

大學入學考試中心

分科測驗
物理考科考試說明
—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。

分科測驗物理考科考試說明

目 錄

前言	1
壹、測驗目標	1
貳、測驗內容	2
參、試題舉例	4
附錄一、測驗目標與學習表現對應表	29
附錄二、自然領綱普通型高中（物理）之學習表現與學習內容	31

分科測驗

物理考科考試說明

前言

111 學年度起，「分科測驗物理考科」將依據 108 學年度實施之「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。本考試說明即針對實施自然領綱後，施測之分科測驗物理考科，說明命題方向與自然領綱的關係，俾使考生準備考試有所參考。本說明分成幾個重點，分別是測驗目標、測驗內容、試題舉例。

壹、測驗目標

就測驗目標而言，希望藉由不同的評量方式，測量出考生的學習成果。配合自然領綱，物理考科的測驗目標直接或間接包含學習表現之科學認知、探究能力、科學的態度與本質。本測驗目標，參考修訂之認知層次分類法（Bloom, 1956; Anderson et al., 2001），配合分科測驗的特性修訂而成，就物理考科而言，希望能夠藉由下列四項測驗層次，評量考生在物理方面的學習成果：

1. 測驗考生的基本物理知識與概念
2. 測驗考生對於物理的理解能力
3. 測驗考生應用概念解題的能力
4. 測驗考生分析整合的能力

分科測驗物理考科的測驗層次細目如下：

一、測驗考生的基本物理知識與概念

- 1a. 知道基本的物理名詞、定義及現象
- 1b. 知道基本的物理規則、學說、定律及原理
- 1c. 知道重要物理現象的尺度或物理量的單位
- 1d. 知道重要科學史的發展歷程

二、測驗考生對於物理的理解能力

- 2a. 了解基本的物理規則、學說、定律及原理
- 2b. 了解文本、數據或圖表等資料的意義
- 2c. 了解實驗原理、過程、儀器的用途與材料的特性
- 2d. 了解科學理論的侷限性

三、測驗考生應用概念解題的能力

- 3a. 套用單一物理定義、公式、定律或原理解題
- 3b. 應用圖示、模型或抽象知識來表達物理概念、方法及原理
- 3c. 應用物理概念或模型解釋物理現象
- 3d. 應用物理概念於生活情境或其他學科

四、測驗考生分析整合的能力

- 4a. 根據資料進行歸納、假說或演繹
- 4b. 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題
- 4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題
- 4d. 分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

貳、測驗內容

一、測驗範圍

分科測驗物理考科的測驗內容，將自然領綱中所列之第五學習階段－物理科學習內容加以整合，涵蓋能量的形式、轉換及流動（B）；物質系統（E）；自然界的現象與交互作用（K）；科學、科技、社會及人文（M）；資源與永續發展（N）五大主題以及涵蓋在五大主題的實驗課程，如表一所示。分科測驗物理考科的測驗範圍，包括普通高級中學部定必修物理、部定加深加廣選修物理及相關實驗。其中選修物理包括：力學一；力學二與熱學；波動、光及聲音；電磁現象一；電磁現象二與量子現象。此外，基於學習的連貫性，物理考科的測驗範圍涵蓋進入第五學習階段以前的先備知識。

表一、各主題與次主題

主題	次主題
能量的形式、轉換及流動 (B)	能量的形式與轉換 (Ba)
	溫度與熱量 (Bb)
物質系統 (E)	自然界的尺度與單位 (Ea)
	力與運動 (Eb)
自然界的現象與交互作用 (K)	波動、光及聲音 (Ka)
	萬有引力 (Kb)
	電磁現象 (Kc)
	量子現象 (Kd)
	基本交互作用 (Ke)
科學、科技、社會及人文 (M)	科學發展的歷史 (Mb)
	科學在生活中的應用 (Mc)
資源與永續發展 (N)	能源的開發與利用 (Nc)

二、題型與配分

111 學年度起分科測驗物理考科的題型與配分，共分為二部分。第壹部分為選擇題型，第貳部分為混合題型或非選擇題型，整卷滿分 100 分。選擇題型包括單選題與多選題，共約占 70 分；混合題型與非選擇題型，共約占 30 分。

參、試題舉例

一、測驗考生的基本物理知識與概念

例 1.

動量守恆是物理學中重要的定律，日常生活中也常運用此定律解釋運動現象。下列何者是動量的國際標準單位（SI 單位）？

- (A) $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ (B) $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$ (C) $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ (D) m/s^2 (E) kg/s

（108 年研究用試卷）

參考答案：B

測驗目標：1a. 知道基本的物理名詞、定義及現象

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Va-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。

選修物理 力學二與熱學

PEb-Va-10 質點的動量等於質點的質量乘以速度，其時間變化率等於質點所受作用力。衝量等於動量的變化。

說明：

此試題測驗考生對於國際標準單位（SI 單位）之了解以及基本物理公式認知。

1. 「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	國際標準單位	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

2. 動量＝質量×速度；速度＝位移/時間

故動量的國際標準單位應表示為公斤×公尺/秒。

3. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)。

例 2.

再生能源是可以在短期內透過自然過程不斷補充的能源，也是人類有生之年都不會耗盡的能源。根據這個說明，下列用於發電的能源，何者不是再生能源？

- (A) 太陽能 (B) 風力能 (C) 潮汐能 (D) 地熱能 (E) 核能

(108 年研究用試卷)

參考答案：E

測驗目標：1a. 知道基本的物理名詞、定義及現象

學習表現：科學認知

測驗內容：必修物理 PNC-Vc-2 核能發電與輻射安全。

說明：

本題測驗考生對周遭環境認知，以及地球永續發展。

1. 依據能源是否能在短期獲得補充而分為以下兩類：

(1) 可再生能源：太陽能、水力、風力、地熱等，因能接續獲得補充，故稱為可再生能源。

(2) 非再生能源：化石燃料、核能皆是短期內無法補充。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(E)。

例 3.

下列為五種電磁波源，何者之光譜最接近黑體輻射？

- (A) 氫氣放電管：為不連續的光譜線
 (B) 火山熔岩：其光譜與溫度有關且為連續光譜
 (C) 紅光雷射：其波長介於 630 nm 到 670 nm 之間
 (D) FM 調頻廣播：其波長介於 2.8 m 到 3.4 m 之間
 (E) X 射線：其波長介於 0.01 nm 到 1 nm 之間

(改寫自 102 學年度指考)

參考答案：B

測驗目標：1a. 知道基本的物理名詞、定義及現象

1c. 知道重要物理現象的尺度或物理量的單位

學習表現：探究能力—思考智能 tr-Va-1

測驗內容：必修物理 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。

PKd-Vc-3 原子光譜。

選修物理 電磁現象二與量子現象

PKd-Va-3 普朗克分析黑體輻射現象，提出量子論之解釋。

說明：

此題測驗考生對於不同電磁波的尺度和形成原因等相關概念。

1. 各選項說明如下：

- (A) 黑體輻射是波長範圍較寬廣的連續光譜，且與黑體的平衡溫度有關。氫氣放電管所產生之光譜線為不連續光譜，非黑體輻射。
- (B) 符合連續光譜，且其光譜與溫度有關。
- (C) 紅光雷射波長值在 630 nm 到 670 nm 之間，但雷射光譜不符合連續光譜。
- (D) FM 調頻廣播，波長僅在 2.8 m 到 3.4 m 之間，不符合黑體輻射特性。
- (E) X 射線，波長介於 0.01 nm 至 1 nm 之間，不屬黑體輻射。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)。

例 4.

五位同學談到他們最敬佩的科學家在近代物理上的貢獻：

甲同學說：「普朗克首提量子論，完整解釋黑體輻射能量分布的實驗結果，開啟近代物理研究之門」

乙同學說：「拉塞福由 α 粒子的散射實驗，發現了原子核內的中子與質子，使人類對原子核結構的了解更為深入」

丙同學說：「倫琴發現 X 射線，對近代科學的發展及醫學上的應用，貢獻極大」

丁同學說：「波耳依據德布羅意的物質波假說，提出氫原子角動量與能量的量子化，使人類對原子結構的了解跨進一大步」

戊同學說：「愛因斯坦不但以光量子說完美解釋光電效應的實驗結果，又提出相對論，開啟近代物理的新頁」

以上五位同學的談話內容，正確的為哪幾位？

- (A) 僅有戊
- (B) 僅有甲、丙
- (C) 僅有甲、丙、戊
- (D) 僅有甲、乙、丙、戊
- (E) 甲、乙、丙、丁、戊

(100 學年度指考)

參考答案：C

測驗目標：1d. 知道重要科學史的發展歷程

學習表現：科學的態度與本質 an-Va-1

測驗內容：選修物理 電磁現象二與量子現象

PKd-Va-3 普朗克分析黑體輻射現象，提出量子論之解釋。

PKd-Va-6 拉塞福提出正電荷集中在核心，電子分布在外的原子模型。

PKd-V a-2 X 射線比起可見光來能量較高、波長較短，可用來分析晶體結構，並且有許多其他的應用。

PKd-V a-7 波耳假設角動量的量子化，提出氫原子模型，成功解釋氫原子光譜。

PKd-V a-5 德布羅意提出物質波理論：物質都具有波與粒子的二象性，並經實驗驗證。

PKd-V a-4 愛因斯坦分析光電效應，提出光量子論。

說明：

此題測驗考生近代物理發展的歷史中，對每位科學家與其貢獻是否有正確認識。

1. 各同學說明如下：

甲：普朗克藉由假設 $E = nh\nu$ 數學式，完全吻合黑體輻射實驗數據，其中 n 為量子數， h 為普朗克常數。

乙：拉塞福由 α 粒子的散射實驗，發現正電荷聚集在稱為原子核的極小範圍內，並未發現中子與質子。

丙：倫琴因發現 X 射線，而獲得第一屆諾貝爾物理學獎的殊榮。X 射線的穿透力很強，在醫學界引起了重視。X 射線的產生，是因為陰極射線的電子流高速射入正極靶內的物質時，由於帶電荷的電子瞬間減速，所放射出來的高頻電磁波。

丁：德布羅意利用波耳的氫原子模型，再以物質波數學式得到定態的電子，其物質波形成駐波。駐波的能量存在波動的區域內，這正對應於電子可以保持在定態軌道上運動的解釋。

戊：愛因斯坦之光量子理論，當原子放出或吸收光的能量時，是以整個光子的能量來轉移，而光強度代表光行進路徑上，單位時間內通過單位截面積的光子數目。若光子的頻率高於底限頻率，使得電子能克服金屬的束縛而逸出，即使入射光的強度低，仍立即有光電子的產生，因為入射光子數目少，使得光電子的數目也少，解釋了光電效應實驗結果。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

二、測驗考生對於物理的理解能力

例 5.

假設地球可視為密度均勻的孤立球體，比較以下甲、乙、丙三處的重力加速度，由大至小排列順序為下列何者？

甲：臺灣東岸海平面一處。

乙：大氣層對流層頂。

丙：福衛五號人造衛星軌道（地面上空高度 720 公里）。

(A)丙乙甲 (B)甲乙丙 (C)乙丙甲 (D)甲丙乙 (E)乙甲丙

(107 學年度指考)

參考答案：B

測驗目標：1b. 知道基本的物理規則、學說、定律及原理

2b. 了解文本、數據或圖表等資料的意義

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Va-1

測驗內容：選修物理 力學一

PKb-Va-1 萬有引力定律的說明。

說明：

此題測驗考生對於大氣的分層、重力場與距離平方成反比的概念。

1. 甲、乙、丙三處離地心距離分別為 R_e km、 R_e+20 km、 R_e+720 km。 R_e 為地球半徑。
2. 重力加速度 $g = GM/r^2 \propto 1/r^2$ ，所以甲、乙、丙三處的重力加速度為甲 > 乙 > 丙。
3. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)。

例 6.

下列有關熱的敘述何者正確？

- (A)當兩物體接觸時，熱量會由溫度高的物體流向溫度低的物體
 (B)互相接觸的兩物體在達到熱平衡後，含有相同的熱量
 (C)溫度高的物體比溫度低的物體含有更多的熱量
 (D)熱為能量的一種形式，且可完全用來作功
 (E)物體吸收熱量之後，其溫度必會升高

(改寫自 100 學年度指考)

參考答案：A

測驗目標：1a. 知道基本的物理名詞、定義及現象

2a. 了解基本的物理規則、學說、定律及原理

學習表現：科學認知

測驗內容：必修物理 PBb-Vc-4 由於物體溫度的不同所造成的能量傳遞稱為熱。

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。

說明：

測驗考生對於「了解熱平衡中能量的傳遞；透過作功可以輕易地把能量轉換成熱，卻無法把熱完全用來作功」物理原理的認識。

1. 各選項說明如下：

- (A) 根據熱平衡定義：當兩個溫度不同的物體欲達成熱平衡時，熱量會由高溫物體流向低溫物體，當溫度相同時，即達到熱平衡狀態。
- (B) 達成熱平衡時，兩物體的溫度相同，但兩物體所含的熱量不一定相同。
- (C) 溫度高低所代表的是物體的冷熱狀態或分子平均動能的大小，並不代表物體所含熱量的多寡。
- (D) 熱能為能量的一種形式。能量轉換中能輕易轉成熱能，卻無法將熱能完全用於作功。例如：核能發電是將核能→熱能（液態水轉成水氣）→電能（水氣帶動渦輪機發電），仍有熱能散失。
- (E) 不一定，吸收熱量可能發生狀態的改變，而狀態改變時，溫度維持不變（例如： 0°C 的冰吸熱後轉變成 0°C 的水）。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)。

例 7.

在「水波槽實驗」中，除已裝置好的儀器，如下圖 1 所示的乾電池、可變電阻、起波器、水波槽、支架外，還有石蠟、阻波器、玻璃板及支持物、水、白紙等。試回答下列問題：

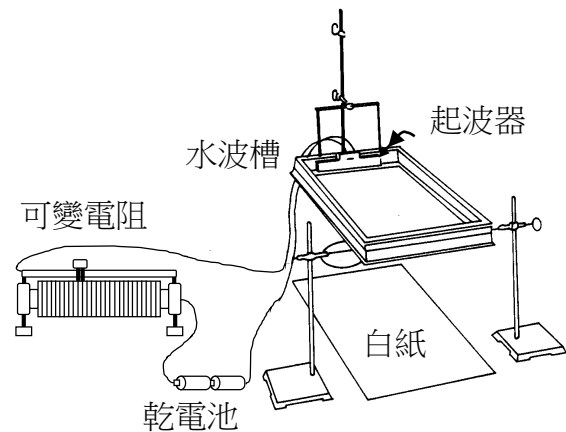


圖 1

- (1) 試問還需要哪一項器材，才能操作此實驗？
- (2) 試寫出電路中串接可變電阻的目的何在？
- (3) 在觀察水波通過狹縫的繞射現象時，會因石蠟條形成的狹縫略為過寬而無法清楚顯示。試問在不改變石蠟狹縫寬度及水深的前提下，應如何處理，才能讓繞射現象清楚顯示出來？

(改寫自 86 學年度聯考)

參考答案：(1) 強光源 (LED)

(2) 可以調整起波器振動的頻率，造成不同的波長

(3) 調整可變電阻大小，以改變起波器的振動頻率，使水波長比石蠟狹縫寬度大

測驗目標：2c. 了解實驗原理、過程、儀器的用途與材料的特性

2d. 了解科學理論的侷限性

學習表現：探究能力－問題解決 pe-Va-1、pe-Va-2

認識科學本質 an-Va-1

測驗內容：選修物理 波動、光及聲音

PKa-Va-5 線性波相遇時波形可以疊加。

實驗 三、水波槽實驗

說明：

測驗考生對水波槽實驗之實驗操作以及步驟的理解。

【第 1 小題】

水波槽實驗要呈現影像，必須要有強光源照射才能投影。當光線通過水波波峰（似凸透鏡；可匯聚光線，在白紙屏幕上形成明紋）和水波波谷（似凹透鏡，可發散光線，在白紙屏幕上形成暗紋），分別在白紙屏幕上顯示明暗相間的條紋。注意，由於並非使用平行光源，故兩明（暗）線間隔，為投影在白紙屏幕上的水波波長（視波長），但並不等於實際水波波長。

【第 2 小題】

當可變電阻 R 改變，故功率隨之改變 ($P = I^2 R$)，影響起波器的頻率 f 及水波波長 λ 。藉由適當調整可變電阻 R ，以觀察水波型態。

【第 3 小題】

改變可變電阻 R ，使得起波器產生的水波頻率 f 降低，但水波波長 λ 則增加。當水波波長大於石蠟狹縫寬度，繞射現象便能清楚顯示。繞射現象明顯的程度與障礙物的大小或孔隙開口大小有關，也和水波波長有關。當水波行進中遇到障礙物或孔隙時，若水波的波長遠小於障礙物或孔隙的大小，則水波看似直線前進，而不易觀察到繞射現象；若水波的波長接近障礙物或孔隙的大小時，則能明顯觀察到水波的繞射現象。

三、測驗考生應用概念解題的能力

例 8.

一支均勻直尺的長度為 30 cm，若在直尺上距離直尺左端 25 cm 處放置一質量為 50 g 的小物體，則須於直尺上距離直尺左端 20 cm 處支撐直尺，方可使其維持水平狀態。該直尺的質量為多少 g？

- (A) 20 (B) 30 (C) 50 (D) 60 (E) 70

(107 學年度指考)

參考答案：C

測驗目標：3a. 套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

3b. 應用圖示、模型或抽象知識來表達物理概念、方法及原理

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Va-1

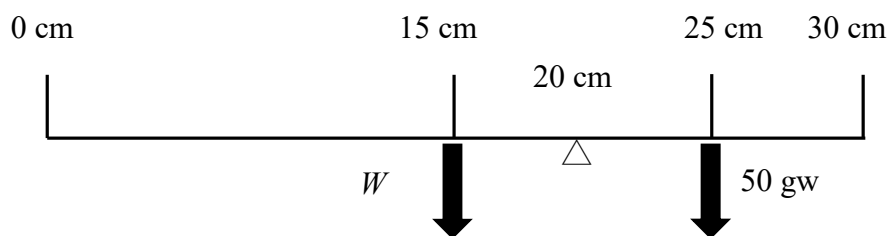
測驗內容：選修物理 力學一

PMc-V a-1 以物理原理解釋自然現象，例如：光的各種現象、天體運動、各種力的作用。

說明：

此題測驗考生是否了解「力矩＝力×力臂」的物理定義，以及當順時針方向的力矩與逆時針方向的力矩大小相等時，達到轉動平衡的概念。

1. 依據力矩平衡，依題意繪製：



2. 以力矩平衡計算式：

$$W \times (20 - 15) = 50 \times (25 - 20) \Rightarrow W = 50 \text{ gw}$$

3. 綜合上述計算分析，本題正確答案為(C)。

例 9.

某生清晨為鬧鐘喚醒，以電動牙刷洗滌後，吃完用烤麵包機烤的土司，出門搭公車上學。途中遇到同學提起，猛然發現忘了整理昨天數學課的筆記，拿出手機相機拍攝同學的筆記參考，再使用太陽能電池計算機輔助驗算。在這段過程中所應用的工具（以底線表示）中，下列選項最可能應用到光電效應者為何？

- (A)鬧鐘和電動牙刷 (B)電動牙刷和公車
(C)烤麵包機和手機相機 (D)手機相機和太陽能電池計算機
(E)烤麵包機和太陽能電池計算機

（改寫自 108 學年度學測）

參考答案：D

測驗目標：3d. 應用物理概念於生活情境或其他學科

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Va-1

測驗內容：選修物理 電磁現象一

PMc-V a-2 電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。

電磁現象二與量子現象

PMc-V a-2 電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。

說明：

本題測驗考生是否了解生活情境中常見的工具與電器是應用何種物理原理。

1. 題幹所提及之工具與電器所應用的物理原理：

鬧鐘：響鈴的工作原理為電流磁效應的應用。藉由此效應產生電磁鐵，再由移動、碰撞金屬片而斷路，如此產生重複敲打動作。

電動牙刷：由充電電池提供能量（化學能轉為電能），藉由電流磁效應帶動馬達運轉，以達到自動、快速刷毛的振動。

烤麵包機：應用的物理原理屬於電流熱效應。藉由電流通過電阻時生成熱能（電能轉變成熱能），將麵包烘烤至酥脆。

公車：應用的物理原理屬於燃油燃燒轉換成機械能的能量轉換。

手機相機：其感光元件會依入射光線的強度不同釋放出不同程度的光電子，後續電路再依光電子數量以重建光源影像。

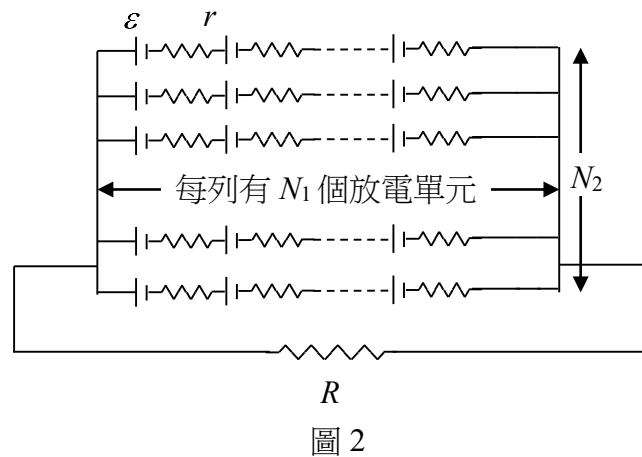
太陽能電池計算機：以光電板被光照射時產生的光電子來產生直流電，以提供計算機能量之使用。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(D)。

例 10.

電鰻可利用體內組織構成的放電單元產生高電壓以驅動電流。圖 2 的電路是電鰻在水中掠食時放電組織產生高電壓的示意圖，其中每一放電單元產生的電動勢為 ε ，其內電阻為 r ，每一列串聯線路各含有 N_1 個放電單元，全部共有 N_2 列線路並聯在一起。電鰻放電組織與周遭的水與獵物串聯形成迴路，若周遭的水與獵物合計的電阻為 R ，則此電鰻可對 R 產生的最大電流為下列何者？

- (A) $\frac{N_1 N_2 \varepsilon}{N_1 r + N_2 R}$
 (B) $\frac{N_1 N_2 \varepsilon}{N_1 R + N_2 r}$
 (C) $\frac{N_2 \varepsilon}{N_1 R + N_2 r}$
 (D) $\frac{N_1 \varepsilon}{N_1 r + N_2 R}$
 (E) $\frac{N_2 \varepsilon}{N_1 (r + R)}$



(107 學年度指考)

參考答案：A

測驗目標：3c. 應用物理概念或模型解釋物理現象

3d. 應用物理概念於生活情境或其他學科

學習表現：探究能力－思考智能 tm-Va-1

探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：選修物理 電磁現象二與量子現象

PKc-Va-4 電位差等於電流乘以電阻，此為歐姆定律。

PKc-Va-6 電路有串聯、並聯及迴路等形式，電路中的能量及電量必須守恆。

說明：

此題以電鰻透過體內組織放出高壓電，鋪陳與建構圖像模型，讓考生應用已知的串並聯及歐姆定律，解釋此物理現象。此題利用電鰻放電的生物現象，結合生物與物理，符合「跨學科」探究之學習。

1. 每一列放電單位相當於 N_1 個電動勢 ε 串聯，故其每一列電動勢為 $N_1 \varepsilon$ 。
2. 並聯 N_2 個放電單位，電動勢不變。故電鰻的總電動勢 $\varepsilon_{\text{total}} = N_1 \varepsilon$ 。

3. 整隻電鰻的內電阻相當於將 N_1 個電阻 r 先串聯形成等效電阻 $N_1 r$ ，再將 N_2 個等效電阻 $N_1 r$ 進行並聯。故電鰻總電阻為 $R_{\text{電鰻}} = N_1 r / N_2$ 。

4. 整個迴路的總電阻值： $R_{\text{total}} = R_{\text{電鰻}} + R = (N_1 r / N_2) + R$ 。

5. 最大電流 I 為：

$$I = \frac{\mathcal{E}_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} = \frac{N_1 \mathcal{E}}{(N_1 r / N_2) + R} = \frac{N_1 N_2 \mathcal{E}}{N_1 r + N_2 R}。$$

6. 綜合上述計算分析，本題正確答案為(A)。

例 11.

柯南與小哀在研究室裡研究磁力相關原理，柯南將一條平行於 x 軸的導線通以沿 $+x$ 軸方向的電流，如圖 3 所示，其中 x 、 y 軸在紙面上。若小哀打開一均勻磁場，使導線懸浮於空中，即磁力指向 $+z$ 軸方向，或是說磁力垂直穿出紙面，則此均勻磁場的方向為何？

- (A) $+y$ 軸方向
- (B) $-y$ 軸方向
- (C) $+z$ 軸方向
- (D) $-z$ 軸方向
- (E) $-x$ 軸方向

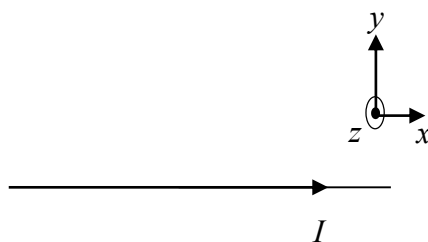


圖 3

(改寫自 106 學年度指考)

參考答案：A

測驗目標：3a. 套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

3b. 應用圖示、模型或抽象知識來表達物理概念、方法及原理

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：選修物理 電磁現象一

PKc-Va-8 載流導線在磁場中受力，可利用此特性設計電動機。

說明：

測驗考生對物理定義中電磁現象的理解程度，並應用相關概念解題。

1. 依照右手開掌定則，電流方向為大拇指指向、磁場方向為四指指向、導線受力方向為掌心方向。
2. 由右手開掌定則，大拇指指向 $+x$ 軸（因為電流方向朝 $+x$ 軸），掌心方向指向 $+z$ 軸（因為導線受力向上，即為 $+z$ 軸），此時四指指向 $+y$ 軸即為磁場方向。
3. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)。

四、測驗考生分析整合的能力

例 12.

以每個電子的動能均為 K 的低能量電子束，射向間距為 d 的雙狹縫，然後在距離狹縫為 L 之屏幕平面上，以探測器測出屏幕平面各位置電子數目的密度，在 $L \gg d$ 時，發現接近中央線兩相鄰電子數目密度最小處の間隔為 Δy ；若將電子的動能改為 $4K$ ，則兩相鄰密度最小處の間隔約為下列何者？

- (A) $4\Delta y$ (B) $2\Delta y$ (C) Δy (D) $\frac{1}{2}\Delta y$ (E) $\frac{1}{4}\Delta y$

(107 學年度指考)

參考答案：D

測驗目標：4b. 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：選修物理 波動、光及聲音

PKa-Va-13 光有干涉與繞射的現象，其亮紋和暗紋決定於相位差。

電磁現象二與量子現象

PKd-Va-5 德布羅意提出物質波理論：物質都具有波與粒子的二象性，並經實驗驗證。

說明：

此題測驗考生對電子物質波與電子雙狹縫干涉之分析推論。

德布羅意受到光子理論的啟發，指出物質應該與光一樣，同時具有波動與粒子的二象性，進而提出「物質波」的概念。科學家戴維森與革末用鎳金屬晶體作電子束繞射實驗，證明電子具有波動性，同時驗證德布羅意的假設。讓電子束通過雙狹縫，也會產生類似光波通過雙狹縫的干涉現象，而該實驗更可了解物質波的特性。電子依一定的機率分布，隨機在屏幕上出現，直到電子數累積夠多時，干涉條紋才慢慢浮現。因此物質波是一種機率波，可以描述物質在某處出現的機率。

1. 「物質波」的數學式，可表示為： $\lambda = h/p$ ，其中 λ 為物質波波長， h 為普朗克常數， p 為粒子的動量。
2. 若電子的動能為 K 且質量為 m ，則電子的物質波波長 $\lambda = h/p = h/\sqrt{2mK}$ 。
3. 光波的雙狹縫干涉，屏幕上相鄰兩暗紋或相鄰兩亮紋の間距為 $\Delta y = L\lambda/d$ ，故結合 $\Delta y = L\lambda/d$ 與 $\lambda = h/p = h/\sqrt{2mK}$ ，可得到：

$$\Delta y = \frac{L\lambda}{d} = \frac{L}{d} \left(\frac{h}{p} \right) = \frac{Lh}{d\sqrt{2mK}}$$

4. 若電子的動能改為 $4K$ ，所以兩相鄰電子數目密度最小處の間隔變為 $\Delta y/2$ 。
5. 綜合上述計算分析，本題正確答案為(D)。

例 13.

因家貧年少失學的法拉第，數學根底不如一般科學家雄厚，然而他所發明的電力線和磁力線的描述方式，對於了解「場」的概念，有極大助益。如圖 4 為空間中某區域的電力線分布，其電場方向如箭頭所示。

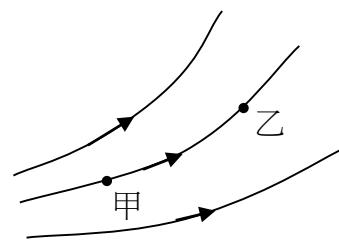


圖 4

- (1) 下列敘述何者正確？
- (A) 甲點之電位低於乙點之電位
 - (B) 甲點的電場較乙點強；若該圖線為磁力線，甲點的磁場亦較乙點強
 - (C) 若甲點沒有電荷存在，則可以有兩條電力線通過甲點，但磁力線則不可能有兩條通過甲點
 - (D) 帶電粒子在甲點所受靜電力之方向即為甲點電場之方向，但磁力線必與帶電粒子之受力方向垂直
 - (E) 在甲點附近沿電力線的方向移動帶電粒子時，電場所施之靜電力不會對該粒子作功，但磁場所施之磁力總會作功
- (2) 將不正確選項填入表格，並說明錯誤之處。

不正確選項				
說明				

(改寫自 103 學年度指考)

參考答案：(1) B
(2)

不正確選項	(A)	(C)	(D)	(E)
說明	甲點之電位高於乙點之電位。	電力線方向為正電荷的受力方向，故只能有一條電力線通過甲點。	帶電粒子必須帶正電，所受靜電力之方向才是電場方向。	沿電力線移動帶電粒子時，粒子受靜電力作功；磁力因與位移方向垂直，故磁力作功為零。

測驗目標：4b. 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

學習表現：探究能力－思考智能 tc-Va-1

測驗內容：選修物理 電磁現象一

PKc-Va-1 可以用電力線表示出電場的大小與方向。

PKc-Va-3 在電場中，單位電荷在某點所具有的位能，即為該點之電位。

說明：

此題考生須分辨電力線及磁力線的異同，融合相關電荷、電位、靜電力及作功等概念，分析題目給予的圖形，以進行推論。

【第 1 小題】

1. 各選項說明如下：

(A) 電力線的方向是由高電位指向低電位，故甲點之電位高於乙點之電位。

(B) 甲點的電力線密度較乙點高，故甲點的電場較乙點強；若該圖線為磁力線，磁力線上任一點的切線方向，即為該點的磁場方向，且磁力線的疏密程度代表磁場的強弱。故甲點的磁場亦較乙點強。

(C) 電力線方向為正電荷的受力方向，只能有一條電力線通過甲點，除非該點是電荷所在位置；磁力線是封閉曲線，且每點的磁場方向為磁力線的切線方向，都是獨特唯一的，因此不可能有一點同時有兩條磁力線通過。

(D) 該帶電粒子必須帶正電，所受靜電力之方向才是電場方向。磁力線方向為磁場方向，必與受力方向垂直，但帶電粒子必須運動才會受磁力作用。

(E) 沿電力線移動帶正電粒子時，若電力與移動方向相同，則電力作正功；磁力因與位移方向垂直，故磁力作功為零。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(B)。

【第 2 小題】

此題考生不但要能判別出錯誤選項，更要指出選項的錯誤之處，測驗考生是否理解電荷、電場、磁場、電力線、磁力線、電位與作功等相關概念，以及對電場、磁場及其相關電磁現象的綜合表達敘述能力。

例 14.

閥門是控制流體通過的閘道，生活中常見的水龍頭就是一種水的閥門。視不同的使用需要，閥門有多種設計，圖 5 為甲、乙、丙、丁四種氣體閥門，其開關旋鈕的旋轉圈數對應流量係數的關係圖，在閥門兩端的壓力差固定時，此四種閥門的流量係數正比於單位時間通過的氣體量。

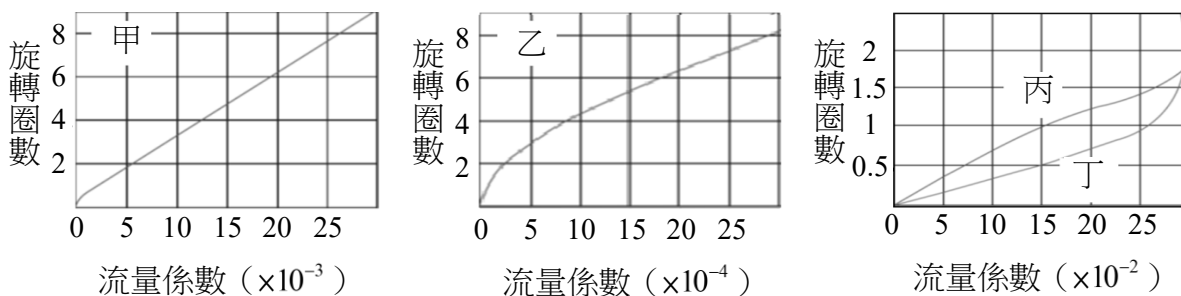


圖 5

下列關於閥門使用選擇的敘述，哪些正確？

- (A) 實驗引入微量氣體時，乙的流量控制比甲更精細
- (B) 實驗中丁比乙更難對微小氣體流量精細控制
- (C) 若希望旋轉 2 圈時，引入較大量的氣體，選乙比選甲好
- (D) 若希望旋轉第 1 圈時，就能流過較大量的氣體，選丙比選丁好
- (E) 乙流量小又非線性變化，故所得氣體流量測量值的不確定度較丙大

(改寫自 106 年研究用試卷)

參考答案：AB

測驗目標：4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

4d. 分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：必修物理 PMc-Vc-3 科學的態度與方法。

說明：

本題測驗考生對生活情境中相關物理概念的理解，以及能否分析文字或圖表，來推論相關實驗的變因、解釋及結論等。

1. 各選項說明如下：

- (A) 甲、乙旋轉圈數相同時，其流量係數甲大於乙，且因流量係數正比於單位時間通過的氣體量，故乙的流量控制比甲更精細。
- (B) 乙、丁比較，當旋轉圈數相同時，流量係數丁大於乙，故對流量精細控制乙較丁好。
- (C) 旋轉圈數 2 圈時，甲的流量係數約為 5×10^{-3} ；乙約為 2.5×10^{-4} 。故對引入大量氣體之前提下，甲較乙好。

(D) 丙、丁比較，旋轉 1 圈，丙流量係數約為 1.5×10^{-1} ，丁流量係數約為 2.5×10^{-1} ，故流過較大量氣體的前提下，丁比丙好。

(E) 乙、丙於相同圈數比較下，對氣體流量測量值，乙的精確度高且不確定度小。

2. 綜合上述分析，判斷乙閥門最適合用於微小流量且精細控制，其流量測量值的不確定度最小，但不適合流量較大的氣體。本題正確答案為(A)(B)。

例 15.

物理老師以影片介紹「動量與角動量」單元後，再分組討論和表達分享學到的物理概念。以下是分組代表上臺報告影片中的內容大意：

甲：捕手接到飛來的棒球之前，棒球具有動量，當棒球落入手套後，其動量瞬間變為零。如果捕手能延長接球的時間，可減小手套受到的衝擊力。

乙：跳高選手在竿前起跳，落在厚的海綿墊時，身體在停止前經歷的時間較長，所受的撞擊力因而減小，才不致受傷。

丙：汽車備有安全帶或安全氣囊，目的是發生碰撞危險時，可以減少碰撞期間的動量變化，藉此減輕對人體的傷害。

丁：冬季奧運的花式溜冰選手將雙手抱在胸前內縮身體，使得身體轉速加快；若將雙手往外伸展，轉速則變慢，此部分動作滿足角動量守恆。

戊：從克卜勒第二定律，得知地球繞太陽公轉遵循角動量守恆。

根據以上分組代表甲、乙、丙、丁、戊等五位同學的報告內容，回答下列問題：

(1) 哪一位同學報告的物理概念不正確？

- (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁 (E)戊

(2) 奧運跳水選手跳離跳水臺後，落水前的過程中，選手可透過收縮或伸展身體而改變轉速。此物理概念與甲至戊的哪些分組代表提出的概念相同？

- (A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁 (E)戊

(108 年研究用試卷)

參考答案：(1) C

(2) DE

測驗目標：3d. 應用物理概念於生活情境或其他學科

4b. 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

學習表現：探究能力－思考智能 tc-Va-1

測驗內容：選修物理 力學二與熱學

PEb-V a-10 質點的動量等於質點的質量乘以速度，其時間變化率等於質點所受作用力。衝量等於動量的變化。

PEb-V a-14 一質點的角動量等於其位置向量和動量的向量外積，其時間變化率等於質點所受的力矩。

說明：

此題測驗考生對於基本物理定義的了解，以及對陳述方式進行資料評估。

【第 1 小題】

1. 各分組代表說明如下：

甲：捕手接到飛來的棒球之前，棒球具有動量；當棒球落入手套後，其動量瞬間變為零。如果捕手能延長接球的時間，則棒球的動量對時間的變化率則會降低，因此可減小手套受到的衝擊力。

乙：跳高選手在竿前起跳而落到地面，容易因地面的作用力太大而受傷；若可落在足夠厚的海綿墊時，身體在停止前經歷的時間較長，選手的動量對時間的變化率則會降低，所受的撞擊力因而減小，才不致受傷。

丙：汽車備有安全帶或安全氣囊，目的是發生碰撞的危險時，延長碰撞時的作用時間。由於動量變化量一定，延長作用力的作用時間，可使得平均作用力較小，藉此減輕對人體的傷害。

丁：冬季奧運的花式溜冰比賽，例如選手將雙手抱在胸前內縮身體，身體轉速加快；若將雙手往外伸展，轉速則變慢。由於過程中未受到外力矩作用，故該旋轉動作滿足角動量守恆。

戊：克卜勒第二定律（也就是等面積定律），其涵義為：地球相對於太陽而言，所受的力矩為零，遵循單一質點角動量守恆。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

【第 2 小題】

1. 奧運跳水選手跳離跳水臺後，僅受到地球的重力作用，但重力作用在奧運跳水選手的質量中心，對選手產生的力矩為零，因此選手落水前的過程中，滿足角動量守恆。選手可透過收縮或伸展身體而改變相對於質心的轉速，如收縮身體，轉速變快。

2. 根據第 1 小題各分組代表說明，其中甲、乙、丙，物理概念屬於動量；丁、戊，物理概念屬於角動量守恆。

3. 綜合上述分析，本題正確答案為(D)(E)。

例 16.

吹風機是用來加速濕頭髮乾燥或是替頭髮做出造型的工具。市面上有琳瑯滿目的負離子吹風機，號稱可以產生幾百萬個電子，與空氣中的氧原子結合，讓其成為帶負電的氧離子。頭髮被吹風機吹整時，因為幾百萬個負氧離子被吹附於頭髮上，使頭髮根根帶負電，互相排斥，吹完頭髮後蓬鬆好梳理。

美髮師購買一組空氣離子計數器，測試剛買的負離子吹風機，發現的確有百萬負離子的濃度；且距離越遠，負離子濃度越低。美髮師發現負離子的產生，主要是經由對空氣施加高電壓所致。但工作室裡使用 5 年的負離子空氣清淨機，已測不到負離子產生。美髮師發現某市售負離子產生器模組的電源標籤，如表 1 所示；輸入電源為 180–220 V 之交流電，輸出電壓為 6–7 kV 之高壓直

流電，最大功率 2 W，最大電流 50 mA，負離子產生量為每分鐘 1000 萬–4000 萬個，放電端為碳刷頭。

表 1

電源工作條件	
輸入	AC 180–220 V / Max 50 mA
輸出	DC 6–7 kV Max 2 W 1000 萬–4000 萬個負離子 / 分鐘

根據上述短文，以下敘述何者正確？

- (A) 負離子產生器經過長時間使用後，效果不變
- (B) 距離負離子產生器無論多遠，效果相同
- (C) 負離子產生器，利用高壓放電現象產生負離子
- (D) 為產生更多負離子，可將輸入電源改為 110 V 之交流電
- (E) 負離子吹風機，宣稱使頭髮蓬鬆好梳理，與負氧離子無直接關係

(108 年研究用試卷)

參考答案：C

測驗目標：3d. 應用物理概念於生活情境或其他學科

4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-1

測驗內容：必修物理 PMc-Vc-2 電在生活中的應用。

說明：

此題以生活情境中常見之電器用品吹風機為題材，以負離子吹風機產生電子，再與空氣中的氧結合形成負氧離子，進而使得頭髮吸附了負氧離子，而當每根頭髮帶同性電荷時，於同性電荷相斥作用下，頭髮自然好梳理。考生可藉由題幹中的文字敘述理解此現象。

1. 各選項說明如下：

- (A) 「工作室裡使用 5 年的負離子空氣清淨機，已測不到負離子產生。」可以合理推論負離子產生器經過長時間使用後，效能、效率會減低。
- (B) 「測試剛買的負離子吹風機，……；且距離越遠，負離子濃度越低。」因此可推論距離越遠，效能會越差。
- (C) 由表 1 得知，當負離子產生量為每分鐘 1000 萬至 4000 萬，需要輸入電壓 180 V 至 220 V 之交流電及輸出電壓 6 kV 至 7 kV 之高壓直流電，故推論負離子生成需要高壓放電。
- (D) 將交流電利用變壓器調整至適當電壓，再藉由整流、濾波、穩壓電流方式處理後，將交流電轉為直流電，故改變輸入電壓亦會改變輸出電壓，而使負離子產生器無法正常運作。
- (E) 負離子吹風機，是利用負氧離子同性電會相斥的現象，使得頭髮變蓬鬆且易梳理。

2. 綜合上述分析，本題正確答案為(C)。

例 17.

核能發電反應機組停機後，雖然核分裂連鎖反應會停止，但是反應後的產物仍具有放射性，也會持續產生餘熱而造成高溫，需要持續輸入冷卻水降溫避免機組過熱，且必須在精密控制下才能停機。若停機後的餘熱發電功率為 P_r ，核能機組正常發電功率為 P ，以 $P_r / P = W$ 為縱軸，則其隨時間改變的曲線如圖 6 所示。假設核電廠某一老舊機組正常發電功率為每小時 64 萬度，而某用戶每個月用電度數為 320 度，則停機經過一天後，該時的餘熱用來發電一小時的電能，與該用戶用電約多久時間的電能相等？

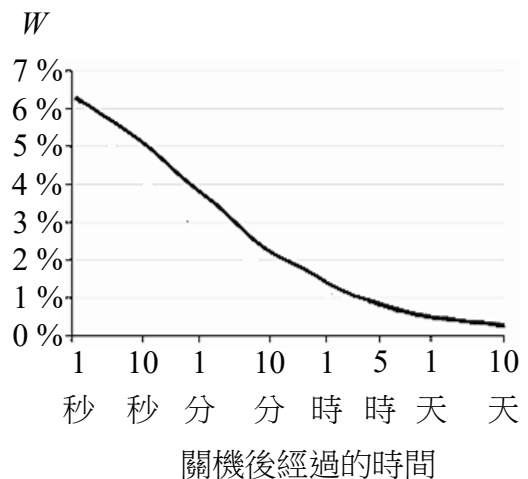


圖 6

- (A) 3 小時
- (B) 3 天
- (C) 30 天
- (D) 300 天
- (E) 3000 天

(改寫自 102 學年度學測)

參考答案：D

測驗目標：2b. 了解文本、數據或圖表等資料的意義

4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：必修物理 PNC-Vc-2 核能發電與輻射安全。

說明：

此題測驗考生對電功率的理解，以及相關數值運算的能力。

1. 能源的開發與利用，涉及能源開發的效率與對環境的影響，需要多方面的考量。相較其他發電方式，核能機組基於安全性考量，必須在特定控制程序下停機。一般核電機組的發電功率大約為1GW，而老舊機組的發電功率則較低，題目取「正常發電功率為每小時64萬度」，除了方便計算，也貼近事實。測驗內容是認識能源開發與利用的各種面向，與用電安全等議題，以及對日常生活可能的衝擊。

$$P = 6.4 \times 10^5 \text{ 度/小時} = (6.4 \times 10^5) \times (10^3) \times (1/1) \text{ W} = 6.4 \times 10^8 \text{ W} = 0.64 \text{ GW}$$

2. 依據題目提供圖表得知，當停機經過一天後，核能機組餘熱發電功率 P_r 約為核能機組正常發電功率 P 的0.5%，故 $P_r = P \times W = (6.4 \times 10^5 \text{ 度/小時}) \times (0.005) = 3200 \text{ 度/小時}$ 。以餘熱功率發電1小時所發出之電能為 $(3200 \text{ 度/小時}) \times (1 \text{ 小時}) = 3200 \text{ 度}$ ，相當於可讓每個月用電度數為320度的用戶，使用 $3200 \text{ 度} / (320 \text{ 度/月}) = 10 \text{ 月}$ 的電能，故答案為 $(30 \text{ 天/月}) \times (10 \text{ 月}) = 300 \text{ 天}$ 。
3. 綜合上述分析，本題正確答案為(D)。

例 18.

一組學生在做完電子荷質比實驗後，想到可使用其中的「亥姆霍茲線圈」測量光電效應實驗中光電子的動能。經討論後，將實驗裝置安排如圖7所示，其中兩線圈的中心軸沿著 x 軸方向，而光電效應實驗的兩個金屬電極與可調變的直流電源相接，在負極中央開洞，使得光電子以垂直 x 軸的方向入射兩線圈中央的磁場區，回答下列問題：

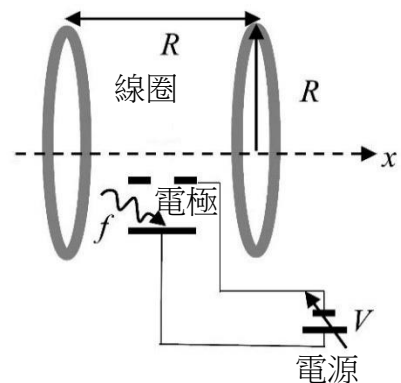


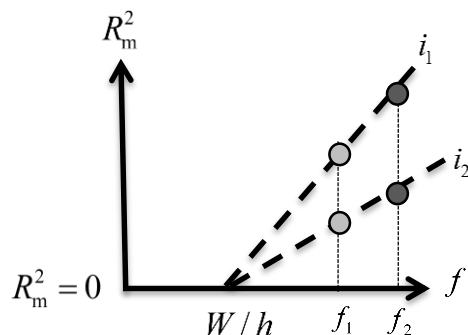
圖 7

- (1) 欲得知金屬電極在入射光頻率 f 的照射下的截止電壓 V ，學生將電源電壓設定為零，調整亥姆霍茲線圈中的電流使得兩線圈中間的磁場量值為 B 後，再測量進入兩線圈間中心磁場區光電子的運動半徑最大值為 R_m 。說明如何由此決定截止電壓 V （以電子質量 m 、電荷 e 、磁場 B 與半徑最大值 R_m 表示答案）。
- (2) 學生欲測量金屬電極的功函數，但只有兩個入射光頻率 f_1 、 f_2 可使用，且 $f_1 < f_2$ ，因此將亥姆霍茲線圈中的電流分別調整為 i_1 、 i_2 ，且 $i_1 < i_2$ 。由於實驗難免有誤差，試在答題卷上以 f 為橫軸， R_m^2 為縱軸作圖，並說明如何利用 f_1 、 f_2 與 i_1 、 i_2 ，以決定功函數。

（改寫自 107 學年度指考）

參考答案：(1) $V = eB^2 R_m^2 / (2m)$

(2)



測驗目標：4a. 根據資料進行歸納、假說或演繹

學習表現：探究能力－思考智能 tr-Va-1

探究能力－問題解決 pa-Va-2

測驗內容：選修物理 電磁現象一

PKc-Va-9 在平面上運動的帶電質點受到垂直於平面之均勻磁場的作用，會受力並做等速圓周運動。

電磁現象二與量子現象

PKd-Va-4 愛因斯坦分析光電效應，提出光量子論。

說明：

【第 1 小題】

電子在磁場中所受向心力為 $mv^2 / R_m = evB$ ，經過整理可以求得速率 v 與運動半徑最大值 R_m 的關係為 $v = eBR_m / m$ 。由方程式

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m}{2} \left(\frac{eBR_m}{m} \right)^2 = \frac{e^2 B^2 R_m^2}{2m}$$

可得截止電壓為 $V = eB^2 R_m^2 / (2m)$ 。

【第 2 小題】

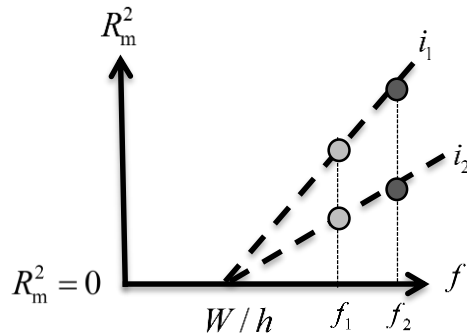
由 $hf - W = eV = e^2 B^2 R_m^2 / (2m)$ ，經過整理可得

$$R_m^2 = \frac{2mh}{e^2 B^2} \left(f - \frac{W}{h} \right)$$

若以 R_m^2 為縱軸、 f 為橫軸，此等式為一直線方程式，其中斜率為 $2mh / (e^2 B^2) > 0$ ，橫軸 f 的截距為 W / h 。

方法一

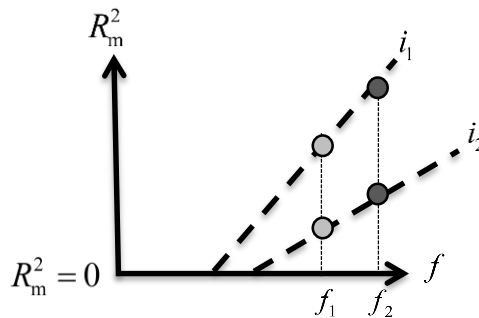
若線圈電流 i 越大，則產生的磁場 B 越大，且斜率越小，因此可以畫出下圖：



兩直線交點即為截距 W/h ，因此可得功函數。

方法二

若線圈電流 i 越大，則產生的磁場 B 越大，且斜率越小。然而實驗難免有誤差，兩直線可能有不同的截距，因此得到圖形如下：



由兩截距的算數平均數為 W/h ，可求得功函數 W 。

這題結合了「亥姆霍茲線圈」、「光電效應」、「電荷在磁場中的受力」等觀念，並且經理論推導得出光電子的運動半徑與入射光頻率的关系，接著求出金屬功函數。第(1)小題屬於基本題，必須對光電效應與光電子的運動半徑有進一步了解，才有辦法作答；第(2)小題必須知道功函數的意義，並寫出實驗時要如何從圖表中決定功函數的數值。

例 19.

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的金屬幽光，有些地方還看到彩虹色的金屬光澤，如圖 8 所示，心想是不是肉被金屬汙染了呢？

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所致，如圖 9 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 8

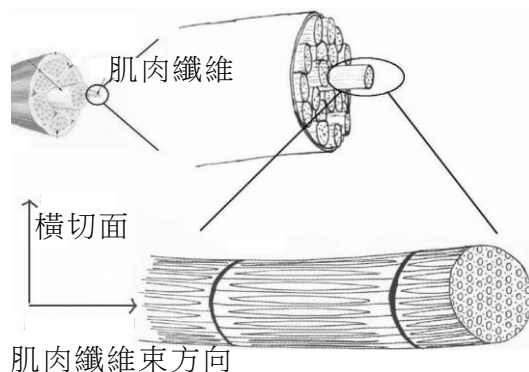


圖 9

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 2：

表 2

	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	✓	✓	×

(1) 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

(2) 依據表 2 結果，阿平由探究所得的結果形成五點論點

論點甲：刀子越鋒利，越容易產生金屬光澤

論點乙：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

論點丙：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

論點丁：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

論點戊：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，就不會產生金屬光澤

小明反思「探究成果」，發現有兩個論點屬科學邏輯謬誤的過度推論。試將過度推論的論點填入表格，並說明原因。

論點	原因

(改寫自 107 年研究用試卷)

參考答案：(1) A

(2)

論點	原因
乙	由 X、Y、Z 三把刀切割的結果得知，若未知的刀子鋒利程度介於 X~Z 之間，當切割方向與肌肉纖維平行，就不會產生金屬光澤，故無法判斷其他未知鋒利程度刀子的切割結果。
丁	若未知的刀子鋒利程度介於 X~Y 之間，當其切割方向與肌肉纖維垂直，就可以產生金屬光澤，但無法判斷其他不同鋒利程度刀子的切割結果。

測驗目標：3d. 應用物理概念於生活情境或其他學科

4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

4d. 分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

學習表現：探究能力－問題解決 pa-Va-2

探究能力－思考智能 tc-Va-1

科學的態度與本質 an-Va-1

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 發現問題－蒐集資訊

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：

【第 1 小題】

1. 各選項說明如下：

(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) 色散是指一道非單色光，在非真空環境下，各色光頻率不同而有不同的速率。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且返回原介質，其入射角等於反射角，此現象稱之為反射。

(E) 折射，指光從一種介質進入到另一種不同介質時，行進方向發生改變的現象。當光從光密介質到光疏介質時，折射角較入射角大，故折射線會偏離法線。

2. 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，在切面上均有時可見彩虹光澤，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。推論為光的干涉。

3. 綜合上述分析，本題正確答案為(A)。

【第 2 小題】

各論點說明如下：

論點甲：依據表 2，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。

論點乙：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。

論點丙：僅由 Y 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。

論點丁：由 X、Y 的資料作為剖析，其中刀子鋒利程度與切割角度，均為實驗變因之一，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。

論點戊：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，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。

附錄一、測驗目標與學習表現對應表

分科測驗物理考科的測驗目標係配合分科測驗的特性，並兼顧自然領綱學習表現與學習內容，以彰顯物理學科的知識與概念、推理思考的能力、探究能力、實驗或實作技能、應用物理知識等各項能力。然而，與他人溝通的能力、態度、興趣與鑑賞等所對應學習表現係課程教學設計的重點，無法表現於紙筆測驗中。下表為分科測驗物理考科測驗目標與相關學習表現的對應表。

測驗目標	學習表現	
一、測驗考生的基本物理知識與概念		
1a. 知道基本的物理名詞、定義及現象	科學認知	/
1b. 知道基本的物理規則、學說、定律及原理		
1c. 知道重要物理現象的尺度或物理量的單位		
1d. 知道重要科學史的發展歷程	探究能力－思考智能	建立模型
	科學的態度與本質	認識科學本質
二、測驗考生對於物理的理解能力		
2a. 了解基本的物理規則、學說、定律及原理	探究能力－思考智能	批判思辨
	探究能力－問題解決	分析與發現
	科學的態度與本質	培養科學探究的興趣
2b. 了解文本、數據或圖表等資料的意義	探究能力－問題解決	觀察與定題 分析與發現
	科學的態度與本質	認識科學本質
2c. 了解實驗原理、過程、儀器的用途與材料的特性	探究能力－問題解決	計劃與執行
2d. 了解科學理論的侷限性	探究能力－思考智能	批判思辨

測驗目標	學習表現	
三、測驗考生應用概念解題的能力		
3a. 套用單一物理定義、公式、定律或原理解題	探究能力－思考智能	推理論證
	探究能力－問題解決	分析與發現
3b. 應用圖示、模型或抽象知識來表達物理概念、方法及原理	探究能力－思考智能	推理論證
	探究能力－問題解決	建立模型
3c. 應用物理概念或模型解釋物理現象	探究能力－思考智能	推理論證
	探究能力－問題解決	建立模型
3d. 應用物理概念於生活情境或其他學科	探究能力－思考智能	推理論證
	探究能力－問題解決	建立模型
四、測驗考生分析整合的能力		
4a. 根據資料進行歸納、假說或演繹	探究能力－思考智能	推理論證
4b. 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題	探究能力－思考智能	推理論證
	探究能力－問題解決	批判思辨
4c. 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題	探究能力－問題解決	分析與發現
4d. 分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據	探究能力－問題解決	計劃與執行

附錄二、自然領綱普通型高中（物理）之學習表現與學習內容

一、學習表現

學習表現是強調以學習者為中心的概念，重視認知歷程、情意與技能之學習展現，代表自然領域非具體內容的向度，應能具體展現或呼應自然領域核心素養。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」，其與測驗目標的對應如附錄一。

項目	子項	第五學習階段學習表現（加深加廣選修）
探究能力 -思考智能 (t)	想像創造 (i)	ti-V a-1 能獨立察覺各種自然科學問題的成因，並能依不同情況發想各種假設及可行的解決方法，進而以個人或團體方式設計不同的實驗步驟，或創造新的實驗方法。
	推理論證 (r)	tr-V a-1 能運用一系列的科學證據或理論，以及類比、轉換等演繹推理方式，理解並推導自然現象的因果關係，或修正、說明自己提出的論點。
	批判思辨 (c)	tc-V a-1 能比較科學事實在不同論點、證據或事實解釋的合理性，並透過探索證據、挑戰思想、回應多元觀點的過程，進行批判論點或判斷科學證據的正確性。
	建立模型 (m)	tm-V a-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。進而能分析各種模型的特性，且了解模型可隨著對科學事物複雜關係的認知增加來修正。
探究能力 -問題解決 (p)	觀察與定題 (o)	po-V a-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫、有條理、有效率的觀察，進而能察覺問題。
		po-V a-2 能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，確認並提出與生活周遭或學術探索相關，而適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的關鍵問題（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）。
	計劃與執行 (e)	pe-V a-1 能辨明多個自變項或應變項並計劃適當次數的測試、嚴謹地預測活動的可能結果和可能失敗的原因。在有限的指導下，能依據指導或展現創意，依據問題特性、學習資源（設備、時間、人力等）、預期成果（包括信效度）、對社會環境的影響等因素，有效率地規劃最佳化的實作（或推理）探究活動或問題解決活動。
		pe-V a-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。能進行精確、高效率之的質性觀察或數值量測，視需要能運用科技儀器輔助記錄。

項目	子項	第五學習階段學習表現（加深加廣選修）
	分析與發現 (a)	<p>pa-V a-1 能流暢運用思考智能、製作圖表、使用資訊及數學等方法，以有效整理資訊或數據。</p> <p>pa-V a-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、理解科學問題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的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；如果結果不同，能進一步探究原因。</p>
	討論與傳達 (c)	<p>pc-V a-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中：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，進行反思、形成評價與改善方案，作為未來改進與提升能力的基礎。</p> <p>pc-V a-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、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果，並選擇合適的發表方式和途徑。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 a-1 了解科學能力是多元的，擁有熱誠是從事與科學或科技有關的工作最重要的條件。</p> <p>ai-V a-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。</p>
	養成應用科學思考與探究的習慣 (h)	<p>ah-V a-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準（例如：可推廣性、簡約性等）判斷探究活動的可行性。</p> <p>ah-V a-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。</p>
	認識科學本質 (n)	<p>an-V a-1 了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如：邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。</p> <p>an-V a-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。</p> <p>an-V a-3 了解科學知識發展的歷史是與社會、文化、政治、經濟緊密相關。</p>

二、學習內容

本測驗內容由自然領綱第五學習階段部定必修物理與部定加深加廣選修物理之學習內容重新排列而成，分主題、次主題、學習內容、學習內容說明、參考節數等五部分。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」。

1.普通型高級中等學校必修課程

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
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。	2-1 介紹運動物體的動能與位能，其總和稱為力學能。 ●有關各種能量及能量之間的轉換，避免做定量推導及計算。 2-2 舉例說明一般系統的能量，可以經由力學能、熱能、光能、電能、化學能等各種形式存在。 ●可舉焦耳實驗為例，說明力學能和熱之間的關係。 2-3 舉例說明各種能量間的轉換，以及能量守恆的觀念。 ●日常生活中常接觸到的能量之間可以轉換，且總能量守恆，但其形式不一定可以嚴格區分，例如：電池中的化學能，本質上是電池內部原子的電磁能以及動能的展現。 ●以生物與化學上的能量的轉換做例子，說明能量守恆具有普適性。	3節

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
	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。	1-1 簡介理想氣體的熱能。 1-2 介紹克氏溫標(絕對溫標)。說明絕對溫度越高代表物體中原子的平均動能越大。 2-1 介紹功與熱的轉換。實驗顯示，透過作功可以輕易地把能量轉換成熱，卻無法把熱完全用來作功。 ●可說明木塊整體運動之動能為作功能力較好的有序能量，木塊和地面摩擦產生的熱能為作功能力較差的無序能量。 3-1 說明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。	3節
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。	1-1 科學上的基本物理量常以國際標準單位做基準，因工具的限制或應用上的方便，也有許多常用的物理量是經由基本物理量的測量再計算而得。 ●在從事科學研究時，科學家可以有主觀的判斷與猜想，但仍需藉由各種客觀的方法，如確認問題、提出假說、實驗分析與驗證、建構理論、做出預測等，來確認猜想或假說是否正確。	1節

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質系統 (E)	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。	1-1 介紹伽利略之前，學者對物體運動的觀察與思辯歷程。 ●透過完整的運動學思辯歷程，說明人類對自然現象的關注，才會有科學的產生，並且引導學生了解科學並非憑空產生的想法。 ●此處介紹克卜勒行星運動定律的目的，是以此為例讓學生知道物體軌跡的確遵循已知的明確規律，而這些規律對於一般人而言，可能是極不明顯的事。如果不是克卜勒的發現，科學家可能還要摸索很久，才能確切了解這些規律的物理。 2-1 介紹伽利略對物體運動的研究與思辯歷程。 3-1 簡單介紹克卜勒三大定律發現的歷史背景及內容。 示範實驗：力學能守恆與運動 ●可說明克卜勒定律是累積前人觀測資料之歸納性結果。 4-1 詳細敘述三個運動定律的意義，而敘述僅以定律之說明為主，不涉及公式之推導與計算。	3節
		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。				

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			<ul style="list-style-type: none"> ●僅以敘述方式說明可由運動方程式求得物體運動軌跡，不涉及軌跡數學式。 ●藉由第三定律的介紹，呼應前章節基本作用交互（力）的概念，並且具體說明作用力與反作用力的施力者與受力者。 ●一方面複習國民中學階段所學，一方面以這些熟悉的力為例，說明力會改變物體的運動狀態。例如：如果沒有摩擦力，一個等速前進的物體將以等速度持續前進，不涉及摩擦係數的量值。 	

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
自然界的現象與交互作用 (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。	1-1 說明波速、頻率、波長的關係（數學式）。 ●將國民中學階段已學過基本概念做複習，以便加深印象。 ●不推導任何數學公式。 2-1 簡介聲與光的都卜勒效應。 3-1 介紹歷史上關於光的兩個主要理論：微粒說、波動說。 ●作定性的介紹，不推導任何數學公式。 4-1 介紹光的反射及折射現象。 ●利用波動理論中，波在不同介質中速率不同，以圖示法定量說明司乃耳定律。 5-1 介紹光的干涉及繞射現象。 示範實驗：雙狹縫干涉 7-1 馬克士威經由理論計算，發現電磁波的速度與實驗上測出的光速相同，因此推論光是一種電磁波，後來也得到實驗證實。 ●不推導任何數學公式。	2節
	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。	1-1 說明可以從牛頓運動方程式及平方反比重力解釋克卜勒行星運動定律。 ●可略加說明：由牛頓	1節

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			運動方程式與平方反比重力解釋克卜勒定律是演繹式之推導，而克卜勒定律則是歸納式的推論。這兩種方法都是研究科學的重要方法。	
	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>	<p>3-1 簡單複習國民中學階段所學的電流會產生磁場，以及安培右手定則。</p> <p>3-2 定性介紹法拉第感應定律。藉由電磁感應現象，來說明電與磁是不可分割的，因此科學家把電場以及磁場統稱為電磁場。 示範實驗：載流導線的磁效應</p> <p>4-1 說明馬克士威把電磁場所遵守的定律統整成一組方程式。 ●不需說明方程式的數學形式。簡單指出，馬克士威方程式能以定量的方式來描述電磁現象。</p> <p>5-1 介紹電磁感應，同時說明電磁場可以在空間中傳播，從而形成電磁波。介紹馬克士威的方程式可以預測電磁波的存在。 ●僅需簡要說明電場、磁場的交互感應及傳播。</p>	6節

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			<ul style="list-style-type: none"> ●應簡要說明變動的電場會感應磁場，變化的磁場會感應電場。 示範實驗：電磁感應 6-1 介紹電磁波譜及在日常生活中的應用。	
	量子現象 (Kd)	PKd-Vc-1 光具有粒子性，光子能量 $E=hf$ ，與其頻率 f 成正比。 PKd-Vc-2 光電效應在日常生活中的應用。 PKd-Vc-3 原子光譜。 PKd-Vc-4 能階的概念。 PKd-Vc-5 電子的雙狹縫干涉現象與其波動性。 PKd-Vc-6 光子與電子以及所有微觀粒子都具有波粒二象性。 PKd-Vc-7 牛頓運動定律在原子尺度以下並不適用。	1-1 簡介光電效應，說明光具有粒子性。引入 $E=hf$ 公式，說明光子能量 E 與其頻率 f 成正比。 <ul style="list-style-type: none"> ●定性說明如果將頻率夠高的光照射到某些金屬上，便可以將電子打離金屬表面。 ●不涉及任何數學推導。 2-1 舉例說明光電效應在日常生活中的應用。 <ul style="list-style-type: none"> ●光電子的產生只和入射光的頻率有關而和光的強度無關。 4-1 說明不同的原子有不同的光譜；經由測量一個物體發出的原子光譜，可以推論此物體的組成成分。 4-2 說明原子外圍的電子只能具有特定的能量，稱之為能階。 4-3 說明電子可以經由吸收或發射特定能量(頻率)之光子，由一個能階躍遷到另一個能階，從而以理論解釋實驗觀測到的原子光譜。	4節

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			<ul style="list-style-type: none"> ●說明光是由一顆顆的光量子所組成的，每顆光量子的能量和光的頻率成正比。 ●定性介紹物理學家成功完成電子的雙狹縫干涉實驗。此一實驗的概念及光學中的楊氏干涉實驗完全相同，可明確地呈現電子的波動性。 <p>5-1 簡介電子的雙狹縫干涉現象，藉此說明電子具有波動性。</p> <p>6-1 指出牛頓運動定律在微觀(原子)尺度下並不適用，此時適用之理論稱為量子論。</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>	<p>1-1 生活中常見的物質都是由原子組成的。</p> <p>1-2 固態、液態及氣態之間的差異，都可由原子觀點解釋。</p> <p>1-3 說明大自然的聲、光、熱、電等現象都可以用原子(或更基本的粒子)之間的交互作用來解釋。</p> <p>1-4 說明原子為電中性，內部有帶正電的原子核，帶負電的電子則環繞於原子核外。</p> <p>1-5 說明原子核內有帶正電的質子與不帶電的中子。</p>	6節

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			<p>1-6 說明質子、中子尚有內部結構，而且是由夸克所組成的。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●不須說明夸克的種類及所帶電荷。本說明的主要目的僅在於讓學生認識：實驗顯示質子與中子仍有內部的結構，理論上可以經由「夸克」來解釋，而此概念也被進一步的實驗所驗證。 <p>2-1 說明單獨的中子並不穩定，會透過弱作用（弱力）自動衰變成質子及其他粒子，某些原子核也會有類似的衰變。而弱作用的作用範圍比強力的作用範圍更短。</p> <p>3-1 說明自然界的基本作用力可分為重力、電力與磁力、強力、弱作用。物質間一切的交互影響，都是由這幾種基本交互作用所綜合而成的。</p> <p>3-2 說明帶質量的物體之間有萬有引力，以及此力量值與物體間距離的平方成反比。</p> <p>3-3 說明磁鐵間有磁力、簡介磁力線與磁場的概念。</p>	

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			3-4 說明質子與質子、質子與中子、中子與中子之間有「強力」，因此能束縛在一起形成原子核。而強力的作用力範圍很短，只限制在原子核量值的尺度內，因此在日常生活中感覺不到它的作用。 <ul style="list-style-type: none"> ●簡單介紹牛頓發現萬有引力的歷史背景與內容。 ●不推導任何數學式為前提學習萬有引力平方反比公式。 ●說明電荷會產生電場，兩電荷之間有電力，此力量值與電荷之間距離的平方成反比。 ●原子內帶負電的電子與帶正電的原子核之間有相吸的電力，才會組成原子。電子與電子之間則有相互排斥的電力。 ●僅介紹單一電荷產生的電場。 ●不推導任何數學式為前提學習靜電力平方反比公式。 ●說明日常生活中所經驗到的各種力，例如：摩擦力、各種「接觸力」(用手推桌子、地 	

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			<p>板把桌子撐住)、彈性力、氣體分子碰撞容器壁產生的壓力來源等，若從原子的觀點來看，其實都是電力與磁力的作用。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●衰變現象無法以重力、電磁力或強力解釋，因而得知自然界中還有另外一種交互作用，科學家稱它為弱作用（弱力）。 ●由於弱作用存在，中子才會衰變。 	
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。	3-1 介紹科學家面對問題時，所持思考方式與態度，例如：理性、客觀、好奇心、避免妄下決斷等。 3-2 簡介物理學涵蓋的範疇、探究的方向與演進的歷史。 3-3 說明現代世界經常面對跨學科的挑戰，並非侷限於單一學科的探究。 <ul style="list-style-type: none"> ●避免單純以條列的方式來呈現物理史：可藉由幾位關鍵物理學家的貢獻，來說明物理是實驗與理論相輔相成的學問，及其與人類文明發展的關係。 	1 節

普通型高級中等學校必修物理				
主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			4-1 擇例簡介物理科學家之貢獻與研究歷程，並兼顧不同族群、性別與背景，此內容應融入相關章節，不必另成一個單元。	
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。	1-1 簡述原子核的分裂。 2-1 簡述核能發電並介紹輻射安全。 2-2 簡述原子核的融合及核能。 ●可提及太陽能來自核融合反應。	1節

2. 普通型高級中等學校加深加廣選修課程

普通型高級中等學校加深加廣選修物理為 10 學分，內容規劃如下：

科目	課程名稱	學分
選修物理	力學一	2
	力學二與熱學	2
	波動、光及聲音	2
	電磁現象一	2
	電磁現象二與量子現象	2

課程名稱：力學一

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
物質系統 (E)	自然界的尺度與單位 (Ea)	PEa-Va-1 測量都會有不確定度，不確定度源自被測量物、測量儀器的特性，並受測量者及環境的影響。不確定度有國際公定的標準計算方法。	1-1 說明不確定度。 1-2 測量的有效數字和不確定度的關係。 1-3 不確定度的組合，例如：兩個物體的重量各有不確定度，其總共重量的不確定度如何估算。 1-4 導出量的測量與不確定度的評估，例如：密度、速度、面積等基本導出量，其不確定度如何評估。 1-5 物理量的因次及因次分析法。	2 節

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
	力與運動 (Eb)	<p>PEb-Va-1 質點如在一平面上運動，則其位移、速度、加速度有兩個獨立的分量。</p> <p>PEb-Va-2 直線等加速運動（例如：自由落體運動），其位移、速度、加速度及時間的數學關係。</p> <p>PEb-Va-3 二質點在同一直線上運動，其相對速度為二質點速度之差。</p> <p>PEb-Va-4 簡諧運動為一週期性運動，其位移和速度可用時間的正弦函數或餘弦函數表示。</p> <p>PEb-Va-5 質點如在一平面上運動，則其位移、速度、加速度有兩個分量，應用向量表示，例如：拋體運動，其軌跡是拋物線。</p> <p>PEb-Va-6 質點作等速圓周運動時其速率及角速度不變，但有向心加速度，因此速度的方向會改變。</p>	<p>1-1 以質點在一直線上的位置變化描述運動，並說明位移及路徑長。</p> <p>1-2 介紹平均速度、瞬時速度。</p> <p>2-1 介紹加速度。</p> <p>2-2 詳細討論一維空間的等加速運動，並說明鉛直方向的自由落體運動。</p> <p>3-1 說明直線上的相對運動。 實驗一：自由落體與物體在斜面上的運動</p> <p>4-1 簡諧運動為一週期性運動，並解釋位置與時間的關係。</p> <p>5-1 利用平面向量之概念將位移、速度及加速度推廣至二維空間的運動。</p> <p>5-2 以拋體運動為例，說明二維的等加速運動。</p> <p>6-1 引入角速度、向心加速度概念。</p>	15節
		<p>PEb-Va-7 力是向量，可以分解和合成。</p> <p>PEb-Va-8 牛頓三大運動定律包括慣性定律、運動定律、作用與反作用定律。</p> <p>PEb-Va-9 牛頓第二運動定律的應用，例如：簡諧運動與等速圓周運動。</p>	<p>7-1 說明力的向量性質與力的合成分解。</p> <p>8-1 介紹慣性的概念。</p> <p>8-2 介紹力與加速度之間的關係。</p> <p>8-3 介紹作用力與反作用力的關係。</p> <p>9-1 介紹虎克定律、簡諧運動及等速圓周運動之向心力。</p>	9節

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			實驗二：牛頓第二運動定律	
自然界的現象與交互作用 (K)	萬有引力 (Kb)	PKb-Va-1 萬有引力定律的說明。 PKb-Va-2 地球表面的重力與重力加速度。 PKb-Va-3 行星與人造衛星的運動。 PKb-Va-4 以圓周運動為例說明如何由萬有引力定律推論出克卜勒定律。	1-1 說明萬有引力定律的數學形式。 2-1 由物體在地球表面所受重力得出地球表面的重力加速度。 3-1 應用牛頓運動定律與萬有引力定律解釋行星及人造衛星的運動。 4-1 指出克卜勒行星運動第一定律可以藉由牛頓運動定律及萬有引力定律的結合推導出來。這裡並不是要做推導，而是說明克卜勒行星運動第一定律和牛頓定律的關係。 4-2 以圓周運動為例說明克卜勒行星運動第三定律如何經由牛頓運動定律及萬有引力定律推導出來。	3節
	科學發展的歷史 (Mb)	PMb-Va-1 克卜勒定律和萬有引力定律的關係。 PMb-Va-2 伽利略的慣性原理和牛頓運動定律的關係。	1-1 融入學習內容：萬有引力 (Kb)。 2-1 融入學習內容：PEb-Va-8 牛頓三大運動定律包括慣性定律、運動定律、作用與反作用定律。 ●簡單複習高一所學相關議題。	1節
科學、科技、社會及人文 (M)	科學在生活中的應用 (Mc)	PMc-Va-1 以物理原理解釋自然現象，例如：光的各種現象、天體運動、各種力的作用。	●融入學習內容：萬有引力 (Kb)，及 PEb-Va-9 牛頓第二運動定律的應用，例如：簡諧運動與等速圓周運動。	1節

課程名稱：力學二與熱學

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數	
物質系統 (E)	力與運動 (Eb)	PEb-Va-10	質點的動量等於質點的質量乘以速度，其時間變化率等於質點所受作用力。衝量等於動量的變化。	10-1 定義動量與衝量，並說明其與作用力之間的關係。 11-1 介紹質點系統的動量守恆定律。	15 節
		PEb-Va-11	質點系統的動量對時間的變化率等於外力的總和，如外力的總和為零，則系統動量守恆。	14-1 定義單一質點的角動量並說明其與作用力矩之間的關係及角動量守恆。	
		PEb-Va-12	質點系統質心的定義。	14-2 說明克卜勒行星運動第二定律是角動量守恆律的體現(對高一必修課綱中提及之克卜勒行星運動第二定律作進一步解釋)。	
		PEb-Va-13	質心速度、質心加速度及系統總動量及其所受外力的關係。		
		PEb-Va-14	一質點的角動量等於其位置向量和動量的向量外積，其時間變化率等於質點所受的力矩。	15-1 說明一維彈性碰撞及一維非彈性碰撞。	
		PEb-Va-15	許多生活上和工程上的問題都可用牛頓三大運動定律來解釋或計算，例如：靜力平衡、摩擦力、一維碰撞問題。	15-2 說明靜摩擦與動摩擦。 15-3 說明靜力平衡及其應用。	
能量的形式、轉換及流動 (B)	能量的形式與轉換 (Ba)	PBa-Va-1	功等於力和位移的向量內積，功率為功的時間變化率。	1-1 以力與位移的純量積定義功，並介紹平均功率及瞬時功率。	12 節
		PBa-Va-2	功能定理。	2-1 定義動能，並證明外力做功之總和等於質點動能之變化量。	
		PBa-Va-3	位能的定義。		
		PBa-Va-4	重力位能及彈簧位能的一般表示式。	3-1 說明位能的定義。	
		PBa-Va-5	一般性的力學能守恆律與實例。	4-1 說明重力位能及彈簧位能。 5-1 說明力學能守恆定律，並舉力學能守恆的實例。	

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
能量的形式、轉換及流動 (B)	溫度與熱量 (Bb)	PBb-Va-1 理想氣體狀態方程為 $PV=nRT$ ，此溫度 T 為絕對溫度。 PBb-Va-2 將牛頓力學定律應用到理想氣體動力論，可以推導出氣體壓力以及體積與內能的定量關係。將此結果套用到理想氣體狀態方程式則可得出理想氣體的內能與絕對溫度成正比的結論。 PBb-Va-3 在一系統中氣體分子運動速率並非完全相同，而是有一個速率分布。	1-1 只需強調絕對溫度的觀念和絕對溫度與理想氣體性質的關係。 2-1 將牛頓力學定律應用到理想氣體動力論，可以推導出氣體壓力以及體積與內能的定量關係。 2-2 將此結果套用到理想氣體狀態方程式則可得出理想氣體的內能與絕對溫度成正比的結論。 ●不介紹馬克士威速度分布的數學形式。	5節

課程名稱：波動、光及聲音

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
自然界的現象與交互作用 (K)	波動、光及聲音 (Ka)	PKa-Va-1 力學波須透過介質來傳播，但光可在真空中傳播。 PKa-Va-2 介質振動會產生波。 PKa-Va-3 正弦波在時間上以及空間中均有週期性。 PKa-Va-4 波遇到不同的介質時會反射和透射，例如：繩波。 PKa-Va-5 線性波相遇時波形可以疊加。 PKa-Va-6 兩個振幅、波長、週期皆相同的波相向行進會經由干涉形成駐波。 PKa-Va-7 如聲音形成駐波，其頻率最低者稱為基音，頻率高者稱為泛音。	1-1 以水波及繩波說明波可以在不傳送物質的情況下將能量傳播至別處。 1-2 波的傳播方式可方便地分為縱波和橫波兩種。 1-3 說明聲波的傳遞。 2-1 說明力學波是因物質的振動而產生，必須靠介質才能傳播。 3-1 以正弦波定義波長、頻率、波速、振幅、波峰及波谷等專有名詞，並說明其間的關係。 4-1 以繩波為例說明波遇到不同介質時的反射和透射。	14節

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
		<p>PKa-Va-8 物體振動的頻率和聲波頻率相同時會產生聲音的共振（或共鳴）。</p> <p>PKa-Va-9 惠更斯原理可解釋波的傳遞，波前的每一點就像一個向外傳播的點波源。</p>	<p>5-1 說明波的疊加原理。</p> <p>5-2 指出並不是所有的波都能符合波的疊加原理，但當波的振動幅度不大時，則都滿足疊加原理。</p> <p>5-3 介紹水波的干涉。 實驗三：水波槽實驗</p> <p>6-1 駐波如何產生及駐波的性質。</p> <p>6-2 定義波節與波腹，並說明波節（波腹）位置及波長的關係。</p> <p>7-1 利用繩弦的振動以及長直空氣柱內的駐波說明基音和泛音。</p> <p>8-1 介紹物體自然頻率的概念</p> <p>8-2 利用音叉、音箱、音樂盒等實例說明聲音的共振。 實驗四：氣柱的共鳴</p> <p>9-1 介紹波前的概念。</p> <p>9-2 介紹惠更斯原理。</p>	
	<p>波動、光及聲音（Ka）</p>	<p>PKa-Va-10 光有波動的性質。</p> <p>PKa-Va-11 光的折射遵循司乃耳定律，光由光密介質進入光疏介質的入射角大於臨界角時會發生全反射。</p> <p>PKa-Va-12 光經透鏡成像可用透鏡公式分析，透鏡有很多用途。</p> <p>PKa-Va-13 光有干涉與繞射的現象，其亮紋和暗紋決定於相位差。</p>	<p>10-1 說明光的許多性質可用波動說解釋。</p> <p>11-1 說明司乃耳定律。</p> <p>11-2 說明光的色散現象。</p> <p>11-3 定性說明彩虹的成因。</p> <p>11-4 說明光的全反射現象。</p> <p>12-1 說明透鏡公式與成像的關係。</p> <p>12-2 簡介透鏡的應用。 實驗五：折射率的測定及薄透鏡的成像</p>	<p>15節</p>

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			13-1 利用疊加原理說明光的干涉現象。 13-2 利用惠更斯原理說明光的繞射現象。 13-3 說明垂直入射的光之繞射現象中，接近中央處之暗紋所在位置與波長以及屏幕距離之間的定量關係。 實驗六：干涉與繞射 ●避免對水波槽實驗進行複雜分析，只需說明同相干涉。	
科學、科技、社會及人文 (M)	科學在生活中的應用 (Mc)	PMc-Va-1 以物理原理解釋自然現象，例如：光的各種現象、天體運動、各種力的作用。 PMc-Va-2 電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。	●融入學習內容：波動、光及聲音 (Ka)。	1節

課程名稱：電磁現象一

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
自然界的現象與交互作用 (K)	電磁現象 (Kc)	PKc-Va-1 可以用電力線表示出電場的大小與方向。	1-1 介紹靜電力的數學形式。	10 節
		PKc-Va-2 庫倫作用力是守恆力，具有位能。	1-2 介紹電力線的概念。	
PKc-Va-3 在電場中，單位電荷在某點所具有的位能，即為該點之電位。	1-3 說明電場之定義與電力線之關係。			
	1-4 說明帶電質點在均勻電場中所受的力與運動軌跡。 ●說明電位、電位差、電位能。 ●說明帶電平行板間形成的電場及電位差。 ●避免繁複的計算，應將重點擺在物理觀念的加強。 實驗七：等電位線與電場。			
		PKc-Va-7 載流導線如長直導線、圓線圈、長螺線管，會產生磁場，遵循必歐-沙伐定律及安培右手定則。	7-1 介紹電流的定義。	10 節
			7-2 說明必歐-沙伐定律及安培右手定則。	
		PKc-Va-8 載流導線在磁場中受力，可利用此特性設計電動機。	7-3 說明長直導線及圓線圈電流所產生的磁場。	
		PKc-Va-9 在平面上運動的帶電質點受到垂直於平面之均勻磁場的作用，會受力並做等速圓周運動。	7-4 說明長螺線管電流會在螺線管內部產生相當均勻的磁場。	
			8-1 說明載流導線在均勻磁場中所受的作用力及其應用。	
			8-2 說明載流平行導線間的作用力。 8-3 介紹電動機的原理。 實驗八：電流天平。	

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			9-1 說明帶電粒子在磁場中運動所受到的作用力。 9-2 描述帶電粒子在均勻磁場中的運動及其應用。	
		PKc-Va-10 磁通量的負時間變化率等於感應電動勢，此為法拉第定律。 PKc-Va-11 電壓和電流有直流電和交流電兩種。 PKc-Va-12 發電機與變壓器的原理皆為電磁感應。 PKc-Va-13 電場變化會產生磁場。 PKc-Va-14 電磁波在真空中傳播的速率由電磁常數決定，與頻率無關。 PKc-Va-15 平面電磁波的電場、磁場以及傳播方向互相垂直。	10-1 介紹感應電動勢和磁通量變化的關係。 10-2 介紹冷次定律，並說明這是能量守恆的表現。 12-1 介紹交流發電機與變壓器的基本原理。 13-1 介紹隨時間改變的電場也會在其周遭感應出磁場。 ●位移電流這名詞雖然有歷史上的意義，但容易引起初學者的困擾，故此處建議只介紹現象本身而不刻意去引入此名詞。 14-1 電磁波之產生和傳播。 14-2 電磁波在真空中的傳播速率可以透過電磁學定律完全決定。此速率與頻率沒有關係。 ●強調電磁波的產生是透過電磁感應，以及電場改變時所衍生的磁效應來相輔相成，並不是要說明電磁波和狹義相對論的關係。	10節

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
			15-1 介紹平面電磁波的電場、磁場以及傳播方向之關係。 15-2 簡介電磁波的偏振現象。 15-3 電磁波之應用。 實驗九：認識電磁波 （經由實驗讓學生了解 15-1、15-2、15-3 所列電磁波的特性）。	
科學、科技、社會及人文 (M)	科學在生活中的應用 (Mc)	PMc-Va-1 以物理原理解釋自然現象，例如：光的各種現象、天體運動、各種力的作用。 PMc-Va-2 電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。	●融入學習內容：電磁現象 (Kc)	1 節

課程名稱：電磁現象二與量子現象

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
自然界的現象與交互	電磁現象 (Kc)	PKc-Va-4 電位差等於電流乘以電阻，此為歐姆定律。 PKc-Va-5 電路中電流帶有能量。 PKc-Va-6 電路有串聯、並聯及迴路等形式，電路中的能量及電量必須守恆。	4-1 解釋電動勢的意義。 4-2 介紹電阻及電阻率。 4-3 簡介電阻及溫度的關係。 5-1 說明電流的熱效應及電功率（說明電流、電動勢和能量的關係）。 6-1 說明電阻的串、並聯及迴路。	7 節

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
作用 (K)			6-2 簡述電路中的能量守恆及電量守恆。 ●以上 6-1、6-2 只涉及簡單電路。 實驗十：歐姆定律與電路	
	量子現象 (Kd)	PKd-Va-1 用湯木生陰極射線管及密立坎油滴實驗測量電子的荷質比及電量。 PKd-Va-2 X 射線比起可見光來能量較高、波長較短，可用來分析晶體結構，並且有許多其他的應用。 PKd-Va-3 普朗克分析黑體輻射現象，提出量子論之解釋。 PKd-Va-4 愛因斯坦分析光電效應，提出光量子論。 PKd-Va-5 德布羅意提出物質波理論：物質都具有波與粒子的二象性，並經實驗驗證。 PKd-Va-6 拉塞福提出正電荷集中在核心，電子分布在外的原子模型。 PKd-Va-7 波耳假設角動量的量子化，提出氫原子模型，成功解釋氫原子光譜。 PKd-Va-8 依照量子力學解釋，原子內之電子是以機率分布出現，沒有固定的古典軌道。	1-1 簡介湯木生陰極射線管及電子荷質比實驗。 1-2 簡介密立坎油滴實驗。 實驗十一：電子的荷質比認識。 2-1 說明 X 射線的產生及其性質。 2-2 介紹晶體的 X 射線繞射並簡介 X 射線的應用。 3-1 簡述黑體輻射的性質及普朗克的量子論解釋。 4-1 介紹光電效應及愛因斯坦光量子論。 5-1 敘述德布羅意物質波的提出及證實。 5-2 說明物質波可形成駐波，及其和原子模型的關係。 5-3 說明光以及傳統上所認知的物質都具有波與粒子的二象性。 6-1 說明拉塞福的原子模型。 7-1 簡述氫原子光譜及波耳的氫原子模型。 8-1 可指出波耳原子模型不足之處。	19 節

主題	次主題	學習內容	學習內容說明	參考節數
	基本交互作用 (Ke)	<p>PKe-Va-1 質子和中子可組成結構穩定以及不穩定的原子核。</p> <p>PKe-Va-2 不穩定的原子核會經由放射性衰變釋放能量或轉變為其他的原子核。</p> <p>PKe-Va-3 基本交互作用遵循許多守恆律，例如：動量守恆、角動量守恆、質能守恆、電荷守恆。</p>	<p>1-1 簡述原子核的組成。</p> <p>2-1 簡述原子核的衰變及其放射性。</p> <p>2-2 可簡述原子核衰變和強、弱作用的關係以呼應必修物理的內容。</p> <p>3-1 綜合陳述動量守恆、角動量守恆、電荷守恆、質能守恆。</p> <p>●可指出守恆定律因為和物體之交互作用細節無關，故其理論上之重要性有時可能凌駕了交互作用本身的細節；而在實作上，守恆定律有時也可以幫助我們對某些實驗結果迅速做出判讀。</p>	
科學、科技、社會及人文 (M)	科學在生活中的應用 (Mc)	<p>PMc-Va-1 以物理原理解釋自然現象，例如：光的各種現象、天體運動、各種力的作用。</p> <p>PMc-Va-2 電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。</p>	<p>●融入各學習內容：量子現象 (Kd)，基本交互作用 (Ke)。</p>	1 節

◎實驗

實驗名稱	內容	備註
一、自由落體與物體在斜面上的運動	<ul style="list-style-type: none"> ●利用計時器測量自由落體的速度及加速度。 ●利用力學滑車、計時器記錄滑車由斜面滑下之位移、速度、加速度，以了解等加速度直線運動。 	
二、牛頓第二運動定律	<ul style="list-style-type: none"> ●利用滑車與軌道、計時器，將質量固定，改變作用力以測加速度，求出加速度及作用力的關係。 ●固定作用力，改變質量以測加速度，求出加速度及質量的關係。 ●綜合實驗結果得出牛頓第二運動定律。 	
三、水波槽實驗	<ul style="list-style-type: none"> ●在水波槽中，觀測水波遇不同形狀的障礙物反射的情形。 ●在水波槽中，觀測水波在深淺不同的部位產生折射的情形。 ●利用水波槽、起波器，作二同相點波源的水波干涉。 	
四、氣柱的共鳴	<ul style="list-style-type: none"> ●探討空氣柱的共鳴現象，測定聲音在空氣中行進的速度。 	
五、折射率的測定及薄透鏡的成像	<ul style="list-style-type: none"> ●觀察折射現象，並用大頭針與方格紙等簡單工具測量玻璃、水及糖水或鹽水等常見物質的折射率。 ●可考慮以雷射筆直接測量。 ●觀察並驗證薄透鏡成像公式。 	
六、干涉與繞射	<ul style="list-style-type: none"> ●利用雙狹縫之干涉現象，測量單色光之波長。 ●利用單狹縫之繞射現象，測量單狹縫之寬度。 	
七、等電位線與電場	<ul style="list-style-type: none"> ●利用電場形成碳板與探針決定兩個電極間的等電位線及電力線的分布。 	
八、電流天平	<ul style="list-style-type: none"> ●利用電流天平以測定螺線管內磁場強度及電流之關係。 	
九、認識電磁波	<ul style="list-style-type: none"> ●以微波實驗驗證電磁波的性質，例如：波長、能量、電場和磁場的作用、偏振、電磁波的發射與接收。 ●認識電磁波實驗是新增的實驗，因此多加下列說明，作為參考。 目的：探討微波的性質，例如：波長、駐波、反射、折射、偏振。 儀器：微波發射器、微波接收器、聚苯乙烯稜鏡模型、金屬板、半透板、數片偏極柵、直尺、量角器。 實驗項目： 1.反射：微波發射器發射微波，利用金屬板反射微 	此實驗之目的是增進學生對電磁波的了解。有關電磁波的實驗非常多，除了左列之示範微波

實驗名稱	內容	備註
	<p>波，再用接收器在不同位置測量訊號強弱，同時測量入射角和反射角。</p> <p>2. 折射：微波發射器發射的微波射入稜鏡模型，用接收器測量折射角。</p> <p>3. 波長和駐波：微波會在發射器和接收器間形成駐波，以此測量波長。</p> <p>4. 偏振：微波經過偏極柵會發生偏振，可用接收器測量微波強度，讓微波經過兩片偏極柵，測量強度和偏極柵間角度的關係。此項實驗可驗證電磁波為橫波。</p> <p>◎例如：儀器不夠精密可跳過第三項波長和駐波的實驗。</p>	<p>實驗之外，可選擇進行其他有重要物理內涵的電磁波實驗。</p>
<p>十、歐姆定律與電路</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●實證歐姆定律。 ●練習電路之聯結及三用電錶之使用法。 	<p>不做惠司同電橋測定電阻之實驗。</p>
<p>十一、電子的荷質比認識</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●使用電子束管及荷姆霍茲線圈或其他性質相似裝置，配合螺線管以測定電子的荷質比。 	