

在嚴峻的氣候之下，美國許多地區的建築要經得起夏日 30 度 C 高溫的考驗，也要經得起冬天零下 10 度 C 低溫的考驗。40 度 C 的差距，遠大於台灣夏日與冬日的最大溫差，而且在零下低溫的環境之下，有瑕疵的建築會造成生命威脅。要成為安全舒適的居住空間，Building Science 在這裡成為優先考慮，因為生存是重於造型的。這也為何建築師在設計時不能只著重在造型變化，相對的要花很多的精力在空調水電，施工圖細部及規範之上。

### 《嚴峻的氣候之下，面對自然的挑戰》

在氣候嚴酷的地區如紐約，嚴熱的夏天，建築需要冷氣空調及隔熱省能的對策。寒冷的冬天則需要暖氣，保溫，還要考慮水汽 (vapor) 進出的方向及結露現象來放置防潮層，以避免結露水出現在牆體內，導致受潮發霉，引發氣喘等健康問題。結露水或冰雪溶化的水若跑入壁體屋頂構中不能排除，溫度下降時結成冰，冰的體積大於水，會把細縫撐大，導致更多的水進來，週而復始，成為建築的惡夢。多年前 MIT 找律師告 Frank Gehry 成為建築界的大新聞，也上了紐約時報，為了就是建築漏水結冰無解的問題。Gehry 住在四季如春的 Santa Monica，不必面對嚴峻的氣候，因此他的自宅可以以自由發揮，不用考慮太多細部。但在冰雪氣候之下，細部就不能被輕忽了！

### 《面對自然的考驗，物理化學的瞭解與運用》

嚴峻的氣候之下，面對的是自然的考驗，物理化學的知識要被充分瞭解與運用。例如水有氣態液態固態三相，液態時受風壓，重力及毛細現象移動，氣態時高蒸氣壓往低蒸氣壓方向移動，遇到結露點 (dew point) 又會變成水。如何利用牛頓的力學原理，使水靠重力排出；使力量中和 ( $F=ma$ ，當  $F=0$  時  $a=0$ )，沒有加速度，水就不再被移動進入室內。

瞭解材料特性，運用其隔熱值放在壁體屋頂來隔熱保溫，包覆水管防止凍裂。把惰性氣體 (氬氣) 灌入雙層玻璃之間，增加玻璃窗的保溫隔熱效果 (R Value)。把 Low E 膜 貼在雙層玻璃中間，使可見光進來，低週波的光 (熱幅射) 反射回去，使得夏天的熱幅進不來，冬天的熱幅射出不去，達到省能舒適的功能。

瞭解冬天陽光的方位角度，利用材料的 Thermal Mass 來儲熱，輔助暖氣的供應。在炎熱乾燥地區，引進夜晚冷空氣利用 Thermal Mass 來儲冷，輔助白天冷氣的供應。

### 《依循自然法則運作的空調設計》

利用液態變氣態要吸熱，氣態變液態會放熱的原理，發明冷氣機提供冷氣，利用熱泵 (heat pump) 製造熱水及提供暖氣。

空調的設計，也是需要按照上帝訂定的自然法則來運作。這包括了壓縮機運轉時，物質由液態變氣態吸收熱能；氣態變液態，釋放出收熱能。能量經由氣體，經由液體來傳遞，冷熱作交換，這些都需符合傳導，對流的原則。

風量，風速也決定了送風的距離及噪音的大小，如何把冷風均勻的送進大空間，與處理小空間所面對的是不同的挑戰，但都不能違反流體力學的原則。

依據能量不滅的定律，將廢冷，廢熱回收使用，達到省能，也是依循物理的定律，這些都是上帝的原則。

人需要吸入氧氣，在體內燃燒，排出熱量與二氧化碳，這是化學作用。排出的熱，必須靠空調來降溫；排出的二氧化碳，需要靠換氣系統來引入新鮮空氣。換氣之間，如何作能源的交換，達到省能的目的，也都需依循上帝所訂的自然法則。

思考空調的系統，讓我敬畏上帝，因為離了祂的原則，什麼都不是。了解祂的原則，依循祂的原則去設計施作，才能有省能且健康的空調系統。

### 《Measurable & Unmeasurable 可度量與不可度量》

上帝是無法測度，不可度量的神，但祂表達的方式有時是可度量的。像是祂告訴挪亞有關方舟的尺寸，吩咐摩西有關會幕的尺寸，約櫃的尺寸，還有在民數記中祂點數以色列百姓各宗族人口，祂在意數字，而且是精確的。

但上帝也常以不可度量的方式來表達祂自己和祂手所造的。祂告訴亞伯拉罕：「我也要使你的後裔如同地上的塵沙那樣多，人若能數算地上的塵沙才能數算你的後裔。」祂也問約伯：「誰能用智慧數算雲彩呢？」神喜歡用不可度量的方式表達祂的情感，特別是以「詩」的方式～在約伯記中的對話，在雅歌以及詩篇之中。雅各，摩西在晚年也都用詩歌的方式來祝福。神所喜悅的大衛也常以詩歌來訴說神的慈愛，神的智慧，神的恩典。慈愛，智慧，恩典都是不可數算，不可度量的。在建築設計，尤其是建堂設計過程中，我們有時要用可度量的方式來溝通，比如人數，面積，造價，樓高。但建築的意境卻只能用不可度量的手法表達，比如氣派大方，比如曠野的感覺，比如晨光透過薄紗灑在中庭，聖靈如風穿越琴與爐禱告室的景象。建築中的詩意部分常常只可意會不可言傳，這時需要大家一起作夢，一起想像。

只是在現實溝通時，詩意的境界難以體會。最後常常落入在面積，造價這些數字還有施工難易的討論拉扯之中決定了設計的方向。

這樣的過程中，設計的甜美 (juice of design) 容易流失。如何在這些過程中保有設計的甜美確實需要智慧的。

### 《自然界的定律》

在建築裡一切的思維，都需要認識自然界的定律，也就是上帝訂定的法則，將之運用在設計之中，因地制宜來適應各種不同氣候條件。其實在建築及細部之中，我們依然看到上帝創造萬物的原則在其中，當我們明白且去依循運用，是可與神同享創造的快樂，這也是與神同工吧！