前言

physics

本衔接教材的主要架構是以物理史及數學工具出發，再引導進入物理量、物理觀念，及重要定律的學習。一方面複習國中學過的部分課程，另一方面加強其數學工具的應用及演算，以提升學生的數學操作及運算能力。每單元對應的範例及練習，則盡量以生活上或未來高中物理會使用的題目為主。

第一單元介紹物理學家的貢獻及提出的物理概念，熟悉物理史的發展及了解物理學家的偉大思想，有助於物理的學習，提升學習的動機。

第二單元及第三單元為數學工具。第二單元介紹科學記號表示法、數量冠詞、弧度的觀念。第三單元則介紹三角函數的定義及向量分析，特別角的三角函數及向量的分解及合成，之後引入向量的內積及外積，此單元的數學為高二物理的重要數學工具。最後介紹功與力矩作為例子說明向量的乘法。

第四單元介紹物理量。平均與瞬時的概念一直是高中生容易混淆的部分，而電磁學常用的物理量也是國中過渡到高中非常欠缺的物理知識。最後介紹 SI 的物理量單位，強化物理公式中的單位。

第五單元探討一些物理定律或關係。包括正比、反比、線性關係及平方反比的關係，加強學生判別數據中兩物理量的數學關係。也介紹一些高中物理中較為基礎的物理原理及定律。

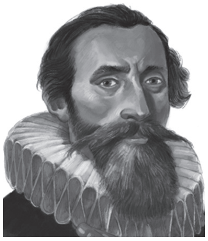
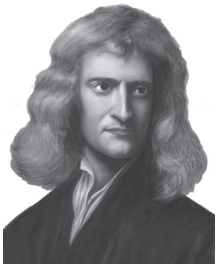
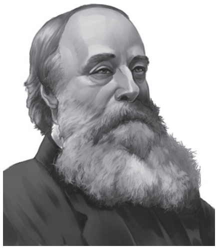
第六單元介紹光學及電磁學的相關議題，如波粒二象性、干涉與繞射性質，以及電流磁效應與電磁感應的區別。

在有限的篇幅提供恰到好處的衔接教材實屬不易，本教材在編撰上，特別加強國中與高中教師的對話與經驗交流。教師在授課時，可斟酌學生的能力，選擇性地提供適當的內容，讓學生作更有效的學習。未盡妥善之處，尚祈各界先進不吝指正。

編者　謹識

目次

第一單元　物理學家簡介

人物照	物理學家簡介
	**1.** 克卜勒（西元 1571～1630 年）： 根據第谷觀察星球運動的紀錄，提出克卜勒行星運動三大定律，分別是橢圓律、面積律、週期律。結合天文學與數學的範疇，認為宇宙運動的原因，背後必呈現數學的和諧性，開啟研究天文學的新方法。
	**2.** 伽利略（西元 1564～1642 年）： 改進望遠鏡的構造，增加天文觀測的精確性。利用擺鐘的觀察，提出單擺的等時性。以簡單的論證方法反駁重物比輕物下落得較快之主張；也提出慣性定律，認為不受外力作用的物體，以等速作直線運動，後人尊稱為「近代科學之父」。
	**3.** 牛頓（西元 1643～1727 年）： 1687 年發表「自然哲學的數學原理」一書，提出非常有名的萬有引力定律，認為蘋果落下與月球繞地球旋轉都受到相同形式的引力作用。並提出牛頓三大運動定律，在古典物理的發展史中，具有舉足輕重的地位。在光學方面，使用稜鏡觀察光的色散現象，並提出光的微粒說。
	**4.** 焦耳（西元 1818～1889 年）： 他設計一套實驗，說明熱是一種能量的形式，4.2 焦耳的功，大約等於 1 卡的熱量，可使 1 克的水上升 1°C 的溫度，此為熱功當量實驗，也開啟能量轉換的概念。同時也提出「焦耳定律」：電流通過導線每秒產生的熱與其電流的平方成正比。
	**5.** 楊氏（西元 1773～1829 年）： 以醫學背景開始研究視覺器官而踏入光學領域，他設計一套實驗，把單色光通過雙狹縫後，在屏幕上形成明暗相間條紋圖案，猶如兩水波相遇時疊加的情形，稱為光的雙狹縫干涉實驗，強烈支持光的波動說。

6. 庫侖（西元 1736～1806 年）：

發現帶電質點互相作用的靜電力與其距離平方成反比，即為庫侖定律。

7. 厄斯特（西元 1777～1851 年）：

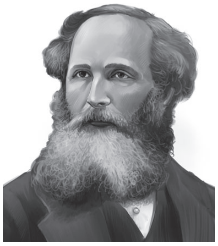
發現通有電流的導線，使附近的磁針發生偏轉，即為電流的磁效應。這個發現震撼科學界，首次將電與磁的關係發生連結。

8. 安培（西元 1775～1836 年）：

研究電流及所生磁場的關係，提出有名的「安培右手定則」：右手姆指指向電流方向，則四指環繞的方向為磁力線的方向，而磁力線的切線方向即為磁場方向。

9. 法拉第（西元 1791～1867 年）：

發現通過封閉線圈的磁力線發生變化時，線圈上會有電流產生，此電流稱為應電流，此為電磁感應現象。另外發明了發電機，使蒸汽動力走下舞臺，取而代之的是電磁時代，這也是十九世紀物理學最重要的里程碑。

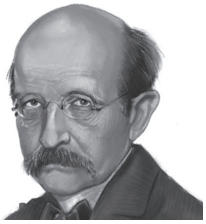


10. 馬克士威（西元 1831～1879 年）：

將電、磁的作用加以歸納統整，轉化為電荷、電流、電場、磁場等物理量所應遵守的數學關係式，被稱為馬克士威方程式。此方程式預測電磁波的存在，並計算出電磁波在真空中的傳播速率為 3×10^8 公尺／秒。

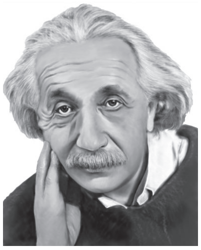
11. 湯姆森（西元 1856～1940 年）：

由陰極射線實驗中，發現原子內部由帶負電的粒子所組成，稱之為電子，並計算電子的電荷量與其質量的比值。



12. 普朗克（西元 1858～1947 年）：

提出能量不連續的概念，即「量子論」，解釋了黑體輻射的曲線公式，開啟了量子物理的大門。



13. 愛因斯坦（西元 1879～1955 年）：

近代物理最閃亮的物理學家，在 1905 年發表了三篇論文：⑴光量子論；⑵討論布朗運動；⑶狹義相對論。之後又提出受激輻射理論，成為雷射的理論基礎。

14. 德布羅意（西元 1892～1987 年）：

大學主修歷史，在哥哥的影響下對物理產生興趣，轉攻物理博士學位，提出「物質波」的新穎概念。經電子繞射實驗，證實物質波的想法。

15. 波耳（西元 1885～1962 年）：

提出氫原子能階模型及能階躍遷的概念，成功的解釋氫原子不連續光譜的實驗結果。

練功區　溫故舊知識・知新新發現

▨ 填入下列物理創見或物理貢獻的物理學家代碼。

(A)克卜勒　(B)伽利略　(C)牛頓　(D)焦耳　(E)楊氏　(F)庫侖

(G)厄斯特　(H)安培　(I)法拉第　(J)馬克士威　(K)湯姆森　(L)普朗克

(M)愛因斯坦　(N)德布羅意　(O)波耳

(1) 利用實驗算出電子的電荷量及其質量的比值。答：＿＿＿＿＿。

(2) 發現電磁感應現象。答：＿＿＿＿＿。

(3) 設計出光的雙狹縫實驗。答：＿＿＿＿＿。

(4) 提出熱是一種能量形式。答：＿＿＿＿＿。

(5) 預測電磁波的存在。答：＿＿＿＿＿。

(6) 提出氫原子能階模型。答：＿＿＿＿＿。

(7) 提出萬有引力定律。答：＿＿＿＿＿。

(8) 提出光量子論。答：＿＿＿＿＿。

(9) 發現電流磁效應。答：＿＿＿＿＿。

(10) 提出物質波的概念。答：＿＿＿＿＿。

第二單元　數的基本概念

physics

一 科學記號表示法

1. 表示法：$a\times10^n$，其中 $1\leq a<10$，n 為整數。

2. 例如：(1) 真空中的光速 $c=3.0\times10^8$ 公尺／秒。

(2) 亞佛加厥常數 $N_0=6.0\times10^{23}$ 個／莫耳。

(3) 地球的半徑 $R=6.37\times10^6$ 公尺。

(4) 電子電量 $e=1.6\times10^{-19}$ 庫侖。

(5) 電子質量 $m_e=9.11\times10^{-31}$ 公斤。

二 指數律六大公式

1. $a^m\times a^n=a^{m+n}$

2. $a^m\div a^n=a^{m-n}$

3. $(a^m)^n=a^{mn}$

4. $a^n\times b^n=(a\times b)^n$

5. $a^0=1$，$a\neq0$

6. $a^{-n}=\dfrac{1}{a^n}$，$a\neq0$

例 1 已知在一電路中，每分鐘有 1.2 莫耳電子通過，則電流為何？

解：1.2 莫耳電子電量 $\Delta Q=(1.2\times6.0\times10^{23})\times(1.6\times10^{-19})$

$=1.152\times10^5$（庫侖）

電流 $I=\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}=\dfrac{1.152\times10^5}{60}=1.92\times10^3$（安培）

例 2 地球繞太陽的平均軌道半徑定義為 1 天文單位（AU），已知光由太陽到地球需時約 500 秒，則 1 天文單位約為多少公尺？

解：1 天文單位 $=3.0\times10^8\times500=1.5\times10^{11}$（公尺）

三 詞冠

倍數	詞冠		符號
	原文（法）	中文	
10^{12}	tera	兆	T
10^9	giga	十億	G
10^6	mega	百萬	M
10^3	kilo	千	k

倍數	詞冠		符號
	原文（法）	中文	
10^{-9}	nano	奈	n
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-2}	centi	厘	c

例1 大型強子對撞機（LHC，Large Hadron Collider）是一臺粒子加速器。LHC 可將質子加速到能量 3.5 TeV，其中 eV（電子伏特）為能量單位，$1\ \text{eV}=1.6\times10^{-19}$ J，則此質子的能量相當於若干 J？

解：$1\ \text{T}=10^{12}$

$1\ \text{eV}=1.6\times10^{-19}\ \text{J}$

$3.5\ \text{TeV}=3.5\times10^{12}\times1.6\times10^{-19}\ \text{J}=5.6\times10^{-7}\ \text{J}$

例2 2013 年 3 月，大陸發現人類 H7N9 禽流感病毒，H7N9 是 A 型禽流感病毒亞型，外形呈球狀、直徑約 100 奈米，相當於若干公尺？

解：1 奈米 $=10^{-9}$ 公尺

100 奈米 $=100\times10^{-9}$ 公尺 $=10^{-7}$ 公尺

四 球的體積 V 與表面積 A 公式

1. 球的體積 $V=\dfrac{4}{3}\pi r^3$
2. 球的表面積 $A=4\pi r^2$（r：半徑）

例1 如果將原子視為組成物質的單元，則直徑為 0.1 cm 之一粒細砂含有直徑 10^{-10} m 的原子之數目約為多少個？

解：細砂所含原子數目 $=\dfrac{\dfrac{4}{3}\pi\times\left(\dfrac{0.1\ \text{cm}}{2}\right)^3}{\dfrac{4}{3}\pi\times\left(\dfrac{10^{-10}\ \text{m}}{2}\right)^3}=\dfrac{(10^{-3}\ \text{m})^3}{(10^{-10}\ \text{m})^3}=10^{21}$（個）

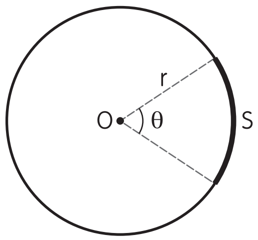
五 角度 θ 的表示法與換算

1. 六十分制（度度量）：

全圓的圓心角 $=360^\circ$

$1^\circ=60'$（分）

$1'$（分）$=60''$（秒）



2. 弧度制（弳度或弧度 rad）：

在圓周上，弧長 S 與半徑 r 的比值 $=\theta$（rad）⇨ $\theta=\dfrac{S}{r}$

圓周長 $S=2\pi r$，故全圓的圓心角 $\theta=\dfrac{S}{r}=\dfrac{2\pi r}{r}=2\pi$（rad）

⇨ $360^\circ=2\pi$（rad）

3. 六十分制、弧度制間的換算：

(1) 1 周角 $=360^\circ=2\pi$（rad）

1 平角 $=180^\circ=\pi$（rad）

(2) $1\,(\text{rad})=\dfrac{180^\circ}{\pi}=\dfrac{180^\circ}{3.14}\fallingdotseq 57.32^\circ$

$1^\circ=\dfrac{\pi}{180}\,(\text{rad})=\dfrac{3.14}{180}\,(\text{rad})\fallingdotseq 0.01745\,(\text{rad})$

例 1 化 45°、120° 為弳度量。

解：(1) $\theta=45^\circ\times\dfrac{\pi}{180^\circ}=\dfrac{\pi}{4}\,(\text{rad})$

(2) $\theta=120^\circ\times\dfrac{\pi}{180^\circ}=\dfrac{2\pi}{3}\,(\text{rad})$

例 2 化 $\dfrac{\pi}{3}\,(\text{rad})$、$\dfrac{3\pi}{4}\,(\text{rad})$ 為六十分制。

解：(1) $\theta=\dfrac{\pi}{3}\times\dfrac{180^\circ}{\pi}=60^\circ$

(2) $\theta=\dfrac{3\pi}{4}\times\dfrac{180^\circ}{\pi}=135^\circ$

六 速率 v 與角速度 ω（以等速圓周運動為例）

1. 速率 $v=\dfrac{\text{路徑長}}{\text{時間}}=\dfrac{2\pi r}{T}$（其中 T 為週期、r 為半徑）

2. 角速度 $\omega=\dfrac{\text{旋轉角度}}{\text{時間}}=\dfrac{2\pi}{T}$（其中 2π 為角度，採弳度 rad 制）

3. 速率 v 與角速度 ω 間的關係：$v=\dfrac{2\pi r}{T}=r\omega$

例 1 一質點在半徑為 6 cm 的圓周上作等速率運動，其週期為 3 s，則其運動之速率為何？

解：繞一圈的路徑長 $=2\pi\times 6=12\pi$（cm），$\Delta t=3$ s

⇨ $v=\dfrac{12\pi}{3}=4\pi$（cm／s）

例2 指針式的時鐘，其秒針、分針、時針的運動為等角速運動，則秒針、分針、時針的角速度分別為何？

解：繞一圈的角度＝2π（弧度）

秒針、分針、時針的週期分別為 60 秒、60 分、12 時

秒針的角速度 $\omega_1=\dfrac{2\pi}{60}=\dfrac{\pi}{30}$（弧度／秒）

分針的角速度 $\omega_2=\dfrac{2\pi}{3600}=\dfrac{\pi}{1800}$（弧度／秒）

時針的角速度 $\omega_3=\dfrac{2\pi}{12\times60\times60}=\dfrac{\pi}{21600}$（弧度／秒）

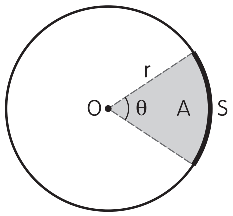
例3 若一時鐘的秒針長 6 公分，則此秒針針尖的切向速率為何？

解：秒針的角速度 $\omega=\dfrac{2\pi}{60}=\dfrac{\pi}{30}$（弧度／秒）

由 $v=r\omega=6\times\dfrac{\pi}{30}=\dfrac{\pi}{5}$（公分／秒）

七 扇形的弧長及面積

假設扇形的弧長為 S，圓心角為 θ（rad），半徑為 r，面積為 A，則：



1. 弧長 $S=2\pi r\times\dfrac{\theta}{2\pi}=r\theta$

2. 扇形面積 $A=\pi r^2\times\dfrac{\theta}{2\pi}=\dfrac{1}{2}r^2\theta$

例1 已知某一行星繞太陽的軌道為圓形，半徑為 4 天文單位，公轉週期為 8 年。假設此行星繞行的圓心角為 $\dfrac{\pi}{4}$，則：

(1) 繞行的弧長為何？

(2) 此行星與太陽之連線繞行的面積為何？

(3) 面積速率（$=\dfrac{\text{繞行面積 }\Delta A}{\text{所經時間 }\Delta t}=\dfrac{\text{圓形面積 }\pi r^2}{\text{週期 }T}$）為何？

解：(1) 弧長 $S=r\theta=4\times\dfrac{\pi}{4}=\pi$（天文單位）

(2) 繞行的面積 $\Delta A=\dfrac{1}{2}r^2\theta=\dfrac{1}{2}\times4^2\times\dfrac{\pi}{4}=2\pi$（天文單位^2）

(3) 面積速率 $=\dfrac{\text{圓形面積 } \pi r^2}{\text{週期 } T}=\dfrac{\pi\times 4^2}{8}=2\pi$（天文單位^2／年）

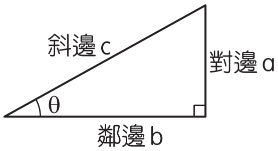
練功區　溫故舊知識・知新新發現

1. 已知碳的原子量為 12，則一顆碳原子的質量為幾公斤？答：________。
2. 請估算質子的質量。答：________公斤。
3. 已知電子質量為質子質量的 $\dfrac{1}{1836}$ 倍，請估算電子的質量。答：________公斤。
4. 已知光每秒可繞地球七圈半，則地球半徑約為幾公尺？答：________。
5. 90 km／h＝________m／s。
6. 水的密度＝1 g／cm^3＝________kg／m^3。
7. (1) 化 30° 為弳度量。答：________。
   (2) 化 90° 為弳度量。答：________。
8. (1) 化 $\dfrac{\pi}{12}$ 為六十分制。答：________。
   (2) 化 $\dfrac{5\pi}{6}$ 為六十分制。答：________。
9. 一質點以 3 m／s 的速率在半徑為 12 m 的圓周上作等速圓周運動，則其週期為何？
   答：________s。
10. 地球自轉的角速度為多少 rad／s。答：________。
11. 已知地球半徑約為 6.4×10^6 m，則赤道上某一點的切向速率約為若干 m／s？
    答：________。
12. 已知某一行星繞太陽的軌道為圓形，半徑為 9 天文單位，公轉週期為 27 年。假設此行星繞行的圓心角為 $\dfrac{\pi}{3}$，則：
    (1) 繞行的弧長為何？答：________天文單位。
    (2) 此行星與太陽之連線繞行的面積為何？答：________天文單位^2。
    (3) 面積速率（$=\dfrac{\text{繞行面積 } \Delta A}{\text{所經時間 } \Delta t}=\dfrac{\text{圓形面積 } \pi r^2}{\text{週期 } T}$）為何？
    答：________天文單位^2／年。

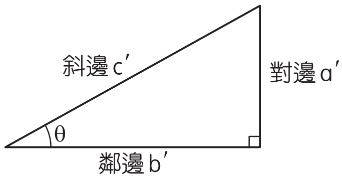
第三單元　三角函數、向量分析　physics

一 三角函數的定義

1. 兩個相似的直角三角形，兩斜角 θ 相等，其某兩個邊長比值是相同的。如圖㈠，小直角三角形之三邊長分別為對邊 a，鄰邊 b 及斜邊 c；而如圖㈡，大三角形之三邊長分別為對邊 a′，鄰邊 b′ 及斜邊 c′。



圖㈠



圖㈡

定義：

$$\sin\theta=\frac{\text{對邊}}{\text{斜邊}}=\frac{a}{c}=\frac{a'}{c'}\ (\text{正弦})$$

$$\cos\theta=\frac{\text{鄰邊}}{\text{斜邊}}=\frac{b}{c}=\frac{b'}{c'}\ (\text{餘弦})$$

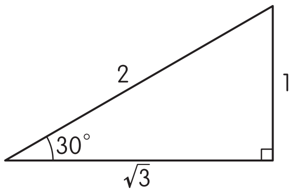
$$\tan\theta=\frac{\text{對邊}}{\text{鄰邊}}=\frac{a}{b}=\frac{a'}{b'}\ (\text{正切})$$

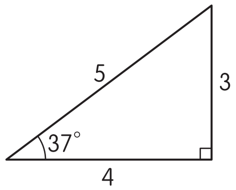
2. 三角函數的關係：

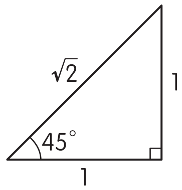
$$\tan\theta=\frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\sin^2\theta+\cos^2\theta=1$$

二 特別角的三角函數







角度 / 函數	30°	60°	45°	37°	53°
sinθ	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$
cosθ	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{5}$
tanθ	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{3}$

三 向量的表示方法

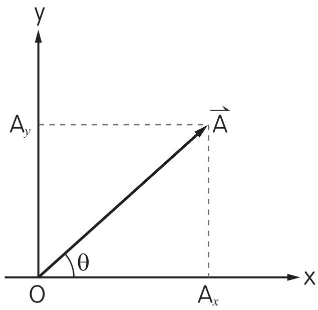
1. 物理學中，需要量值及方向才能夠表達清楚的物理量皆為向量，例如：速度、加速度、電場、磁場、作用力。

2. 只需用量值即可表達清楚的物理量為純量，例如：溫度、能量、功。

3. 向量的加減須用數學的向量加減法則運算。

4. 向量的表示法：

向量 $\overrightarrow{A}$（$\overrightarrow{A}$ 為數學上的向量符號）可以用一個有方向的線段 $\overline{OA}$ 表示，$\overline{OA}$ 的長短為向量 $\overrightarrow{A}$ 的量值，$\overline{OA}$ 指的方向為向量 $\overrightarrow{A}$ 的方向，如右圖。

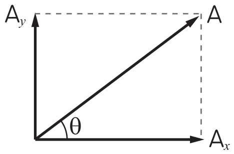


5. 向量的坐標表示法：

如右圖，向量 $\overrightarrow{A}$ 用 $\overrightarrow{OA}$ 表示，O 點為坐標原點，A 點的坐標為（A_x, A_y），則向量 $\overrightarrow{A}$ 可記為 $\overrightarrow{A}=(A_x, A_y)$。

$$\begin{cases} |\overrightarrow{A}|=\sqrt{A_x^{\,2}+A_y^{\,2}} \\ \tan\theta=\dfrac{A_y}{A_x} \end{cases}$$

6. 由 $\overrightarrow{A}=(A_x, A_y)$，也可說向量 $\overrightarrow{A}$ 可分解成 $\overrightarrow{A_x}$ 與 $\overrightarrow{A_y}$ 向量

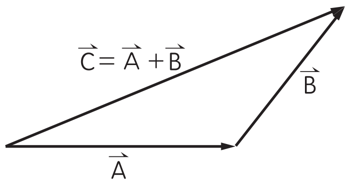


其中 $\begin{cases} A_x=|\overrightarrow{A}|\cos\theta\text{（向量 }\overrightarrow{A}\text{ 在 x 軸上的分量量值）} \\ A_y=|\overrightarrow{A}|\sin\theta\text{（向量 }\overrightarrow{A}\text{ 在 y 軸上的分量量值）} \end{cases}$

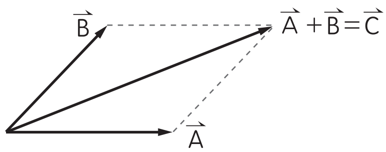
7. 若兩向量的量值相等、方向相同，則稱此兩向量相等。

四 向量的加減法則

1. 三角形法：$\overrightarrow{A}+\overrightarrow{B}=\overrightarrow{C}$（首尾相接）



2. 平行四邊形法：$\overrightarrow{A}+\overrightarrow{B}=\overrightarrow{C}$



3. 坐標法：

$\vec{A}=(A_x, A_y)$

$\vec{B}=(B_x, B_y)$

$\vec{A}+\vec{B}=(A_x, A_y)+(B_x, B_y)=(A_x+B_x, A_y+B_y)$

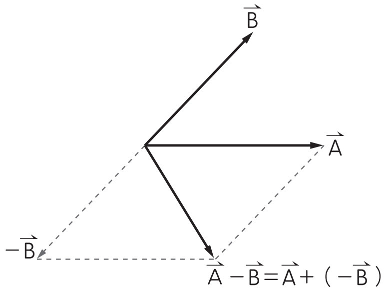
4. 向量減法：$\vec{A}-\vec{B}=\vec{A}+(-\vec{B})$

$\vec{A}=(A_x, A_y)$

$\vec{B}=(B_x, B_y)$

$\vec{A}-\vec{B}=(A_x, A_y)-(B_x, B_y)$

$=(A_x-B_x, A_y-B_y)$

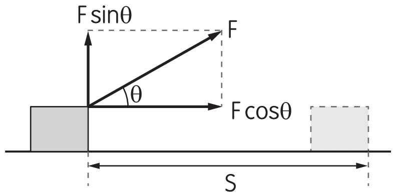


五 向量的乘法

1. 內積 $\vec{A}\cdot\vec{B}=|\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta$

口訣：平行相乘

例如：功＝力×位移⇨$W=\vec{F}\cdot\vec{S}=|\vec{F}||\vec{S}|\cos\theta$

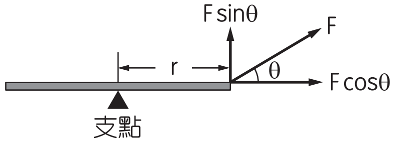


2. 外積：$\vec{A}\times\vec{B}=|\vec{A}||\vec{B}|\sin\theta$

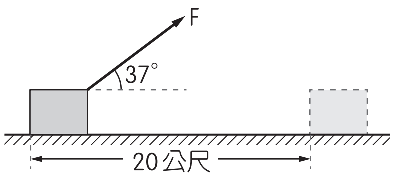
口訣：垂直相乘

例如：力矩＝力臂×力⇨$\vec{\tau}=\vec{r}\times\vec{F}$

$|\vec{\tau}|=|\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta$



例 1 小華施力 F 將質量為 m 的木塊，在水平地面上向右等速度拖行 20 公尺，施力量值為 50 牛頓，方向與水平夾角 37°，回答下列問題：



(1) 將施力 50 牛頓，分解成水平力 F_x 與垂直力 F_y

則 F_x＝________牛頓，F_y＝________牛頓。

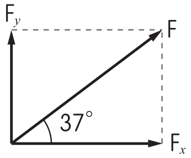
⑵ 物體作等速運動的條件為所受合力為零，所受摩擦力 f 與施力的水平分力抵消，故摩擦力 f＝________牛頓。

⑶ 施力作功為________焦耳。

⑷ 正向力對木塊作功________焦耳。

⑸ 摩擦力對木塊作功________焦耳。

解：⑴ 依三角函數及向量分析



$$F_x = F\cos37^\circ = 50\times\frac{4}{5} = 40\text{（牛頓）}$$

$$F_y = F\sin37^\circ = 50\times\frac{3}{5} = 30\text{（牛頓）}$$

⑵ $f = F_x = 40$ 牛頓，方向向左。

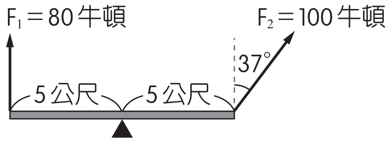
⑶ $W_F = F\cdot S\cos37^\circ$ 或 $W_F = F_x\cdot S = 40\times20 = 800$（焦耳）

⑷ 正向力方向與位移垂直，不作功。

⑸ 摩擦力方向與位移方向相反，摩擦力作負功

$W_f = -40\times20 = -800$（焦耳）

例❷ 如右圖，均勻木板長 10 公尺，中心有一支撐架，左端施力 $F_1 = 80$ 牛頓，方向向上，右端施力 $F_2 = 100$ 牛頓，方向與鉛直線夾 37° 角，以支撐架的頂端為支點。回答下列問題：



⑴ F_1 相對於支點造成的力矩為 τ_1＝________牛頓．公尺，方向為________。（填順時針或逆時針）

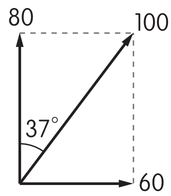
⑵ F_2 相對於支點造成的力矩為 τ_2＝________牛頓．公尺，方向為________。（填順時針或逆時針）

⑶ F_1 與 F_2 相對於支點造成的合力矩為________牛頓．公尺。

解：⑴ $\tau = r\times F = rF\sin\theta$

⇨ $\tau_1 = 5\times80 = 400$（牛頓．公尺），順時針

⑵ F_2 分解成向右 60 牛頓、向上 80 牛頓，其中 60 牛頓通過支點，不造成力矩。



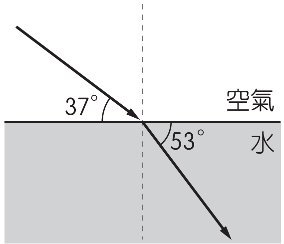
80 牛頓造成的力矩為

$5\times80 = 400$（牛頓．公尺），逆時針

⑶ $\vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 = 400\text{（順）} + 400\text{（逆）} = 0$

例3 單色光從介質 1 進入介質 2 時會遵守下列方程式

$\frac{v_1}{v_2}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$（$\theta_1$、$\theta_2$ 分別為入射角、折射角，v_1、v_2 分別為光在入射介質及折射介質中的速率）。光由空氣進入至水中的路徑，如右圖。回答下列問題：



(1) 光在空氣中的速率約為________m／s。

(2) 圖中的入射角為________，折射角為________。

(3) 光在水中的速率約為________m／s。

解：(1) 3×10^8 m／s

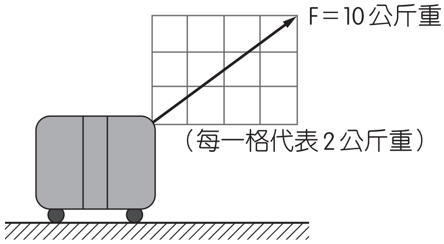
(2) 入射角、折射角都是光線與法線的夾角，入射角為 53°，折射角為 37°。

(3) $$\frac{3\times10^8}{v_2}=\frac{\sin53^\circ}{\sin37^\circ}=\frac{\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}}=\frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow v_2=(3\times10^8)\times\frac{3}{4}=2.25\times10^8\ (\text{m／s})$$

練功區 溫故舊知識・知新新發現

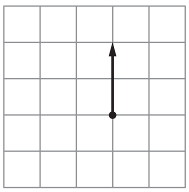
1. 一行李 30 公斤重，靜置於水平面上，某生以 F＝10 公斤重的力斜向上拉，如右圖，則：



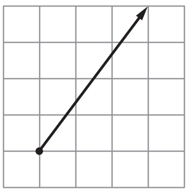
(1) F 的垂直分力為________公斤重。

(2) 在 F 的拉力作用下，行李下壓地面之力為________公斤重。

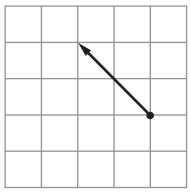
2. 下列各圖中每一小格代表 2 gw 之力，求下列各力之量值。

(1) 

答：________gw。

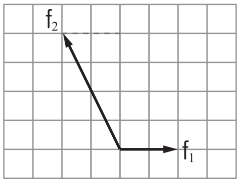
(2) 

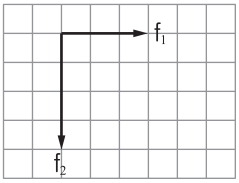
答：________gw。

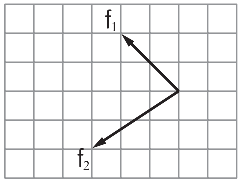
(3) 

答：________gw。

3. 下列各圖中表示一個物體同時受到兩力作用，試以作圖法求其合力並估計合力的量值。（每一小格代表 5 gw 之力）

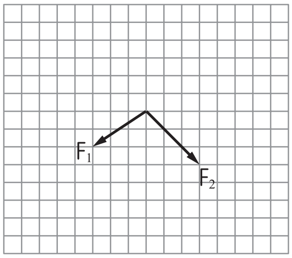
(1) 

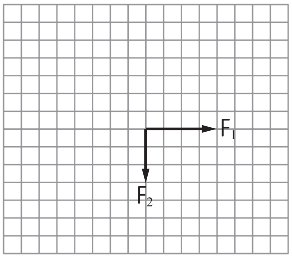
(2) 

(3) 

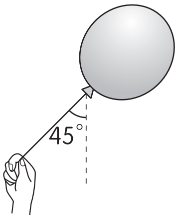
答：________gw。　答：________gw。　答：________gw。

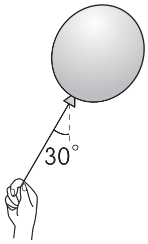
4. 利用作圖法於下列方格中求作一力 F_3，使 F_1、F_2、F_3 三者合力為 0。

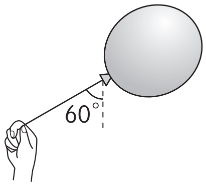
(1) 

(2) 

5. 小翰以手拉住氣球，已知氣球向上漂浮的浮力為 100 克重，風力沿水平方向，氣球的重力不計，細線與鉛垂線的夾角如下圖所示：

甲 

乙 

丙 

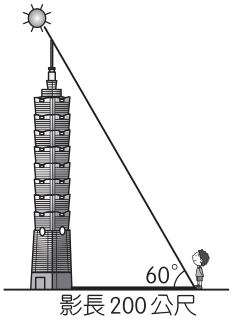
(1) 甲、乙、丙三圖中，何者風力最大？答：________。何者手的拉力最大？答：________。

(2) 甲圖中，風力的量值為________克重，手的拉力為________克重。

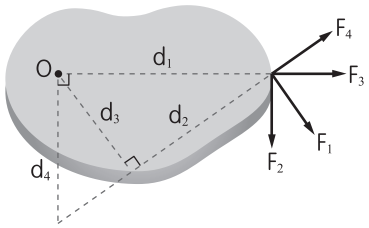
6. 以 140 牛頓之力與水平成 60° 斜拉一靜止的木塊，使其在光滑水平面上移動 5 公尺，則該力對木塊作功多少？答：________焦耳。

7. 在某日午後，陽光從上方斜照臺北 101 大樓（如右圖），小強實地去測量地面上影子的長度約 200 公尺長，從影長頂端向樓頂看去，恰與太陽連成一線且仰角 60°，試推算 101 大樓的高度為多少？

答：________公尺。（$\sqrt{3} \doteqdot 1.732$）



8. 如右圖的木板，用釘子釘在 O 點，木板可繞 O 點旋轉，圖中 F_1、F_2、F_3、F_4 各力的量值皆相等，試回答下列問題：



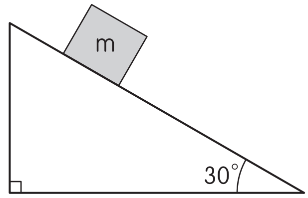
(1) F_3、F_4 兩力對 O 點的力臂分別為________、________。（以 d_1、d_2、d_3、d_4 表示）

(2) 圖中，F_2 產生的力矩量值為

(A) F_2d_1　(B) F_2d_2　(C) F_2d_3　(D) 0。答：________。

(3) 哪一力對木板產生的力矩最大？答：________。

9. 質量 2 kg 的木塊靜止於斜角為 30° 的斜面上，重力加速度 $g=10\ m/s^2$。



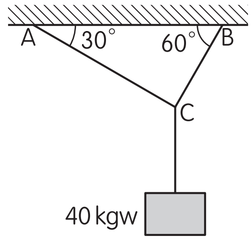
(1) 畫出木塊的受力圖。

(2) 木塊所受的重力分解成平行及垂直於斜面的分力，分別為________、________牛頓。

(3) 利用力平衡的概念，求出所受的正向力為________牛頓。

(4) 利用力平衡的概念，求出所受的摩擦力為________牛頓。

10. 細繩 AC 與 BC 懸吊質量為 40 kgw 的物體，呈靜止狀態，如右圖所示，試求 AC 之拉力與 BC 之拉力各為若干？



(1) AC 之拉力為________kgw。

(2) BC 之拉力為________kgw。

第四單元　物理量介紹

physics

一 平均與瞬時

取較長一段時間間隔 Δt，測量某物理量 y 的變化 Δy，則 $\frac{\Delta y}{\Delta t}$ 為平均量（是時間上的平均）。若取無限短的時間間隔 Δt，測量某物理量 y 的變化 Δy，則 $\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta t}$ 為瞬時量。其中 $\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta t}$ 可記為 $\frac{dy}{dt}$

1. 平均速度：$\vec{v}_{平}=\frac{位移}{時間}=\frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$

   瞬時速度：$\vec{v}_{瞬}=\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}=\frac{d\vec{x}}{dt}$

2. 平均加速度：$\vec{a}_{平}=\frac{速度變化}{時間}=\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

   瞬時加速度：$\vec{a}_{瞬}=\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}=\frac{d\vec{v}}{dt}$

3. 平均功率：$P_{平}=\frac{作功}{時間}=\frac{W}{\Delta t}=\vec{F}\cdot\vec{v}_{平均}$

   瞬時功率：$P_{瞬}=\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{W}{\Delta t}=\vec{F}\cdot\vec{v}_{瞬}$

4. 平均電流：$I_{平}=\frac{電量}{時間}=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$

   瞬時電流：$I_{瞬}=\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t}=\frac{dQ}{dt}$

5. 平均應電動勢：$\varepsilon_{平}=\frac{磁通量變化}{時間}=\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

   瞬時應電動勢：$\varepsilon_{瞬}=\lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}=\frac{d\Phi}{dt}$

二 動量與動能

有質量的物體，在運動時具有動量及動能，動量是高中物理常用的物理量。動量與力有關，動能與作功有關。兩物理量強調物體的粒子性，而波長與頻率強調波動性。

1. 動量 $\vec{p}=m\vec{v}$（質量×速度），為一向量。

2. 動能 $K=\frac{1}{2}mv^2$（$\frac{1}{2}$ 質量×速率的平方），為一純量。

3. 動量量值與動能的關係。

$$K=\frac{p^2}{2m}\Leftrightarrow p=\sqrt{2mK}$$

4. 牛頓第二定律：物體所受的合力為其動量的時變率。

$\vec{F}_{合}=\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$（註：後人改寫為 $\vec{F}=m\vec{a}$）

功能定理：合力對一物體所作的功等於物體的動能變化。

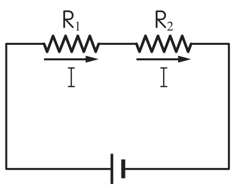
$W_{合}=\Delta K$

三 電路學常用物理量

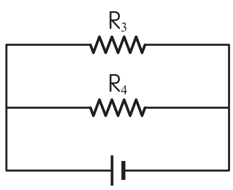
名　稱	符　號	SI 單位	定義或意義
電　量	Q	庫　侖	1 個電子的帶電量為 -1.6×10^{-19} 庫侖
電　阻	R	歐　姆	$R\equiv\frac{電位差}{電流}=\frac{V}{I}$
電　壓	V	伏　特	$V\equiv\frac{電能}{電量}=\frac{U}{Q}$
電　流	I	安　培	$I\equiv\frac{電量}{時間}=\frac{Q}{\Delta t}$
電功率	P	瓦　特	$P=\frac{電能}{時間}=\frac{U}{\Delta t}=\frac{QV}{\Delta t}=IV$

1. 兩電阻串聯：表示通過兩電阻的電流相同。如圖㈠，R_1、R_2 兩電阻串聯。

2. 兩電阻並聯：表示電阻兩端的電位差相同。如圖㈡，R_3、R_4 兩電阻並聯。



圖㈠



圖㈡

四 SI 單位

1. 七個基本量

(1) 長度：公尺（m）
(2) 質量：公斤（kg）
(3) 時間：秒（s）
(4) 溫度：克耳文（K）
(5) 電流：安培（A）
(6) 發光強度：燭光（cd）
(7) 數量：莫耳（mol）

2. 導出量

(1) 力：牛頓（N）
(2) 能量或功：焦耳（J）

3. 單位換算

(1) 1 公斤重＝9.8 牛頓
(2) 1 度電＝1 千瓦小時＝3.6×10^{6} 焦耳
(3) 1 卡＝4.2 焦耳
(4) 1 電子伏特＝1.6×10^{-19} 焦耳

例 1 棒球以 30 m／s 的速率向右飛行，打擊者揮棒將球以 40 m／s 的速率向左擊出，若球與球棒的接觸時間為 0.01 s，球的質量為 0.15 kg。

(1) 計算棒球的初始動量為________kg・m／s，方向為________。
(2) 計算棒球被打擊後的動量為________kg・m／s，方向為________。
(3) 依牛頓第二運動定律的原始敘述：$\vec{F}=\dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}=\dfrac{\vec{p}'-\vec{p}}{\Delta t}$

計算球棒施予球的平均作用力為________牛頓。

(4) 使用現行的牛頓第二運動定律，$\vec{F}=m\vec{a}$，計算球棒施予球的平均作用力為________牛頓。

解：(1) $\vec{p}=m\vec{v}=0.15\times30=4.5$（kg・m／s），向右

(2) $\vec{p}'=m\vec{v}'=0.15\times40=6.0$（kg・m／s），向左

(3) $\vec{F}=\dfrac{\vec{p}'-\vec{p}}{\Delta t}=\dfrac{(-6.0)-4.5}{0.01}=-1050$（N），負號表示方向向左

$|\vec{F}|=1050$（N）

(4) $\vec{F}=m\vec{a}=m\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}=0.15\times\dfrac{(-40)-30}{0.01}=-1050$（N）

$|\vec{F}|=1050$（N）

例2 某導線中，每分鐘通過的電子數目為 0.003 莫耳，試回答下列問題：

(1) 0.003 莫耳的電子有________個電子。

(2) 0.003 莫耳的電子之總電量為________庫侖。

(3) 此導線的平均電流為________安培。

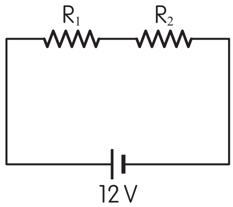
解：(1) $0.003\times6\times10^{23}=1.8\times10^{21}$（個）

(2) 每個電子電量為 1.6×10^{-19} 庫侖

⇨ $1.8\times10^{21}\times1.6\times10^{-19}=2.88\times10^{2}$（庫侖）

(3) $I=\dfrac{Q}{t}=\dfrac{2.88\times10^{2}\text{（庫侖）}}{60\text{（秒）}}=4.8$（安培）

例3 右圖為兩電阻串聯，$R_1=4\ \Omega$，$R_2=2\ \Omega$



求：(1) 通過 R_1 的電流為________A。

(2) R_1 的熱功率為________W。

(3) R_2 的熱功率為________W。

(4) 電池的耗電功率為________W。

(5) 電池使用 5 小時後，提供能量________J，相當於________度電。

解：(1) 歐姆定律：

$12=IR_1+IR_2$

$=I(4+2)$ ⇨ $I=2$（A）

(2) $P_1=I_1V_1=I_1(I_1R_1)$

$=2\times2\times4=16$（W）

(3) $P_2=I_2V_2=I_2(I_2R_2)$

$=2\times2\times2=8$（W）

(4) $P=IV$

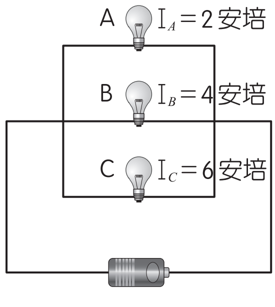
$=2\times12=24$（W）

(5) 功率×使用時間＝能量

$24\times5\times60\times60=4.32\times10^{5}$（J）

$\dfrac{24}{1000}\times5=0.12$（度）

例4 右圖為三個電燈泡 A、B、C 並聯後與一電源相連接，已知通過各電燈泡的電流 $I_A=2$ 安培、$I_B=4$ 安培、$I_C=6$ 安培，且知 A 燈泡的電阻為 12 歐姆，試回答下列問題：



(1) 各燈泡兩端的電壓分別為：$V_A=$________伏特；

$V_B=$________伏特；$V_C=$________伏特。

(2) 電源提供的電壓為________伏特。

(3) 通過電源的電流為________安培。

(4) 各電燈泡的耗電功率為：P_A＝________瓦特；P_B＝________瓦特；P_C＝________瓦特。

(5) 電源的耗電功率為________瓦特。

解：(1)(2) $V_A=2\times12=24$（伏特）$=V_B=V_C$（並聯電壓相等）

(3) $I_{池}=I_A+I_B+I_C=2+4+6=12$（安培）

(4) 由 $V_B=I_BR_B=V_C=I_CR_C=24$

得 $R_B=6$ 歐姆、$R_C=4$ 歐姆

$P_A=I_A^2R_A=2^2\times12=48$（瓦特）

$P_B=I_B^2R_B=4^2\times6=96$（瓦特）

$P_C=I_C^2R_C=6^2\times4=144$（瓦特）

(5) $P=IV=12\times24=288$（瓦特）

練功區　溫故舊知識・知新新發現

1. 一電熱器接於電位差為 110 伏特的電源上，已知電熱器的總電阻為 50 歐姆，則：
   (1) 流過電熱器的電流為多少安培？答：________。
   (2) 欲使通過此電熱器的電流為 5 安培，則電熱器兩端的電位差應改為多少伏特？答：________。

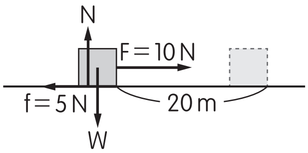
2. 有三個燈泡規格分別如下：甲燈泡（110 V、100 W）；乙燈泡（110 V、60 W）；丙燈泡（110 V、40 W），則下列敘述何者正確？
   (A)甲燈泡電阻最大　(B)三燈泡串聯時，甲燈泡最亮　(C)三燈泡並聯時，甲燈泡最亮　(D)三燈泡串聯時，甲燈泡流過的電流最大。答：________。

3. 一霓虹燈座上註明「200 V、100 W」，試求：
   (1) 正常使用時，應連接在________伏特的電源上。
   (2) 正常使用時，此霓虹燈的電功率為________瓦特，電流為________安培，電阻為________歐姆。
   (3) 正常使用時，每秒產生的電能為________焦耳，每秒通過霓虹燈的電量為________庫侖。
   (4) 若將霓虹燈連接至 100 伏特的電源，則此霓虹燈的電阻為________歐姆，電流為________安培，電功率為________瓦特，每秒產生的電能為________焦耳，每秒通過霓虹燈的電量為________庫侖。

4. 兩部車子質量比為 1：4，若其動能相同，則其動量量值之比為＿＿＿＿＿。

5. 兩部車子質量比為 1：4，若其動量量值相同，則其動能之比為＿＿＿＿＿。

6. 如右圖，木塊靜止於水平面上，施力 F＝10 N 向右拉動木塊 20 m，摩擦力 f ＝5 N，木塊重量 20 N，回答下列問題：



(1) 施力作功＿＿＿＿＿J。

(2) 摩擦力作功＿＿＿＿＿J。

(3) 正向力作功＿＿＿＿＿J。

(4) 重力作功＿＿＿＿＿J。

(5) 合力作功＿＿＿＿＿J。

(6) 木塊動能增加＿＿＿＿＿J。

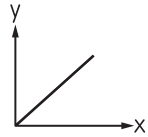
第五單元　重要物理原理、定律或關係

physics

一 數學相關概念簡介

1. 二元一次直線方程式：$y=ax+b$

(1) $b=0$　$a>0$



⇨ 通過原點

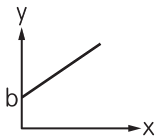
⇨ x 變為 2 倍時，y 隨著變為 2 倍

⇨ y 與 x 成正比

例：虎克定律：彈簧在彈性限度內，其彈力量值 F 與形變量 Δx 成正比

$F\propto\Delta x$ ⇨ $F=k\Delta x$，其中 k 稱為彈性常數

(2) $b\neq0$　$a>0$



⇨ 不會通過原點

⇨ x 增大，y 隨著增大，但不成比例增加

⇨ y 與 x 不成正比，y 與 x 成線性關係

例 1：物體作等加速運動時，速度 v 與時間 t 呈線性關係

$v=v_0+at$

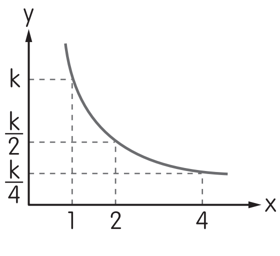
例 2：攝氏溫標 C 與華氏溫標 F 呈線性關係

$$F=\frac{9}{5}C+32$$

例 3：定壓下，密閉容器內氣體的體積 V 與攝氏溫度 t 呈線性關係

$V=V_0\left(1+\frac{1}{273}\times t\right)$，其中 V_0、V 分別代表 0°C、t°C 時的氣體體積

2. 反比曲線方程式：$x\cdot y=k$（k 為定值）⇨ $y=\frac{k}{x}$



⇨ x 變為 2 倍時，y 變為 $\frac{1}{2}$ 倍

⇨ y 與 x 成反比

⇨ y 與 $\frac{1}{x}$ 成正比

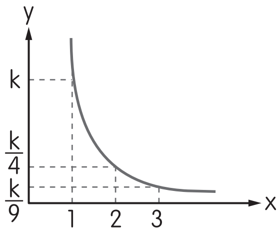
例 1：定溫下，密閉容器內氣體的壓力 P 與體積 V 成反比

$PV=$ 定值 ⇨ $P\propto\frac{1}{V}$

例 2：定力作用下，物體的加速度 a 與其質量 m 成反比

$$F = ma = \text{定值} \Rightarrow a \propto \frac{1}{m}$$

3. 平方反比曲線方程式：$x^2 \cdot y = k$（k 為定值）$\Rightarrow y = \frac{k}{x^2}$



⇨ x 變為 2 倍時，y 變為 $\frac{1}{4}$ 倍

⇨ y 與 x 成平方反比

⇨ y 與 $\frac{1}{x^2}$ 成正比

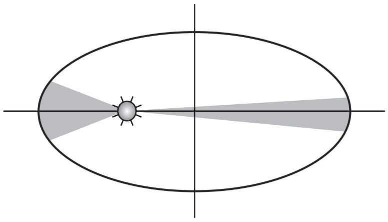
例 1：萬有引力定律：兩物體間的萬有引力 F 與兩質量 M、m 乘積成正比，與距離 r 平方成反比。

$$F = \frac{GMm}{r^2} \propto \frac{1}{r^2}$$

例 2：庫侖定律：兩點電荷間的靜電力 F 與兩電量 Q、q 乘積成正比，與距離 r 平方成反比。

$$F = \frac{kQq}{r^2} \propto \frac{1}{r^2}$$

二 克卜勒行星運動三定律：闡述行星繞太陽運行的規律性質。



1. 橢圓律：行星繞太陽運轉軌道為橢圓。

2. 面積律：行星與太陽連線在相同時間內，掃過相同的面積。

3. 週期律：不同行星的平均軌道半徑的三次方與週期的平方成正比。

三 牛頓三大運動定律：闡述物體運動狀態與外力的關係。

1. 第一定律：物體不受外力時，運動狀態不會改變。

2. 第二定律：物體受力時，運動狀態會改變。（$\vec{F} = m\vec{a}$）

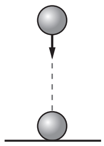
3. 第三定律：作用─反作用定律。

四 超距力

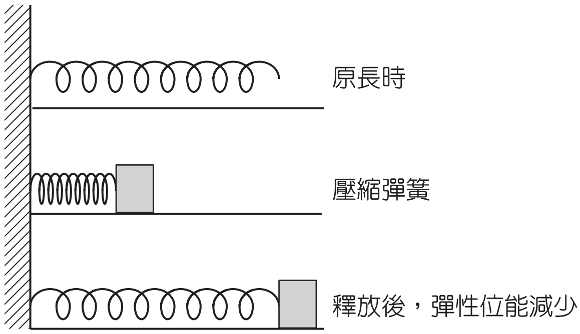
名　稱	場	場　源	作　用
重　力	重力場（$\vec{g}$）	質　量	兩質量間的相互作用
靜電力	電場（$\vec{E}$）	電　荷	兩電荷間的相互作用
磁　力	磁場（$\vec{B}$）	電　流	兩電流間的相互作用

五 位能（potential Energy）

1. 重力位能：重力對物體作正功，釋放重力位能使物體動能增加。



2. 彈性位能：彈力對物體作正功，釋放彈性位能使其動能增加。



3. 電力位能：電力對電荷作正功，釋放電位能，使電荷動能增加。

六 理想氣體方程式：理想氣體的壓力（P）、體積（V）、莫耳數（n）與絕對溫度（T）有特殊的關係。

$PV=nRT$，其中 R 為理想氣體常數。

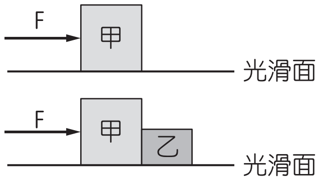
固　定	關　係
n、T	P、V 成反比
V、n	P、T 成正比
P、n	V、T 成正比
P、V	n、T 成反比

註：① 絕對溫度（T）＝攝氏溫度（°C）＋273

② 1 莫耳＝6.02×10^{23} 個

例1 ⑴ 甲、乙兩物體受相同的外力作用，若甲、乙兩物體質量比為 3：1，則其加速度量值之比為何？

⑵ 承⑴，若施力 F 於甲物體上，甲獲得加速度為 a，則施力 F 於甲、乙連結體上，如右圖，則連結體的加速度量值為多少？



解：⑴ 外力固定時，$a \propto \dfrac{1}{m}$ ⇨ $a_{甲}：a_{乙}=\dfrac{1}{3}：\dfrac{1}{1}=1：3$

⑵ $F=ma$

$F=(m+\dfrac{m}{3})a'$ ⇨ $a'=\dfrac{3}{4}a$

例2 下列敘述中，兩者之間的交互作用屬於重力、靜電力或磁力？請在空格中填入適當的答案。

⑴ 月球及地球的吸引力。答：重力。

⑵ 氫原子中，質子與電子的吸引力。答：靜電力。

⑶ 兩平行載有電流的導線會互相吸引或排斥。答：磁力。

⑷ 運動中的電荷進入磁場時作圓周運動。答：磁力。

例3 ⑴ 密閉容器中的氣體體積固定，當氣體壓力是 1 大氣壓時，溫度是 27°C，則加熱至多少°C 時，氣體壓力達 2 大氣壓？

⑵ 熱氣球內氣體的體積及壓力都固定，原氣體的溫度為 27°C 時，氣體的莫耳數為 7 莫耳，當加熱至 77°C 時，氣體的莫耳數為多少莫耳？

⑶ 波以耳定律告訴我們，理想氣體的溫度及分子數目固定時，其壓力與體積成反比。現有定量、定溫的氣體，在 1 大氣壓下體積為 3 公升，則在 3 大氣壓下體積為多少公升？

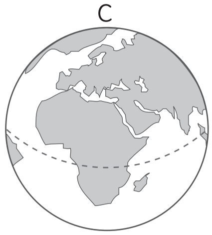
解：⑴ $P \propto T$（n、V 固定）⇨ $\dfrac{1}{2}=\dfrac{273+27}{273+t}$ ⇨ $t=327$（°C）

⑵ $n \propto \dfrac{1}{T}$（P、V 固定）⇨ $\dfrac{7}{x}=\dfrac{\dfrac{1}{27+273}}{\dfrac{1}{77+273}}=\dfrac{350}{300}=\dfrac{7}{6}$ ⇨ $x=6$（莫耳）

⑶ $P \propto \dfrac{1}{V}$（n、T 固定）

⇨ $P_1V_1=P_2V_2$ ⇨ $1\times3=3\times V_2$ ⇨ $V_2=1$（公升）

例4 右圖中，A 點位於地球的赤道，B、C 點分別為地球的南、北極，試回答下列問題：



(1) 物體在 C 點時所受地球引力的方向為何？
(A) → (B) ← (C) ↑ (D) ↓。
答：________。

(2) 同一物體分別置於 A、B 兩點，則在________點處的重量較大。

(3) 將物體移至距地面高 2R 處，R 為地球半徑，則物體的重量變為在地表處的________倍。

解：(1) 重力方向為指向地球球心，故 C 點所受地球引力的方向為↓。

(2) ① 赤道距地心的距離大於南、北極距地心的距離。
② 因為地球自轉的關係，物體在赤道處所產生的離心力大於南、北兩極。
⇨同一物體在南、北極的重量比在赤道處大

(3) $W'=\dfrac{GMm}{(2R+R)^2}$
$=\dfrac{1}{9}\cdot\dfrac{GMm}{R^2}$
$=\dfrac{1}{9}W$
⇨ $\dfrac{1}{9}$ 倍

例5 地球質量為月球的 81 倍，若地球吸引月球的力 F_1 與月球吸引地球的力 F_2，則 $\dfrac{F_1}{F_2}$＝？

(A) 81 (B) $\dfrac{1}{81}$ (C) 1 (D) 9。

答：________。

解：地球吸引月球的萬有引力與月球吸引地球的萬有引力互為作用力與反作用力，兩力量值相等、方向相反
⇨ $F_1=F_2$

練功區 溫故舊知識・知新新發現

1. 若月球與地球間的距離增加為現在距離的兩倍，則地球與月球間的萬有引力將變為現在的幾倍？

(A) 2 (B) $\frac{1}{2}$ (C) $\frac{1}{4}$ (D) 4。

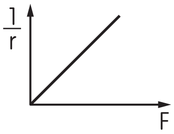
答：________。

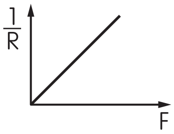
2. m_1、m_2 為兩物體的質量，r 為兩物體間的距離，則下列各情況中，何者所產生的萬有引力最大？

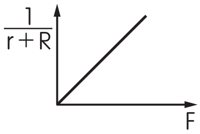
(A) $m_1=1$、$m_2=2$、$r=3$ (B) $m_1=2$、$m_2=3$、$r=1$ (C) $m_1=1$、$m_2=3$、$r=2$
(D) $m_1=m_2=3$、$r=3$。

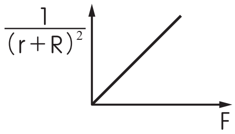
答：________。

3. 若物體距地面高度為 r，地球半徑為 R，物體與地球間的萬有引力為 F，則下列何圖正確？

(A) 

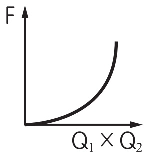
(B) 

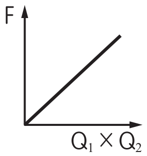
(C) 

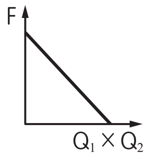
(D) 

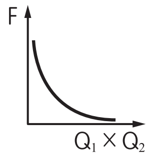
答：________。

4. 兩帶電體間的距離固定時，其相互作用的靜電力量值 F 與兩帶電體電量乘積 $Q_1 \times Q_2$ 之關係圖為何？

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

答：________。

5. A、B、C 三個帶電體之電量分別為＋q、＋2q、＋3q，若 A、B、C 三者距＋Q 電荷的距離皆相同，則 A、B、C 所受靜電力量值之比為何？

(A) 1：2：3 (B) 3：2：1 (C) 6：3：2 (D) 1：1：1。

答：________。

6. 甲帶的電量為乙的 3 倍，兩者相距 20 cm，則甲作用於乙的靜電力與乙作用於甲的靜電力之比為何？

(A) 3：1 (B) 1：3 (C) 1：1 (D) 3：20。

答：________。

7. 兩電荷相距 0.5 公尺時，其庫侖靜電力量值為 2.7×10^{-5} 牛頓；若兩者距離為 1.5 公尺時，則靜電力量值變為若干牛頓？

(A) 0　(B) 2.7×10^{-5}　(C) 3×10^{-6}　(D) 9×10^{6}。

答：________。

8. 大小相同的兩金屬球，分別帶 6Q 及 4Q 的電量，今互相接觸後再移回原來的位置，則庫侖靜電力是增加還是減少？

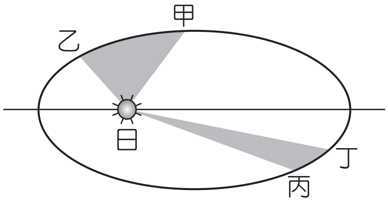
答：________。

9. 克卜勒行星運動第三定律中，提到繞太陽的行星，其軌道半徑的三次方與週期的平方成正比。若兩行星的軌道半徑比為 a：b，則其週期比為多少？

(A) $a^3：b^3$　(B) $a^2：b^2$　(C) $b^3：a^3$　(D) $\sqrt{a^3}：\sqrt{b^3}$　(E) $\sqrt{a}：\sqrt{b}$。

答：________。

10. 依據克卜勒行星運動第二定律：相同時間，行星與太陽連線掃過相同的面積。如右圖，行星自甲至乙的時間為 t_1，行星自丙至丁的時間為 t_2，若 $t_1=2t_2$，則面積甲日乙：面積丙日丁＝？



(A) 1：2　(B) 2：1　(C) 1：4　(D) 4：1　(E) 1：1。

答：________。

11. 如右圖，一點電荷的帶電量為 Q（Q＞0），被固定在一點上，另一個點電荷的帶電量為 q（q＜0），自甲處靜止釋放後，往左運動，動能愈來愈大，若 q 在甲、乙、丙處的位能分別為 $U_{甲}$、$U_{乙}$、$U_{丙}$，下列何者正確？（應選 2 項）

(A) q 的受靜電力方向向左　(B) q 的受靜電力方向向右　(C) $U_{甲}=U_{乙}=U_{丙}$

(D) $U_{甲}>U_{乙}>U_{丙}$　(E) $U_{甲}<U_{乙}<U_{丙}$。

答：________。

12. 定溫定量的理想氣體，若壓力變為 4 倍，則體積變為幾倍？

(A) $\frac{1}{4}$　(B) $\frac{1}{2}$　(C) 1　(D) 2　(E) 4。

答：________。

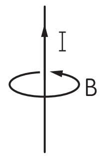
第六單元　光學與電磁學的發展

physics

一 電與磁的統一

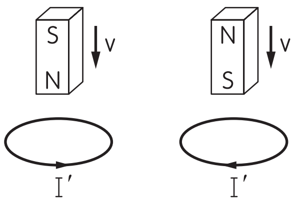
1. 電流磁效應：厄斯特發現載流導線附近的磁針不再指向北方，而是偏轉了小角度，提出電流產生磁場的概念，將電與磁統一。

2. 利用安培右手定則，可以判斷電流產生磁場的方向：右手姆指指向電流（I）方向，四指彎曲的方向為磁場（B）方向。



3. 電磁感應：法拉第發現通過線圈的磁力線數目（或磁場）發生改變時，在線圈上會有應電流產生。

4. 應電流的方向可用冷次定律判別之，例如：

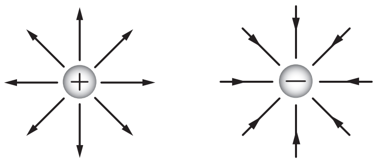


5.

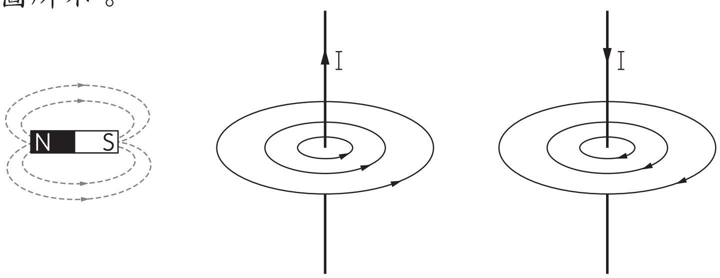
	原　理	能量轉換
馬　達	電流磁效應	電能→動能
發電機	電磁感應	動能→電能

二 電力線與磁力線

1. 電荷附近形成一個特殊空間，稱為電場，會對另外一顆電荷作用，這個特殊空間的電場分布為電力線，電力線所指方向，即為正電荷進入這個特殊空間所受的電力方向，如下圖所示。

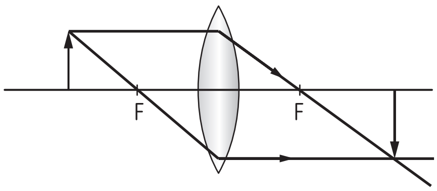


2. 磁鐵（或電流）附近形成一個特殊空間，稱為磁場，會對另外的磁鐵（或電流）作用，這個特殊空間的磁場分布為磁力線，磁力線的切線方向為磁場方向，如下圖所示。



三 光學可分為幾何光學及波動光學

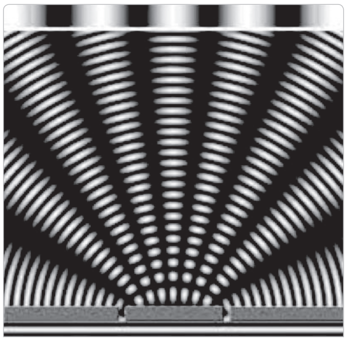
1. 幾何光學：利用光的直進性及光的反射定律、折射定律解釋光學現象。例如利用成像作圖了解成像的正立或倒立、放大或縮小、實像或虛像。



凸透鏡成像 ⇨ 倒立放大實像

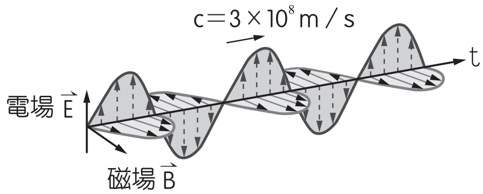
註：實像：光經反射或折射後的光線實際交會所成的像。
　　虛像：光經反射或折射後的光線之延長線交會所成的像。

2. 波動光學：利用波的疊加性或其他性質，解釋光學現象，如楊氏雙狹縫實驗（如下圖），須用波動光學解釋。



四 電磁波

1. 馬克士威將庫侖定律、安培定律、法拉第定律及高斯定律整合，再融合自己的想法，寫出有名的馬克士威方程式，由此方程式預測電磁波的存在。他認為電場、磁場在交互作用下會隨時間、空間而改變，如下圖。



類似繩波的傳遞，但電磁波由於不是介質的振動，所以不需靠介質即可傳遞。在真空中的傳播速率為 $c＝3\times10^{8}$ m／s。

2. 電磁波的種類及應用：

(1) 無線電波：廣播、行動電話通訊。

(2) 微波：家用通訊、微波爐。

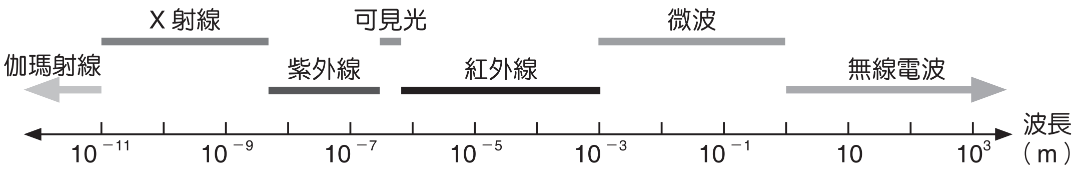
(3) 紅外線：遙控器、紅外線觀測及攝影。

(4) 可見光：人類視覺。

(5) 紫外線：殺菌消毒。

(6) X 射線：醫學影像、晶體結構研究。

(7) γ 射線：醫學治療。



五 光的波粒二象性

1. 光的波動性質

(1) 惠更斯提出光的波動說，認為光有波的性質。

(2) 楊氏提出光的雙狹縫干涉實驗，證實光經過雙狹縫有干涉條紋圖案，認為光具有波動性質。

(3) 馬克士威提出光是一種電磁波，在真空中可以傳播，其波速為 $c=3\times10^{8}$ m／s。

(4) 赫茲從實驗中發射電磁波，開創無線通訊的新時代。

2. 光的粒子性質

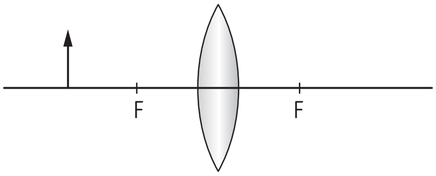
(1) 牛頓認為光由微小粒子組成，利用牛頓力學，成功地解釋光的反射、折射現象，推測光速在水中較空氣為快，但這個論證被實驗推翻。

(2) 愛因斯坦提出光的量子論（又稱為光子說），認為光是由具有 hf 的能量量子（即光子）所組成，其中 h 為常數，f 為光的頻率。光的量子論成功地解釋光電效應。

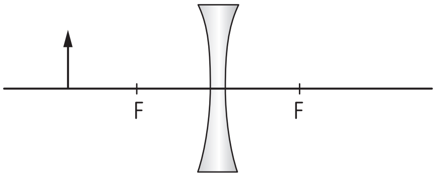
3. 波耳提出互補原理：光有時顯示粒子性，有時顯示波動性。單以波或粒子都不足以表達光的性質，它應當有波、粒子的互補性，稱為光的波粒二象性。

例 1 利用光的反射、折射性質，畫出物體對透鏡的成像作圖，並說明像的性質（正或倒立，實或虛像）

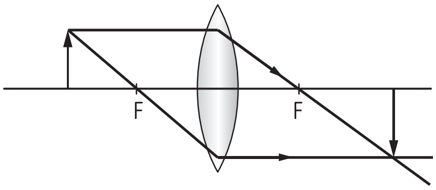
(1)



(2)

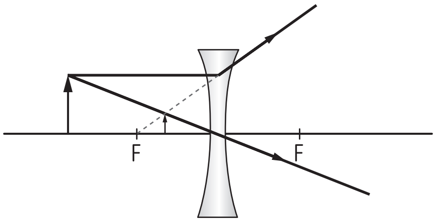


解：(1)



倒立放大實像

(2)



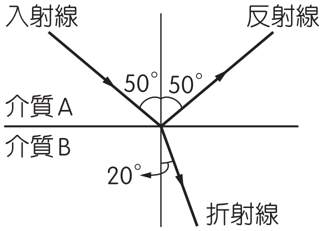
正立縮小虛像

例 2 有一光線由介質 A 射向介質 B，入射角為 50°，折射角為 20°，則反射線與折射角的夾角為何？

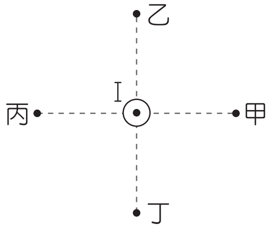
(A) 30°　(B) 40°　(C) 70°　(D) 90°　(E) 110°。

答：________。

解：如下圖，180°－50°－20°＝110°

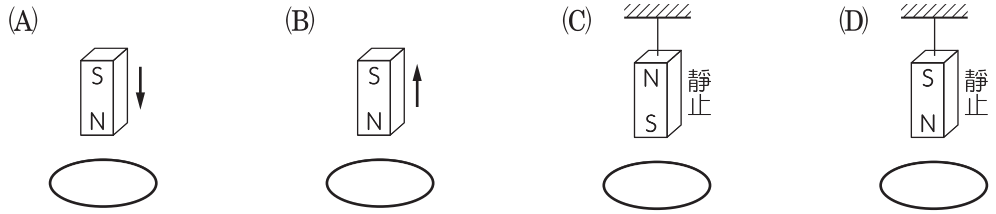


例 3 有一載電流導線，電流方向為射出紙面，如右圖所示，試問甲、乙、丙、丁處的磁場方向分別為何？



解：依安培右手定則判斷，甲、乙、丙、丁處的磁場方向分別為↑、←、↓、→。

例 4 下列哪些線圈可以產生應電流？（應選 2 項）



解：(A)(B) 通過線圈的磁力線數目發生改變，會有應電流產生。

練功區　溫故舊知識・知新新發現

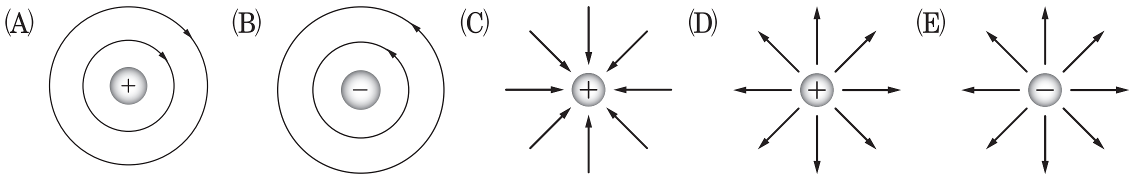
1. 下列哪些是電磁波？（應選 3 項）
(A)雷射光　(B) α 射線　(C) β 射線　(D) γ 射線　(E)無線電波。
答：________。

2. 哪些科學家的實驗或理論支持光的波動說？
(A)楊氏的雙狹縫實驗　(B)光電效應實驗　(C) α 粒子散射實驗　(D)法拉第電磁感應實驗。
答：________。

3. 光的二象性是指光具有哪兩種性質？
(A)動能與動量　(B)幾何光學與波動光學　(C)波動性與粒子性　(D)電與磁　(E)反射與折射。
答：________。

4. 下列哪些是利用電磁感應原理的裝置？
(A)微波爐　(B)瓦斯爐　(C)電磁爐　(D)電鍋　(E)吹風機。
答：________。

5. 關於點電荷附近的電力線，何者正確？



答：________。

6. 下列關於電磁波的敘述，何者正確？（應選 2 項）
(A)電磁波在真空中可以傳播　(B)雷射光不是電磁波　(C)電磁波前進時，其電場、磁場互相垂直　(D)電磁波的波速在不同介質中均為 3×10^{8} m／s　(E)電磁波無法傳遞能量。
答：________。