

移動得愈快 時間就愈慢

科學講堂

逢星期三見報

上次跟大家介紹 Oganesson 這種新元素的時候，提到了狹義相對論（Special Theory of Relativity）對它的電子會有較顯著的影響；較早以前和各位討論時間旅行的可能性時，也借用過愛因斯坦的這個著名理論，去指出「移動得愈快，時間的流逝就愈慢」這個有趣的現象。這個現象是如何被我們發現的？

光速對每個人來說也是一樣？

我們平日旅行的時候，可能也想過類似的問題：火車以時速200公里向前行駛，如果我們再在火車之中以每小時10公里的速度向前跑，那麼在月台上觀看的朋友，會覺得我們的速度是多少？

我們應該會直觀地這麼想：在1小時內，

火車行駛了200公里，再加上我們額外跑的10公里，月台上的朋友應該會覺得我們的速度是每小時210公里。如此類推，假如我們在火車裡亮起手電筒（也就是讓光線在火車裡跑），那麼和在火車內的我們相比，月台上的朋友不是會覺得光線跑得更快嗎？

不知是幸還是不幸，現實世界中的實驗（其中包括著名的邁克爾遜－莫雷實驗 Michelson－Morley experiment）並沒有「包容」我們以上的「邏輯推理」：火車上「動」的我們和月台上「靜」的朋友，都會量度到一樣的光速（大約每秒30萬公里）。

為什麼時光流逝與移動速度有關？

愛因斯坦是位出色的理論家，在於他能夠透過簡單的例子去探討困難的課題。面對以上的難題，他提議在火車上的我們將手電筒指向車頂：在我們的眼中，光線是垂直向車頂射去，然後再反射回到地上；月台上的朋友呢？除了手電筒光線的上下移動，他們還會看到火車、我們、手電筒、光線通通都在向前邁進，因此在他們的眼中，手電筒的光線是斜斜地射向車頂的，而且火車跑得愈快，光線就愈傾斜。

那又怎樣？有些看官可能會想到，傾斜的光線所走的路應該比垂直的光線長，而且路線愈傾斜，這條路線就愈長。問題來了：速度是距離除以時間；如果月台上的朋友看到光線走多了路，不是會量度到光跑快了嗎？要維持一樣的光速，我們可能被迫接受這個結果：就同一件事件而言，月台上的朋友所量度到的所需時間，比火車中的我們所見的更長。

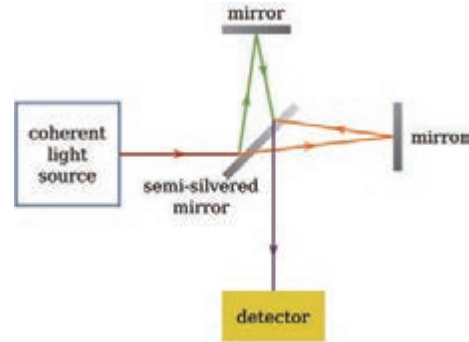
月台上的朋友雖然見到光線多跑了點路，但他們也發現所需要的時間長了一點；因此

當他們計算光速的時候，還是會找到相同的數值。所以這個狹義相對論的思路將我們導向一個結論：移動中的人（也就是在火車上的我們）會量度到一件事件所需的時間較短，也就是說這些人的時鐘走得慢了點。

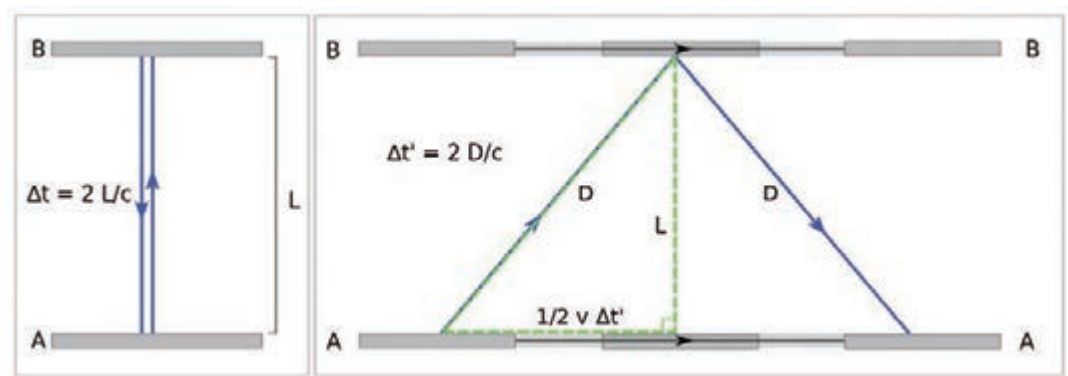
在文章開首的推理中，我們考慮「在同一個小時內」，火車行駛了多遠，我們跑了多

遠，從而直觀地將兩個距離加起來去計算移動了的總距離。以上的討論，指出了大家所量度到的時間並不相同，因此根本就不是「同一個」小時。這就好比我們將兩個分數加起來，可恨的是，它們的分母並不相同；我們輕率地直接將兩個分子加起來，自然不會得到正確的答案了。

■ 張文彥博士



■ 由於地球本身已在宇宙中移動，邁克爾遜－莫雷實驗就靠量度不同方向的光速決定不同移動方式會否影響量度到的光速。 網上圖片



■ 在火車中的我們眼中，光線是垂直向車頂射去（圖左）；月台上的朋友卻看到光線是斜斜地射向車頂的。 網上圖片



■ 火車以時速200公里向前行駛，如果我們再在火車之中以每小時10公里的速度向前跑，那麼在月台上觀看的朋友，會覺得我們的速度是多少？ 網上圖片

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，不時參與科學普及及知識交流活動。

奧數揭秘

逢星期三見報

平日在學校做數學功課和小測的時候，有時會計入考試分，比如估考試分的10%，而考試的時候，多項選擇題就佔30%，長題目就佔60%，這樣三部分綜合起來，就是最終的考試分。為了討論方便，把各部分的總分都設為100分。問題是，若果有三個學生，甲同學三部分分別得分是70、50和60；乙同學得分是50、60和70；丙同學得分是70、60和50，三人的分數大小都是50，60和70三個數，只是次序不同，那麼誰人的得分最多，誰人得分最少？

算出來當然是容易的，就是未算出來，大概也會覺得，當然是比重較大的部分得分高一點，總分會較多。相反，若是高分的部分都在比重少的地方，得分就愈少。而事實上，

$$50 \times 10\% + 60 \times 30\% + 70 \times 60\%$$

$$\geq 70 \times 10\% + 50 \times 30\% + 60 \times 60\%$$

$$\geq 70 \times 10\% + 60 \times 30\% + 50 \times 60\%$$

數學上的排序不等式，大概就是說明這回事。

排序不等式：設有兩個有序數組， $a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_n$

排序不等式

a_n 及 $b_1 \leq b_2 \leq \dots \leq b_n$ ，則

$$a_1b_1 + a_2b_2 + \dots + a_nb_n$$

$$\geq a_1b_{j_1} + a_2b_{j_2} + \dots + a_nb_{j_n}$$

$$\geq a_1b_n + a_2b_{n-1} + \dots + a_nb_1$$

其中 $j_1, j_2, \dots, j_n$ 是 $1, 2, \dots, n$ 的任一排列。不等式等號當且僅當 $a_1 = a_2 = \dots = a_n$ 及 $b_1 = b_2 = \dots = b_n$ 時成立。

數學符號和術語看起來還真夠嚇人的。其實簡單來說，就是兩組數分別由小至大排列起來，然後較小的乘以較小的，之後乘積總和就是最大的。若是其中一組數的次序亂了，總和就小一點。要是一組由小至大，另一組倒過來，由大至小，那麼逐項相乘時總和就是最小的。有個簡單的詼法，就是

順序和 $\geq$ 亂序和 $\geq$ 逆序和

這個不等式的證明在網上也不難找到，就不費篇幅说明了。這一道不等式，在奧數中是要懂的，也不在平常的課程之內，用起來技巧也不少。

科技暢想

隔星期三見報

在未來的5年至10年，充斥着人工智能AI的智慧城市將會誕生，周圍盡是自動駕駛汽車和送貨無人機。停車場的運作及交通的流動會更優化，這都成為日常生活的重要元素，亦是每個地方必要的基礎建設。

最近圍繞無人機技術以及它將在未來發揮的作用，引起了討論。從緊急醫療供應交付，到一小時電子商務交付，無人機自動化的進步使這些應用更貼近實際情況。

這為使用無人機技術的人和受其影響的人提出了非常有效和實用的問題：無人機能在哪裡飛行？如何防止事故發生？包裹交付將如何確認？

XYO網絡（<https://xyo.network/>）可以提供獨立驗證的位置數據，這可以幫助無人機保持在批准的飛行路徑內，避免與移動和靜止物體發生碰撞。XYO網絡信任位置驗證使整體流程和用戶體驗更順暢，而獨特的區塊鏈技術的整合，將最大限度地提高無人機系統的效率，這對於所有新建立的行業來說都是必不可少。

利用XYO網絡，自動駕駛的無人機可以獨立地運作，而每部機之間也可以互相「溝通」，將自身的位置資訊傳送至

XYO 網絡助無人機「溝通」



■ 無人機技術在未來將佔重要地位。

資料圖片

中央控制台。有些無人機本身沒有內置與其他無人機「溝通」的裝置，但仍可透過XYO網絡與第三方的「中介」溝通，包括獨立的裝置或其他無人機。

在XYO網絡上，裝置之間的互動也被

區塊鏈記錄着，區塊鏈像是一本中央化的記事簿，即是說，所有人透過無人機造成的意外、違法、破壞安全或個人私隱的相關活動，都會被記錄於區塊鏈當中。

■ 洪文正

簡介：本會培育科普人才，提高各界對科技創意應用的認識，為香港青年人提供更多機會參與國際性及大中華地區的科技創意活動，詳情可瀏覽 www.hknetea.org。

有問有答

隔星期三見報

面對海嘯帶來的巨大災難，世界各國都在積極探索如何進行有效的海嘯預警，以拯救沿海地區更多人的生命。

日本是一個海嘯多發的國家，目前海嘯警報機制相對比較成熟。為實時預警海嘯災害，日本氣象廳在全國設有100個海嘯觀測點，對海嘯實施24小時不斷監測。

1983年5月，日本海發生破壞性海嘯，地震發生後僅7分鐘，最靠近震中（震央）的監測站就發現了海嘯波，14分鐘後海嘯警報傳遍了日本全國，這麼快的預警速度，使得這次海嘯的災害減輕到了最低限度，僅有104人死亡和幾乎可以忽略不計的經濟損失。

專家認為，如果未能就此次海嘯發出警報，則人員傷亡至少有幾千人。

地震3分鐘內發警報

日本的海嘯預警，主要是通過覆蓋全國的地震台站和海潮觀測站來進行

監測海嘯 減輕損失

的。這些觀察站全天候地監測地震和海嘯，一旦地震發生，立即以最快的速度得出地震影響區域、地震震級以及其他地震參數。當然，日本的海嘯數據庫也居功至偉。

日本氣象廳將全國沿海地區劃分為66個海嘯預報區，預先對可能發生海嘯的斷層進行數值模擬並將模擬的結果存入海嘯數據庫。這樣，一旦發生地震，依據地震的震中、規模，科學家可以迅速檢索海嘯數據庫，計算出海嘯等級、海嘯波的高度、影響區域、海嘯波到達沿岸的時間等相關參數，進而發佈沿岸各預報區的海嘯警報。日本的目標是在海嘯地震發生後3分鐘內發出海嘯警報。

儘管日本的海嘯預警水平比較高，但是仍然無法控制海嘯的結果。比如2011年3月11日發生的大海嘯，雖然日本氣象廳及時發佈了海嘯警報，但因為離海岸太近，要做底規避風險是辦不到的。

再好的預警，也只能減少損失。



■ 海嘯預報中心正在追蹤由地震引發的破壞性海嘯。 作者供圖

《十萬個為甚麼（新視野版）災難與防護 I》

.....

■ 香港教育圖書公司

香港教育圖書公司