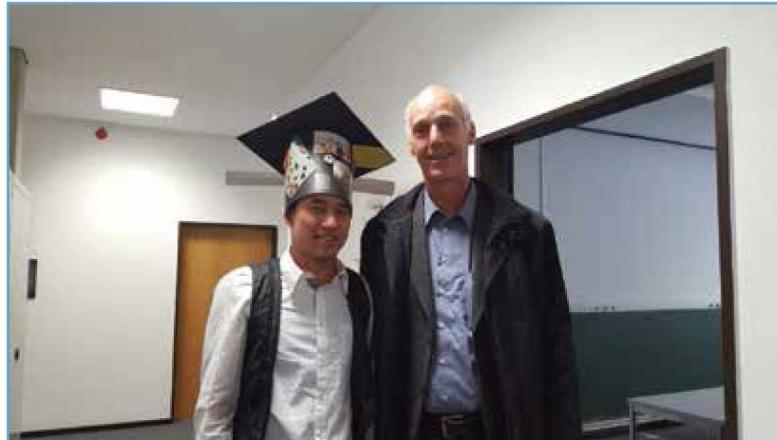




博士後遇到的問題

2016年2月，我通過了博士論文答辯，取得博士學位。由於馬普研究所並非大學，法律上不能頒授學位，因此研究所裡的學生都會同時隸屬（affiliate to）一所大學。而我隸屬的是慕尼黑工業大學物理學系，所以我的學位是慕尼黑工業大學授予（confer）的。

——◆ 圖 2.8 ◆——



博士論文答辯後我與 Jochen 合照。我根據歐洲的博士畢業傳統戴上朋友製的畢業帽。我身高約 174 厘米，帽子高約 20 厘米，Jochen 仍然比我高出半個頭。

當研究生畢業後，學界通常的做法是，如果在學生博士畢業後仍未找到新職位，導師是會繼續聘請這個已成為博士的前學生做博士後研究員，使他們不致失業。這聽起來很諷刺亦很無奈。但某程度上，這也是導師應該負起的責任。

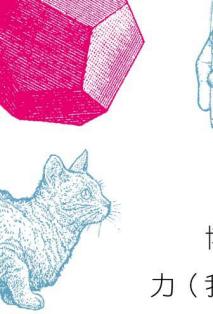
試想想，每名博士都是經過少則三五七年、長則十年八載寒窗苦讀，想像出原創的研究企劃，突破人類既有知識，才能得到哲學博士（Doctor of Philosophy, Ph.D.）的頭銜⁴。到頭來，一旦畢業，卻竟然仍要面對「畢業 = 失業」的問題。這社會現象，不能只歸咎於寥寥幾個原因，非常值得我們深思反省。

總之，Jochen 就在我畢業後立刻聘請了我當他的博士後研究員，好讓我有時間找到下一個職位。而在學術界裡，這又是另一個難題。

世上許多職業，即使要轉另一份工作，說的亦可能只是在同一城市內從一個地區改到另一個地區上班。對世上很多人來說，轉工是不用搬家的。與此相反，基於很多原因，例如大學或研究所的數目有限，空缺職位罕有，而且科學研究講究創新，汲取其他人的研究經驗對年輕研究員有很大幫助，學術界（至少是科學界）不明文的規定是，轉工多數都會轉到另一個城鎮甚至國家，搬家在所難免。

踏上北歐土地

我雖然是很想繼續留在德國工作，但同時亦必須申請其他國家的工作，盡量提高找到工作的機會。事實上，我曾回到香港大學理學院面試講師一職，只是當時他們沒有聘請我。最後在2016年末，我得到了瑞典首都斯德哥爾摩（Stockholm）的皇家理工學院（瑞典語：Kungliga Tekniska Högskolan；英語：



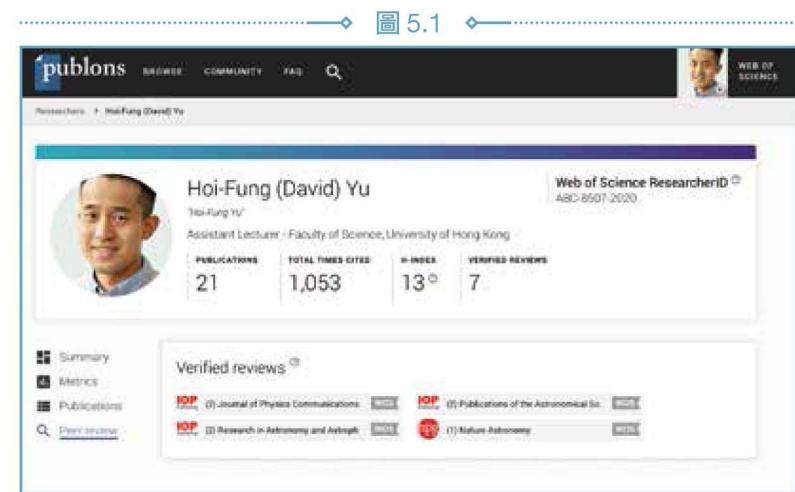
博士畢業後的某天，我正在辦公室享受午飯後的果汁和朱古力（我讀博士時還未對咖啡上癮），突然電腦傳來「叮～」一聲，提醒我收到了新的電子郵件：

「……希望閣下能幫助審查上述稿件。」

原來是某天文學期刊寄來邀請我審查一篇新投稿的研究論文的郵件。我閱讀過隨函附上的論文摘要，確認了論文主題是我熟悉的專業題目後，再看清審查期限是4個星期，我覺得能夠在研究工作中抽出時間，就回信表示樂意幫忙。在天文學界裡，一般的審查期限大約是4至6個星期。

同儕審查（peer review）是學術界不可或缺的一個過程，目的在於確保每份在學術期刊出版的論文符合科學方法，而且其內容是真實無誤的。這是因為每一個新的學術研究，都是建基於前人的研究之上，所以論文所寫的理論的根據、所用數據的來源等，就變得非常重要。

而我們作為被邀請作專家審查員（expert reviewer）的科學家，可說是科學的守門人——負責守住科學的質素。雖然審查論文是義務性質，我亦樂意為科學出一分力，也可說是科學家的責任！



難以找尋審查員的其中一個原因是，基本上是不會有人知道你做過同儕審查的，這就難以對職業發展有任何幫助，因此很多資深專家都不願花時間幫忙做同儕審查。近年已經開始有人提倡應該把義務性質的同儕審查工作納入科學家的認可工作範圍。網站 Publons 就是其中之一。你可以把期刊編輯確認你做審查員的電郵傳送給他們，他們就會把你審查過的期刊論文數量顯示在你的主頁上（當然不會透露你審查的是哪篇文章）。

科學界的「犯罪」

在學術界中，不誠實等同「犯罪」。這比人類的法律要求更嚴格，因為我們縱能欺騙他人，甚至欺騙自己，也不可能欺騙大自然¹。

其實，不誠實並不單指造假，也包含抄襲或剽竊（plagiarism）。剽竊也不一定是偷取其他人的論文內容當成自己的想法，也可以是重用自己過往論文的內容當成新的。後者稱



為自我剽竊 (self-plagiarism)。剽竊與造假一樣，是身為學者不可接受的行為。當學者失去誠信，也就等於失去學者的資格。總之，在學術上各種不當行為一般統稱為學術不端 (academic misconduct)。

例如在 2015 年，一篇刊登在《天體物理學期刊》(The Astrophysical Journal) 的論文被期刊編輯徹查並最終撤下 (retracted)。這份被撤的論文的兩位作者 Yoo Geun Song 及 Seok Jae Park，被揭發抄襲作者之一 Seok Jae Park 於 2002 年投稿至一個學術會議的文章。在會議發表的文章大都不需經過審查，而且通常都是當作之後發表在期刊的論文的草稿。不過，《天體物理學期刊》總編輯 Ethan Vishniac 發現兩者內容重複度極高，而且 Seok Jae Park 亦沒有在論文內引用，甚至完全未有提到自己在 13 年前寫過的那篇會議文章，因此屬於自我剽竊。值得一提的是，Ethan Vishniac 是 Seok Jae Park 在 80 年代的博士導師！此舉可算是大義滅親了，同時也挽救了自己的名譽，洗清包庇前學生之嫌。

上述事件中的研究題目與黑洞的磁場有關，驟眼看似乎對人類文明無甚應用價值。可能有人會認為，他們既沒有偷取其他人的功勞，亦沒有造假，黑洞研究也沒有任何應用價值，只是抄自己以前寫過的文章罷了，這不是太苛刻了嗎？

學術不端行為對人類社會造成的即時或短期損害，的確因不同領域而有所不同。例如，天體物理學方面的研究，好像黑洞等的理論，的確在未來一段時間內不太可能會有什麼實用價值。但

長遠來說，這依然會損害人類文明發展。

科學最重要的是誠實。即使只是微不足道的不誠實，如果一次又一次的累積下去，其對科學知識的影響也會變得極其嚴重。

相對地，幹細胞 (stem cells) 的研究對人類社會就有莫大影響了。我們身體之中有著各種各樣的細胞，各負責不同的工作，每種細胞都有專門的用途。如果沒有細胞們的分工合作，我們就不可能存在。而幹細胞可說是各種細胞的原材料。只有幹細胞可以變成某種特定的細胞，而它們一旦變成了特定的細胞，就不可能變回幹細胞，各種細胞也不可能互相轉變。

幹細胞在胚胎中很普遍，而在成人身體中數量卻很少。因此，如果能夠有效地以人工方法培育幹細胞，找出方法控制它們轉換成各種細胞的話，就能治療很多疾病，甚至不治之症。發明出有效的人工培育幹細胞的方法，就能拯救無數生命，絕對是諾貝爾獎級別的研究。

2005 年，曾被韓國人民稱為民族英雄的黃禹錫 (Hwang Woo-suk) 聲稱使用基因複製 (cloning) 技術成功培育人體胚胎幹細胞。如果屬實，他將名留青史，在人類科學史上記下一個極大的功勞。然而，他被揭發多次在論文中造假，以及違反研究道德。他不單在基因複製人體胚胎幹細胞的研究數據中造假，實情是根本就沒能複製出人體胚胎幹細胞，更強迫其屬下的女研究人員提供卵子，這是在科學研究中嚴禁的不道德行為。



另外一個關於幹細胞研究的著名學術不端案例，是日籍博士研究生小保方晴子（Obokata Haruko）的學術造假事件。小保方晴子於2017年在《自然》（Nature）期刊發表了一系列的論文，聲稱成功生產出所謂的「刺激觸發性多能性獲得細胞」（Stimulus-Triggered Acquisition of Pluripotency Cells，簡稱STAP細胞）。她在論文中表示，STAP細胞是一種「萬能」細胞，能夠因外在刺激變成各種不同的細胞，這現象稱為萬能分化性（pluripotency）。

小保方晴子的論文發表幾天後，她的研究結果就已經被很多研究員質疑，因為這種STAP細胞實在是太神奇了。同年，她的論文全被撤下，而其中一位向《自然》建議撤下論文的教授更是論文的其中一位共同作者。最後更發現，論文中的一些圖片和文字來自她自己的博士畢業論文²。而且，她的博士論文根本不是關於STAP細胞的！

幹細胞研究關乎人命。試想像，如果他們沒有被揭發，對科學和醫學帶來的影響絕對是不堪設想的。

從前，發表論文並不需要受審查。這無疑能夠令盡可能多的想法被聽見。在那個時候，社會上並沒有太多人以科學為事業，往往只有少數貴族或有錢人能負擔得起科學研究所需的時間和開支。

歷史上有紀錄的首次同行審查發生在1665年，倫敦皇家自然知識促進會（Royal Society of London for Improving Natural Knowledge，亦即著名的皇家學會）的《皇家科學會報》

（*Philosophical Transactions of the Royal Society*）。不過，當時的審查是由期刊的編輯負責進行，而非另外邀請專家。

反而在資訊爆炸的現代，各種知識在互聯網上唾手可得，每個人都可以在自己的部落格和社交網絡上發表自己的文章和想法。言論和思想的自由交流，其代價就是難以逐一確保每個想法的真實性。我不是說言論不應該自由，反而我認為科學的進步真正受惠於言論自由，自由的學術研究和交流才能令人類知識進步。只是如此一來就必須有個方法去分辨出科學的真偽，分辨出沒有根據的猜想或是個人偏見，甚至是對人類社會有害的偽科學。

學術期刊講心也講金？

「科學家」有時候會被用來當作「聰明的人」、「努力的人」等的代名詞，其中著名的科學家更會和「天才」畫上等號，例如伽利略、牛頓、愛因斯坦、霍金等。大自然的定律很多時候並非顯而易見，科學家們的確需要智慧和恆心，才能找出宇宙的規律。不過我認為，作為科學家最重要的一個特質是誠實。

科學家也是人，也會因為種種原因說謊或者隱瞞真相。我們不可能因為某某是科學家，就無條件相信他寫的東西，因此就需要一個機制來保障其他人讀到的科學知識都是經得起實驗驗證的。這好比許多行業都必須在協會考取專業資格或牌照，科學家除了在畢業時做論文答辯之外，每次投稿論文也像是一次專科考試。



研究伽瑪射線暴的伽瑪射線光譜

我做博士研究時，日常工作就是分析費米太空望遠鏡每天觀測得到的伽瑪射線數據，其中主要透過分析其光譜嘗試計算出噴流之中究竟有哪些物理過程發生，才能釋放出如此高能量的伽瑪射線。

我分析了千多個爆發時間比兩秒長的伽瑪射線暴⁴，發現噴流裡應該有至少兩種物理過程會產生伽瑪射線，分別是同步輻射（synchrotron radiation）和熱輻射（thermal radiation）。透過比對費米太空望遠鏡和康普頓伽瑪射線天文台的觀測數據，我發現來自同步輻射的部分有可能比以往想像的更多，但當中亦有熱輻射的痕跡。

但究竟我是如何得出此結論的呢？這就要討論光譜與電磁輻射機制的關係了。原來，以不同機制所輻射出的光譜的特徵都會有所不同。

首先，我們最熟悉的電磁輻射機制，莫過於熱輻射。2019年尾，一種新的冠狀病毒擴散全球，我們的生活習慣改變了不少，其中之一就是出入不同場所都要用電子溫度計測量體溫。

馬克斯·普朗克（Max Planck）在1900年首先提出了光量子論，說明輻射的本質是量子化（quantised）的，而推導出所有物質都會釋放出熱輻射的結論。熱輻射在不同輻射頻率會有不同的強度，而這頻率和輻射強度嚴格遵守一道數學公式，現在稱之為

普朗克函數（Planck function）。只要給出物件的溫度，普朗克函數就會描述出該物件在不同頻率的輻射有多強。有時這也被稱為普朗克定律（Planck's Law）。

在物理學之中，普朗克定律與熱輻射是同義詞。因此，想要知道物件的輻射究竟是被熱輻射所主導，我們可以對比觀測所得的光譜和普朗克函數，看看兩者是否一致。如果一致的話就能立即知道物件的表面溫度。測量我們的額頭或皮膚表面溫度的電子溫度計就是應用普朗克定律的好例子。

另一方面，同步輻射則是非熱輻射（non-thermal radiation）的例子。熱輻射源自粒子的動能，是大量粒子在統計上的結果。而非熱輻射則來自各種不同的物理過程。以同步輻射為例，它是速度極高的帶電粒子（例如電子或質子）在磁場中進行螺旋運動時產生的輻射。

分辨各種輻射過程的其中一個主要因素，就是光譜的特徵。不同輻射過程所產生的光譜都會有不同的特徵，例如熱輻射的普朗克函數光譜形狀非常窄，而同步輻射的光譜則非常闊。

天體物理學家相信，在伽瑪射線暴如此極端的噴流環境之中，強大的磁場會偏轉（deflect）高速噴射的電子，產生同步輻射。但同時亦因為噴流中的粒子能量非常高，熱輻射亦有可能產生。因此簡單地說，透過量度伽瑪射線光譜的形狀就能分辨兩者。

熱輻射光譜的形狀亦非不能改變，只有在密度高、不透明的環境下才會顯示完美的普朗克函數。如果噴流的環境並非完全不

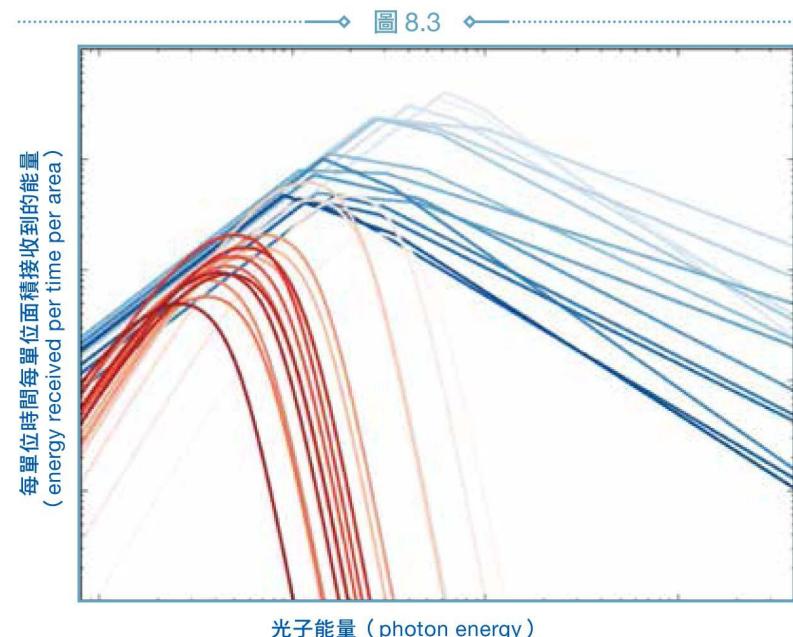


透明，或者噴流中不同區域不同溫度產生的伽瑪射線同時抵達探測器，普朗克函數就會被「拉闊」，拉得越闊就越難與同步輻射分辨開來。因此，數據必須越精確（accurate and precise）才越能分辨不同的輻射機制（好吧，這是廢話，誰不想得到更精確的數據？）。

證明自己是錯的

前文提過，我通宵重複閱讀一篇舊康普頓伽瑪射線天文台論文，結果促成了我發表的第一篇論文。由於費米太空望遠鏡的數據的精確度比康普頓伽瑪射線天文台高，造就了伽瑪射線天文學的很多新發現。在我的第一篇論文中，我發現同步輻射的蹤跡，也發現了某幾個伽瑪射線暴噴流裡可能有熱輻射。

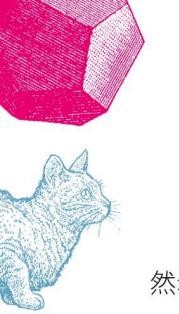
費米太空望遠鏡在高能量（大約 200 keV 以上）的數據誤差比康普頓伽瑪射線天文台的小很多。這個範圍也是伽瑪射線暴光譜中，光子能量（圖 8.3 中橫軸）比峰值（peak value，圖 8.3 中縱軸最高的一點）高的地方。比峰值能量低的那一邊通常被稱為低能量斜坡（low-energy slope），比峰值能量高的另一邊被稱為高能量斜坡（high-energy slope）。康普頓伽瑪射線天文台的數據在高能量斜坡那邊很模糊，所以主要利用低能量斜坡對光譜整體形狀作出推測。因為我主要是利用費米太空望遠鏡的數據依照以往康普頓伽瑪射線天文台的做法作研究，所以實際上我並未用盡費米太空望遠鏡的優勢。



伽瑪射線暴 GRB 130427A 的光譜演化 (spectral evolution)。紅色代表熱輻射，藍色代表同步輻射。兩者形狀分別十分明顯。在這個伽瑪射線暴的噴流裡，熱輻射和同步輻射可能同時存在。

(Credit: Yu, Greiner, van Eerten, et al. 2015)

之後，我與研究小組裡的一位博士後研究員 Hendrik van Eerten 討論後，想到了一個新的方法，可以同時利用低能量和高能量斜坡中包含的資訊。由於宇宙持續膨脹，遙遠星體發出的光的能量會減弱。計算伽瑪射線暴釋放的能量之前，必須先測量伽瑪射線暴的距離，從而修正宇宙膨脹對光譜的影響。但不是每個伽瑪射線暴都能測量到距離的，那怎麼辦？我想到，如果把所有伽瑪射線暴的光譜的能量用同一個標準去表示，那不就無須知道距離也可以互相比較嗎？



以下是幾個我經歷的小故事，雖然「講唔出啲咩大道理」，仍然希望趁此機會與大家分享。

擁有一座城堡的物理學會

我曾參加一個為研究生舉辦的物理夏令營，主題是天體粒子物理學。

夏令營舉辦的地點在一個叫巴特洪內夫（Bad Honnef）的小鎮，著名出產德國特別的葡萄酒 Riesling。到埗時，我驚訝地發現，夏令營舉辦的場所竟然位於一座城堡之內！

後來我才知道原來這棟建築物並不是城堡，而是一棟有超過 100 年歷史的古老大宅 Hölterhoffstift。德國物理學會（德語：Deutsche Physikalische Gesellschaft，簡稱 DPG；英語：German Physical Society）把 Hölterhoffstift 買下了，改名為巴特洪內夫物理中心（Physikzentrum Bad Honnef）。參加夏令營的所有人都會住在這裡。餐廳在地庫，裡面也建了演講廳。

「城堡」的故事就此說完了，Hölterhoffstift 本身也沒有什麼特別，意外是竟然有人為了「科學」而買下整棟古老大宅。這就是文化差異嗎？

不過，我反而是學到了 Riesling 這一種酒（等等……我不是去學天體粒子物理的嗎？）。有一晚主辦機構帶了所有人到一家釀酒廠參加試飲活動，從此我就愛上了這種酒。之後，我的伴侶 Peggy 來慕尼黑探我時，我們與兩位同樣來自香港的朋友 Vincent

和周生「自駕遊」到波恩（Bonn）和巴特洪內夫遊玩，而重點行程當然是去釀酒廠飲 Riesling，呵呵。

現在回到香港，我們也不時買 Riesling 回家喝。



古老大宅 Hölterhoffstift，現在是德國物理學會的巴特洪內夫物理中心。



我在古老大宅內的房間。