

張海潮 譯

# 費曼談超弦論

## Feynman Superstring

### 訪費因曼談超弦論

本文轉載自台大評論第二期

理查費因曼 (Richard P. Feynman) 生前是加州理工學院物理系的教授。他建立許多近代物理和量子場論的理論基礎，並因研究量子電動力學而得諾貝爾獎。身為近代基礎物理的前輩，他對超弦理論的懷疑尤其中肯。費因曼逝於一九八八上半年。

問：幾年前，霍金 (S.W.Hawking) 說過理論物理的終極目標指日可待。我想他是指最近物理界在統一理論上的成就。霍氏的話令人興奮。我們知道你一生曾努力統一物理的某些觀點，可否談談你的感想？

F：我的確一生努力於此而我也親見某些人相信答案就在眼前，但卻總是失敗。以愛丁頓 (Eddington) 為例，他以為只要有電子理論和量子力學，所有的事都會變得簡單而可預測，結果還是預測的不對。再說愛因斯坦，他以為統一理論垂手可得，卻對原子核一無所知，當然也無法預測什麼。時至今日，仍有一大堆現象我們無法理解；人們卻不這麼想，覺得他們日近答案，但我不認為如此。

問：你覺得我們是否有權利假設自然在最深的層次上是統一的——因此可以用簡單的式子來概括所有的現象？

F：在我們這一行裡人人有權利做任何研究。你談的只是一個假設。如果你想用少數的定律來概括所有，你當然有權嘗試。沒什麼好怕的，因為實驗自會告訴我們對錯。所以當然可以愛做什麼就做什麼。你這樣想也沒什麼危險。雖然有時在錯誤的方向上彎太久可能有心理危機，但卻不是對錯的問題。自然是否有一個終極的、簡單的、統一的形式迄今無定論，我也沒有答案。雖然我來日無多，但我想知道答案。我盡我所能了解自然，但絕不事先假定什麼。有簡單的公式也好，結果很複雜也好，均於我無異。個人想個人的，個人走自己的路。

問：問題是要想用實驗來檢驗最近這些基於統一理論想法提出的徵象需要超高的能量。就加速器的發展看來，我認為高能物理已到了盡頭。單單因為錢的限制，下一代的實驗前途黯淡。你想會不會因為如此而使理論物理退化成玄學？

F：理論物理也許在退化，但我不知道會退化成什麼。我先談些別的。記得我年輕的時候在物理界有很多老者不了解新觀念，用各種方式來排斥，而且還笨到說這些觀念是錯的一諸如愛因斯坦，不能接受量子力學。現在，我也老了，這些新觀念（指超弦論，譯註）於我如瘋子一般，而看起來他們是錯了。由於過去那些老者說的蠢話，今天我說這些玩意兒是鬼扯可能也是蠢話。我可能會因為強烈感覺這些是鬼扯而變得其蠢無比。我知道我這樣做有危險，但我控制不住。也許我現在認為這些超弦論是瘋人瘋語而且根本連研究方向都錯了會讓將來的歷史學者覺得好笑。

問：你到底不喜歡什麼？

F：我不喜歡他們從不做計算，我不喜歡他們不檢驗他們的想法。我不喜歡每次和實驗

不符時，他們就找一個藉口說：「這樣這樣還是可能對。」比方，這個理論要求世界是十維的。當然你可以想法把其中的六維捲起來。不錯，數學可以辦到，但是為什麼不捲七維？當寫下這個理論的方程式時，方程式本身應當就要決定該捲起來多少維，而非一廂情願的去配合實驗，換句話說，也不清楚為什麼超弦論不乾脆捲起八維而讓世界只剩下二維——如此當然跟經驗不符。它連是否和經驗不符也說不清楚，因為它根本就沒說什麼。大部分的時間它都躲來躲去，這樣是不對的。

問：這究竟是研究風格的問題呢？還是研究方法及對象的問題？

F：不是這樣，我不知道你所謂研究風格是什麼意思，主要的問題在於如何將你的想法用實驗來檢查理論本身是否準確。這個理論在數學上是準確的，但對做這些研究的人來說這些數學太難，他們推導結果一點不嚴格。所以他們只好靠猜的。

問：你似乎指他們這些研究做得很粗心。

F：不，不是粗心問題，而是這些研究弄得太難，結果沒辦法做準確的預測——不是因為粗心而是因為能力不夠。可是他們又不停地說理論看好，也不管他們非在理論中加入一些猜想不可。現在，可能十維的六維要捲起來，可以這樣，也可以那樣。比方，這個理論中有一大堆基本粒子，比我們知道的還多很多。好吧！我們就說這我們看不到的粒子可能得到一個很大的質量——稱為蒲朗克質量——以致於看不到。而看得見的這些則不具這麼大的質量。可是，為什麼是看不到的這些得到大的質量而不是看得到的這些呢？正是他們自己寫下的這個理論應該要能回答這個問題，可是他們沒辦法。換句話說，該理論與實驗並無真正的比較，更進一步說，我們目前看得到的粒子確有質量，只是遠比蒲朗克質量為小——它們在現階段實驗能及的範圍，但原因是什麼並不清楚。

最後，雖然大家說沒有實驗領導我們，這種說法不對。相對於質量，我們有二十四個或更多的神秘的數目。為什麼 $\mu$ 子的質量是電子的二百零六倍或者各種粒子諸如夸克為什麼具這樣的質量？所有這些數目或者類似的量——有兩打之多——在超弦理論中完全沒有解釋。目前在我聽過的任何理論結構對解釋為什麼就恰好是這些質量也完全無法提供線索。

所以我們其實早已有許多實驗結果，但卻缺乏想像力來創一個合理的理論。這些實驗結果其實是我們應該研究的。這才是實際問題，因為我們已經有數據可以檢驗。我們藉著這些數據可以很輕易的丟掉一些湊出來的理論。目前，根本沒有好理論。當你仔細檢視這數目（質量），看起來亂得很，沒有什麼規律。但這是理論物理問題，而超弦理論連談都不談。

問：我印象中超弦這樣的研究似乎基於相當廣博的觀念。如此在概念上有某種簡要嚴謹的數學可以把所有的事拉在一起，但卻只在一個可能永遠無法觀察的範圍呈現。在此之後才關心在低能量時這個理論的極限，試著去湊數目，而又巧技蕪雜。你想這種哲學性探索——這種存有某些能解釋所有的基本原理的想法——到底對物理學家的啟發是好是壞呢？顯然它確啟發了一些物理學家，但是可能會誤導？

F：我已回答過這個問題——你可以做任何事。唯一危險的是每個人都做同一件事。可能確有某個了不起的統一原理如他們所猜。如果我們能說清楚當然很好。可是也有其他可能。只說應該有某種統一理論並沒有說是那一種。有一大堆可能。任一個理論都可能對，也可能全都是錯的。我們必須探索深究。所以我們應該盡可能多方向嘗試。

問：為什麼用弦而不用質點做為基本的物件，你覺得這種想法是不是還算吸引人？

F：不特別吸引人。不是這個或那個想法的問題，也不是吸引誰的問題，而是如何得到各式各樣想法，並且發展到一個可以藉觀察而排除某些想法的地步。我在MIT的大學同學有一次跟我說：「我覺得理論物理最重要的就是要能儘快的證明你自己是錯的。」現在，這些超弦論者幹得不是證明他們自己錯，因為他們容許他們的方程式有相當的彈性，因此說「也許世界有六維捲起來讓我們只看到四維」而從不證明為什麼是六或也不說為什麼不是七。因為計算太難，所以他們也無法用實驗來檢查他們的想法。亦即他們是空中閣樓，而我根本不必費心。

問：許多超弦論者認為研究超弦的一個極重要原因是這個理論沒有無窮發散，這個發散問題近十數年來一直困擾基本物理。我覺得你可能會因為這個理論可以一次解決這個發

散的問題而歡迎它。

F：我們歡不歡迎一個理論，主要是看它與自然現象是否符合。當然，如果超弦論真的可以消去發散，我當然高興。可是我總覺得。也許我是錯的一方法應該不只一個。我不信只有一法。我也不信說理論不能有無窮大就保證非是超弦論不可。應該各個方向都試試，人的想像力這麼好，應該可以找出一堆其他也可以消去發散的方法，其中每一個都有可能是對的理論。事實上，消去發散對我而言並非理論唯一性的充分條件。這是愚見，可能不對，我曾解釋過一因為我老了。也許這些傢伙比我更知道為什麼沒有其他的路走。如果我對超弦論多看點，我會了解為什麼它非走這個方向不可。我就是還不能理解。

問：可是這些無窮大發散一直很難消去，如果超弦論真的可以是一個有限的理論，難道不是很有說服力嗎？

F：是的，如果也和實驗符合的話。但他們是這麼說的：「如果我們的觀點是絕無可能消去發散，而我們又突然發現有一個辦法可以消去，只是弄不出什麼具體結果，可是因為它這麼有力，所以非是它不可。」結果你就坐在那裡說：「看吧你不能非證它。」你已對我解釋了他們的所作所為，而我實在無法理解。他們實在沒有導出什麼，他們只是表示因為他們只能這麼幹，而又不能非證他們，因此就非對不可。好吧！就算是這樣好了，他們有可能對，可是我不認為如此。

問：回顧過去你發展量子電動力學時，無窮大發散在當時確是一大問題。如果我理解是對的，你解決這個困難的方法是把這些無窮大擠在一起移到一邊一起除去。

F：正是如此。

問：量子場論中的無窮大問題已經困擾了不只一代物理學家。你覺得一個有關基本粒子交互作用的基本理論仍然會有無窮發散嗎？或者你想狄拉克認為他無法相信任何一個含有發散的理論是對說法？

F：顯然實驗不會有無窮大—電子的質量是有限值。在約定俗成的狀況下。寫下電動力學的方程式，不加任何修正，然後計算電子的質量，結果是無窮大。然後我們虛幌一招說其實我們不應該如此計算質量。我們其實應該從其某量中扣去某量，這邊來一下，那邊來一下，有一些配方稱為重正化或重組規則的可以得到有限的答案並且符合實驗。大致如此，但是我們不知道這重正化形式在數學上是否一致而不會得出矛盾。極其有趣的是這麼多年來我們從未證明這個方法有一致性。暫時假設它是一致的好了，我們就有了一個數學結構，即「寫下錯的方程式」，也就是說，當你得到無窮大時，你就用一九四七年這三個人發明的這一招相減的遊戲然後取極限再算出一個有限值來就是答案。這是一套數學結構，雖然看來真亂。也許有一天有人可以從另外方法小心地求出一組方程式不會發散而得到一樣的答案。我並不是說要發明一套新的物理，只是把所做計算重新整理過，看起來不是那麼尷尬，如此就只是一個數學技巧的問題。可是也有可能量子電動力學根本就不是一個數學上一致的理論，從物理看來，這就糟了。如果在數學上無一致性，我們只好對自然多研究看看應該怎麼修正電動力學。對這件事我們確有一些線索。在另一個類似但稱為「量子色動力學」談到夸克和膠子，應該可以解質子等的理論，我們可以證明它數學的一致性。它有發散，但也可以一般的辦法解決。但是我們已經證明它符合一致性。因此可以不必經過發散就得出結果。所以我想這些發散都是技術性的。原因是我們一開始寫下這個理論時就犯錯了。

問：當然了，一般都相信這個無窮大發散的問題只有在把不同的基本力統一起來看時才能消去。

F：是啊！由於在量子色動力學中解決了這個發散問題；如果量子電動力學真的不足，它應該只是一個類似理論的一部分。亦即模型應要擴大，對稱要增加，從而治不同的基本力於一爐。這也是提議用統一理論構想之一。這個提案極為有力。我必須指出過去我從不認為消去這些發散是發現正確物理定律的好方法，可是我錯了。我經常在推測進行研究的最好方式上犯錯。

當你開始問我對這些超弦論的意見時，我謙虛是因為經驗。我不能解釋太肯定—我只能說我不相信。以前我也曾經相信某些理論絕對不行，結果卻還不錯。所以，我是會犯錯的。

問：當然了，關於這個發散的問題，最難的還是引進重力的時候。看起來似乎在任一個統一描述基本力的理論，重力均不可避免的扮演一個中心角色。但由於在基本粒子的微小世界重力極其微弱，人們看到重力的角色這麼吃重是蠻奇怪的。你能不能簡單的解釋一下？

F：聽到你說重力可能不太重要我很訝異，它是物理定律之一！大質量的物體在一起時因重力而互相吸引，如果我們想建立理論來描寫物理世界，卻不能解釋大質量彼此靠近的原因，我們顯然不夠正確。所以無論我們提出什麼定律，重力均不能免。

問：可是你覺得是否需要重力才能修補粒子物理理論？

F：修補什麼？

問：解決發散的問題。

F：喔！我不清楚。可能吧，但是我們的理論需要重力是因為重力的存在。我們的理論必須解釋我們能見的世界。因此我們非談重力不可，不管是否因它而可以解決發散的問題。下一步是重力是否必須是一個量子理論，正如對其他的粒子我們談量子現象。世界似乎不可能一半古典一半量子。因此，比方你知道量子力學告訴我們不可能同時把位置和動量測得任意準確，這件事也應適用重力。我們該無法利用重力來定粒子的位置和動量使超過某一個準確度，否則我們就有不一致的問題。在把重力理論修正為量子理論，正如在電動力學時，會發生無窮大發散，但卻很難消除。重力的量子發散很嚴重。我不知道重力的加入如何修補這些發散，但是非補好不可。除了無窮大還有很多其他的問題。

在量子場論裡，所有事物均處於最低能階的所謂真空態仍舊具有能量。照理論的說法，這真空態的能量不等於零。現在重力會和任何形式的能量交互作用，因此重力也會和真空態的能量作用，我們可以說真空有重量——相當於質能——因此真空會產生重力場。可是，其實不會，電磁場能在真空態中產生的重力場（此時沒有光波，什麼也沒有）應該會很大，大到很明顯的地步。但事實上電磁場能產生的重力場為零，要不它就是太小，如此一來就與場論所期望的不合，這個問題經常被稱做宇宙常數問題（cosmological constant problem），它提示在寫下重力理論時我們忘了什麼。甚至也可能這些發散源頭來自重力在真空中與自己的重力能作用。因為我們先已知道重力應該和真空能量作用的想法不對，所以理論一開始就不對。所以我想第一步應該了解如何寫下一個不與真空能作用的重力。或者重寫場論使真空自始就沒有能量。換句話說，不必論及發散重力量子化的問題已有一些神秘，應該是和起始如何寫下這個理論有關。

問：我有一些概念上的問題。如果對重力討論量子力學，等於是以前時空為對象應用量子力學。如果我們探討全面的時空，我們也等於談全面的宇宙。最近流行的量子宇宙論中，企圖對全宇宙從一個簡化的角度來應用量子力學，你覺得這個概念是否基本？還只是是一個偶發事件？換句話說，是否在進行對重力量子化之前，必須先了解這個代表宇宙的量子力學波函數？

F：只有在研究有一些進展之後，我們才知道什麼是我們應該了解，和那些概念是多餘的。事前很難講。

問：許多在量子宇宙論的工作者贊同所謂量子力學的「多宇宙解釋」，你的感覺如何？

F：我不清楚。你知道我們這一行因為有實驗來檢查我們的想法，所以比別行的人有利。因此除了心理因素外，你怎麼想都無所謂。如果你說：「無窮大是不可能的，我要來做一個新的理論。」你可能大錯特錯。但即使你想錯了，你還是可能弄出一個新的理論結果和實驗符合。事實上，與實驗符合就夠了，你一定同時發現了一些新的東西。這些事前有關哲學上的一致性啦，哲學上必要性啦，不過是心理因素，好像說：「我就不相信現在的理論，因為叭叭叭，我要去做一個新的。」正如我年輕時，我不相信一個電子會與它自己作用，我一定要弄點別的。我也許可以發現什麼，結果也沒有找到對的東西。這當然不是說電子真的不能對它自己作用，只是這樣的想法在心理上是個有用的動力來做點新的東西。

所以我不反對也不願意介入爭論那些堅持說這樣這樣不可能而一定是那樣。我會試著去找一個理論具有這個新性質，因為這個理論可能會對。好嗎？我實願不陷入爭論的糾結，因為我實不願打擊人們關於事物為何如此的想法，又因為這想法總還驅使人們

去想一些可行的事。對不對無所謂，至少讓人們想想可以做的東西。

問：所以你採取比較實際觀點？

F：是的，你可稱這種態度實際，我有興趣的是找出一組與自然行為切合的規律，不必走的太遠。我發現大部分哲學性的討論都是心理安慰，但到頭來你回顧一下歷史看看這類說過的話，說的時候虎虎生風，在一定程度看來都是廢話。

問：我確信大多數人都會同意你的看法！如果事情正如這些樂觀的信念所預期，在最近的將來這些超弦的想法是對的，而且你早先提到的困難也能解決，理論物理會是什麼境界？

我們就可能有一個至少在表面上可以解釋宇宙間所有事物的理論。你相信嗎？你想一個把宇宙基本要素都看成相同的理論原則上，可以解決每一件事——比方生命的起源或是知覺的起源？

F：你的問題太大。你說了一堆事情，我必須回過頭來想一想。我們先從物理問題談起，有一天當然可能會有一個解釋所有觀察的理論，也許就是超弦論好了。因此從理論的假設出發，用很好數學就可以分析出來 $\mu$ 子和電子的質量比正是實驗所見，還加上許多其他的現象都可以解釋。這個理論可以正確的預測自然的所有面，而可能還對宇宙的起源有最好的描述。好嗎？前述的這些都是基本物理的問題。但在現象界，波浪拍岸，颱風打雷，噪音不斷等等卻不是我們用基本定律可以直接分析的。其實我們今天對基本定律知道的不算少了，原則上應該可以分析波浪拍岸、打雷、和其他的現象，但是風與水作用細節非常複雜，很難準確的分析。

問：是因為複雜度使然？還是有更基本的理由？

F：顯然要了解上述的現象並不需要前所提及如此高深的物理。量子力學的定律和原子定律，原子核不必介入，足能解釋氣候——雖然由於氣候的複雜度我們其實無法解釋。我一向用象棋來類比：你知道每顆子要怎麼走，可是你還不知道如何才下得好。一個人可以學會所有物理規律，實際上對地球上正常現象的物理規則我們知道的很清楚。一般說來，我們夠清楚了，但是這並不代表我們可以分析每一件事。實際上，自然這麼複雜，幾乎無法做完善的分析。我現在相信生命的起源是很複雜的現象。物理會協助對分子的了解。這些工作早就做了，我們對基本定律的研究有許多與宇宙歷史有關，而結局是想徹底了解每一條基本定律。目前的情形有如我們知道象棋，但卻有幾條規則不知道。可是在棋盤上的某一區下的時候，這幾條規則剛好不太需要，因此還是可以下下。這就是我要說的關於生命現象或知覺等等。這些事情怎麼了解和哲學上如何進行了解是個好問題，但卻不是企圖掌握基本規律這些物理學家的問題。在地球表面，在某種條件之下原子組成生命，而我們知道的是主宰原子的規律。

問：但是有一部分的人認為當你檢查相當複雜的系統時，會發現新的原理，這些原理本身可能是以簡單的方式在運作，但本質上可能不出現在基本的物理中。

F：除了最後一句話，其他都對，有人確這麼說，但我不會相信。當事情很複雜的時候，當然我們會用新的原則來幫助分析。比方說下象棋，把子向中區集中通常會增加威力。這是一個不出現在規則中的原則，但卻可以從規則間接的了解。這個原則當然只是規則所引申的結論。是的，確實有許多了不起的原則，像價鍵的想法，聲音、壓力的觀念和許許多多其他組合的規則幫助了解一個複雜的現象，但你說他們不在物理的基本定律中是個誤會。基本定律包含一切，分析複雜系統關鍵在於找出便利的方法。

問：是的，我並非指這些新的原則會與基本定律衝突，而只是從基本律可能不足以將所有原則納入囊中。

F：我不懂你的意思。

問：我是說，這些原則可能牽涉到系統受的限制，實際系統所處的狀態，這些都不在基本定律中出現。

F：我不認為如此。以計算機為例吧，你會發現如果你有一些基本的元件像NAND 閘，就可以拿它們組合成電腦，但在此之上，卻有重要的觀念像中央處理機和記憶區幫你了解電腦，雖然連這兩部分也可以用NAND 閘來做，能有一些指導原則還是很有用的。

又以風來說，不必去管基本定律所能掌握的分子運動，更有效的辦法是了解大數目的分子大致處於同一個方向運動的情形。我們可以用平均速度一類的想法來看風，這當然不是明顯的一個定律，風這個字本不在基本定律中，但基本定律卻包含這個概念，事實如此。

問：我一直想說的是物理和宇宙論的關係，雖我們相當了解宇宙從大霹靂開始膨脹，但基本的物理定律卻不像能說明宇宙是如何開始的，你必須加入特別初始條件。你覺得用物理可以了解宇宙的全貌嗎？或是我們需要額外的原理？

F：這個問題很有趣，因為截至目前，物理學一直有這樣的特徵：先給一組定律，如果告訴我們開始的狀況，我們就知道下一步的變化。換句話說，如果你在這裡擺同樣的三個原子，那裡擺五個原子，我們可以指出下一步的變化。這些定律均與絕對的時間無關。定律從被發現到現在，都是一個樣子。截至目前物理從來沒被問過為什麼定律沒有歷史問題，基本定律本身不會隨著時間發展。牛頓的定律，如重力的平方反比定律，從來不提你必須在什麼時間量度或是宇宙何時開始有這個定律。電磁律、量子力學也莫不如此。我可以說它們是局部時間下的產物，因此可以在任何時候引用，因此在宇宙論中就不適用，因為宇宙論要加些東西：世界是如何開始的？只有這樣才能做出研究來。

現在，也許有的物理定律不完整。也可能定律本身也隨著時間在改變，比如重力就隨著時間而變，而平方反比的重力定律有一個與時間從開始到現在走了多久相關的強度。換句話說，將來可能對每一件事都有更多的了解，而物理也可能因為了解了宇宙如何開始而更完整，因為有關宇宙誕生的陳述是在物理定律之外的。

問：所以你不會同意惠勒(Wheeler)的想法說物理定律可以創生宇宙？你認為我們需要超越物理定律？

F：你對惠勒說的話應該慎重，因為我不知道他指的究竟是物理定律應該可以，還是一定可以。而目前，物理定律卻不可以創生宇宙。即使惠勒本人也會同意（我相信）目前這些物理定律無法告訴我們宇宙如何誕生——寫下這些定律的方式註定如此。我知道惠勒的意思是指如果能完全了解這些物理定律的話。當然這樣就有可能。我不也是這麼說嗎！也許將來物理定律不是在這種在任何時間都適用的形式，而可以描寫宇宙的歷史不必訴諸任何外加的話——像世界怎麼開始，但目前不是這樣。

問：那麼，你怎麼看這些物理定律呢？你是否把它們想成柏拉圖式的獨立於宇宙而存在，亦即它們自身有一個抽象式存在？

F：你在談現在還是未來？

問：都可以。

F：談現在好了，如何？

問：好！

F：存在這個問題很有趣但很難，如果做數學，經常只是從假設做出結果，例如你會發現把整數的立方加起來很奇怪。如果從1的立方加2的立方，會得到36，這恰是6的平方，而6又是1、2和3的和。我們如果一直加到5的立方這會和 $1 + 2 + 3 + 4 + 5$ 的平方答案一樣。我剛才告訴你的這件事你以前可能不知道。你會問它在那裡？它是什麼？在那裡找得到它？它究竟說了什麼事？而你發現它了。當你發現時，你會覺得在你發現之前，它就是對的。所以你會想它們存在某處，只是找不到，這只是一種感覺。這是人性，我們困而知之，我們找到所有這些偉大的東西，Bessel函數和它們之間的關係，傅立葉變換，它們其實都在那裡，我們只是碰到它們。

但在物理我們有雙重麻煩。我們碰到這些數學關係但又應用到宇宙，所以這些東西怎樣定位真是雙重困擾。在數學，很少懷疑這些Bessel函數不存在，它們一定早被發現，但是它們之間的關係早在發現之前就存在了。在物理，因為要應用定律到物理世界，因此要說它們本來在那裡就更難了。但它們卻比數學更近真實。這些哲學問題我實不知如何回答，你可以做物理不必用這些問題。但是想起來很有意思。

問：有一陣子人們相信上帝解釋宇宙。現在這些物理定律似乎代替了上帝——它們是全能而且無所不知的。

F：恰好相反。人經常發明上帝來解釋神秘。上帝經常用來解釋你不了解的事。當你終於發現某些事，你等於從上帝手中拿了一個定律走；你暫時不需要他了，可是需要他解釋另一個神秘，所以你離開他而創造宇宙。你仍然需要他來了解像知覺這種你不相信定律可解的事，或者你為什麼只能活一段日子一生與死等等。上帝永遠和不理解的事在一起。因此我不認為定律可以看成像上帝，因為這些定律是代表理解的。

問：但是物理定律看來仍然極其有力，並且超越宇宙。

F：不，是宇宙服從定律。我不懂你說超越是什麼意思？

問：正如你剛剛所說，物理世界的存在可以用這些定律解釋，這些定律在某種意義之下一定先於宇宙存在。

F：但是我們尚未得出這些定律，你是否在談物理定律描寫宇宙開始這個假想的狀況？

問：是的。

F：如果那一天來臨時，我可以和你討論互相關聯的哲學問題，但沒看到以前我無法回答。

問：可是你到底相不相信真有這種物理定律？

F：我不知道。

問：你想我們的研究是否要找出一組物理定律，早已在那裡，相對它們現存的理論只是一個近似？

F：當然，我覺得我是在發現一些早在那裡的定律，與數學家的感覺很相近，但是數學家知道他的定理不存在於這個物理世界。我知道我的定律預測物理世界很有用，但我不確定它們在那裡。我其實不必回答這個在那裡的問題，不知如何回答，仍然照樣做物理，我亦非絕不想它，因你知道我已經在想，我也想到一些類比，我發現這個問題很愉快，也很有趣，但並不特別重要。

