靜態模式時，線圈電流 I 與磁鐵之間的作用力量值為 $F_B = f_B I$ 。由於缺乏檢測 f_B 的設備，無法從靜態模式求得待測物的質量 M 。但可知，當線圈相對於磁鐵移動的速度為 v 時，線圈的感應電動勢（電壓）為 $V = f_B v$ ，動態模式與靜態模式的 f_B 相同，示意如圖 27。分析線圈速度 v ，以及對應的電壓表讀數 V ，其數據如表 5，並繪製感應電壓對線圈速度 ($V-v$) 的關係圖，如圖 28 所示，藉以推算 f_B 值。當天平達靜態平衡時，線圈電流為 $I = 40 \text{ mA}$ ，試以 kg 為單位，計算待測物的質量，須寫出計算步驟，並四捨五入至小數第 1 位。（4 分）（已知重力加速度量值 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ）

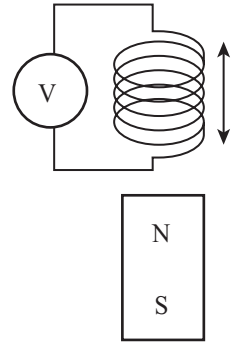


圖 27

表 5

線圈速度 v (mm/s)	-3.8	-2.2	0.1	1.8	3.6
感應電壓 V (mV)	-95	-55	2.5	45	90

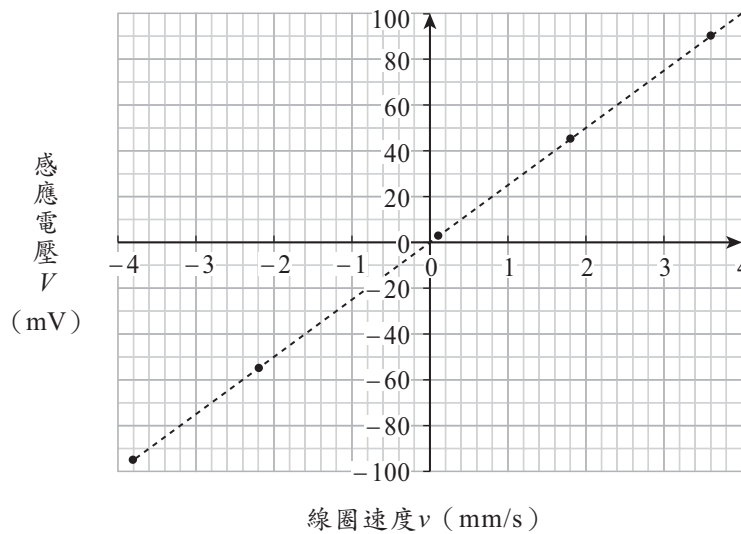


圖 28

【物理】

題型細目分析與誤答統計表

請將答錯的題號圈起並統計題數，掃描QRcode看建議讀物

物理 	1. 平均速度 5. 能量、動能 9. 科學史 58. 物理基本量	2. 等速度運動 6. 電磁感應、電流磁效應 49. 波的性質 59. 靜力平衡、電流磁效應	3. 萬有引力 7. 黑體輻射 50. 都卜勒效應 60. 電磁感應（冷次定律）	4. 基本作用力 8. 能量、功率 51. 折射定律（司乃耳定律）
化學 	10. 荷質比 14. 化學計量 18. 酵素 55. 移除率與剩餘濃度	11. 【實驗】濾紙層析分析 15. 體積莫耳濃度 37. 常見的化學反應 56. 實驗規劃與變因	12. 溫度壓力曲線 16. 孤電子對 38. 溶液、濃度 57. 化學反應與化學計量	13. 酸鹼指示劑 17. 物質的組成 41. 樣品含量測量
生物 	19. 細胞有絲分裂 23. 基因轉殖技術 27. 天擇說與 DNA 突變 48. 親緣關係樹	20. 【實驗】細胞的觀察 24. RNA 構造與組成 46. RNA 構造與組成 52. 血液流速	21. 光合作用、呼吸作用 25. 疫苗的免疫源性 47. 【實驗】病毒與分類系統 53. 【實驗】細胞的觀察	22. 孟德爾的遺傳實驗 26. 同源器官、親緣關係樹 54. 血管的血液流速
地球科學 	8. 太陽輻射 31. 恆星、行星的顏色 35. 黑潮 42. 碳循環	28. 太陽系行星的特徵 32. 凝結、凝華釋放潛熱 36. 海水鹽度計算 43. 地質作用	29. 截切定律 33. 太陽的運行方向 39. 懸浮微粒與太陽輻射 44. 碳-14 定年法	30. 恆星的視軌跡 34. 颱風與共伴效應 40. 太陽輻射與融雪 45. 海階、地震擡升速率

1

111 學年度學科能力測驗

- 1.(B) 2.(B)(E) 3.(B) 4.(D)(E) 5.(A)
 6.(B)(E) 7.(D) 8.(B)(E) 9.(B) 10.(A)
 11.(C) 12.(A)(E) 13.(E) 14.(C) 15.(D)
 16.(B) 17.(A)(E) 18.(A)(D) 19.(B) 20.(B)(C)
 21.(A)(C)(E) 22.(B)(C) 23.(C)(D) 24.(C)(D) 25.(C)(D)(E)
 26.(C)(D) 27.(B)(C)(E) 28.(A)(E) 29.(D) 30.(C)(E)
 31.(A) 32.(A)(D)(E) 33.(D) 34.(B)(C)(E) 35.(C)
 36.(A) 37.(C)(E) 39.(A)(D) 41.(D) 42.(A)(B)(E)
 43.(C) 44.(A)(B) 46.(A)(C)(D) 47.(C)(D) 49.(B)(D)
 50.(D) 52.(B) 53.(A) 55.(A)(D)(E) 56.(A)(B)(E)
 58.(A) 59.(A)(D)

第壹部分：選擇題

1.【物理】

暴風半徑為 180 km，由題目圖 1 可依比例估算 21 日 14 時至 22 日 02 時之間，颱風移動的距離約為 135 km。颱風移動的平均時速 $v = \frac{135}{12} = 11.25$ (km/h) ≈ 10 (km/h)

(這題選最接近的答案即可)。

【地科】

颱風中心預測路徑自 21 日 14 時至 22 日 02 時之間，共 12 小時的移動距離約為暴風半徑 (180 公里) 的 $\frac{3}{4}$ ，計算平均時速約為 $(180 \times 0.75) \div 12 = 11.25$ (km/h)。

2.(A)(B)此颱風在 22 日 02 時至 23 日 14 時之間

{ 以等速率移動：切線力 = 0
 { 方向持續改變：法線力 $\neq 0$

(C)(D)由颱風行進路徑圖可看出 23 日 14 時之後颱風中心位置在相同的時距內的前進「路徑長」不相等
 \Rightarrow 「非」等速前進 \Rightarrow 合力 $\neq 0$

(E)由颱風行進路徑圖可看出在 24 日 14 時至 25 日 14 時之間「路徑長」大於 25 日 14 時至 26 日 14 時之間「路徑長」，速度變「慢」
 \Rightarrow 所受的平均合力方向與速度方向「相反」。

3. 星球表面的重力加速度：

$$g = \frac{GM}{R^2} \propto \frac{M}{R^2}$$

$$\Rightarrow \frac{g_{\text{火星}}}{g_{\text{地球}}} = \frac{m_{\text{M}}}{m_{\text{E}}} \times \left(\frac{r_{\text{E}}}{r_{\text{M}}}\right)^2 = \frac{1}{9.3} \times 1.86^2 = 0.372 \approx 0.37$$

4. 四大基本力 { 巨觀視界：電磁力、重力
 { 微觀視界：強作用、弱作用

日常天氣現象為「巨觀視界」的電磁力與重力。

5. 動能 $E_K = \frac{1}{2}mv^2$: $3600 \times 10^3 = \frac{1}{2} \times 720 \times v^2$

$$\Rightarrow v = 100 \text{ (m/s)}$$

6. 產生 $I_2 > 0$ 流向的感應電流，以「增加向上」的磁力線。

(B) $I_1 > 0$ 且漸增，抵抗 I_1 所產生向下磁力線的增加

(E) $I_1 < 0$ 且漸減，抵抗 I_1 所產生向上磁力線的減少。

7. 由題目圖 4 上圖的黑色波折線，與標準的輻射體之克氏 (絕對) 溫度 260 K 平滑的細線最接近，故相當於

$$260 \text{ K} - 273 \text{ K} = -13^\circ\text{C} \approx -10^\circ\text{C}$$

8.【物理】

①由右圖知，當大氣中的 CO_2 含量增加 (1000 ppm) 時，在箭頭處有熱輻射明顯的減少。表示大氣「向外的總熱輻射」也隨之減少，也就是大氣層外部的溫度將降低，即 $\Delta T_{\text{外}} < 0$

②在太陽輻射保持總輸入能量不變，但大氣「向外的總熱輻射」減少的情況下，保留在大氣層內部的能量將隨之增加，也就造成大氣層內部的溫度增加，即 $\Delta T_{\text{內}} > 0$

【地科】

根據題目圖 4，大氣向外的熱輻射功率 (黑色波折線) 在 CO_2 濃度增加時，總功率 (波折線下總面積) 較小，因此 $T_{\text{外}}$ 會低於目前的平衡狀態，故 $\Delta T_{\text{外}} < 0$ 。又大氣中 CO_2 濃度增加造成暖化，因此 $T_{\text{內}}$ 會高於目前的平衡狀態，故 $\Delta T_{\text{內}} > 0$

9.(A)(B)愛因斯坦以光子模型解釋光電效應，並非馬克士威以馬克士威方程式解釋

(C)拉塞福是利用 α 粒子撞擊金原子探究原子結構

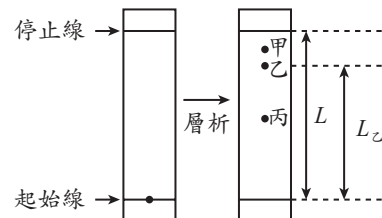
(D)波耳並非首先觀測到氫原子光譜，而是以能量不連續性、能階量子化「解釋」氫原子的明線光譜

(E)波耳氫原子模型的建構 (1913 年)，晚於拉塞福的原子模型 (1911 年)。

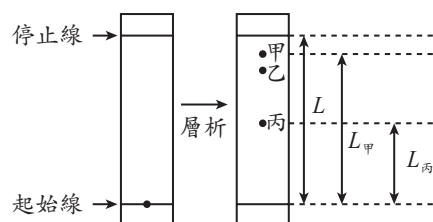
10. H^+ 、 He^{2+} 與 Li^+ 之電荷、質量以及 $\frac{\text{電荷}}{\text{質量}}$ 之數值如下表：

	H^+	He^{2+}	Li^+
電荷 (價數)	+1	+2	+1
質量 (原子量)	1	4	6.9
電荷與質量比值 ($\frac{\text{電荷}}{\text{質量}}$)	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{6.9}$

故可知 $\frac{\text{電荷}}{\text{質量}}$ 之數值大小順序為 $\text{H}^+ > \text{He}^{2+} > \text{Li}^+$

11.(A)由題目中 Rf 的定義以及下圖可知，乙的 Rf 值為 $\frac{L_{\text{乙}}}{L} \approx 0.8$ 

(B)由下圖可知，甲、丙的 Rf 值分別為 $\frac{L_{\text{甲}}}{L} \approx 0.9$ 及 $\frac{L_{\text{丙}}}{L} \approx 0.5$ ，兩者相加約為 1.4



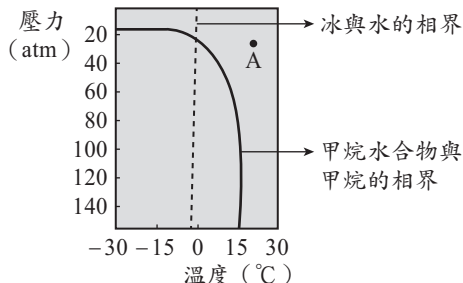
(C)由(A)(B)可知，乙和丙的 Rf 值約為 8 : 5，故兩者移動速率比亦為 8 : 5

(D)由於甲的 Rf 值最大，故可知甲和移動相與固定相之作用力差異 ($F_{移} - F_{固}$) 最大。丙的 Rf 值最小，可知丙和移動相與固定相之作用力差異 ($F_{移} - F_{固}$) 最小。然而分子量並非影響物質間作用力大小的唯一因素，因此無法推論三者分子量大小的關係

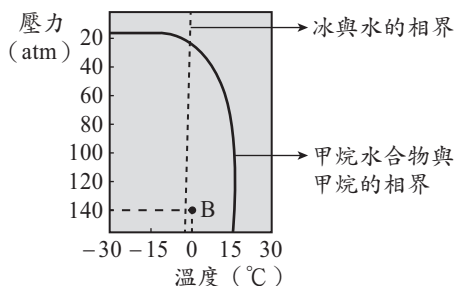
(E) Rf 值為成分移動距離和展開液移動距離的比值，不會因展開液移動距離的長短造成 Rf 值變化。

12.(A)甲烷水合物是由甲烷與水組成，其中甲烷具有可燃性，且常溫常壓下甲烷為氣態，故點燃時發生燃燒反應的為甲烷氣體

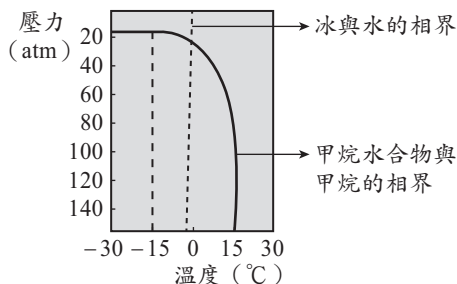
(B)由相圖可知，A 點在冰與水之相界（下圖中斜直線）的右側，故水為液態。A 點亦在甲烷水合物與甲烷的相界（下圖中彎曲線）的右側，故甲烷為氣態。可知 A 點處，甲烷氣體與液態水可同時存在



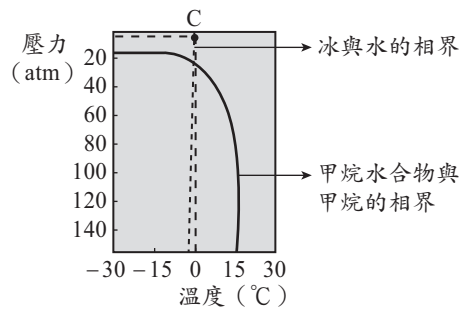
(C) 0°C、140 大氣壓（下圖中 B 點處）下，由相圖可知，B 點在冰與水之相界（下圖中斜直線）的右側，故水為液態。B 點則在甲烷水合物與甲烷的相界（下圖中彎曲線）的左側，故甲烷與水會形成水合物。即在 B 點處，甲烷水合物與冰無法同時存在



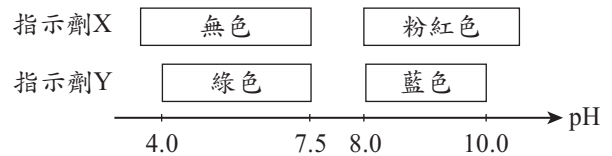
(D)由相圖可知，在 -15°C 時只要壓力大於 20 大氣壓（即下圖中虛線處任何一點），對甲烷來說皆可與水以甲烷水合物的形式存在



(E) 0°C、10 大氣壓（右圖中 C 點處）下，由相圖可知，C 在甲烷水合物與甲烷的相界（右圖中彎曲線）的外側，故甲烷與水不會形成水合物。即在 C 點處，甲烷水合物並不存在。



13.由題意可知，指示劑 X、Y 之變色情形示意圖如下：



① 0.1 M 的甲、乙兩溶液以體積比 1 : 9 混合時，指示劑 X 和 Y 的顏色分別為粉紅色和藍色，故可確認該混合溶液之 pH 值介於 8.0 ~ 10.0 之間，溶液呈現鹼性。在(B)(D)選項中，分別為 $\text{HCl}_{(aq)}$ 與 $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ 過量，溶液呈酸性，故(B)(D)選項錯誤

② 0.1 M 的甲、乙兩溶液以體積比 1 : 1 混合時，指示劑 X 和 Y 的顏色分別為無色和綠色，故可確認該混合溶液之 pH 值介於 4.0 ~ 7.5 之間，可能為中性或酸性。其中(C)選項為 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 與 $\text{NH}_3_{(aq)}$ 的混合溶液，呈鹼性，故(C)選項錯誤，可知(A)(B)(D)(E)符合此描述

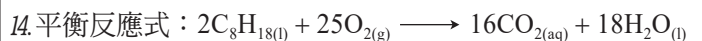
③ 0.1 M 的甲、乙兩溶液以體積比 9 : 1 混合時，指示劑 X 和 Y 的顏色分別為無色和綠色，故可確認該混合溶液之 pH 值介於 4.0 ~ 7.5 之間，溶液呈現中性或酸性

①(A)中和完畢後， $\text{HCl}_{(aq)}$ 濃度為 $\frac{0.1 \times 9 - 0.1 \times 1}{9 + 1} = 0.08 \text{ M}$ ， $\text{pH} \approx 1.1$

②(C) $\text{NaCl}_{(aq)}$ 與 $\text{NH}_3_{(aq)}$ 的混合溶液，呈鹼性

③(B)(D)均為 $\text{NH}_3_{(aq)}$ 過量，溶液呈鹼性

由①②③可知，僅(E)符合描述。



當 50 公升的辛烷完全燃燒時，可產生 CO_2 質量

$$= \frac{50 \times 0.7}{114} \times \frac{16}{2} \times 44 \approx 108 \text{ (kg)}$$

故可知一公畝森林需要吸收天數 = $\frac{108}{16} \approx 6.8$ 天。

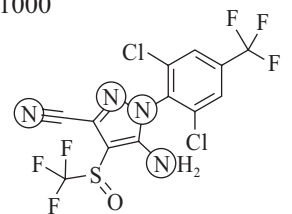
15. ①當金屬塊完全沒入該溶液時，金屬塊重量減輕 120 克重，表示金屬受到的浮力為 120 克重，又金屬塊的體積為

100 cm^3 ，故可知溶液密度 = $\frac{120}{100} = 1.2 \text{ g/cm}^3$

②由題目圖 7 可知，45°C 之飽和 X 水溶液的溶解度為 40 g/100 g H_2O ，故體積莫耳濃度

$$= \frac{\text{溶質莫耳數}}{\text{溶液體積 (L)}} = \frac{\frac{40}{75}}{\frac{(100 + 40)}{1.2} \times \frac{1}{1000}} \approx 4.6 \text{ M}$$

16. 為形成八隅體，當 N 原子與周圍原子形成三個共價鍵時，N 原子上會有一對孤對電子。由圖可知，此四個 N 原子皆有三對鍵結電子，故 N 原子上均各有一對孤對



電子，可知一個芬普尼分子上所有氮原子之孤對電子總數為 4。

17. 由圖可知 a ~ h 表示之元素分別如下：

代號	質子數	質量數	元素種類
a	6	12	$^{12}_6\text{C}$
b	9	19	$^{19}_9\text{F}$
c	11	24	$^{24}_{11}\text{Na}$
d	15	32	$^{32}_{15}\text{P}$
e	16	32	$^{32}_{16}\text{S}$
f	16	34	$^{34}_{16}\text{S}$
g	17	35	$^{35}_{17}\text{Cl}$
h	20	40	$^{40}_{20}\text{Ca}$

- (A) a 為 $^{12}_6\text{C}$ 、b 為 $^{19}_9\text{F}$ ，兩者為同週期元素，且原子序 $b > a$ ，故半徑 $a > b$
- (B) d 為 $^{32}_{15}\text{P}$ 、e 為 $^{32}_{16}\text{S}$ ，兩者為不同元素
- (C) c 為金屬，其氧化物 (Na_2O) 溶於水後呈鹼性 (NaOH)。d 為非金屬，其氧化物溶於水後呈酸性
- (D) h 為 $^{40}_{20}\text{Ca}$ ，價電子數目為 2。f 為 $^{34}_{16}\text{S}$ ，價電子數目為 6
- (E) f 為 $^{34}_{16}\text{S}$ ，中子數目為 18。e 為 $^{32}_{16}\text{S}$ ，中子數目為 16。
18. (A) 酵素通常是蛋白質與非蛋白質部分（稱為輔酶）組成，而蛋白質為胺基酸的聚合物
- (B)(D) 胃部有胃酸存在，為酸性環境，故可推測胃蛋白酶在酸性環境中具有較佳的活性，故若服用大量制酸劑，會導致胃酸被中和、胃部 pH 值上升，使得胃蛋白酶的催化能力下降
- (C) 人體溫度約為 37°C ，當溫度過高或過低，會使得體內酵素活性下降
- (E) 胃蛋白酶顧名思義是將蛋白質分解，使其成為小分子（胺基酸）。
19. 尚未進行有絲分裂的細胞（幹細胞或分生組織），其染色體為雙套，DNA 的量為 $2a$ 。

細胞週期	染色體套數	DNA 的量	螢光強度
間期 (DNA 複製)	雙套	$4a$	強
細胞分裂過程	雙套	$4a$	強
細胞分裂完成 (形成 2 個子細胞)	雙套	$2a$	弱

- (A) 細胞分裂過程中，染色體仍為雙套細胞，但 DNA 已複製，量為 $4a$ ，故螢光強度最強
- (B) 細胞分裂完成時，細胞具雙套染色體，DNA 的量為 $2a$ ，而間期時 DNA 已複製，量為 $4a$ ，故細胞分裂完成時螢光強度較間期時弱
- (C) 細胞完成 DNA 複製時，DNA 量為 $4a$ ，螢光強度最強，但細胞的染色體套數仍為雙套
- (D) 細胞 DNA 複製時，是處於間期
- (E) 細胞於間期完成 DNA 複製。
20. 動物的幹細胞或植物的分生組織才具有細胞分裂的能力。
- (B) 植物根尖具分生組織

- (C) 受傷後修復中的皮膚具有幹細胞
- 而(A)植物木質部、(D)成熟生殖細胞、(E)成熟神經細胞均為已分化完成的細胞，不具細胞分裂能力。
21. (B) 發酵作用在細胞質中進行
- (C) 光合作用的光反應過程中會產生 ATP
- (D) 有氧呼吸產生 ATP 的過程，主要在粒線體內膜中所進行的電子傳遞鏈。
22. (A) 描述豌豆遺傳所說的一對遺傳因子等同現代遺傳學的等位基因之概念
- (C) 分子生物學的中心法則為 DNA 轉錄為 RNA，RNA 轉譯為蛋白質，故可說明孟德爾實驗中性狀（蛋白質）和遺傳因子（DNA）之間的關連性
- (D) 位於同一條染色體上的基因，產生配子時會連鎖在一起，不會遵循孟德爾的獨立分配律
- (E) 孟德爾的第一及第二遺傳法則適用於行有性生殖的生物，不包括原核生物與病毒。
23. (A) 控制組的魚仍能生長，表示其體內有生長激素的分泌
- (B) 表 2 沒有顯示肌肉密度的資訊，無法判斷
- (E) GH 轉殖的大西洋鮭，在河水與試驗場池水的體型相差不多，無顯著差異，故兩者分泌生長激素的量應也是差不多。
24. (A) RNA 分子為短片段的單股構造
- (B) 構成 RNA 分子的四種基本鹼基為 AUGC，構成 DNA 的鹼基為 ATGC，兩者有一個不同
- (E) 注射 RNA 疫苗後，其中的 RNA 在細胞質中即可轉譯產生蛋白質。
25. (A) 本試驗的變因為濃度，設定五種劑量 ($1\mu\text{g}$ 、 $10\mu\text{g}$ 、 $30\mu\text{g}$ 、 $50\mu\text{g}$ 及 $60\mu\text{g}$)，彼此互為對照，沒有控制組
- (B) 文章與圖表均沒有顯示試驗值有無被校正，故無法判斷
- (C) 注射後第 22 天，除 $1\mu\text{g}$ 外，其餘濃度的中和抗體數量均超過虛線，顯示適當的第一劑就有有意義的免疫原性。
26. (A) 根據親緣關係重建，雞（鳥類）與鱷魚（爬蟲類）因具有砂囊而歸為同一類群，而非雞與人
- (B) 海豚也具有後肢，只是成為痕跡器官。蝙蝠與海豚因有乳腺而歸為同一類群，而非蝙蝠與烏龜
- (C) 鯊魚屬於軟骨魚
- (E) 無尾熊和袋鼠因有育兒袋而歸為同一類群，而非無尾熊與貓熊。
27. (A) 天擇會篩選何種 DNA 改變被留下來，故會影響 DNA 的改變
- (D) DNA 的現代理論是以達爾文的天擇說演化理論為基礎，再融合孟德爾的遺傳學、分子生物學、細胞學與古生物學等所形成的現代演化理論。
28. (B) 火星位在地球與小行星帶之間
- (C) 火星的直徑僅為地球的 0.53 倍。與地球體積大小最相近的太陽系行星為金星，直徑約為地球的 0.95 倍
- (D) 火星大氣稀薄，僅有約地球氣壓的 1%。有活躍大氣活動及大紅斑的是木星。
29. 依「截切定律」判斷地質構造發生順序的原則，影像中的（丙）三角洲被隕石擊中而留下（甲）小隕石坑，隕石坑中央地面再因火星表面大氣運動而形成（乙）風成沙丘。

30. 照片面對東方拍攝，可知左手方向為北方，根據星跡作一垂線代表地球自轉軸方向，可知甲地自轉軸與地平線夾角為 0° ，應為接近赤道地點。乙地的自轉軸與北方地平線夾角約為 45° ，可知乙地約在北緯 45 度左右。

31. (A) 織女星及心宿二皆為恆星，顏色與表面溫度所呈現的黑體輻射強度有關，表面溫度由高到低時，顏色為藍→白→黃→橘→紅，因此藍白色的織女星表面溫度比紅色的心宿二高

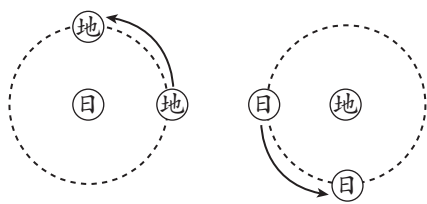
(B)(C) 天王星與火星為行星，顏色與行星地表或大氣組成的反射光有關，與恆星顏色代表的表面溫度無關

(D) 恆星的發光能力與表面溫度、體積大小同時有關，由題目中無法得知體積大小關係，亦無法判斷發光能力

(E) 火星主要反射陽光，沒有如同恆星的發光能力。

32. 依水的三相變化過程，凝結、凝華都是釋放潛熱的過程。

33. 左圖為地球逆時鐘繞行太陽公轉的示意圖，當轉換成地球為中心的右圖時，太陽仍會以逆時鐘方向繞行地球。



對照題目天球圖中太陽在黃道上的運行，應為丁→丙→乙→甲。

34. (A)(D) 甲天氣系統長帶狀的雲為冷、暖氣團交會時，暖空氣擡升所形成的鋒面雲帶

(C)(E) 乙系統的颱風或熱帶低壓雲系與甲系統的鋒面雲帶發生共伴效應，位於迎風面的臺灣東北部須提防豪雨。

35. 若黑潮流速約 1 m/s ，一至兩天的流動距離約為 $86400 \sim 172800\text{ m}$ ，僅有約 $86 \sim 173$ 公里。此距離不到臺灣南北全長的 $\frac{1}{2}$ ，顯然遠小於臺灣到九州的距離（約 1000 公里），兩地的鰻苗漁汛相差應超過 10 天。

36. 鰻苗所在水域鹽度 25‰ ，約為黑潮水鹽度（ 33‰ ）的 75.8% ，即 $\frac{3}{4}$ 左右，故黑潮水與河水混合的重量比例為 $3:1$ 。

第貳部分：混合題或非選擇題

37. (A)(B) 題幹中並未有任何關於「碳質分子量高低」以及「碳質顆粒大小」兩因素，與實驗結果之關聯性的描述。因此無法推論此兩因素對實驗結果的影響

(C) 由油母質樣品與二鉻酸反應之關係圖中可以發現，隨著時間增加，碳的殘留百分比（%）逐漸下降直到維持定值，但木炭樣品與二鉻酸反應之關係圖中則未發現此現象，可推測油母質樣品較易與二鉻酸發生反應

(D) 二鉻酸為強氧化劑，即油母質中的碳質較木炭中的碳質更容易被氧化

(E) 在木炭樣品與二鉻酸反應之關係圖中，改變二鉻酸的濃度時，木炭中碳的殘留百分比未有明顯差異。

38.	濃度大小關係
	丙 > 乙 > 甲

【說明】

在油母質樣品與二鉻酸反應之關係圖中可以發現，當油母質在酸性環境下分別與甲、乙、丙三種不同濃度的二

鉻酸反應時，與甲反應後之碳的殘留百分比（%）最大，與丙反應後之碳的殘留百分比（%）最小。故可推測丙之二鉻酸濃度最大，甲之二鉻酸濃度最小，即濃度大小關係為丙 > 乙 > 甲。

39. 從題目可知探討的操縱變因為「懸浮於大氣中的黑碳微粒」，對地球氣溫影響的程度則是應變變因，其中的影響機制會與黑碳微粒「吸收」或「反射」太陽輻射的能力有關。

40. 冰雪消融速率會 上升

【說明】

黑碳沉降到冰川表面時，因為顏色較深而有較強的輻射吸收能力，使得冰雪消融速率上升。

41. 在樣品已充分移除不屬於黑碳的碳質後，若欲準確得到黑碳中碳的含量，可將樣品與氧氣充分反應，使碳氧化成 CO_2 。且為避免 H_2O 可能造成的重量干擾，可將燃燒後產生的氣體先通入過氯酸鎂，確保 H_2O 被吸收後，再以氫氧化鈉吸收 CO_2 。並由氫氧化鈉增加的重量，回推黑碳中碳的重量，藉以精確定量。

(A) 若黑碳中碳的純度並非 100% ，直接秤重只能得到黑碳總重，但無法得到黑碳中碳的含量

(B) 以有機溶劑充分潤洗黑碳後，無法溶於有機溶劑的微量雜質並無法被去除，因此烘乾秤重並無法得到黑碳中碳的含量

(C) 黑碳與氧氣充分反應後，若使用排水集氣法收集氣體，由於二氧化碳微溶於水，會導致收集到的二氧化碳氣體總量偏低，造成黑碳中碳的含量被低估

(E) 黑碳中的碳與氫氣反應生成甲烷的反應性不佳，因此會出現部分碳質不發生反應的情況。若由生成甲烷的體積回推碳的含量，可能造成黑碳中碳的含量被低估。

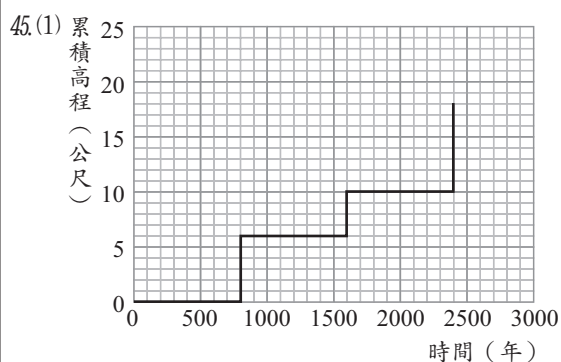
42. (C)(D) 地球誕生初期因火山活動釋放大量 CO_2 至大氣中，約 40 億年前海洋形成後，大規模的除碳作用使大氣中 CO_2 濃度降低，轉變為石灰岩沉積封存於岩石圈，但海水溶入 CO_2 最終達到動態平衡，並不會無限制地進行。

43. 由題幹敘述可知此處海蝕凹壁的形成與「火成岩體」、「大地震造成垂直擡升」和「海蝕作用（包括風化、侵蝕、搬運等外營力作用）」有關。

44. (C) 因放射性元素定年法僅能適用 10 個半衰期以內的事件，因此碳 -14 定年法不適用 10 萬年以上的事件

(D) 母元素含量的比例會隨著半衰期而有 0.5 次方的指數函數衰減

(E) 碳 -14 的原子核由 6 個質子和 8 個中子組成。



(2) 7.5 mm/年

【說明】

(1) 依照題意，將表 3 數據的「累積高程（公尺）」與定年結果的「時間（年）」畫在圖中，並注意累積高程是由「大地震引起的快速擡升」，因此會在特定年出現高程急遽變化的特徵。另外依照標本定年意義，圖中橫軸單位實際應理解為「年前」，而且此圖主要呈現高度與年代的關係，而非由古至今的變動歷史。

(2) T_0 到 T_3 的平均擡升速率 = $\frac{18000-0}{2400-0} = 7.5 \text{ mm/年}$ 。

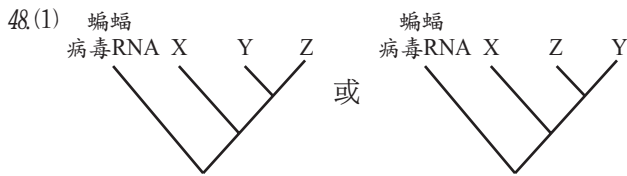
46.(B)乙為核糖

(C)(D)(E) RNA 的含氮鹼基為 A（腺嘌呤）、G（鳥糞嘌呤）、C（胞嘧啶）與 U（尿嘧啶）。

47.(A)此病毒長度小於 $1 \mu\text{m}$ ，約為 120 nm ，不具細胞構造是目前未列入生物分類系統的原因

(B)此病毒之核心為 RNA，不具 DNA，不是被排除在目前生物分類系統之外的主要原因

(E)此病毒 SARS-CoV-2 未使用二名法為學名，但不是目前尚未將它納入生物系統之主因。



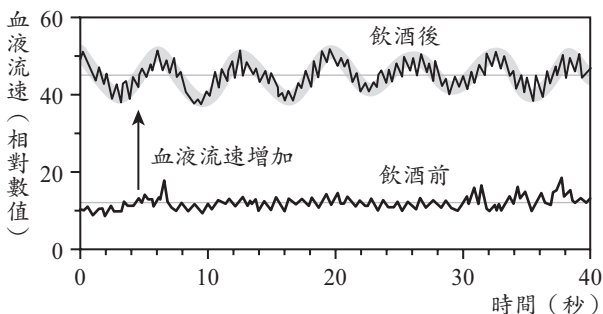
(2) 親緣關係最近的地點：辛

【說明】

(1) 以蝙蝠病毒 RNA 為外群，X 病毒株最接近蝙蝠病毒 RNA，Y 與 Z 相對較遠。

(2) 辛與蝙蝠病毒 RNA 源自共同祖先，故親緣關係最近。

49. 由監測數據曲線可得：



① 低頻高幅波，即週期大（頻率 f_s 小）且振幅大的波動。如上圖，40 秒內約有 6 個完整的低頻高幅波

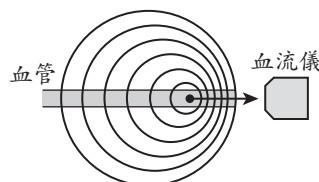
$$\Rightarrow f_s = \frac{6}{40} \approx 0.15 \text{ Hz} \approx 0.1 \text{ Hz}$$

② 高頻低幅波，即週期小（頻率 f_H 高）且振幅小的波動。由圖可知，每個低頻高幅波週期中，約有十個完整的高頻低幅波，故 f_H 頻率將為 f_s 的十倍

$$\Rightarrow f_H \approx 0.1 \times 10 \approx 1 \text{ Hz}$$

50. 血液的流動方向使血液中的物質接近感測器，依據都卜勒效應：

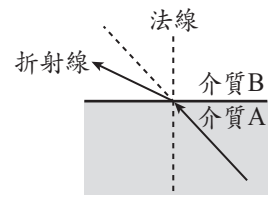
(A) 在相同介質中傳播波速相同，即 $v_1 = v_R$



(B)(C)(D)(E) 「已知血液的流動方向使血液中的物質接近感測器」，故反射波之都卜勒效應為波源朝靜止觀察者運動的都卜勒效應：

$$f_1 < f_R \Leftrightarrow T_1 > T_R \Leftrightarrow \lambda_1 > \lambda_R$$

51. 波由波速慢的介質到波速快的介質將偏離法線方向，故折射線如右圖所示（此題未涉及司乃耳定律，為國中先備知識）。



52. 心臟跳動是血液在血管內流動的主要動力來源，故心跳影響血液流速變化中高頻的成分 f_H 。

53. 由圖 23 為血液抹片圖可知，細胞中央較淡的細胞是紅血球，數量最多，而反射波是照射物體所產生的，因紅血球數量最多，故為產生反射波的主要細胞。

54. Δf_A 、 Δf_C 、 Δf_V 大小關係為： $\Delta f_A > \Delta f_V > \Delta f_C$

【說明】

文章中提到「 Δf 的量值與血液流速可近似為成正比」，根據流體力學 $Q = \frac{P_2 - P_1}{R}$ ，影響血流速（ Q ）的因子有二：

① 血管壓力差（ $P_2 - P_1$ ），成正比

② 血管阻力 R ，成反比

心臟收縮將血液送至血管，依離心臟遠近，可知血管壓力為動脈（A）> 微血管（C）> 靜脈（V）。也已知血管阻力與管腔大小成反比，微血管管腔很小，其血管阻力比靜脈大很多，故推論血流速應為 $\Delta f_A > \Delta f_V > \Delta f_C$

55.(A)(B) 在溶液一與溶液二中，經過 MOF 材料吸附後，六價鉻的濃度分別由 480 ppb 降為 90 ppb，200 ppb 降為 40 ppb，即移除率均高於 70%

(C) 溶液一經過 MOF 材料吸附後，六價鉻的濃度降為 90 ppb，低於 EPA 的飲用水標準（100 ppb），但高於 WHO 的飲用水標準（50 ppb）

(D) 溶液二經過 MOF 材料吸附後，六價鉻的濃度降為 40 ppb，低於 EPA 的飲用水標準（100 ppb），也低於 WHO 的飲用水標準（50 ppb）

(E) 題目圖 24 呈現溶液一與溶液二，分別經過 MOF 材料吸附後，溶液中六價鉻濃度的變化情形。故可知本實驗的目的，在探討 MOF 材料對於水溶液中六價鉻的吸附能力。

56.(A)(B) 由題目之研究結果呈現可知，本實驗在探討 MOF、MOF@ 聚合物、聚合物三種不同材料，對六價鉻的吸附能力探討。即「吸附材料的種類」為本實驗中的操縱變因(B)進行實驗時，一次只會改變一個變因（在此研究中為「吸附材料的種類」），其餘變因必須保持相同，故三者應使用相同初始濃度的六價鉻

(C)(D) 由題目之研究結果呈現可知，若比較 MOF 與 MOF@ 聚合物的吸附結果，經過 MOF@ 聚合物吸附後，溶液中六價鉻的含量較低、吸收效果較好，即 MOF@ 聚合物對實驗結果的解讀具有影響，即製作成錠型材料後，並未造成對六價鉻的吸收力下降

(E)由題目之研究結果呈現可知，若將初始濃度與經過 MOF@ 聚合物吸附後的濃度比較，兩者差異甚小，因此可知單獨使用聚合物，幾乎沒有移除水溶液中六價鉻的能力。

反應種類	平衡反應式的係數
氧化還原反應	$\frac{1}{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} + \frac{6}{\text{Fe}^{2+}} + \frac{14}{\text{H}^+}$ $\longrightarrow \frac{2}{\text{Cr}^{3+}} + \frac{6}{\text{Fe}^{3+}} + \frac{7}{\text{H}_2\text{O}}$

【說明】

①由式(2)中可知，Cr 的氧化數由 +6 ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) 降為 +3 (Cr^{3+})、Fe 的氧化數由 +2 (Fe^{2+}) 升為 +3 (Fe^{3+})，故此為氧化還原反應。

②反應平衡步驟如下：

①首先假設最複雜的物種 ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) 之係數為 1，由 Cr 和 O 的原子不減，可知 Cr^{3+} 與 H_2O 之係數分別為 2 和 7

②由 H 的原子不減，可知 H^+ 之係數為 14，即
 $1\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

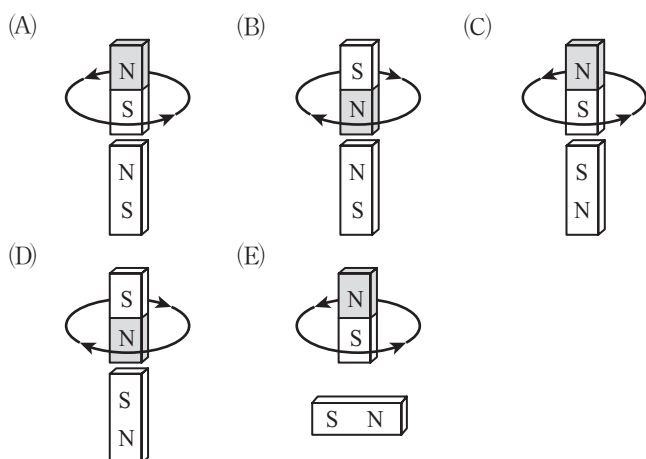
③假設 Fe^{2+} 之係數為 X，由 Fe 的原子不減，可知 Fe^{3+} 之係數亦為 X。由電荷守恆可列式如下：

$$(-2) \times 1 + (+2) \times X + (+1) \times 14 \\ = (+3) \times 2 + (+3) \times X, \text{ 解得 } X = 6$$

故可得 $1\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

58.(A)文中敘述可得電磁天平用來校準質量為基本量，其餘皆為導出量。

59.當右方置入待測物(重力增加)，欲維持天平力矩平衡，線圈產生的磁場須與下方磁鐵產生吸引力。載流線圈產生之磁極方向應與下方固定磁鐵相鄰端為異名極，線圈方可受吸引力向下。



60.(1) $f_B = 25 \text{ (V} \cdot \text{s/m)}$

(2)待測物的質量 $\approx 0.1 \text{ (kg)}$

【說明】

(1)由圖 28 求線圈的感應電動勢(電壓)為直線方程式：

$$V = f_B v$$

$$f_B = \frac{\Delta V}{\Delta v} = \frac{90 - (-95)}{3.6 - (-3.8)} = 25 \text{ (V} \cdot \text{s/m)}$$

(2)天平達靜態平衡時： $Mg = F_B = f_B I$

$$\Rightarrow M \times 9.8 = 25 \times (40 \times 10^{-3})$$

$$\Rightarrow \text{待測物的質量 } M = \frac{1}{9.8} \approx 0.1 \text{ (kg)}$$

4.(B)	5.(D)	6.(B)	8.(D)	10.(A)
11.(E)	13.(A)	14.(C)	15.(D)	16.(C)
17.(E)	18.(E)	19.(B)	20.(B)	21.(D)
22.(E)	27.(C)(D)	28.(C)(D)	31.(C)(E)	
32.(B)(D)或(B)(C)		33.(B)(C)(E)	35.(A)(D)	36.(A)(E)
39.(C)	40.(B)	42.(A)(D)	43.(D)	44.(A)(B)
47.(D)	49.(B)(C)(E)	50.(A)(B)(D)	53.(A)(B)	54.(A)(D)(E)
55.(C)	56.(D)	57.(A)(B)(E)	60.(C)(E)	61.(A)(D)
63.(E)	65.(A)	66.(C)		

第壹部分

一、單選題

- 4.(A)由反應之分子示意圖可知，化合物 在適當條件下會形成 與 兩種不同物質，故為分解反應
- (B)分解反應可能為吸熱反應，亦可能為放熱反應
- (C)化學反應為原子重新排列組合成新物質的過程，必遵守質量守恆定律
- (D)穩定元素 () 之標準莫耳生成熱為 0
- (E)化合物 與化合物 係由 \bullet 和 \circ 兩不同元素之原子所組成，當 \bullet 質量固定時，兩化合物之 \circ 質量比為 2:1，此為倍比定律。
- 5.(A)(B)(C)(E)四者均涉及元素的消耗或生成，且該元素之氧化數均發生變化，故為氧化還原反應
- (D)未有原子之氧化數發生變化，故非氧化還原反應，反應式如下：
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}^{2+} \longrightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+$
 其中 C 的氧化數均為 +4，Ca 均為 +2，H 均為 +1，O 均為 -2。
- 6.(A)人體血液 pH 值範圍約介於 7.35 ~ 7.45 之間，無法使藍色石蕊試紙變成紅色
- (B)胃乳液一般內含有氫氧化鎂、氫氧化鋁或碳酸氫鈉等鹼性物質，其溶液可使紅色石蕊試紙變成藍色
- (C)石蕊試紙與鹽酸進行酸鹼反應後，試紙應變為紅色
- (D)乙酸乙酯為中性有機物，故滴在潤溼的紅色石蕊試紙上後，試紙仍保持紅色
- (E)若待測物之 pH 值未超過 8.3，將無法使紅色石蕊試紙變成藍色。
- 8.(A)(B)因硼的平均原子量為 10.81，故可知硼有兩種(或以上)之同位素，且必有質量數大於 10 者，又硼的原子序為 5，可知該同位素之中子數必大於 5
- (C)硼為 13 族(舊稱 IIIA 族)元素，價電子數目為 3
- (D) BH_3 之路易斯結構如右，可知 B 原子不符合八隅體規則
- (E) NH_4BF_4 是由 $[\text{NH}_4]^+$ 與 $[\text{BF}_4]^-$ 相互吸引結合而成，屬於離子化合物。

