

電離層 (Ionosphere)

電離層的發現

電離層是太空物理研究的範圍中，最靠近地球表面的一層。是在第一次世界大戰前才被發現的一層導電層。在衛星通訊以及海底電纜的技術尚未成熟發展前，利用電離層與地表這兩個良導體反射電磁波，作為短波通訊的天然導波系統 (wave guide)，使人類能提早進行越洋通訊，在兩次世界大戰中扮演著非常重要的角色。

HW#2A：要瞭解良導體會反射電磁波，請各位同學回家或到家電行比較烤箱與微波爐的玻璃門，或透明塑膠門，在結構上有何不同？再找一台透明外殼的電腦 (如麥金塔電腦)，看看它的透明塑膠外殼內是什麼結構，與微波爐和傳統烤箱的玻璃門或透明塑膠門相比有何異同？

電離層的組成成分

電離層的成分是部分游離的氣體所組成的電漿態，游離度約 1%。

什麼是電漿 Plasma？

電漿是一種完全游離或部分游離的氣體，是物質的第四態。
(註：如果部分游離，則至少需達約 1% 以上的游離程度)

電漿容易存在於高溫或低密度的環境中

因為高溫表示氣體游離的機會增加，低密度使得已經游離的氣體不會因為粒子間頻繁的碰撞，而相互再結合成中性粒子，還原成中性氣體。

電漿具有良好的導電性：

當電磁波的頻率低於或等於電漿的振動頻率時，將無法穿透電漿，會被電漿反射。

電漿具有逆磁性：

任何在低溫時具有順磁性或鐵磁性的物質，到了高溫游離態時，也都變成逆磁性了，有關逆磁性的特性，在磁層物理中應用很廣，在電離層物理中用的不多，故等下一章要用到時再說。

日常生活中可見的電漿：

火、霓虹燈、日光燈管內發光時的氣體、閃電、極光、太陽、以及彗星藍色的電漿尾 (又稱離子尾，因為大陸將 plasma 翻譯為【等離子體】)。

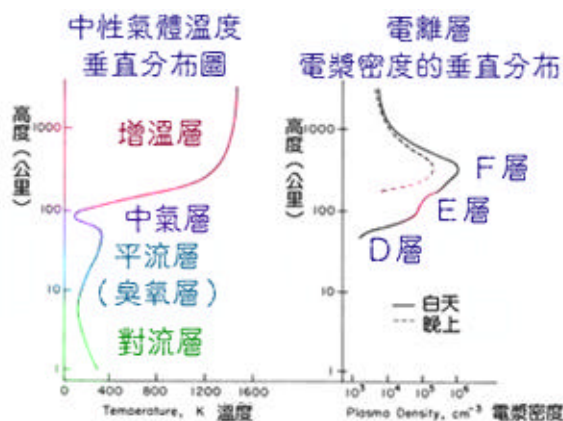
電離層的高度分佈

電離層底部的高度，會隨不同緯度以及不同日照強度，而改變其高度。電離層頂部的高度，則隨當地的地球磁場與地面夾角不同，而不同。一般來說，100 公里以上到 2000 公里左右是電離層的範圍，在台灣夏天的下午日照最強時，電離層的底部高度可能低到 80 公里。

問：猜猜看科學家如何決定電離層的高度？

提示：如何決定水井的深度？如何決定海底的深度？

電離層的電漿密度垂直分布圖：



圖一、(左)大氣溫度垂直分布圖，(右)電離層電漿密度垂直分布圖

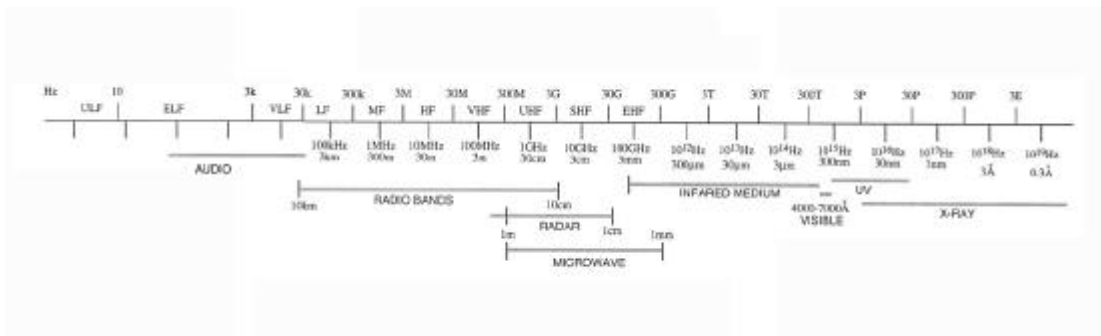
電離層電漿密度擾動會影響電磁波的傳播

電磁波如果頻率夠高，高過電離層的電漿振動頻率，便有機會穿過電離層，但是會發生一些折射現象，這是因為電離層對電磁波而言是一個疏介質，因此倘若電離層中電漿密度分布不似圖一所示那樣緩緩的變化，而出現一些異常的擾動，那麼穿過電離層被折射的電磁波，所走的路徑就會很詭異，好像兩個人隔著一堆營火看對方的臉那般詭異。

註：如果打入的電磁波頻率太高，波長太短，短到 UV 光、X 光、甚至 射線時，這些電磁波反而變成電離層中粒子最愛的食物，根本就是肉包子打狗有去無回，是被吸收了而不是被反射了。

註：水汽對電磁波而言是密介質，電磁波穿過密度不均勻的水汽時，也會發生各種詭異的折射現象，因此空氣中的水汽多時，天上星星閃爍的比較厲害，故要在高山上建造天文台。

以上提到好多種電磁波的名稱，你想知道不同區段的電磁波，他們的波長與頻率分布情形嗎？請參考下面的圖二：



圖二、不同區段的電磁波之波長與頻率分布圖（建議：螢幕上放大 200%觀賞）

哪些因素會造成電離層電漿密度的擾動？

1. 日夜的變化：

圖一中實線與虛線分別代表白天與晚上的電子濃度分布圖。因此在日夜轉變時，電離層底部會產生許多擾動，以便由一種分布轉換為另一種分布。

2. 重力波

(A) 什麼是重力波？

當一個氣塊被外來擾動頂了一下而上升，這時氣塊的體積會隨著四周氣體的壓力減少而膨脹，當氣塊膨脹時，它的溫度會降低同時密度也會減少，如果這時四周氣體的密度比這塊氣塊膨脹後的密度來得大，這塊氣塊就會繼續上升造成對流現象。反之，如果這塊氣塊的密度比四周氣體的密度來得大，則向上的浮力就敵不過向下的重力，於是氣塊就會上下振動，當這個上下振動的方向不完全沿著鉛直線，而有水平方向運動時（例如：沿左上 右下方向振動）這個振動就會演變成一種波動，並向垂直振動方向（例如：右上 ）傳遞，此即重力波。重力波是一種橫波，他的振幅會隨著大氣密度減小而放大，因此很容易在高空中測到。

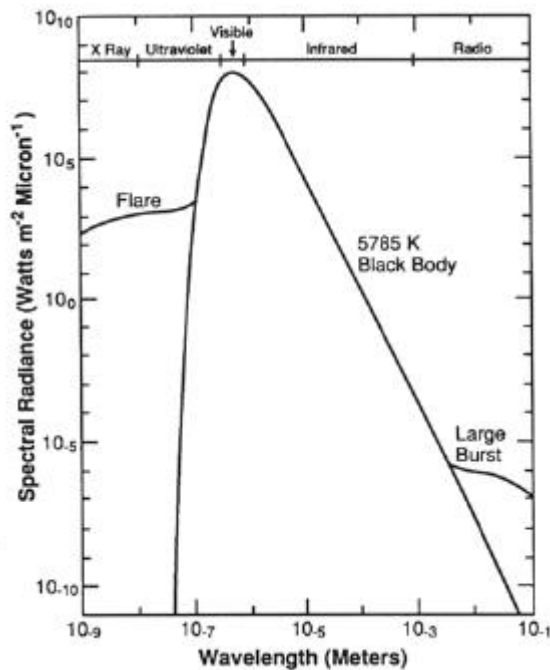
(B) 產生重力波的來源，如：

- (1) 極光
- (2) 颱風
- (3) 火山爆發
- (4) 大地震
- (5) 大雷雨

問：重力波 gravity wave 與重力場波 gravitational wave 有何不同？理工科的同學好好研究一下吧！尤其是對天文感興趣的同學，不可不知！

3. 太陽閃焰：

太陽閃焰 (solar flare) 時會發出大量的短波：UV 光、X 光、射線。這些短波都是電離層最愛的食物，因此太陽閃焰發生後，電離層的電子密度會突然增加，影響通訊品質。圖三為太陽平時與閃焰發生時的光譜分布情形。



圖三、太陽平時與閃焰發生時的光譜分布情形。

電離層電漿以及密度的擾動對人類的影響：

1. 對地表生物的保护：厚厚的電離層可以吃掉大量的 X 光和 UV 光保護我們不受輻射的傷害。
2. 對衛星通訊的影響。
3. 影響 GPS 衛星定位的準確度。(詳情請等以後介紹衛星時再談。)
4. 預知颱風：不過目前已被衛星雲圖取代。
5. 預知地震：目前仍在研究中。
6. 造成高空閃電的主因：因為電離層與地面一樣是個良導體。
7. 其他：?? 例如：對天文觀測的影響??

HW#2B：想想看，電離層與臭氧層在【永續發展】中所扮演的角色。簡單敘述一下你的看法。

你知道什麼是【永續發展】嗎？我認為白話一點講就是：留得青山在，不怕沒材燒。想要發表一下你對【永續發展】的認知嗎？歡迎各位同學把自己的心得記錄下來。可以在討論區與同學分享，也可以在每次交作業時，附上一句，與老師分享！

上回上課，發現有些非理工科的同學，對物質的游離態以及原子的結構，不太了解，所以特別為這些同學準備了一些補充教材，請參閱下一頁。

原子模型、游離態、激發態、基礎態（補充教材）

原子模型：

原子中央是原子核，體積小、質量大，由質子、中子以及其他小質量的核子所組成。原子核的外圍是電子雲，有許多價電子依特定軌域繞著原子核打轉運動。

質子：帶一價的正電、質量大。

中子：不帶電，質量也大，但略小於質子。

中子好像原子核中的強力膠，具有很強的核力，是一種吸引力，可以協助質子們抵抗正電荷之間的排斥力。唯一不含中子的原子核就是氫原子核。因為它只有一個質子。原子核內質子數目不多時，中子的個數與質子的個數，可以大致相等。隨著原子核內質子數目增加，中子的個數就必須比質子的個數多一些，才能黏得住質子們，所以氧原子中，中子數等於質子數，各八個。反觀，水銀原子中，有八十個質子，一百二十個中子，中子數目足足是質子數目的一倍半呢！

電子：帶一價的負電，質量只有質子的 1836 分之一。

原子中，電子的數目等於質子的數目，因此原子不帶電。

一價的電荷，長久以來，被認為是電荷的最小單位。不可再切割！不過近來科學家發現，還有一種更基本的粒子，被命名為：夸克子，它只帶三分之一價的電荷。所以，好多教科書都得要改寫了！這個故事，讓我們想起與更古早以前，科學家以為原子是構成物質的最小最基本的單位，所以叫它：原子。後來才知道，原子是由電子與原子核所組成的。原子核內又有許多種基本粒子。所以，我們可比古早的科學家，知道更多的科學常識呢！

什麼是游離？

當原子失掉最外層的價電子時就是游離。

價電子與自由電子的區別？

被原子核束縛住的電子是價電子，不被原子核束縛住的電子是可自由運動的自由電子。

什麼是激發態？什麼是基礎態？

基礎態是價電子們位在他們可能存在的最低能階軌域，激發態是價電子吸收了能量（但是不足以達到游離能），而跑到較高的能階軌域上運轉。價電子由激發態跳回基礎態時會發光，正離子捕獲自由電子變回中性粒子時，也會放出能量（光），由於放出的光與當初入射的光（導致激發態或游離態的光）方向不一定相同，因此，可以改變光子的行進路徑，造成光的散射。

問：天空為何是藍的？黃昏的夕陽為什麼是紅的？知道嗎，深海的水與冰河的冰也是藍的！