

科學講堂

逢星期三見報

激光製造技術初期 本用作量度時間

電子「落樓」放出電磁波

大家有到過維港欣賞「幻彩詠香江」嗎？這個節目融合了音樂、探射燈、激光等等元素，為觀眾帶來一次賞心悅目的回憶。激光這種技術自世紀中後期被開發以來，在許多不同方面被廣泛使用；普羅大眾可能早已在演唱會

之中體驗過激光，對它已是見怪不怪了。那麼激光究竟又是什麼？我們又是應用怎樣的原理去製造激光的？

激光的正式英文名稱是 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation，因此被簡稱為 LASER，而 LASER 的讀音就被翻譯成激光的另一個有名的稱呼：雷射。

要解釋激光的原理，要回憶起前陣子跟大家介紹過的原子結構：一枚原子像洋蔥一般，原子核被電子一層一層地圍繞着。每一個這樣的殼層其實代表着電子的能量：距離原子核愈遠的殼層，在其上的電子就愈有能量。當位於較遠殼層之上、擁有較高能量的電子降落到較低的殼層，相差的能量就會以電磁波的形式被釋放出來。

運用這個原理去製造電磁波，其實威力強大：電磁波的頻率與它的能量成正比，而殼層之間的能量差異是固定的。因此每當電子從一個特定的殼層下降到另一個指定的「樓層」，就一定只會放出某一種頻率的電磁波；如果我們準備了很多這樣的電子，再激使它們一起釋放能量，就能產生威力強大而集中的電磁波了。這就是製造激光背後的原理。

當第一束電磁波接觸到這樣的電子的時候，就激發它釋放另一束頻率一樣的電磁波；這兩束電磁波其後繼續激發另外兩束電磁波；就這樣的一變二、二變

四、四變八，餘此類推，很多頻率相同的電磁波就被集中地發射出來了。

來回奔走激發更多激光

電磁波包括了很多不同名稱的「波」，例如檢查身體用的 X 光及通訊用的無線電波也是電磁波。倘若用以上方法產生的電磁波，正好是我們肉眼所能看到的可見光，就是「激光」了。

許多製造激光的裝置會將所有物料放於兩面鏡子之間：隨着開始時少量的激光光束在兩面鏡子之間來回奔走，它們就會不斷地激發其他電子釋放相同的激光，以供我們使用。

大家可能並沒有為意，在這種激光製造技術開發的初期，其實並不是運用可見光的：當時是利用我們現在加熱食物常用的微波。用這種技術產生出來的、很集中的微波，稱為 Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation，簡稱 MASER，因此被音譯為「邁射」。

作為雷射的「前身」，邁射並不過時：負責管理國際單位制 (SI) 的國際度量衡局 (International Bureau of Weights and Measures)，明確同一種運用氫氣產生的邁射，在相對短的時間內比銫原子鐘 (caesium atomic clock) 更加穩定，因此倘若需要準確量度的時間比一天短，這種氫邁射就會是很可靠的標準。



維港旁的「幻彩詠香江」。

資料圖片

小結

「邁射」和「雷射」在上世紀中後期被開發，時至今日，在科技及日常生活的範疇都有大量的應用：大家可能很容易就能指出幾個日常中用到激光的地方。這再一次告訴我們，善用科技的發展可以幫助我們改善大眾的生活。■張文彥博士

作者簡介：香港大學土木及結構工程學士。短暫任職見習土木工程師後，決定追隨對科學的興趣，在加拿大多倫多大學取得理學士及哲學博士學位，修讀理論粒子物理。現任香港大學理學院講師，教授基礎科學及通識課程，不時參與科學普及與知識交流活動。



■ 鈉原子的殼層模型。當位於較遠殼層之上、擁有較高能量的電子降落到較低的殼層，相差的能量就會以電磁波的形式被釋放出來。
網上圖片



■ 日常中常見的 DVD，就應用到激光。
網上圖片

奧數揭秘

逢星期三見報

餘數分類

小學時學習除數，就會接觸到餘數的概念。比如除數是 5 的話，餘數可以是 4, 3, 2, 1 或 0，餘數總是小於除數。課內數學在處理餘數時，多是把餘數設為 0 或以上，這本身固然是對的，不過有些時候，若是把餘數的概念推廣至可包含負數，在解題中是會有省略步驟的效果。比如剛才以除數為 5 時作例子，餘數就是 0, ±1 和 ±2。把正整數按着固定的除數，把各個餘數的情況分開討論，是常用的技巧。

以下的問題，就着省略步驟這一點說明一下。

問題

求出所有質數 p ，使得 $7p+2$ 和 $10p+7$ 皆為質數。

答案

若 $p=3$ ， $7 \times 3+2=23$ 和 $10 \times 3+7=37$ 都是質數。若 p 可表示為 $3m$ ，其中 m 為大於 1 的正整數，則 p 本身不是質數，不可能。

若 p 可表示為 $3m+1$ ，其中 m 是正整數，則 $7(3m+1)+2=21m+9=3(7m+3)$ ，是合成數。

若 p 可表示為 $3m-1$ ，其中 m 是正整數，則 $10(3m-1)+7=30m-3=3(10m-1)$ ，是合成數。

因此，若要使得 $7p+2$ 和 $10p+7$ 皆為質數，只有 $p=3$ 的情況。

解題過程中，其實就是把所有 2 或以上的正整數，考慮各數除以 3 之後的餘數，分開討論，然後在各個情況中得知最終只有情況才成立條件。

仔細看看這個解題過程，會發現一開始時，並不是由最小的質數 2 開始的。那麼它在哪裡？原來已包含在 $3m-1$ 的情況之中，因為 m 是 1 的時候， $3m-1$ 就是 2。而 p 可表示為 $3m-1$ 的形式，就是 p 除以 3 餘 1 的情況。若不用 $3m-1$ 的形式，也可以用 $3m+2$ 的形式，即 p 除以 3 餘 2 的情況。不過這樣的話， $3m+2$ 在 m 是正整數的情況下，就不包括 $p=2$ 的情況，要討論的話就要另外驗算，有點麻煩。

就着以上的問題看，由於除數只是 3，餘數不多，用 $3m-1$ 或 $3m+2$ 都沒什麼大分別，省略了不少步驟。不過若果除數較大時，餘數就多了，額外要討論的情況就多了，也麻煩了不少。

把正整數按着不同的餘數作分類，還可以看到其他性質的。例如可以知道一個平方數 p^2 除以 3 的餘數，不會是 2。這個怎樣理解呢？

若 p 是 3 的倍數， p^2 當然是 3 的倍數，可被 3 整除。

若 p 不是 3 的倍數，則只有 $3m+1$ 和 $3m-1$ 兩種形式，而 $p^2=(3m \pm 1)^2=9m^2 \pm 6m+1=3(3m^2 \pm 2m)+1$ ，即除以 3 的話，餘數只能是 1。

從這個例子看來，把除以 3 的餘數分成 +1 和 -1 來考慮，討論時一併考慮，是非常簡便。不然的話，若是考慮 $3m+1$ 和 $3m+2$ 兩種情況，又會做多了不少步驟。不難推想出，若果除數比較大時，用上了餘數可正可負的想法，省去的步驟就多很多了。

在奧數之中，考慮正整數的性質時，按着一個固定的除數，把正整數用餘數來做分類，在過程中經常會發現許多奇妙的特性。而用餘數做分類時，究竟是正負數都用上了，還是只用 0 或以上的數，就要按着題目而定。這點想法聽來是簡單的，但解題時效果，隨時是把步驟省略了一半，非常方便。奧數裡有時就是有些想法，令到表達簡潔之餘，又不失嚴格性，那樣做題目時也少了因為表達繁瑣而產生的失誤，長遠來說是有益處的。 ■張志基

簡介：香港首間提供奧數培訓的教育機構，每年舉辦奧數比賽，並積極開辦不同類型的奧數培訓課程。學員有機會獲選拔成為香港代表隊，參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：www.hkmos.org。



科技暢想

隔星期三見報

STEM 加 A 知識技術還要公民意識

品格、生命及素養教育峰會 2018 已於早前結束，峰會的教育約章強調學生除了充實知識和技能外，更要懂得生命的意義與方向，使個人潛質得以均衡發展。

除主題論壇之外，峰會中亦有不同的專題分享，例如優質教育基金推廣及宣傳專責委員會主席麥志強博士便以「從 QEF 計劃談品格教育」為講題。

麥博士提到，有些人把「A」放到 STEM 之中，到底「A」在 STEAM 中代表什麼？

「A」對於某些人來說代表了語文，即語文教師在 STEM 的角色是教授學生溝通及分享；「A」對於某些人來說代表了藝術與設計，即藝術及設計相關的教師在 STEM 的角色是教授學生從美感或應用的角度去完善其作品；麥博士則選擇以更廣泛的意義來理解「A」，他以「Liberal Arts」（博雅教育）插入 STEM 之中，即 STEAM 不但包含了科學，技術，工程和數學、溝通與美感等能力的鍛煉，更強調了對健全品格的健全培育。

就好像在訓練醫生、生物科技工程師、建築師等，當中牽涉的並不只是知識和技術層面，它們還包含了對道德倫理及公民意識的培養，利用所



■ 品格、生命及素養教育峰會 2018 已於早前結束。
資料圖片

學的知識和技術貢獻社會，發揮所長。

以探討解決糧食需求問題為例，在未來數十年，全球總人口將飆升至 90 億，屆時的糧食需求將會為現時的四倍。科學家們均希望找出改善農產品的特性，加強其抗寒、抗旱、耐熱的特性，以增加糧食的產量。如科學家們只顧賺錢，

唯利是圖，缺乏對道德與社會民生的意識，以致製造一些不適合人類食用的黑心食品的話，不單直接影響市民的健康，長期更會有損國際地位。

■張錦華博士
香港常識科教育學會理事、Google Certified Educator、Apple Teacher (Swift Playgrounds)

氣象萬千

隔星期三見報

看極光北易過南

有關極光，有很多傳說，古時候，芬蘭北部的人認為，極光是火狐跑過北極的方圓，尾巴擾動了地上的白雪而激發出來的火花，而極光的英文 Aurora，據稱來自古羅馬神話內的黎明女神。

要看極光，最好去高緯度國家，在北半球，除了冰島本身整個國家都在極光帶之下，所以全國各地都有機會看到極光之外，另外，在美國阿拉斯加州的費爾班克斯、加拿大的黃刀鎮、芬蘭、挪威、瑞典等地方，都是追尋極光的好地方。

不過，是否只要到了這些地方，不計劃行程、不看天氣，緣分到了就都能看到極光呢？其實，大家都可以下一功課。

要肉眼看到極光，就一定要天夠黑的時候，天黑的時間愈長，看到極光的機會就愈大，北半球來說，每年 9 月到第二年 4 月左右，就是看極光的旺季。

大家亦要留意天氣和極光指數，看極光，好天氣很重要，大家可以參考當地的天氣預報。至於極光指數，大家可以上網搜尋 Kp Index，Kp Index 分為 0 至 9 級，極光的產生來自於太陽的帶電粒子，愈多太陽的帶電粒子來到地球，Kp 指數就會愈高，極光的覆蓋範圍就會愈大。

想在暑假看極光也可以，不過就要去到南半球了，但南半球的陸地相對較少，



要看到極光，就要到南極洲上面，或是在太陽活動相當活躍的時候，到澳洲南面的塔斯曼尼亞，或是新西蘭的南島，才可以看到極光。

看北極光似乎比看南極光容易，有興趣看極光的朋友，不妨計劃年尾放長假，到北歐看極光吧，順道還可以探望聖誕老人。

簡介：本欄以天文台的網上氣象節目《氣象冷知識》向讀者簡介有趣的氣象現象。詳情可瀏覽天文台 YouTube 專頁：<https://www.youtube.com/user/hkweather>。

