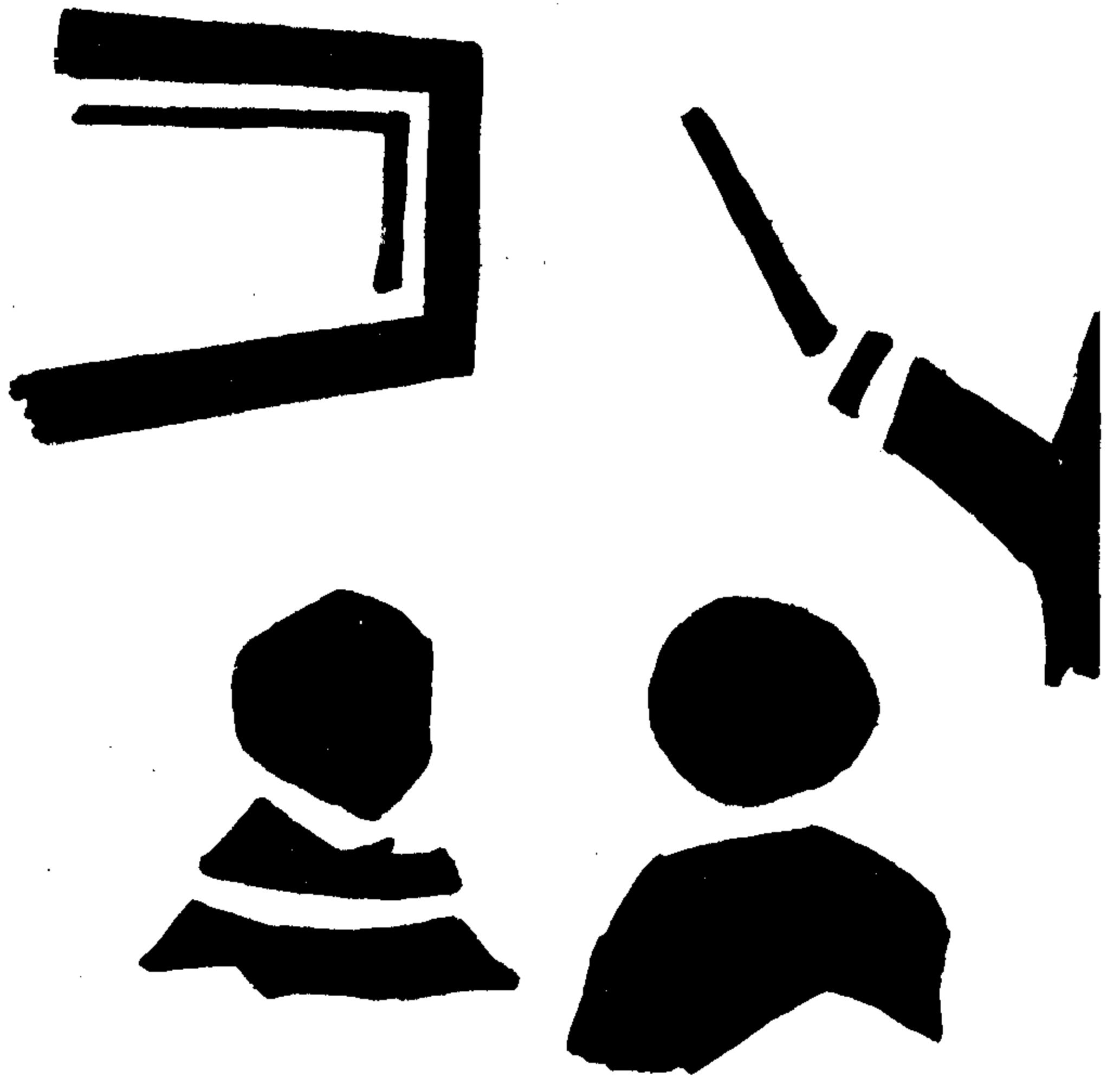


# 淺談……

吳裕華  
76級



任何學問都是一種美。學物理，讓人有“conqueror”的感覺。真的，一旦你左脚踏上相對論，右腳踩著量子論，逍遙地遨遊天地之際會有種輕飄飄的感覺，一種“盡在其中”的滿足感。

理解加上taking as your own的慾望，是學物理者必具的心理準備，有了這個慾望，便能把physical world的現象很自然地建立在思維中，譬如，當我們知道熱力學第二定律 $\int \frac{dQ}{T} \geq 0$ 後，便能夠

立刻想到它的物理意義——宇宙的熱愈來愈多，功可完全轉變為熱，而熱却無法完全變為有用的功，至於再問到“何以如此？”，那便成了metaphysics的範圍，這就好像在問“何以光速恒定”，“何以quanta以h這個order放出？”，“何以產生“inverse square law?”似的，有些問題，至目前尚未能解釋。物理學對大自然是抱著“describe”而不是“explain”的態度，後者該是屬於哲學的範圍

我以為，物理學最基本的目的，是在飄渺不可知的大自然裏，發現一點“真理”，這些真理，在逐漸增加的定律(law)定則(rule)中慢慢建立起來，由定律的組合產生較完整的理論(theory)，再由理論去預測更多的未知現象，和實驗相印證，其整個的演進大致如下：

觀察→假設→實驗→歸納→建立模型  
→定則→定律→理論→實驗印證  
→修正理論→更完善理論→預測新現象

由觀察至理論之建立，其間真是漫漫長路，荆棘坎坷。

在物理中，一切的physical quantity皆可用function或vector function來表示，例如在Q.M.裏，將information藏於wave function中，而將observable用operator代替，一般的quantity，如電磁波，能量，動量，或是熵，由式子很清楚地可看出，都是某些variable的函數，我們可以把這些physical quantity視作在舞台上表演的role，上帝為這些role寫下了悠美的劇本，他們便是rule，便是law，用數學表示，即是“equation”。

例如：(1)

$$\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + (E - V)\psi = 0 \text{ 控制 } \psi(r, t)$$

(2)

$$\nabla \cdot E = 4\pi\rho$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -\frac{1}{C} \frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times B = \frac{1}{C} \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{4\pi}{C} J$$

控制了E與B

(3) Ideal gas equation

$$PV = NKT \text{ 控制了 } P, V, T \text{ 間之關係}$$

那麼，為何不找一個最basic的law，建立最basic的theory將所有的現象一網打盡？不錯，這

正是物理學家夢寐以求之事，愛因斯坦的統一場論便是針對此而研究，然而上帝必竟太玄妙了，他寫的劇本，尚不允許我們一眼穿透，於是目前所知道的 law，僅能對某幾個 branch 適用，對其它的便出了毛病，更糟的是對某些 law 所包含的 role 或許還不完全，像 Schrodinger equation 便缺少了對 spin 的描述，到 Dirac 才加上去，目前已知 law 中，或還有許多的 role 未加入，此有待更精確之實驗證實。

law 發現的愈多，對宇宙現象的了解也愈多，有時，我們會驚訝於某一物理的 branch，竟是由極簡單的 rule 所組成，譬如在 elasticity 中，最基本的 rule 是 strain/stress = const。其它的一切，幾乎可由此完全導出（此地只考慮 linear 部分）在 Q.M 中，由  $E = n h \nu$  便可導出與實驗完全吻合的 planck formula，呈現眼前的物理世界，竟是如此簡單、悠美。

另外，在尋求 law 之過程中，Model 之建立亦構成物理發展之一大助臂，在較複雜的現象中，我們排去微小的因素只考慮幾個主要因素，將模型中的幾個 role 用 physical quantity 表示，然後假設他們之間的 interaction，注意，這個假設或引用了已知的 law 或未證實的觀念，譬如

(a) 已知的 law 造成

像液態液中的一些奇怪現象，如  $\lambda$ -point, fountain effect super fluid……等，用“Double fluid Model”解釋之，而 Normal fluid 與 super fluid 間之 diffusion 則是已知的現象。

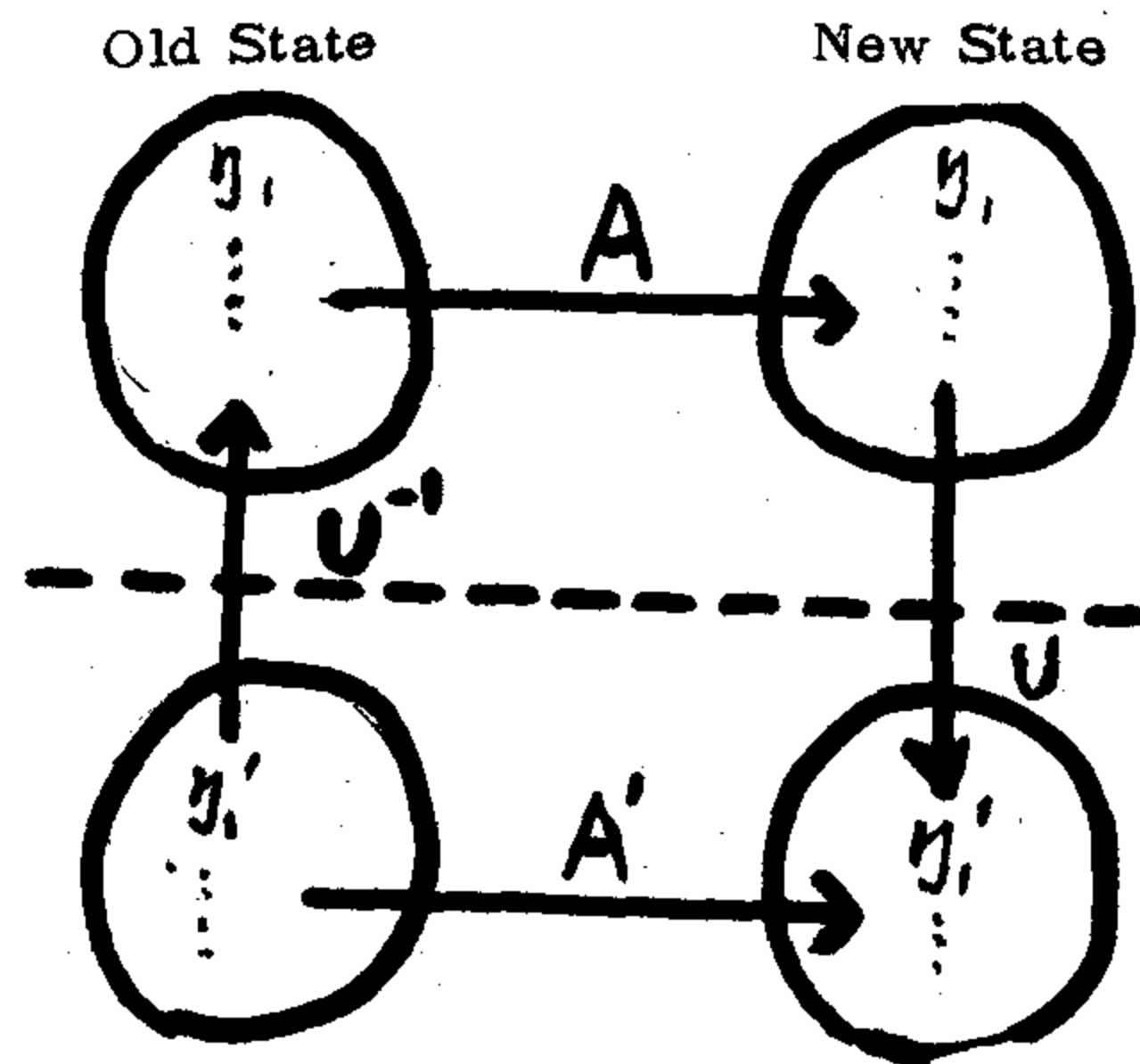
(b) 未知的 law 造成 Model

Q.M 中的  $E = n h \nu$  是前所未有的觀念，而 planck 的解釋 black body radiation 加入了此模型。

物理中的 Model，幾乎都是 Mathematical Model，當我們把自然現象寫成 physical quantity 後，便有許多好處，在 Mathematical technique 方面可將 quantity 視為無限維向量空間的 basis 所構成的集合，譬如電磁波可視為由  $\cos(k \cdot r - \omega t)$  與  $\sin(k \cdot r - \omega t)$  所構成之無限維 basis 組成 ( $\omega = \omega_1, \omega_2, \dots$ )，而 wave function 亦可表為無限維函數之線性組合。當我們有了描述現象的 role 之後，為了使使欣賞舞台的角度更清晰，可以作 transformation 把某一狀態之坐標換成另一組，譬如求 normal mode 時，便是利用 matrix 之 Unitary transformation 造成“diagonalization”這就好像在 rigid body 中將坐標旋轉至某一狀態，使 inertia

moment 只在矩陣之對角線產生一樣。

在此要注意，使狀態改變的 operator，應分為兩種，一種是物理性的，一種是數學性的，怎麼說呢？讓我們看看下圖。



A 與 A' 是物理性的，它使 old state → new state，譬如在 Q.M 中，對一組 state  $\phi$  做測量後，即經過 A  $\phi$  後，得一組新的狀態  $\psi$ ，而  $\psi$  的 basis 仍然是  $\eta_1, \dots, \eta_n$ ，當然，A 必然是一個 Hermitian。

U 與 U<sup>-1</sup> 是數學性的，它使 old frame → new frame，經過這一個轉換，使得狀態看得清晰，但並不改變物理狀態，由圖中很清楚地可以看出

$$A = U A' U^{-1}$$

$$A' = U^{-1} A U$$

這便是 Similarity transformation

總之，熟練的 mathematical technique 對習物理者而言是不可缺少的，有許多很基本，且很重要的觀念，如 singularity，對某一 physical quantity 的 Taylor expansion，以及由微觀視界來表示巨觀視界的 differential form 或 linearization……等，都是很有趣，很值得思考的問題。

最後，我要提出的一點是對物理的“直覺性”，這就好像下圍棋時，所需要的“第一感覺”，當你對物理的各個 branch 精通後，由於萬物原理的連帶關係，你所提出的理論往往是很正確的，這便是直覺性。三年的清華園生活，或多或少的給我們建立了一些對大自然的直覺性，然而，更重要的是：能否利用這些直覺性，在徘徊戲遊於海濱之際，拾獲幾個美麗的貝殼？