



主·題·報·導 科學介紹

念基礎科學系能做什麼呢?好多人對單一學科有興趣但又很擔心唸了除了當教授之外不知道做什麼，今天讓我們來看看唸物理系可以做什麼吧!

生涯輔導組

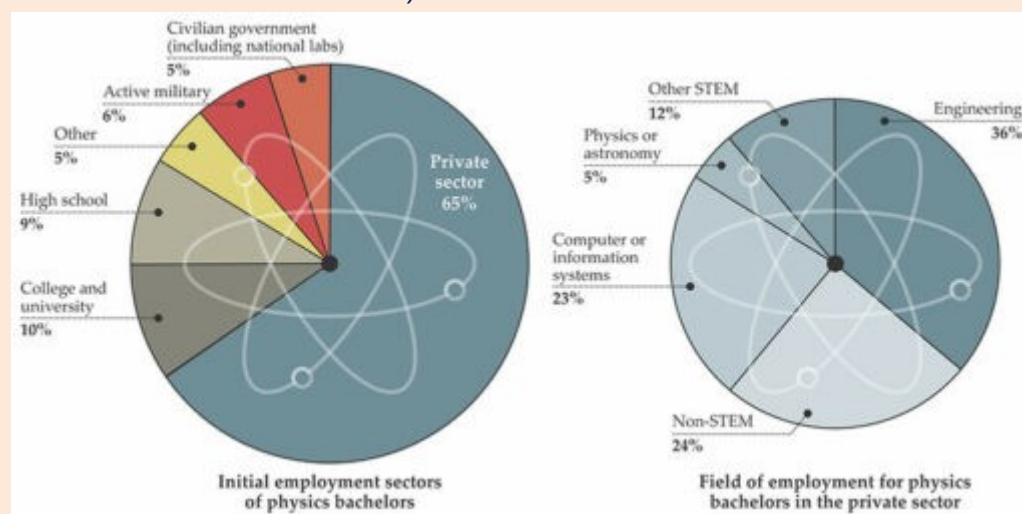
唸物理系能幹嘛？

若大多數的學生不會成為物理教授，又該如何規劃呢？

<https://pansci.asia/archives/139452>

如果你是位物理教授，你也許是循著傳統的路徑，一步步地走到今天的位置：

物理系畢業，物理碩士、博士、博士後研究，然後應徵上一個終身教職。你或許會認為，你目前的學生，大多數也將追隨著你的腳步，所以你應該好好教導他們，為他們將來成為物理教授而做好準備。**如果你是這麼想的，那麼你就錯了！**根據美國物理聯合會 (American Institute of Physics，縮寫為 AIP) 統計研究中心 (Statistical Research Center) 的資料顯示，美國的物理系畢業生中，最後大約只有 5% 會成為物理教授；即便是留在學術界，也有很多人會轉戰例如工程或資訊科學等相關領域。大多數的物理系畢業生，其實並不會留在學術界，而是走進各行各業，從事各種多樣類型的工作。這些工作機會，有半數左右是來自私人企業 (圖一為新近大學畢業生第一份工作的統計資料)。

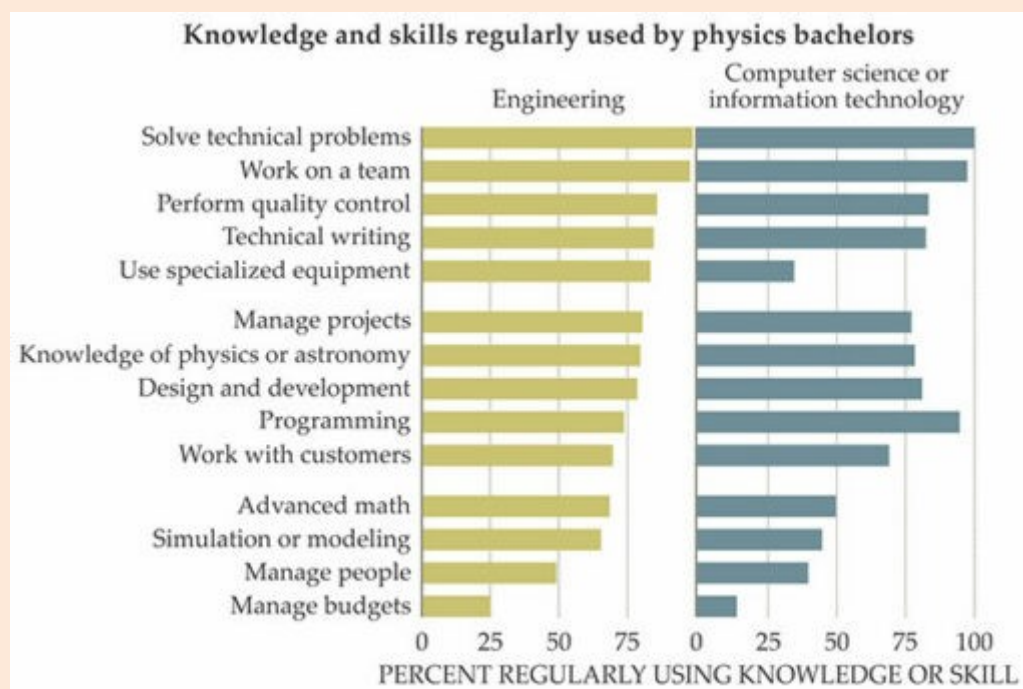


私人企業：根據 2013 與 2014 兩年的大學畢業生就業調查，約 65% 的物理系畢業生，在取得物理學士後的第一份工作是任職於私人公司。(上圖的就業調查中，並未包括 54% 直接進入研究所就讀的大學畢業生。) 其中，任職於大專院校的 10% 指的是負責行政工作的職員，而非擔任教職。至於 5% 的「其它」類則包含了小學、國中，醫院或其它醫療機構，以及非營利組織。在私人企業這部分，大多是從事與 STEM (科學、技術、工程與數學) 相關的工作，當然也有為數不小的畢業生，從事於與 STEM 無關的工作，例如財經業或服務業等。

幾乎沒有任何物理課程，是專門為這些「非物理學術工作」而設計的。對於一些需要科學訓練的職務，物理系的畢業生，以及他們的雇主都一致認為，大學為社會新鮮人提供的訓練與準備並不夠充分。同樣的問題，對於新科物理博士，也一樣適用 (參見《今日物理》，1995 年 6 月號，第 13 頁)。

在畢業一年之後，將近半數的物理博士，並不在學術單位任職。而在完成博士後研究之後，有更高比例的人，移往私人公司或政府部門任職。

在接受問卷調查時，任職於私人公司的物理系畢業生表示，除了熟悉的物理知識之外，他們還經常需要一些額外的技能，例如團隊合作、科技寫作、電腦程式設計、在其它領域運用物理知識、產品的設計與開發，以及複雜的專案管理等等；圖二列舉了這些技能。然而，對於大多數學物理的人來說，在整個教育養成過程中，很少有課程是為了這些技能而做準備。



物理學士經常使用的知識與技能：針對新到工程與電腦科學的私人企業公司任職的物理系畢業生 (2013 與 2014 年) 而言，上表列舉出他們每日、每週與每月所需要的知識與技能。這兩個領域的職場新鮮人同時表示，與物理知識相比，有幾項技術性與專業性的技能更為「有用」，精確來說，是較為「常用」。

2014 年，美國物理學會 (American Physical Society，縮寫為 APS) 與美國物理教師協會 (American Association of Physics Teachers，縮寫為 AAPT)，共同組成物理系大學部學程改

進聯席專責小組 (Joint Task Force on Undergraduate Physics Programs , 縮寫為 J-TUPP) 來檢視這方面的不足。

我們與 J-TUPP 小組的同事 (主要是來自學術界或產業界的物理學家) , 一起思考兩個大問題：

下一個世代的物理系畢業生，應該具備哪些技能與知識，才能應付未來職涯裡的多樣要求？以及物理系該如何修改他們大學部的課程，才得以更有效地幫助學生？完整的報告請參見美國物理學會於 2016 年十月出版的《物理 21》([Phys 21: Preparing Physics Students for 21-st Century Careers](#))。

我們以多管齊下、多方探索的方式，試著回答這兩個問題。為了能描繪出更明確的圖像，我們參考了其它學會、教育機構、政府部門與私人企業的研究報告；我們也訪談了許多相關人士，例如物理系畢業，但任職於非學術領域的物理學家，以及負責開發創新大學學程的研究人員；以及委託針對物理系畢業生與其雇主的研究計畫等等。

此外，我們不僅仔細參考由 AIP 的統計研究中心 (Statistical Research Center) 與物理學生學會 (Society of Physics Students , 簡寫為 SPS) 先前所發表的研究報告《職涯途徑計畫》(Career Pathways Project) , 也委託進行一系列的個案研究，探討系所在修改大學部課程與其畢業生的職業準備度之間的關聯，希望藉此找到一些可行的策略或建議。



下一個世代的物理系畢業生，應該具備哪些技能與知識，才能應付未來職涯裡的多樣要求？

物理系畢業生需要些什麼？

我們得到一個初步結論是，物理系畢業生所具備的彈性、解題能力，以及接觸過許多新科技的經驗，是他們受到雇主歡迎的原因。

然而，如果在電腦計算分析工具或程式方面，特別是一些廣受業界採用的軟體系統，他們能多具備一些相關知識與技能；或是擁有實習或專題研究的經驗，能讓他們在實際的產業工作中更快上手；或是熟悉物理觀念、實際應用與產品創新三者之間的關聯等等，都能讓他們在就業市場中，更受歡迎。

此外，一些所謂的「軟實力」，例如基本的商業概念，如何在團隊中與人合作，或是有效溝通等等，也都有助於他們在職涯上的成功。

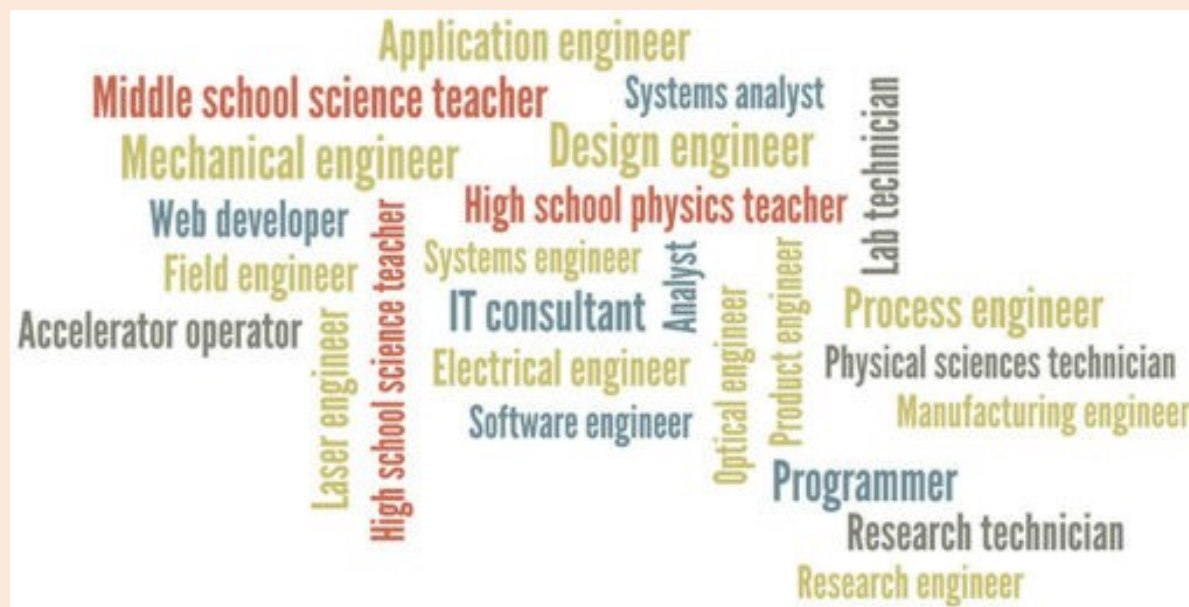
傳統的物理系教授，大多致力於確保學生能掌握核心課程裡的物理觀念：

力學、電磁學、熱力學、統計物理、量子力學，以及這些觀念在光學、核物理與凝固態物理的應用。

雖然在學習這些科目的過程中，學生也能習得數值方法、統計分析與實驗方法等相關技能。然而，如何培養學生，在非學術研究與跨領域的環境中，去運用基礎物理觀念，則較為罕見，而這也正是他們在未來的工作中，較可能會遭遇到的情況。

物理系的課程，也需要能提供學生許多相關的科學與科技、工程技能的學習機會，以及從基本觀念來解決真實或複雜情境下問題的機會，例如光學、真空技術、電子學等方面的基本實驗技能，程式設計或電腦軟體模擬的經驗，數據的收集、處理與分析，實驗儀器的偵錯、校準與修復等。雖然，傳統課程與專題實驗室，或多或少地提供了這些技能的學習機會。

然而，在沒有明確的學習目標，或是未能針對某項技能而設計的教學活動，某些學生可能因此而缺少了足夠的訓練。另一個可能的情形是，也許學生已經學會並具備了這些技能，但卻無法體認出它們的市場價值，以及據此來挑選出最合適自己的工作機會。有趣的是，在圖三所列舉出的常見職稱，只有高中物理教師有用到「物理」這個關鍵字。



常見的工作職稱：根據 2009 與 2010 這兩班畢業生的回報資料，常見的工作職稱如上圖所示（取自 AIP 職涯發展計畫為物理系別生所製作的[職業工具箱](#)）。

當物理系畢業生進入職場之後（其實，這也包括就讀研究所，開始著手論文研究計畫），最常面對的挑戰是處理真實世界中，一些複雜、含糊、界線不明的問題。他得自己重新去定義問題，

有系統地界定出幾個較小的子問題，進行文獻回顧，據此去制定解題策略或研究方法，來回答他自己設定的問題；研究方法可以是做實驗，也可以是電腦模擬、模型分析，或是不勝枚舉的其它方法。

為了能落實自己的解題策略 (或研究方法)，他必須明確地知道自己需要哪些資源，並做出決定或建議，從哪個方向開始研究或繼續先前已有的研究，設計並決定後續的步驟，並能從較為寬廣的視野，來看待自己收集的數據。然而，除非他在大學部的課程裡，已經有過相關的學習經驗，並學會相關的技能，否則這很可能他是首次面對一個真實的問題，以及相關的繁雜資料與數據。



學生畢業後最常面對的挑戰是處理真實世界中，一些複雜、含糊、界線不明的問題。

掌握儀器、軟體、電腦以及數據分析等能力，是決定職場工作或論文研究是否成功的關鍵因素。

AAPT 所屬之大學部課程改進專案小組 (Undergraduate Curriculum Task Force) 在最近的一則報告中建議，應將計算物理 (computational physics) 整合納入大學部的課程中。許多私人企業所廣泛使用的電腦套裝軟體，也都有教育版，僅需極少的費用，甚至免費，即可獲得教育授權使用。

雖然，教育版的功能或許不及完整版，但對學生的學習而言，應該已經足夠。在我們所訪談的畢業生中，幾乎毫無異議，他們一致表達出希望能學習更多與電腦軟體相關的技能。不論在哪個領域工作，數據分析、比較各個模型或假設之間的異同，以及展示實驗成果的能力，對物理系的畢業生而言，都是至關重要的技能。如果他們在就學期間，疏忽了這幾項能力的培養，很容易讓他們在將來競爭的就業市場中，略遜於他們主修工程學門的同學。



整個物理社群（包含學術界與產業界等）都體認到，物理系的畢業生在溝通技能上的需求。我們的整個教學設計，都只集中在同行評審的論文發表上。然而，對於任職於產業界或政府部門的物理學家而言，他們所需要的能力，卻是把自己的想法或研究成果，表達給沒有受過專業科學訓練的聽眾，例如公司的經理、贊助廠商、國會議員、市場推廣人員、技術員或是一般社會大眾。

這群職場新鮮人所需要的表達能力，是能適切地闡述自己的觀念，並能運用文字、方程式、圖表、照片、動畫或其它視覺化工具，來增加強自己的說服力。另一個可能是，他需要把一個複雜的觀念或方法教給別人，還要能判斷這個人的學習成效，從而發展出更有效的教學策略或溝通方法。然而，大多數的物理學課程，即使讓學生有機會擔任論文的合作作者，或是在研討會裡發表論文，對於這些「非學術」的溝通與表達能力的培養，仍然缺乏明確的學習機會。

此外，大多數物理系的課程設計，讓他們的畢業生在就業市場中處於劣勢，例如學程中鮮少關於物理職涯的介紹，如何找工作，如何判斷自己的知識技能是否適合某份工作等等。事實上，相信許多物理系的老師，對於學術界以外的職涯機會，自己也不是很熟悉，因此如何協助學生轉戰到其它領域，對老師本身而言，自然也是一項挑戰。

物理系的課程該怎麼安排？



上面那張長長的「物理系畢業生應需具備的知識與技能」清單，應該會嚇壞了所有的物理系師生。然而，物理系的課程該如何安排，才能幫學生在準備就業，以及學會求解薛丁格方程式之間，取得一個平衡呢？

所幸，前述清單中的技能，其學習的管道都不是單一的。各系所可以根據自己的條件，例如教師的專長與背景、財務狀況、學生的人數及其抱負與志向、大學附近的產業生態等等，來擬定適合自己的策略。或許需要重新設計整個課程，或是在原本的課程框架下，融入新技能的學習機會，亦或是針對某些特定技能的培養，開發出新的選修課程。

在 J-TUPP 的報告中，我們提供了許多範例，是許多物理系已經採用的方法【註一】。(2001 年四月，Barrett Ripin 曾於《今日物理》發表過一篇文章，探討如何透過創新的課程設計，幫助物理系畢業生，培養面對未來多樣性工作的能力。)

大多數的物理教授應該都會認為，他們所開設的標準課程，已經為學生在學習物理知識上，提供了一個堅實的基礎。事實也的確如此。但是為什麼，教授們就在這裏止步不前呢？

事實上，任何一門物理課程，即使只是探討基礎的原理與觀念，也都能從中找到與職涯相關的實際應用。例如，最為抽象的廣義相對論，也都有它的實際應用：GPS 全球定位系統。因此，在工業製程或商品設計中應用物理原理，未必需要犧牲基礎物理的嚴謹性。如同先前所討論過的，我們可以把商用產品或儀器，與一般的實驗課程做整合，讓學生可以接觸到業界常用的電腦套裝軟體等。



在溝通與表達能力的培養上，一般的課程，就可以提供許多學習機會。例如，可以讓學生針對課程中的某個主題，或是在參加研討會之後，進行口頭報告。甚至，可以安排社區服務，讓他們有機會面對社會大眾，演講或展示自己的研究成果。此外，這些技能的學習，並非全部都要侷限在物理系裡。

科技英文的寫作與編輯技能，可以透外文系或大眾傳播學系的課程，得到進一步的增強。工學院或商學院的一些課程，可以提供學生基本的商業概念。校園裡的就業輔導室，也是一個重要資源，可以請他們協助，特別針對物理系的學生，傳授他們履歷表的寫作方法，以及求職面談的經驗與注意事項等等。

我們往往容易忽略課外活動，在培養學生專業技能上所能扮演的角色。系所可以舉辦一些小型演講或座談活動，邀請系友回母校，分享他們在各個不同職場上的工作經驗。系友或許還能協助在校生，安排工廠的參訪，或其它校外活動。此外，他們也能鼓勵在校生，多多參與由各個專業團體（例如 AIP）所贊助或主辦的研討會或講習課程等活動。設立「小老師」制度，讓學生有正式的教學或助教的經驗，可以去教別的同學或低年級的學弟妹，也是一個簡單的方法，就能幫助學生提升溝通技能。

協同合作與彈性課程

就物理系而言，只需開始與校園內的其它系所或部門合作，例如就業輔導室或創新育成中心，就可以大幅改變現狀。當然，也可以走出校園，與其它的企業或雇主合作，開發設計實習課程，或是以創新或創業為主題的跨領域學習學程（參考 Douglas Arion 在《今日物理》2013 年八月號第 42 頁的[文章](#)）。這種系所與企業之間的合作，可以幫助單一主修的學生，接觸並累積多樣的學習經驗與技能。

在工學院，與廠商間的建教合作或實習制度已行之有年。在實際就業之前，學生便已經具備相當的實務經驗，除此之外，實習經驗還能幫助學生，理解到許多「物理之外的技能」的重要性，例如文檔的建置與管理，商務發展等。例如，在科技管理公司實習，學生可以接觸到提案的準備過程、專案的預算控管、企業的組織結構，以及專案的執行等等。在國家級實驗室（如工研院）的技術轉移與法律中心實習，學生則可以接觸到專利、授權以及智權加值與技術商業化等業務。

實習通常有助於學生畢業後的求職機會，而且，能提供實習機會的公司，通常也會是該領域內的大企業，若學生將來有志於在該領域發展，那麼實習的機會，剛好為他們提供了一個很好的舞台。在設計與開發這一類的學程時，系所之間的合作，非常重要，應該妥善地利用工學院、就業輔導中心或商學院等，與校外廠商之間既有的合作關係。



近來相當熱門的大數據 (Big Data) 領域，已有許多機構開設短期的講習課程或訓練營，提供學生一手的實務經驗，也能為學生將來進入這個領域鋪路（參見《今日物理》[2016 年八月號，第 20 頁](#)）。

然而，對於不希望採取重大變革的物理系而言，若能在傳統課程設計之外，多增加一點彈性，譬如為某個相關的應用領域，多一點預備工作，也能讓學生受益很多。例如降低一些傳統的必修學分，改成與產業界較為相關的選修學分，如凝固態物理、光學等。甚至提供跨系選修的機會，讓學生可以選修工程、生物、統計、資訊科學、演講、商業、科技或創意寫作，甚至是哲學等課程。

這些選修課程，可以是因個別學生而異，也可以是由根據職業領域而規劃，來指定的特定科目。另一個可行的方式，是以某幾個重要的物理觀念為主軸，根據相關的特定應用，來開發新的科目或課程。例如，開設一門以太陽能電池為主題的課程，從而串起量子力學、熱力學、凝固態物理等等相關的基礎物理。或是設計以綠能、水資源或環境保護等議題為主的課程，從這些議題所面臨的挑戰出發，讓學生從既有已知的物理知識，去尋求可能的解決方案。

另一個有助於學生職涯準備的方案是「指標性活動」(capstone activity)，例如畢業論文、畢業生研討會，或類似畢業個展之類的活動。在大學四年裡，學生通常曾到專業實驗室裡實習，參與過文獻回顧，或是專題研究等，以及據此撰寫書面報告的經驗。這類「指標性活動」，只需稍加修改，便能融入我們先前所提及的學習目標，甚至是職涯準備技能，例如商用模擬軟體、專業的繪圖軟體，或電腦輔助設計等。

對系上有什麼好處？

對學生的職涯準備而言，即使是最微小的改變，也需要持續地動用系上大量的人力與各項資源。這麼做，對系上有什麼好處？

首先，如果你針對近年來的畢業生做些研究，看看他們就業的情況，以及目前現有以及未來的學生，對於職涯的前景、看法或興趣等等，那麼你會更了解自己的學生，也因此能更有效地幫助他們，在畢業之後，充分地發揮自己的潛能。

其次，在課程設計中，適切的融入與職業準備相關的教學策略，這能提升系所的聲譽，從而吸引更多各類有才華、有創造力的年輕學子，而不是讓他們選擇其它科系，甚至轉往其它院校就讀。

第三，讓學生接觸實際的應用研究，除了可以提升學習動機與興趣之外，自己也可能因此發現新穎而有趣的研究題材。最後，對那些少數選擇研究所，準備繼續深造的學生而言，他們也具備了許多有助於從事研究工作的技能。

總結來說，我們相信，你與你所屬的系所都應該聽從我們的建議，因為我們有兩個共同的願望。首先，我們都希望能更有效率地幫助我們的學生，讓他們有能力去面對二十一世紀職涯上的多樣選擇與快速變遷。其次，每一個系所都希望享有在達成第一個願望之後，接踵而來的許多好處，用最簡單的話來說，就是「利人利己」。如果我們之中有足夠的人數，願意朝著這個方向一起努力，那麼我們有信心，我們所熱愛的「物理系」會持續地在二十一世紀裡成長而茁壯。