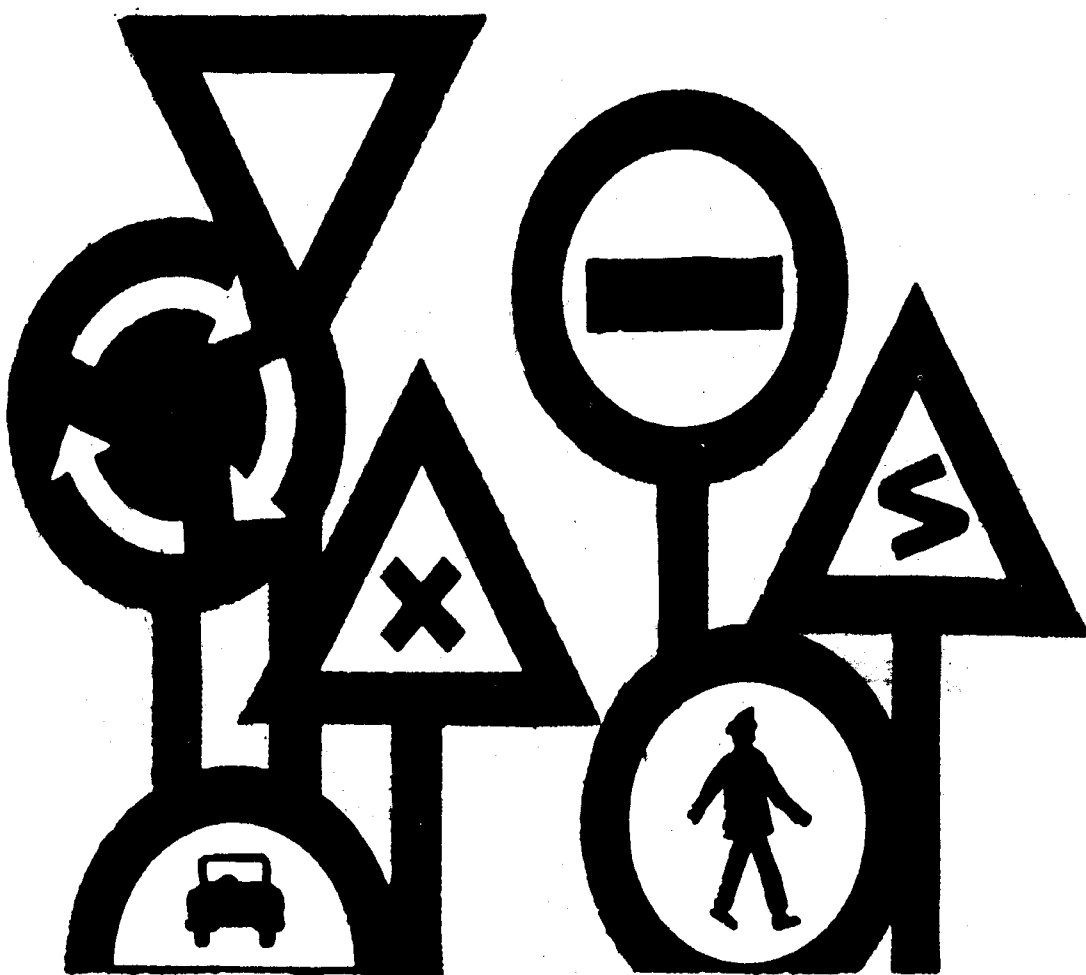


抉擇與方向



吳明仁

前言

今日進入台大物理系的同學，大多數都感染有沒落世家子弟孤芳自賞的味道。表面上這幢系館顯得更深邃神秘了，而在其中生活的我們內心的掙扎却鮮為外人所知；近兩三年來逐漸低落的聯考排名，表現了社會上敏感的反應，但這不能算是考生的覺醒，因為一如當初的我們，高中生很少有人知道填志願這玩意兒的真象。面對著這樣的評價，這樣的趨勢，對於未

來的方向，我們是否已有足夠的認識，來準備應付新環境的挑戰！？究竟我們是繼續跟進出國還是留在國內？究竟是唸理論還是應用？或是在周詳的考慮後選出適合自己個人的路子？這一切橫在面前的考驗，都需要每個人拿出最高的智慧，最大的勇氣來克服。在此我們僅提供如下的資料以做為您的參考，盼望藉著這些圖表內容，能帶給您一線新的曙光！

一、物理真的沒落了嗎？

自1960年代末期由於美國經濟的萎縮，造成了太空總署等大機構的一連串減縮裁員，美國的許多物理學家面臨了往日所未曾遭遇的困難。取而代之的是一些短期內易見成效的應用科學的發展，理論的研究受到了相當性的限制，比較小的地方甚至因為經費的不足而被迫關門。這些突來的打擊迅速地影響到世界其他各地，在自由中國的台灣，自然不例外的受了波及。隨後幾年，更由於越戰的提昇，美國的外交政策以及能源危機所引起的通貨膨脹，加倍的刺激經濟萎縮的惡性循環，物理科學的研究終於積勞成疾，變本加利地受到更嚴重的打擊。

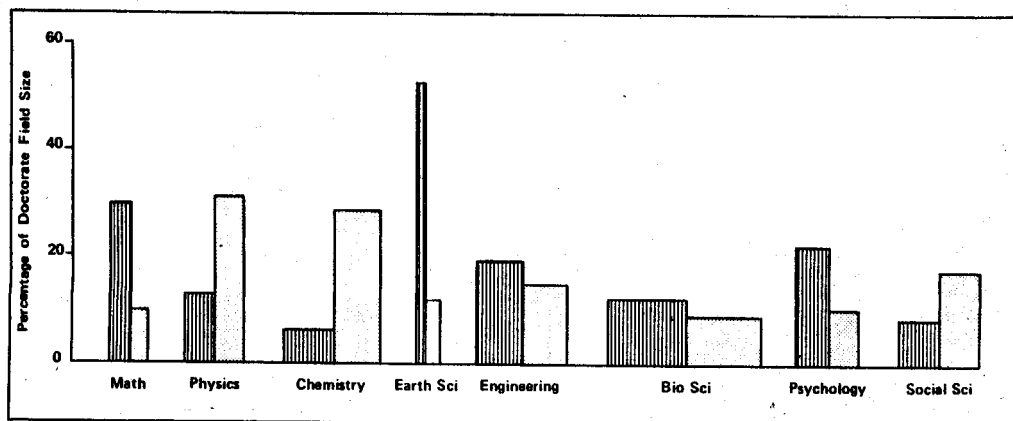
對於這樣的一個轉變，事實上成因是非常多的，而其中在往日過份急速地累積物理人才，更是難辭其咎的一環。經濟萎縮的結果，祇不過引發了一條危伏已久的導火線而已。即以本系為例，除了民國五十一年到五十四年醫科列在甲組時外，一直維持著甲組第一志願的地位。甚至在五十三年一度壓倒台大醫科，這對素以醫師職務為金飯碗的台灣來說，的確是難得的叫人感動萬分，泫然欲淚。也因此造成了十年前盛極一時的黃金時代，一提起「台大物理系」這塊招牌，確實是夠令人陶醉的。尤其在民國五十三年，甲組狀元在物理系，第一志願考上的醫科狀元和保送化工系的第一名隨後轉了進來，當時的盛況若以「江山如畫，一時多少豪傑」來形容，我想誠不為過。就這樣

一年年的累積跟進，再加上本系同學素喜以理論物理學家自期，一旦國外需求量達到飽和之後，自然就像雲彩後的陽光暫時的被隱蔽著。此外，還在天邊打了幾個悶雷，下了幾場霉雨令人不快了一番。

然而，在這幾年內究竟物理與其他行業間，真正消長的情形為何？唸工的一定比唸理的要來得好嗎？在唸物理方面，多數人又都走那些路子呢？這裏，我們試看幾張圖表，這些圖表是美國NRC（National Research Council's Commission on Human Resources）在1974年從272,200位在科學和工程界工作的科學家中，選出59,086位做的抽樣調查報告：

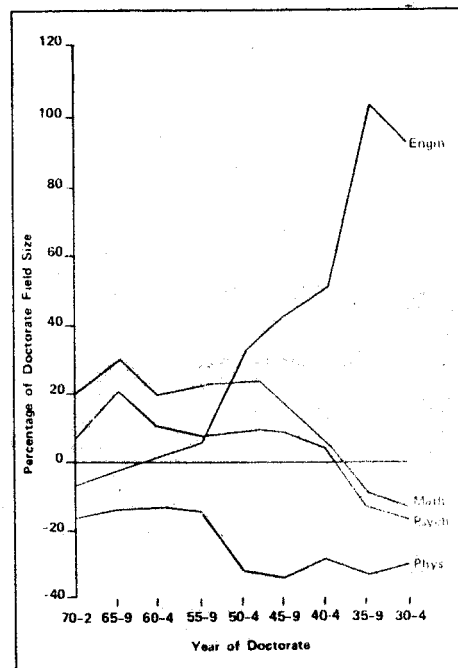
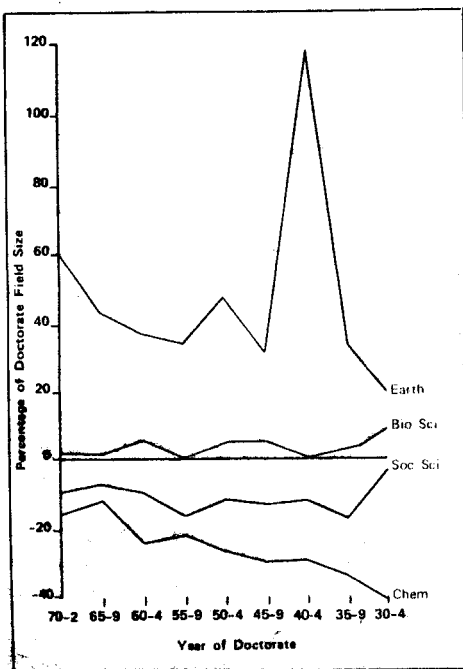
圖一是這一年行業轉進（IN-BOUND）和轉出（OUT-BOUND）的情形，由圖可以看出，Math，Earth Sci，Engin，Bio Sci，Psych 這幾年轉進的人比較多。

在圖二也可以看出相同的資料，其中橫軸的數目是代表各年份，圖形縱坐標的大小代表轉進扣去轉出的差額。事實上同學們可以看出從1930年起，物理界一向都是轉出的人多轉進的人少（這個趨勢用在今年物三的情形也很適合）。今日的低落只比1955年代以來稍為差了一點，比起1930那段天才才活得下去的日子却又游刃有餘。不像工程每況愈下的摔落，一付崩慘的樣子，同學其勉之。

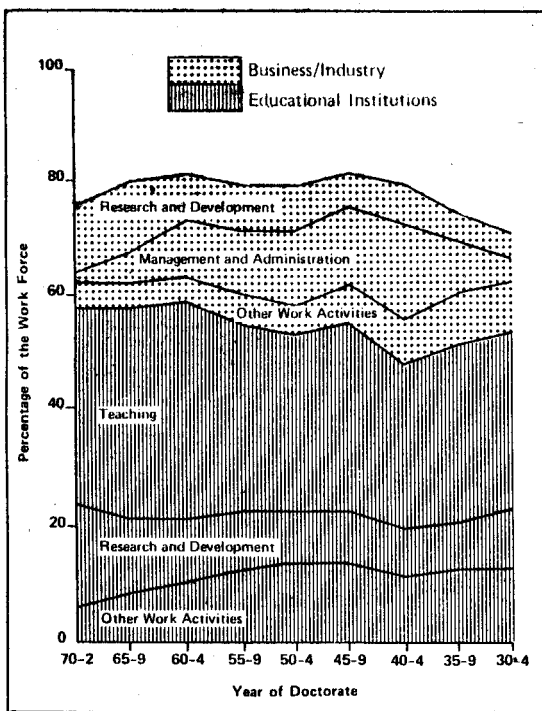


圖一、Field Switching of Doctoral Scientists and Engineers as a Percentage of Doctorate Field Size

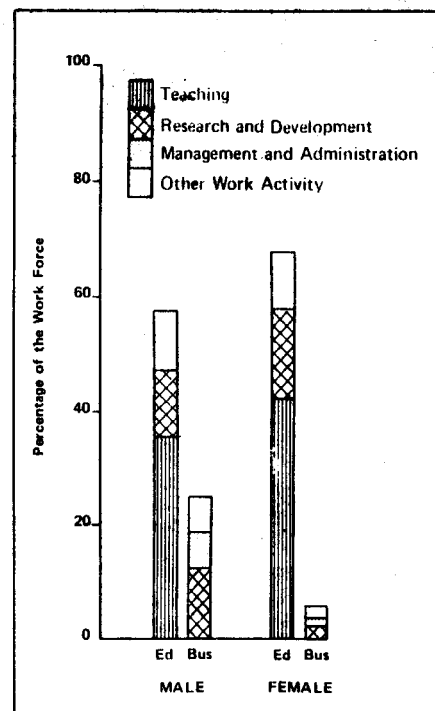
IN-BOUND: employment in the specified field with doctorate in a different field
 OUT-BOUND: doctorate in the specified field with employment in a different field
 NOTE: Width of bars reflects doctoral field size



圖二、Net Change in Field (Inbound Minus Outbound) as a Percentage of Doctorate Field Size by Year of Doctorate
(Chemistry, Earth Sciences, Biosciences, Social Sciences) (Mathematics, Physics, Engineering, Psychology)



圖三、Distribution of Doctoral Scientists and Engineers by Type of Employer, Primary Work Activity, and Year of Doctorate

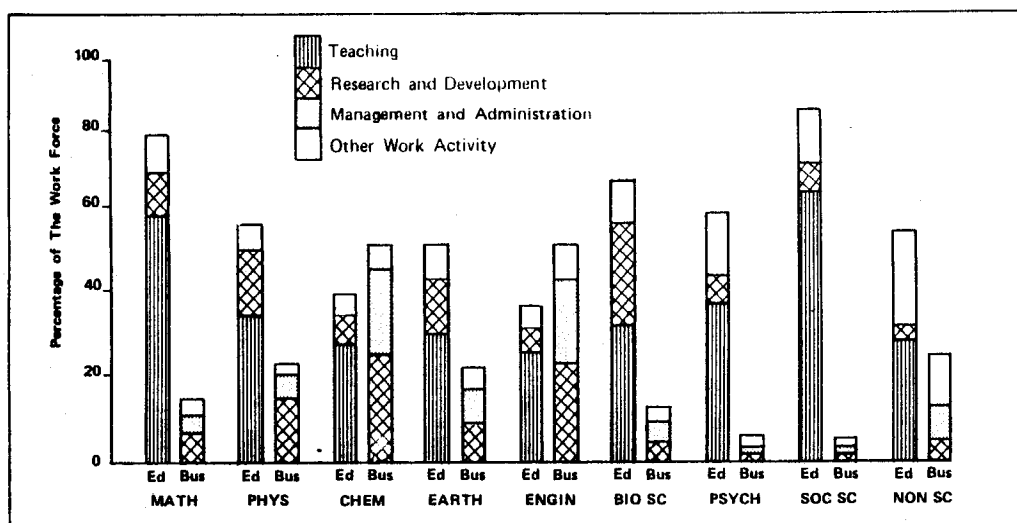


圖四、Distribution of Doctoral Scientists and Engineers by Type of Employer, Primary Work Activity, and Sex

圖三、圖四、圖五分別是就業性質的分佈、男女就業的分佈和各科就業的分佈。這其中大多數的人仍

以教書做為職業。

講了半天，最切身薪水問題還沒被討論到，相信



圖五、Distribution of Doctoral Scientists and Engineers by Type of Employer, Primary Work Activity, and Field of Employment

同學們看完之後，必會發現我們原本是可以活得很不錯的一群，尤其是男生！

表一標出的 (Median Annual Salaries) 是指在按照薪水高低排列之後，最中間的薪水。譬如甲乙丙三人年薪分別為一萬、二仟及三百美元，則就這個樣本，我們取乙的二仟元為 (Median Annual

Salaries)，而不是三人平均的四仟一佰美元。一般而言，從事物理薪水的人，待遇也不很差。最上列數字是代表該年份得學位的人。

表二是失業率，事實上唸化學的比唸物理的要差。

圖六、圖七分別是表一、表二的說明。

Field of Employment	Year of Doctorate										All Cohorts
	70-2	65-9	60-4	55-9	50-4	45-9	40-4	35-9	30-4		
Math	16060	18520	22560	26450	27340	25560	30220	31680	27030		19790
Physics	15800	18880	22620	25380	27270	28130	28350	28900	30460		21150
Chemistry	16100	18720	21530	23630	25250	26600	27930	24680	23490		21160
Earth Sci	16520	19030	22110	24590	26580	30440	27130	28280	28700		20730
Engineering	18360	21720	24350	27000	29620	29590	28270	29720	24780		22490
Biological Sci	15710	18020	21250	23440	24770	25890	26220	27560	28480		19940
Psychology	16730	18710	21760	24490	25900	26120	28140	25130	24670		20010
Social Sci	16670	19240	22500	24740	26020	27300	27720	28500	26010		20160
Non Science	16640	19990	24180	25660	29120	30930	29710	29950	20580		22710
All Fields	16700	19140	22330	24610	26460	27360	27490	28130	27020		20890

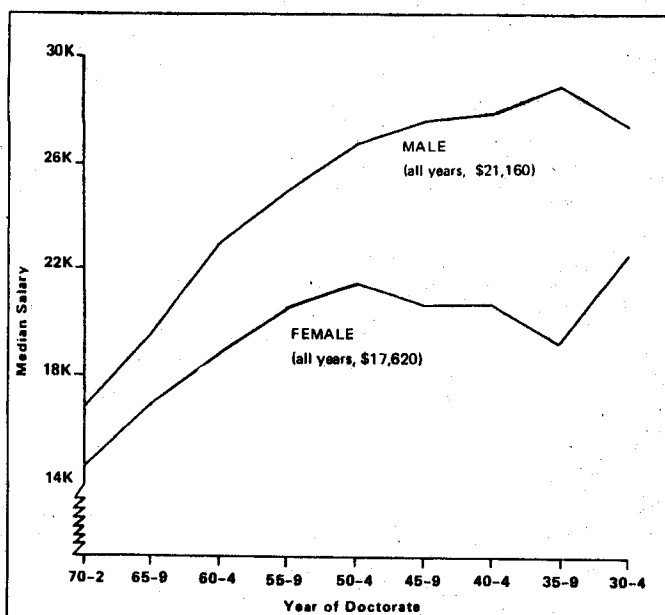
NOTE: Only salaries of individuals full-time employed have been included; academic year salaries have been multiplied by 11/9 to adjust to a full-year scale.

表一、Median Annual Salaries of Doctoral Scientists and Engineers by Field of Employment and Year of Doctorate

Field of Doctorate	unempl. %	Year of Doctorate	unempl. %
Math	1.4	1970-72	1.6
Physics	1.5	1965-69	1.1
Chemistry	1.7	1960-64	.8
Earth Sci	.7	1955-59	1.0
Engineering	.8	1950-54	1.1
Biological Sci	1.1	1945-49	1.4
Psychology	1.2	1940-44	.5
Social Sci	.9	1935-39	.9
Non Science	1.0	1930-34	2.4
All Fields	1.2	All Years	1.2

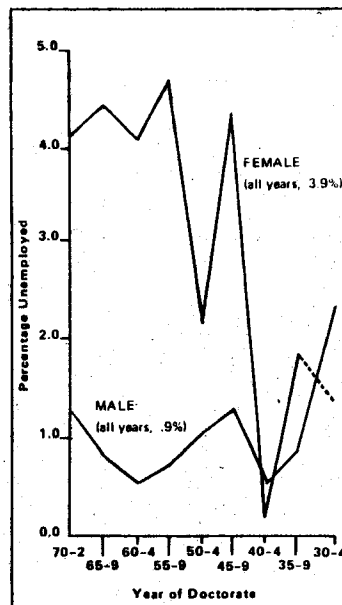
NOTE: Only those seeking employment are included in the calculation of employment rates.

表二、Unemployment Rates of Doctoral Scientists and Engineers by Field of Doctorate and Year of Doctorate



圖六、

Median Annual Salaries of Doctoral Scientists and Engineers by Sex and Year of Doctorate



NOTE: Interrupted lines indicate that data points are based on fewer than 100 sample cases.

圖七、

Unemployment Rates of Doctoral Scientists and Engineers by Sex and Year of Doctorate

Type of employer	Terminal master's recipients		Doctorate recipients		
	Percentage accepting positions	Monthly starting salary	Percentage accepting positions	Postdoctoral fellowships	Monthly starting salary
Secondary school	22%	\$ 810	1%		
4-year college	2	*	8		
University	8	800	32	21	\$ 860
Industry	36	1070	14		1450
Government	22	1080	3	9	1110
Nonprofit org.	2		2		*
Fed. funded res. center	3	1000	7		1225
Other	5		3		*
All employers	100%	\$ 980	100%		\$1140 ¹

* Fewer than 20 graduates reported salary.
1 Does not include salaries of 'postdocs'

表二

Median monthly salaries for new graduate physics degree recipients 1973

另外AIP (American Institute of Physics) 同年也對這方面做了些統計：

表三是得學位的人就業情形與月薪的統計，其中在 (University) 佔最多數；但在 (Industry) 的待遇最好。

圖八是 1972-73 學年中在美國得學位的統計流程圖：最上列指出這些得學位的博士，在他們大學時所唸的系以及比例，自然還是物理系科班出身的較多，佔 91 %。

。第二列是指這些人得學位所費的時間，由圖可知一般而言，平均得學位需時五年。

第三列是國籍的比例，外國學生僅佔 22 %。

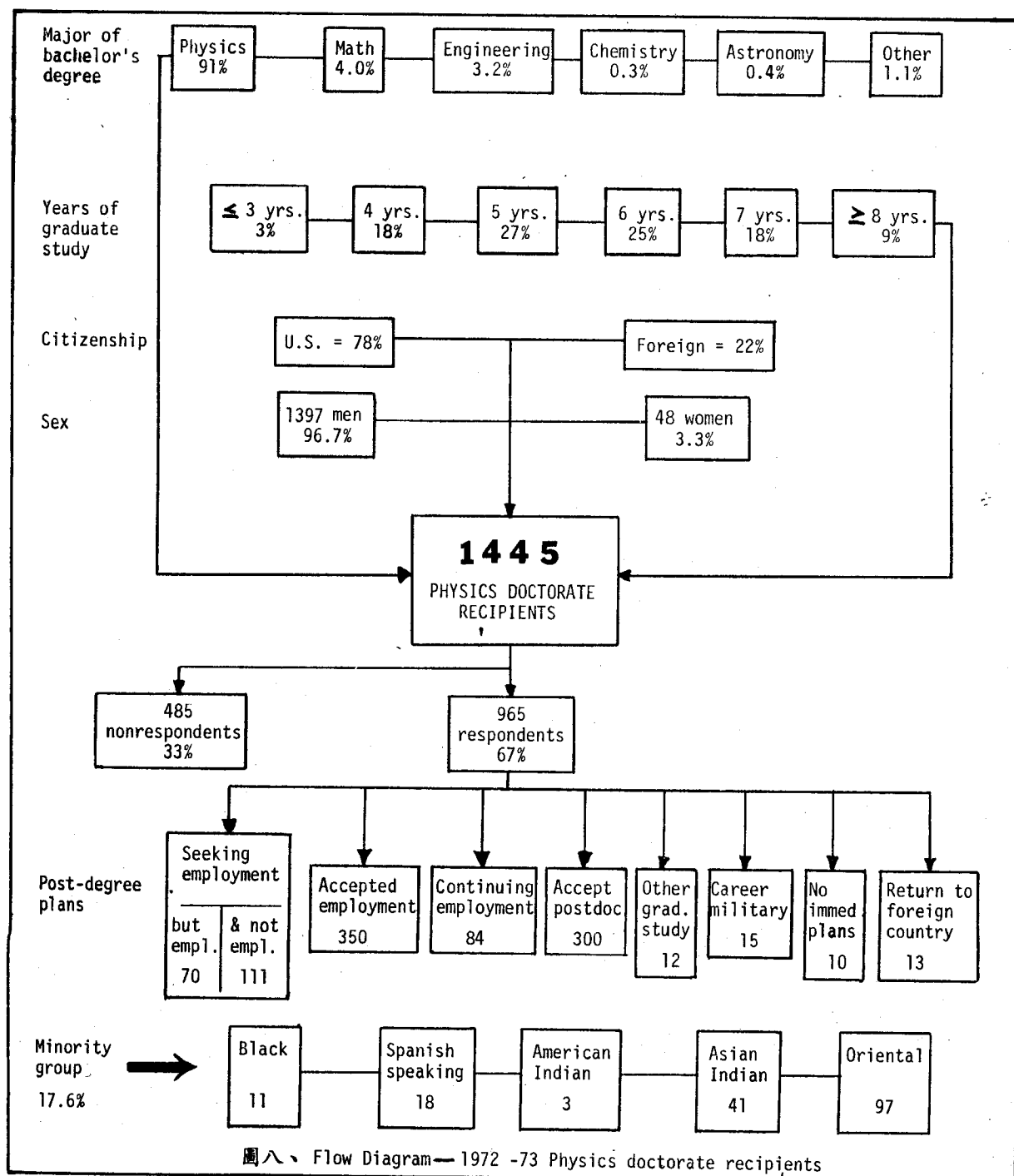
第四則是男女的比例，女生畢竟是少數的一群。

第五列是得學位的總人數，那年有 1445 人。

下列幾列是接受問卷調查的資料，其中 Seeking employment 的方塊內有 111 人沒有找到工作，而有 70 人不滿意自己的工作。其餘大多數人都有工作，在寄回的問卷中沒有這部份的資料，所以省略了。

二、物理上的兩個正規分佈

在目前我們已談到許多出路的比較，而在這裏我們再進一步看看物理的詳細情形。這裏的兩個圖表同樣是統計調查的結果。這是 1970 年美國物理學會 (A P S) 對其所屬 36,336 人所做的調查報告，其中包含博士 16,631 人、非博士 19,705 人。這份報告的對象雖是美國人，但日後我們國家往高度工業化的方



圖八、Flow Diagram—1972-73 Physics doctorate recipients

向邁進時，國內科技的設備水準必定趨向美國，所以這份報告同樣地適合我們，可以告訴我們正常的分佈應該是怎樣的比列存在的，而不致產生偏差。

圖九是1970年美國從事物理工作者按科分佈的百分比

其中這些分科所包括的有：

(一) 量子物理（基本質點物理）：高能實驗，加速器物理、質點檢測器物理、高能現象學、基本粒子理論。

(二) 核子物理：原子核結構，原子核性質、核子力、核子反應、原子核衰變、核輻射等。

(三) 原子、分子與電子物理：原子物理、分子物理、電子物理。

(四) 凝聚態物理：固態物理、液態物理、液晶體物理、玻璃體物理、不定形體物理、固態雷射等。

(五) 光學：幾何光學、物理光學、雷射光學、量子光學、光學儀器等。

(六) 聲學：音學、音響學、超音波學、熱振動學、

噪音學等。

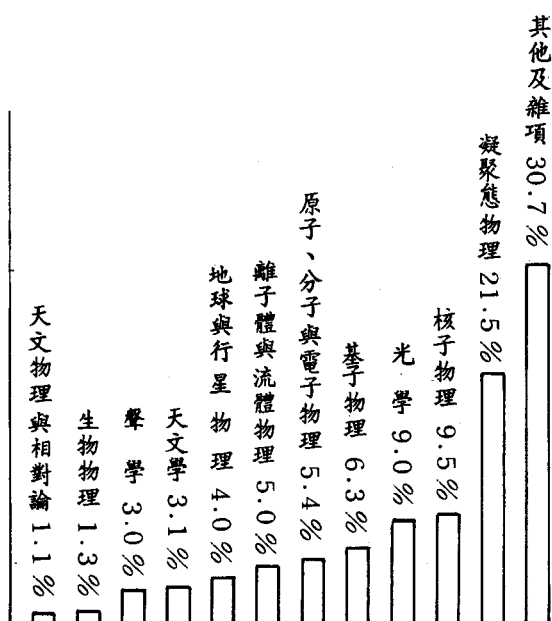
(t)離子體(電漿)與流體物理:離子體物理、電漿控制學、流體力學等。

(v)天文物理與相對論:天文物理、相對論、宇宙論等。

(w)地球與行星物理:地殼物理、海洋物理、大氣物理、離子層物理、地磁物理、行星物理等。

(x)化學物理:電化學、液態晶體、流體化學、X—光晶體學等。

(y)生物物理:生物電學、細胞膜物理、保健物理等。



圖九、美國從事物理工作者按科分佈百分比(1970年)(總人數36,336人,博士16,631人,非博士19,705人)

另外佔了30.7%的其他及雜項部份,多半是些從事 computer 的操作、專解各種物理數學以及製作儀器的人員,他們雖然不完全是科班出身,可是由於他們工作的對象是物理,所以列在這張表內。

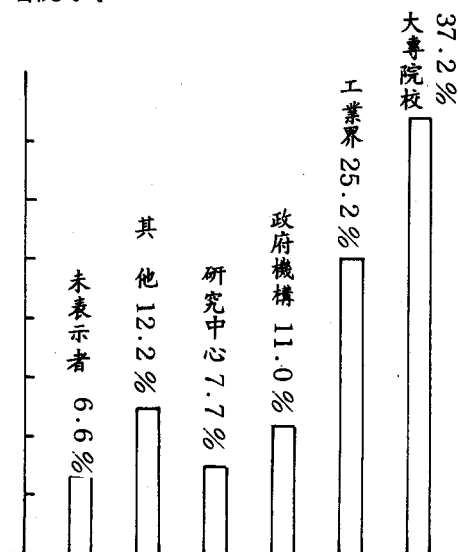
圖十是同年美國從事物理工作者按機關分佈的百分比。

其中在大專院校的有37.2%,工業界的有25.2%,政府機構的有11.0%,研究中心的有7.7%。

在*其他的部份,工作的機會包括醫學院、中小學、國防機構、自由雇用和醫院等等。

由於物理科學本身的相關性很強,以上的劃分並不絕對,但供參考而已。

*其他包括醫學院、中小學、服役者、自用(雇)者、醫院等等。



圖十、美國從事物理工作者按機關分佈百分比(1970年)(總人數36,336人,博士16,631人,非博士19,705人)

三、物理的展望

上兩節的許多圖表中顯示,可以吃驚的,物理方面的出路畢竟不如一般謠傳得那麼糟糕,在許多方面,它甚至會比工科吃得開。

在前面我們曾經說過,目前物理的發展就好像雲彩後的陽光,只是一時在「韋光養晦」,準備着更深入更豐富的應用。事實上,從許多專家的論述及趨勢看來,今後物理的發展,會往更基層更有力的方向有機地衍生下去。未來的科學不論是生物科學、物理科學甚至是社會科學,都將往基本的物理研究方法上邁進。目前生物科學的研究漸有以走向生物化學、生物物理為中心的趨勢;社會科學也以行為的研究為首瞻,這就是最好的證明。也就是說,今後的科學將以「科際整合」的方式存在發展(見林美智譯「物理的新生命」),而不再是獨門獨戶閉門造車的時代了。而這一切的基礎都在物理!

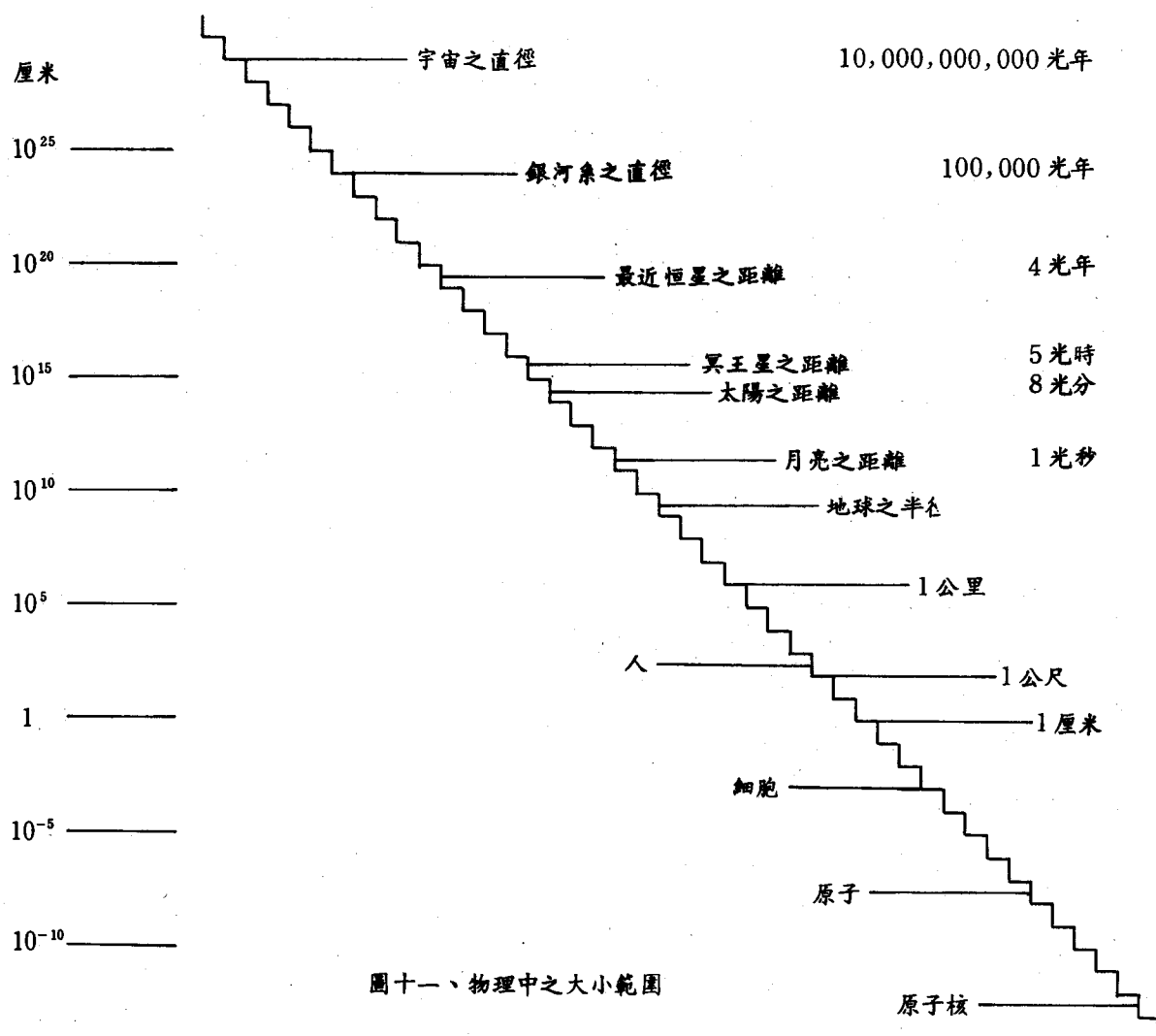
撇開這些科際整合的問題不談,物理的本身就有許多的地方仍需深入的探索研究。二十世紀是「光芒萬丈」的物理世紀,物理學家最大的貢獻有三:

(一)對物質結構及物性的瞭解。

(二)對基本質點(次原子質點)之瞭解。

(三)對宇宙之瞭解。

但今日物理上雖然包含了時空中極廣的領域(圖十一)



圖十一、物理中之大小範圍

空間從 10^{-13} 厘米到 10^{28} 厘米跨越了四十個數量級；時間亦從核子、基子現象典型的時距到宇宙的年齡跨越了四十個數量級。而從巨觀的宇宙天文現象進入原子內微觀的領域中，物理學家對四種作用力—重力、電磁力、強作用力以及弱作用力—並不是完全清楚地瞭解的。即使是物理結構的新基礎—相對論與量子力學—的理論，也還離嚴謹完滿的階段有一段不算短的距離。目前的解釋只是片斷的，或甚至是粗劣地近似的。未來的工作必定要往這三方面的理論推展，對所有的物質、基子以及宇宙現象做更精巧細密的實驗與觀察，這就必須有更深入的多體理論、更基本的基子理論以及可以解釋更多宇宙諸現象的宇宙論。物理學家不會是像十九世紀的人所說，祇需將數據算得再精確幾位而已，面對著這廣大浩瀚的宇宙、橫在我們前面的是如此豐富的現象與挑戰，我們不僅不該盲目盲行，我們更該懷着敬虔的心情，站在歷代物理巨人的肩上，眺望更遠更美的山脊；踩在真理的沙灘上，拾取知識的貝殼！

後 語

這篇文章，我就試著寫到這裏；當然這不是很完整的一篇報導，似乎還應該對一些並列的問題，也做類似的敘述才好。譬如說：更詳細地探究一下物理今後將以什麼樣的角色來刺激與支援其他的科學？物理學對自己本身理論「公設化」的處理，將怎樣的發展？以及最切身的問題：我們台大物理系的同學（已畢業的與尚未畢業的）應該怎樣地貢獻我們自己於培育我們多年的國家，在她今日橫處逆境之時？……等等諸如此類的問題，都是十分重要的。但由於種種的原因，我沒有做，我把這些留給每一個永遠以台大物理系為榮的人去思考追求，這篇文章只是一個引子而已，希望藉着它，每個人都去尋找自己該走的路。

在此，我要特別謝謝蘇德潤老師和倪維斗老師。沒有他們的幫助與指導，這篇文章是不可能完成的。還有一些同學的協助整理，在此我就不再一一列出芳名了。最後我謹祝我們系永遠團結、進步；永遠清新、可愛。