

國中物理疑難問題淺解

張秋男

國立臺灣師範大學物理系

以下所收集的題目為從民國七十三年元月起來本系研習的國中教師所提出，選擇其中較共同的問題加以整理而成。為了只適用於國中物理教學的需求，故解答時並不作較深入的推導，例如要詳細解析第 16 題正向力變化的原因，就必需說明非慣性座標裡的各種“慣性力”如離心力，柯若利士 (Coriolis) 力等不可，故本解答稱為「淺解」。

1. 水波槽內的水波，淺水時的波速小於深水波的波速，為什麼？

答：水波槽內的水波主要的是在水面受擾動後，受到重力的影響而形成。這種波稱為重力波。

設水深為 h ，水波波長為 λ ，則

(1) 假如 $\frac{2\pi h}{\lambda} \gg 1$ 時，稱為深水波，此時波速 $v \simeq \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$ ； g 為重力加速度

(2) 假如 $\frac{2\pi h}{\lambda} \ll 1$ 時，稱為淺水波，此時波速 $v \simeq \sqrt{gh}$

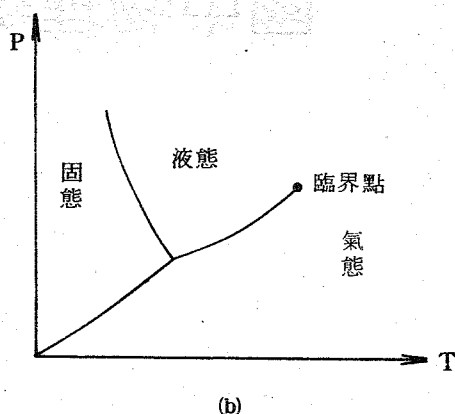
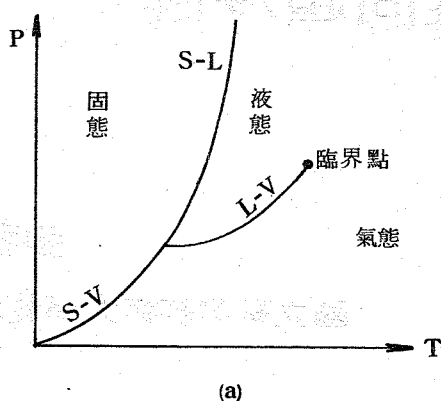
(3) 假如 $\frac{2\pi h}{\lambda} \simeq 1$ 時， $v^2 = \frac{g\lambda}{2\pi} \tan h \frac{2\pi h}{\lambda}$

一般學校用的水波槽，均屬於第(2)的情況（例如水深約 0.7 公分的情況），故水淺時的波速比水深時的波速為小。

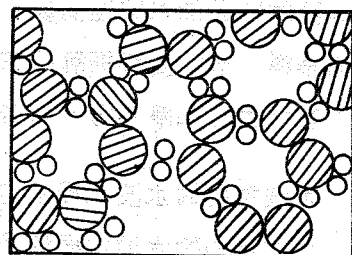
2. 為何水在 4°C 時密度最大，不合熱脹冷縮的原則。

答：這是水的特性之一，與水分子間的引力及排列有關。一般而言，物質有兩類，一類不管任何溫度均是熱脹冷縮，其 P-T 圖如(a)；另一類低於某溫度時是熱縮冷脹

，而在該溫度之上則仍為熱脹冷縮，其P-T圖如(b)所示。



水分子由於溫度的降低，其平均動能減小，故在 4°C 以上，分子與分子間的距離變小，到達 4°C 時達最小，故其體積達最小，密度最大。溫度低於 4°C 時，水分子的平均動能固然繼續減小，但已開始成有次序的排列了，到達 0°C 時，結成冰，成晶體，其結構如右圖，每六個氧原子圍有一大空間，水分子與水分子的距離反而比 4°C 時要大，故體積增大，密度減小。



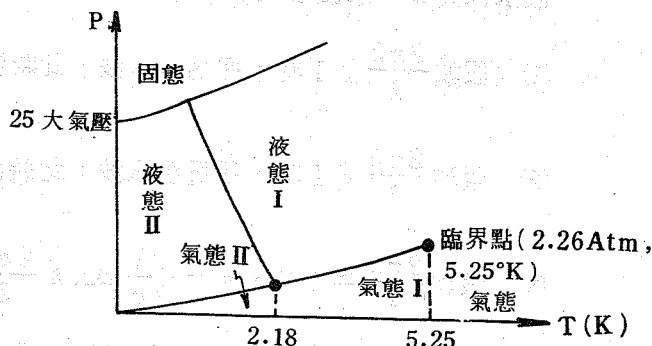
3. 氮的P-T圖為何？

答：1. 液態氮 I：

$5.25^{\circ}\text{K} - 2.18^{\circ}\text{K}$ 之間。

2. 液態氮 II：

2.18°K 以下。



4. 力矩的單位與功的單位為同一因次，原因何在？

答：物理量的單位分成基本單位，如溫度、電流、質量、長度及時間等，以及導出單位，如速度、力矩、功等是。導出單位的因次視其由何基本單位導出而定。

例如速度是由長度除以時間而來，故其單位為公分/秒，而功與力臂均是由力與距離的乘積而來，故具有相同的因次。在國中階段兩者均可用克重 - 公分來表示

，但往後當學生知道功與能的關係時，功的單位就可用能的單位來表示，即耳格或焦耳，而力矩的單位仍然為克重·公分，便不混淆！

$$1 \text{ 耳格} = 1 \text{ 達因} \times 1 \text{ 公分} = \frac{1}{980} \text{ 克重} \times 1 \text{ 公分}$$

$$1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 牛頓} \times 1 \text{ 公尺} = \frac{1}{9.8} \text{ 仟克重} \times 1 \text{ 公尺} = 10^7 \text{ 耳格}$$

5. 衛星為何一定需保持一定速率才能在一定軌道上運動？

答：假設衛星繞地球運動的軌跡為一圓形，則依圓周運動知道，衛星的速率為 v ，距

地心的距離為 r ，質量為 m ，則需一向心力 $\frac{mv^2}{r}$ ，此向心力來源為衛星與地球間

的萬有引力 $G \frac{mM}{r^2}$ ， M 為地球的質量，故

$$m \frac{v^2}{r} = mG \frac{M}{r^2}$$

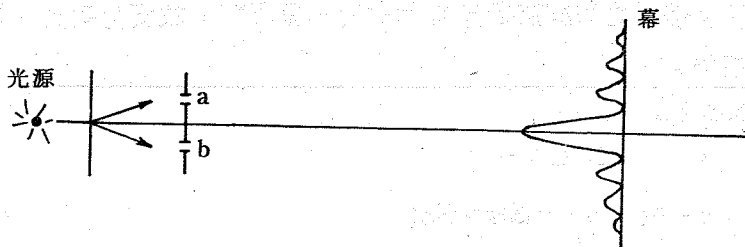
$$\Rightarrow r v^2 = GM = \text{定值}$$

由上式知衛星必具一速率才能在地球上空某一軌道上運行，距地球愈遠，速率愈小，反之則速率愈大。

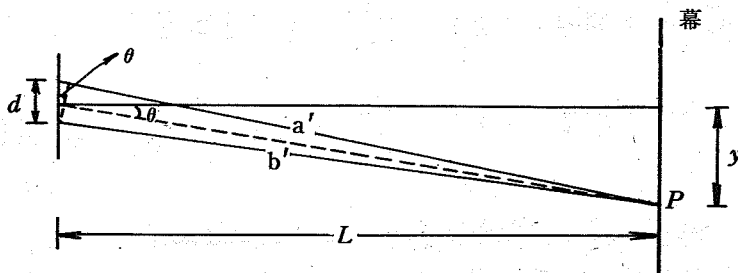
衛星用火箭射到地球上空後，在沿軌道切線方向必給一適當速率，速率不夠，則會向地球掉落，速率過大會沿切線方向飛離地球。

6. 在怎樣的條件下，才能看見光的干涉或繞射現象，為什麼？

答：光的波動性的理論早在 1678 年海更士就已完成，並於 1690 年發表，但實驗上的證實却一直到了 1803 年才由楊氏利用雙狹縫的干涉現象加以完成。雙狹縫干涉現象如下圖所示：



此現象所以出現是因為通過 a 、 b 兩狹縫的光，因到幕上時所走光程的不同，相互有干涉而成明暗的現象。如下圖



幕上一處 P ，由 a' 、 b' 兩光干涉而成，而 a' 、 b' 兩光的光程差為兩狹縫距離 d 的 $\sin\theta$ 倍，即 $d \sin\theta \simeq d \tan\theta$ （當 θ 很小時）

$$\text{而 } d \tan\theta = d \frac{y}{L}$$

故當 $d \frac{y}{L} = n\lambda$ 時， P 為亮紋， n 為整數。

當 $d \frac{y}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$ 時， P 為暗紋。

這與一般機械波，如水波、繩波、彈簧波的會產生干涉的現象一樣，故光的波動性從此被確認。但此處要注意的是 a 、 b 兩狹縫的自身寬度不能太大過於波長，以至於光不能在 a 、 b 兩狹縫產生繞射（想想水波槽的情形）。

光的單狹縫繞射原理與以上的雙狹縫干涉原理「相似」*，不過 d 變成了單縫的寬度。從上式我們發現， d 若太大，在單狹縫各小光源的干涉（加強或減弱）將不明顯，即第一明紋與第二明紋間的距離 $\left(\simeq \frac{\lambda L}{d}\right)$ 太小而使得兩明紋相重合，暗線不呈現；又 y 值大處的紋將因光度太弱而不呈現**，故要見到光的繞射 d 必需與 λ 的大小相仿。

*註：對單狹縫而言

$$\frac{dy}{L} = n\lambda \text{ 時，} P \text{ 處產生暗紋}$$

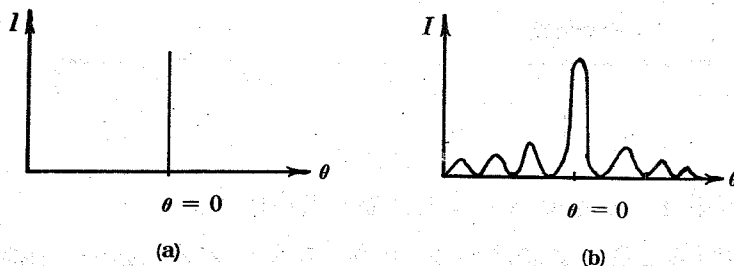
$$\frac{dy}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda \text{ 時，} P \text{ 處產生明紋}$$

**註：因此時 n 值很大。

另依照繞射光強度的公式：

$$I = I_0 \left\{ \frac{\sin(\pi d \sin \theta / \lambda)}{\pi d \sin \theta / \lambda} \right\}^2$$

可見 $d \gg \lambda$ 時，上式為 Σ 函數，即 $\theta \approx 0$ 時有值，其他地方無值（如下圖 a），唯有當 $d \lesssim \lambda$ 時才有如下圖 b 的繞射條紋出現。



7. 石墨、金剛石同是碳的同素異形體，為何金剛石無色？

答：物體的顏色與光照射其上時的反射，透過及吸收有關；物質的元素雖相同，但結構不同時，會有不同的反射、透過及吸收過程。石墨呈黑色表示照射的光大部分被它吸收了，金剛石呈無色透明表示照射的光大部分透過了，又因金剛石的折射率很大，容易造成全反射，故看起來亮晶晶的。

8. 測量照度時，能否用比眼睛看更準確的方法？

答：通常測量照度時，用的是本生光度計，比較兩光源照在一半透明片上兩面的亮度及其光源與半透明片的距離來決定。

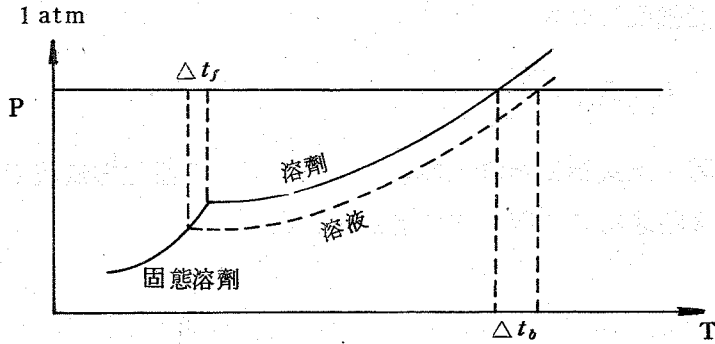
現代光電科技發達，可應用光與物質作用產生電子的效應來測量照度，例如光電池即其一。

9. 溶劑的凝固點及沸點會因為溶質的加入而改變，是什麼原因？

答：就理想溶液而言，溶質加入溶劑後，不影響溶劑分子與分子之間的作用力，而溶質與溶劑分子間的作用與前者相同。此時由於溶質的存在，而使得溶液的蒸氣壓比純溶劑時的蒸氣壓為小，可依照勞特 (Raoult) 定律加以計算：

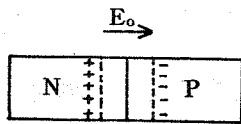
$$P = NP^{\circ}$$

P° 為純溶劑時的蒸氣壓， N 為溶劑在溶液中所佔的摩爾百分比， P 為溶液的蒸氣壓。下圖為溫度與蒸氣壓對純溶劑及溶液的關係圖，由圖知，在一大氣壓下溶液的沸點比溶劑升高 Δt_b 度，而凝固點則下降 Δt_f 度。

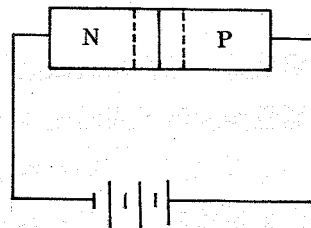


10. NPN或PNP等三極電晶體有放大功能，其原因為何？

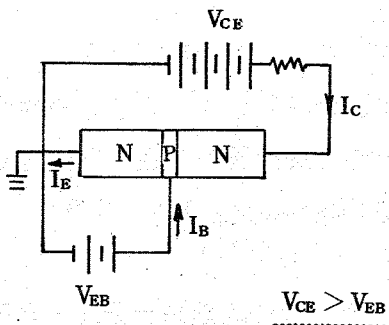
答：欲瞭解NPN等三極電晶體的作用，我們先說明二極電晶體的工作原理。簡單的來說，N型半導體內主要依靠自由電子在導電；而P型半導體內則主要依靠電洞。當兩者相接觸時，電子會往P擴散而電洞往N擴散，在界面區形成一電場（如圖一），其方向為阻止電子或電洞擴散的方向，故在平衡時，其強度足以阻止擴散的繼續發生。今若接上一順向偏壓（如圖二），則可減小NP界面的阻礙電場，而



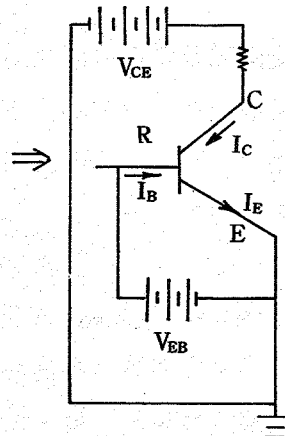
(圖一)



(圖二)



(圖三)



使電子或電洞繼續流動而產生電流。茲以NPN接合構成的三極電晶體來說明其放大原理：

如圖三所示，為共E極的接法，E與B間加一順向偏壓 V_{EB} ，而E與C間則加上一逆向偏壓 V_{CE} ，此時 V_{EB} 與 I_C 的變化圖如下（對某一固定 I_B 值）

通常 I_B 的大小在微安培（ 10^{-6} 安培）的範圍，

而 I_C 則在毫安培（ 10^{-3} 安培）的範圍，故 I_B 與

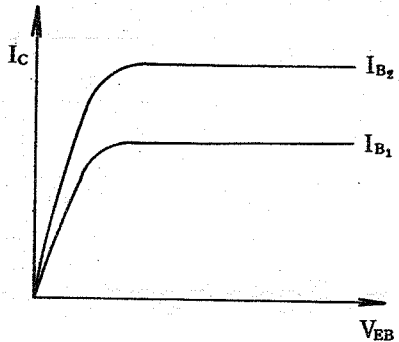
I_C 的值相差在100倍以上，即小電流的 I_B 輸入，

可造成大電流 I_C 的輸出；當然，若線路中原

有 I_B 及 I_C ，則當 I_B 變化 ΔI_B 時，可引起 I_C 做

ΔI_C 的變化，而 ΔI_B 與 ΔI_C 的值亦有上100倍

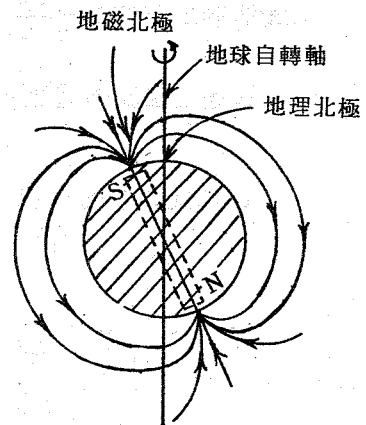
的相差，故三極電晶體具有電流的放大功能。



11. 地磁北極與地磁南極如何決定？

答：按照地表附近磁力線的分布情形（見右圖），好像由一大棒形磁鐵所產生，此棒形磁鐵的N極在地理南極的附近，而S極在地理北極的附近。不過這種看法，只就地表附近的磁場（或磁力線分布）所得來的一種模型，實際地球周圍的磁場並不如地表附近的單純，而目前對地球周圍的磁場的來源並無定論。

為了文件傳達上的方便，現在國際上公認在地理北極附近的磁極為地磁北極，而在地理南極附近的磁極為地磁南極。這樣的定義，若以地磁鐵模型來比對，則地磁鐵的S極在地磁北極而其N極則在地磁南極。



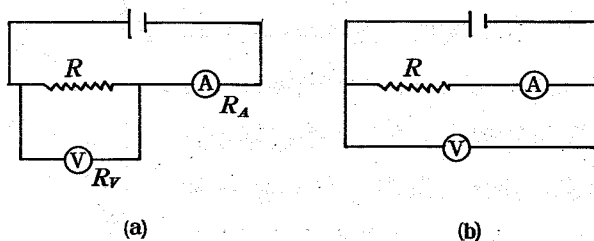
12. 電流的磁效應及帶電粒子在磁場中的運動均可用右手螺旋定則來決定磁場及帶電粒子受力的方向嗎？

答：可以。在電流的磁效應中，若以姆指豎直為電流的方向，則磁場方向為另四指彎屈的方向。

在帶電粒子在磁場的受力情形中，將手掌張開，則四指所指方向為帶電粒子運動

方向（或電流方向），垂直掌心的方向為磁場方向，則姆指豎直的方向為粒子受力的方向。

13. 利用測量 I 與 V 來決定電路中的電阻時，以下兩線路的接法，何者對高電阻較精確，何者對低電阻較精確？



答：因為欲要用電表Ⓐ及電表Ⓥ測得的 I 及 V 來決定電阻器的電阻 $R = \frac{V}{I}$ ，而(a)中的

Ⓐ所測電流與實際流過電阻 R 的電流顯然有稍許出入，而(b)中的Ⓥ所得的電壓顯然並非電阻器兩端的電壓。茲解析如下：

(a)情形：因為 $R = \frac{V_R}{I_R}$ ， R 為待測電阻器的電阻， V_R 為電阻器兩端的電壓， I_R 為

通過電阻器的電流。 V_R 可由Ⓥ測得，但 I_R 與Ⓐ所測得的電流 I_A 有出入，而

$$I_A = I_R + I_V$$

I_V 為通過Ⓥ的電流

$$\therefore I_R R = I_V R_V$$

$$\therefore I_A = I_R \left(1 + \frac{R}{R_V} \right)$$

$$\therefore [R]_{\text{測}} = \frac{V_R}{I_A} = \frac{V_R}{I_R \left(1 + \frac{R}{R_V} \right)} = \frac{V_R}{I_R} \left(1 + \frac{R}{R_V} \right)^{-1} \approx \frac{V_R}{I_R} \left(1 - \frac{R}{R_V} + \dots \right)$$

故當 $R \ll R_V$ 時， $[R]_{\text{測}} = R$

← 適合測量 R 小的電阻器

(b)情形：同(a)的道理，此時Ⓥ所測得的電壓 $V = V_R + V_A$ ，Ⓐ所測得的電流為流經 R 或Ⓐ的電流 I_R ，故

$$[R]_{\text{測}} = \frac{V}{I_R} = \frac{V_R + V_A}{I_R} = \frac{V_R}{I_R} \left(1 + \frac{V_A}{V_R} \right) = \frac{V_R}{I_R} \left(1 + \frac{I_R R_A}{I_R R} \right) = \frac{V_R}{I_R} \left(1 + \frac{R_A}{R} \right)$$

故當 $R \gg R_A$ 時， $[R]_{\text{測}} = R$

← 適合測量 R 大的電阻器

14. 放射性元素放射 α 粒子時，有無 β 粒子放射？

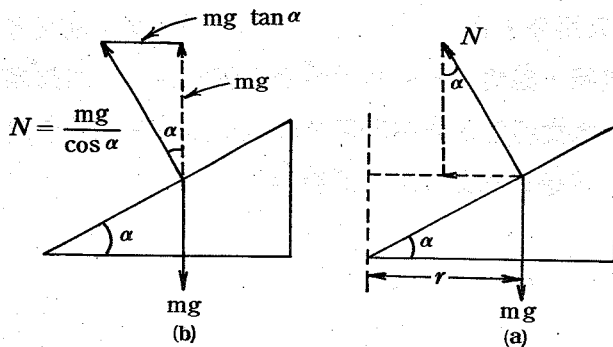
答： α 粒子的放射與 β 粒子的放射不能成爲一相互競爭的放射過程。因爲 α 粒子放射時，是核力作用（強作用）的結果，而 β 放射是弱作用的結果，強作用完成的時間比弱作用要快上 10^{14} 倍，故若有 α 放射時， β 放射不能與之相競爭。

但 α 放射後的子原子核若爲 β 不穩定的原子核時，則此子原子核將發射 β 粒子。

15. 原子核內並無 β 粒子，爲何會作 β 衰變？

答：原子核內雖無 β 粒子，但不穩定的原子核會因爲弱作用力的作用而創生一 β 粒子發射出來，事實上， β 衰變的原子核不只創生 β 粒子也創生微中子。此種情形與不穩定（或是激發態）的原子會創生光子而激發出來相類似。

16. 車子在一斜角 α 的路面轉彎時，其受力的情形如何？



答：如圖(a)車子在呈一斜角 α 的路面上轉彎（向紙面內）。假設無摩擦力的作用，則此斜面對物體的正向力“至少”可提供 $mg \cos \alpha \sin \alpha$ 的向心力。

但因物體在斜面上具某一速率做圓周運動，若欲維持此圓周運動（即速率不變， r 不變），物體不可受有使物體垂直向下運動的力，故此時正向力 N 在垂直方向

的分量爲 $N \cos \alpha = mg$ ，即 $N = \frac{mg}{\cos \alpha}$ ；此時物體僅受一向心力的淨力 $F_c = N \sin \alpha$

。所以 $F_c = \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = mg \tan \alpha$ ，如圖(b)所示，這也就是說物體在斜面作圓周運動時，正向力會增大。

因爲維持車子以速率爲 v ，半徑爲 r 的圓周運動所需的向心力爲 $m \frac{v^2}{r}$ ，故 $m \frac{v^2}{r} = mg \tan \alpha$ 。注意此處 $mg \tan \alpha$ 對一定斜角的路而言爲一定值，故車子的速率愈大， r 需愈大， r 若受限制， v 當然就有其極限值了。另外，若車子與路面無摩擦力，路面又無斜角，則車子無法轉彎。