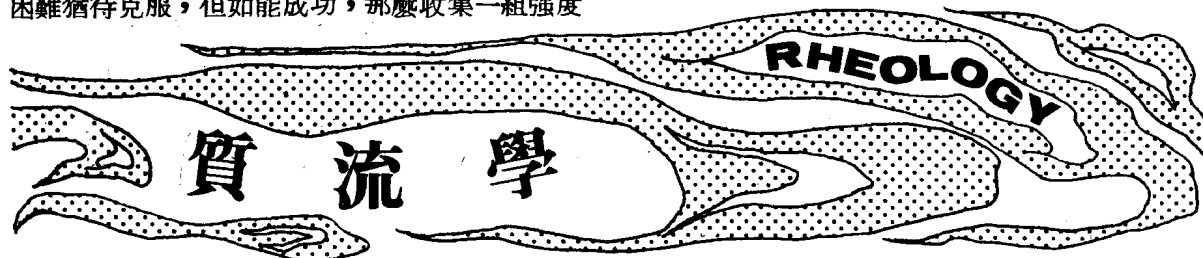


方法（用軟片），進步到系統的數據收集方法（計算機）。理論上顯著的一步是將此二方法的優點結合在一起，把晶體用很多計數器柵極圍繞，並且將一「內路」（on-line）計算機用作複定標器（multiple scaler）。雖然目前仍有一些技術上的困難猶待克服，但如能成功，那麼收集一組強度

的數據要花的時間將遠少於今日。因此，有朝一日一位有經驗的結晶學家要求出大部份晶體的結構均可用一種迅速、自動及例行的方法。如此，他的大部份光陰均可用於探討答案的物理及化學知識，而非窮力於獲得答案了。



前言

在過去二十年裏，質流學（rheology）這門知識主要着眼於代表各種不同類型物質機械行為的模型（model）的形成和發展，一些為試驗這些模型並計算由它預測的函數所做的度量，和聯繫着模型與度量間的理論，這些結果，不僅在學術上，就是在對像滲出（extrusion）等工業程序都是相當重要的。

傳統上，我們稱質流學的物質流的變形研究，但這個定義並不十分有助於質流學與其它的物理支系，如流體動力學（fluid dynamics），高分子物理（Polymer Physics），及固態物理（solid physics）等的區別，因此在這篇文章裏我們將採用一個更狹窄的定義：即決定物體受機械力（mechanical force）後反應行為的物質性質的研究。但在過去二十年裏許多質流學家（Rheologist）所做的研究都是有關高分子（Polymer）方面的，所以，雖然這些研究對物質結構性質方面的許多發展有非常密切的關係，但我們仍有必要在質流學與高分子物理學間畫出一個界綫，即質流學僅強調現象邏輯方面（Phenomenological），而將處理有關分子結構的事留給高分子物理。

綫性理論

在1947到1952這段期間，質流學主要着手於建立關於綫性滯彈性現象（linear viscoelastic behavior）的觀念，從事一些度量並顯示出這些度量代表着物質的一些基本性質，在這段活躍的年代快結束前，我們就已經能做這樣的結論：對許多物質而言，在合理的變形（deformation）範圍和速率內，我們能定出類似在古典彈性理論裏剪性（shear）和膨脹模數（Bulk modulus）那樣

的函數來描述物質的機械性，而這些可以直接度量的函數的不同表示法（Representation）間的關係〔如決定對定力反應潛變函數（creep function），決定對固定變形（Constant Deformation）反應的鬆弛函數（Relaxation function）（註），和決定對正弦力或正弦變形反應的動力模數（Dynamical Modulus）〕也可由 Laplace 轉換得到。但因為實驗性的度量從不能包括所有時間和頻率的範圍，甚至連有意義範域（Significant range）的主要部分都無法含括，所以大部分的活動都集中在準（exact）數學關係的近似（approximation）推求。在這段時期另一項重要發展是在說明溫度對滯彈性函數的影響能由它對滯性（穩定流）的影響非常精確地表示出來，自1952年後，雖然在度量和求近似的技巧上有更進一步的發展，但在綫性理論方面的焦點現在都規類到高分子物理去了。

而這綫性滯彈性（viscoelasticity 涉及金屬時，我們用anelasticity）理論事實上只是那更具普遍性的非綫性（nonlinear）基本方程式的極限形式（limiting form），而一個適當的非綫性理論一定要物理的三度描述，而不能以用剪性（shear）及膨脹模數（Bulk Moduli）所構成的一度綫性公式為主。

非綫性理論

這些公式大約是在1947至1962完成的，就在綫性理論已達到一個令人滿意的形態後，非綫性理論就成了大部分質流學家的興趣所在了，而關於有限彈性的公式在等向性（isotropy）和不可壓縮性（incompressibility）的假設下，首先由可經適當度量後計算的應變—能量（strain-

energy) 函數完成，關於非綫性滯彈性現象事實上已被證明很難去表示它。我們能描述這些函數，指出他們與“賴時性”能 (time-dependent energy) 及自由能有關係，而這，是基於一些最少的假設，有些基本上還是幾何性的，至於有個物理假設是說應力是由變形坡降 (變形梯度) (deformation gradient) 的歷史決定，如果運動進行的相當緩慢，就可將它轉變為適用的綫性形式。

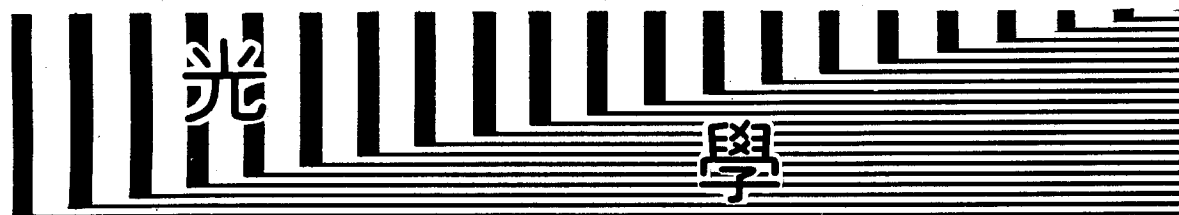
這些發展，為一些特殊的基本方程式提供了堅定的基礎，而自 1962 年後這段時期有關這些方程式的發展和使具普遍性的 functional 變成函數的條件的發現 (如特殊類型的流體或極限的狀況)，產生了可以由實驗計算的形式 (expression)，和附帶着為計算和檢證這些形式所做的實驗都是值得注意的；除此之外，一些真實的進步已導至非綫性熱力學的發展，做為一個完全描述，那是不可少的一部分。

這些發展已強烈地影響到與滲出 (extrusion) [或類似的] 有關的複雜工業問題，就像早期綫

性滯彈性理論所曾給予的影響，因它，許多複雜物質的過程 (processing) 問題都被解決了。到目前這種可資用的公式至少有二個，第一個他們假設只有變形的第一階坡降 (第一階梯度) first gradient 需要考慮，於是關於轉動坡降 (gradient of rotation) 的影響就全部勾消了。這個先驗的假設事實上未曾被適當地檢證過。第二，所有理論遇到容許實驗計算的地方都假設為不可壓縮 (incompressible)。而這些假設的辯明，如果用綫性術語不太嚴格地說的話，即在非綫性理論常碰着的系統裏“剪模數” (shear moduli) 非常小於膨脹模數 (Bulk moduli)，但這種辯證已被認為是所有這種理論的缺點，可是做為建議怎樣一個較好的描述能含括的實驗才不過剛剛開始。

註：滯變 (Creep) 物體受定力後，依舊繼續變形的現象。

鬆弛 (Relaxation) 物體在受固定變形情況下，應力逐漸降低的現象。



廿年來，光學已有許多驚人的發展，如：雷射 (laser) 的發現，太空光學 (space optics) 的誕生，高速計算機在光學設計與干涉量度數據 (interferometric data) 方面的應用，以及電磁波譜的發展——自 X 光至無線電波 (radiowave) ——成就頗大。

◎ ◎ ◎

雷射：自雷射發現後，它在科學與技藝 (technology) 領域中之發展極為迅速，如今已居光學中最重要的地位。在量子光學上，廣泛的理論研究拓展了輻射物理 (radiation physics) 方面的知識。只要翻翻 Journal of the Optical Society of America 或 Applied Optics 這些期刊，你可感到它發展之迅速。同時，光學家與電機工程師間之關係已日趨密切。

統計光子學 (photon statistics)：將 Brown-Twiss 實驗應用到天文學上，藉光子抵達時間 second-order statistical correlation，可測出星球的直徑。

雷射在工業上的應用：Optical testing 和

holography (註一) 即為二例，此外尚用到照明及測距技術方面。

探測宇宙：利用火箭及衛星，藉 image-forming 與 spectrum-sensing 之光學儀器來做探測。許多先驅者的努力已為光學與天文學帶來燦爛的成果。

眼睛的作用及視覺研究：這方面一向是默默無聞的，可是近年來由於諾貝爾獎的獲取，為光學增添不少光彩。

利用計算機：以往需要計算數月的問題，如 Three elements lenses 藉中型計算機只需數分鐘。這對於自動性光學設計 (Automatic optical-design) 頗有助益。許多新的光學設計，如照相機鏡頭以及最新的 Zoom lens (註二)，將直接影響到我們的日常生活。

◎ ◎ ◎

在技藝方面：thin-film multilayer stacks 的發展，改良了干涉儀，並產生新的 optical material, image intensifier，照相軟片，紅外光及紫外光探測器等。