

## 執行一分析

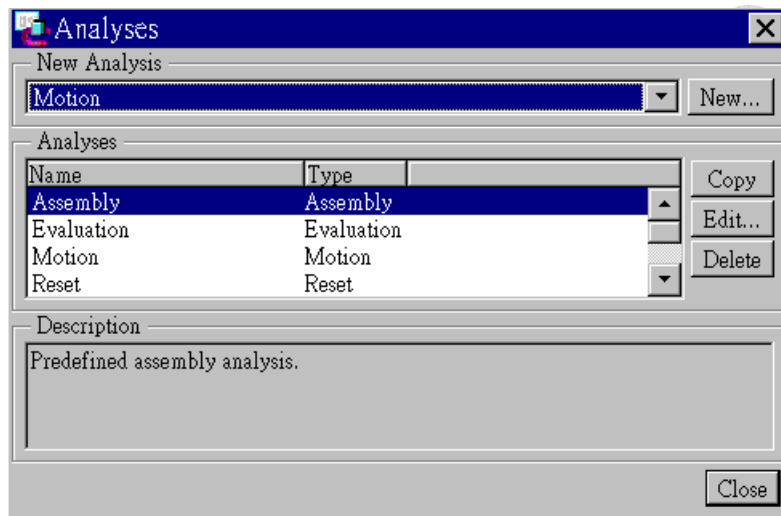
你可以使用分析以得到有關機構的資訊。你定義一分析的方式決定了 Pro/M 對機構作計算的類型，和設定了在特定條件下那些計算發生。

### 定義分析

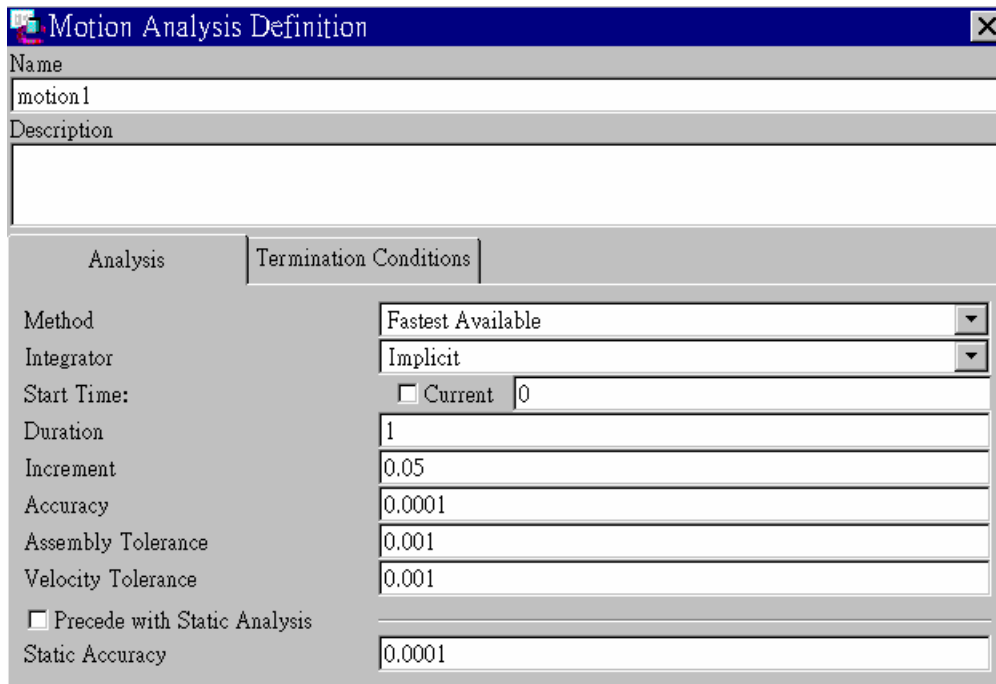
在運動模組裡有幾種分析類型，你將建立然後執行最常見的一運動分析。在運動分析裡，Pro/M 模擬一機構運動經過一指定的時間，或直到符合一指定的終止條件。在每一個模擬步驟，Pro/M 會決定機構目前的位置、速度、加速度、以及施加和反作用負載的數值。在作一運動分析之前，Pro/M 自動地執行組立和速度分析。

對於這個分析，你想要以每一時間步長 0.05 秒來模擬鐘擺擺動 1 秒的週期。

1. 選取 **Motion (運動): Analysis (分析)**。
2. Analyses (分析)表格出現，選取 New Analysis (新的分析)中 **Motion (運動)**類型及選取 **New (新建)**鈕。



3. Motion Analysis Definition (運動分析定義)表格出現，輸入 **motion1** 當作分析名稱。
4. 輸入 **0** 到 Start Time (開始時間)欄 (或 Current 目前的)。
5. 輸入 **1** 到 Duration (期間)欄。
6. 輸入 **0.05** 到 Increment (增量)欄。
7. 選取 **Accept (接受)**鈕以完成建立運動分析。
8. 選取 **Done (完成)**。



## 執行分析

1. 選取 **Run (執行)**。
2. 確認在清單中 **motion1** 被選取。
3. 選取 **Start (開始)**。  
運動模組開始計算。注意出現在指令區的訊息，這些訊息持續告知你運動模組引擎正在做什麼。

## 檢視結果

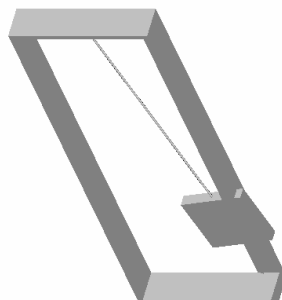
記得你的設計目標是建立一鐘擺恰有一秒的週期。假如這個鐘擺設計是良好的，在一秒的期間結束時你應該看到鐘擺返回它的開始位置。假如它不能回到開始的位置，則鐘擺是太慢；假如它返回且又開始另一循環，則鐘擺是太快。畫插梢接頭位置成一時間函數圖形將給你需要的資訊以決定時鐘是走得快或慢。

有許多不同和有趣的結果值得一看。對於這個練習，你將要全神貫注於動畫和圖形。在 **Results (結果): Animate (作動畫)** 選單的指令使你能夠作動畫看運動分析的結果。

## 作結果動畫

下一步，你將要作動畫看運動分析的結果。

1. 選取 **View (視圖): Shade (陰影)**。



- 現在選取 **Results (結果): Animate (動畫): Start (開始)**。一動畫控制的資料表格出現。
- 按下右箭頭以開始此動畫。

Pro/M 作機構動畫使用你定義運動分析時所指定相同的大小增量。控制動畫按鈕是類似於 VCR 控制，你可以調整速率、方向、執行循環的類型、和移動機構到第一和最後的步驟，嘗試不同的控制。當機構是活動時，你也可以動態變化視圖（按住 Ctrl 和使用三個滑鼠按鍵以縮放、旋轉和移動視圖）。Pro/M 繼續作模型動畫直到你按正方形按鈕，注意這個鐘擺在移動時穿出了箱子側邊，在我們調整鐘擺的週期後，你將修正這個問題。

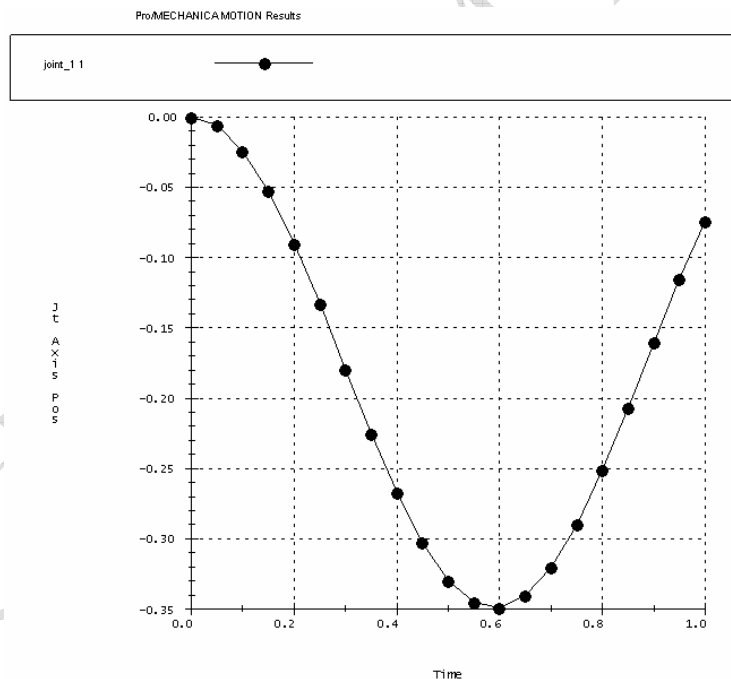
- 按下 **Close (關閉)**以離開動畫結果，無論那時處於什麼情況，機構將停止。
- 選取 **View (視圖): Repaint (重繪)**以返回一線架構視圖。

你可以建立一個圖形以顯示分析的結果。你顯示的每個圖形有軸標籤和圖符說明以指出何種結果出現在圖形上。

### 畫接頭位置對時間的圖形

從動畫可能或不可能明顯那鐘擺是稍微緩慢的。要找出如何慢，你需要畫插梢接頭旋轉位置對時間的圖形，此圖允許你決定鐘擺搖擺運動的週期。

- 選取 **Results (結果): Graph (圖形): Jt Axis Pos (接頭軸位置)**。
- 當被提示選取連接軸時，選取插梢接頭。
- 按 **Done Sel (完成選取)** (或滑鼠中鍵)告訴運動模組你已經完成選取接頭軸。圖形出現如下：



注意圖形中最低點大約是接頭軸位置-0.35 徑度和對應到 0.6 秒。假如你將徑度變換角度，這時鐘擺從起始點擺動了-20°。此點在圖上代表是週期的 1/2，所以鐘擺的週期是 1.2 秒。這個設計是已經接近你一秒週期的目標。

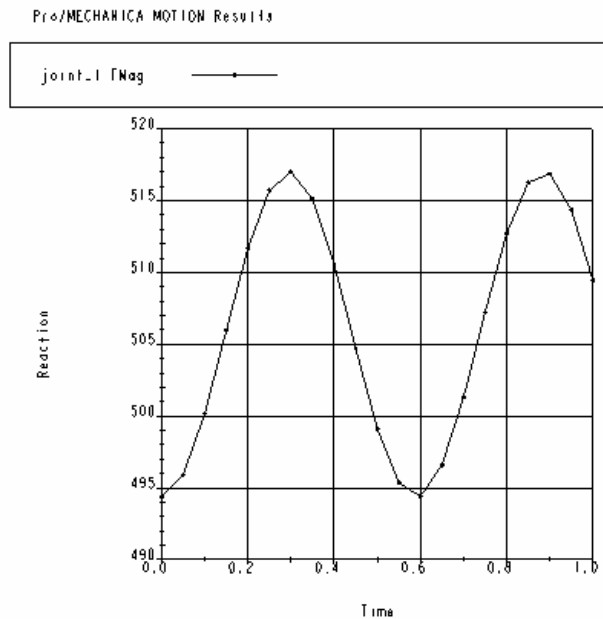
- 選取 **Done/Return (完成返回)**以退出圖形。

### 畫接頭反作用力對時間的圖形

接下來，你將建立一圖形以告訴你在鐘擺支撐結構上的負載。

- 選取 **Graph (圖形): Connection (連結)**，這指令畫一運動分析在每一時步中插梢接頭之反應負載的圖形。

- 當提示選取連接方式時，選取插稍接頭。
- 在資料選單內，選取 **Force Mag (力大小)**和 **Accept (接受)**這表格。
- 按下 **Done Sel (完成/返回)** (或滑鼠中鍵)以結束選取連結的工作，接著圖形出現如下：



- 選取 **Point Query (點查詢)**，在圖上選取任一高峰以決定極大反應力和時間。  
在圖上最大力約為 517 lb<sub>m</sub>·in/s<sup>2</sup> ( $\approx 1.34$  lb<sub>F</sub>)和發生在時間 0.3 和 0.9 秒。
- 選取 **OK** 和按下滑鼠中鍵以退出點詢問模式。
- 選取 **Done Sel (完成/返回)**以退出這圖形。

你可能發現它很有趣的，返回接頭位置對時間的圖形和明瞭鐘擺在何後反作用力最高，這些位置是否有意義或他們是你所預期的。

## 定義設計參數

在你滿意你的基本機構是札實的之後，現在是放入你的工程直覺和知識到模型的時候。藉由建立設計參數你告訴運動模組什麼方面是你的模型想要改變和變多少。

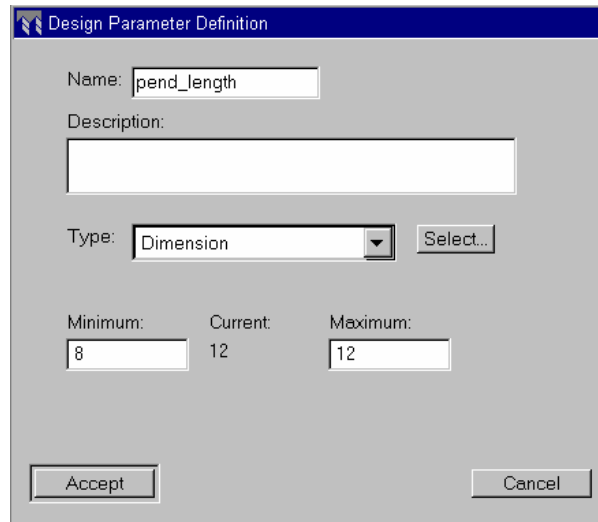
為滿足設計的目標，你需要減少鐘擺的週期。最明顯的方法是改變鐘擺的長度，這不只降低系統的質量而且移動重心更接近樞點。在運動模組，使用設計參數改變鐘擺長度很容易做。

你需要建立一個設計參數以允許連桿的長度縮短四英寸。雖然移動任一圓柱端面都可達到同一件事，但對於模型來說你將移動底部的點(它是被焊接到方塊上)向上四英寸。

## 建立一設計參數

接著，你將建立一個設計參數在圓柱底部的點上。你的工作是允許鐘擺的長度從目前 12 英寸變化到 8 英寸。

- 從 MOTN MODEL (運動模型)選單中，選取 **Dsgn Controls (設計控制): Design Params (設計參數): Create (建立)**。
- 在 Design Parameter (設計參數)表格上，挑選靠近 Dimension (尺寸)的 **Select (選取)**鈕。
- 挑選連桿直到長度尺寸出現。
- 選取尺寸 12.0。
- 輸入 **8** 當最小值和 **12** 當最大值。
- 當你的表格看起來如表所示，選取 **Accept (接受)**，然後 **Done (完成)**。



7. 從 DSGN CONTROLS (設計控制)選單，選取 **Shape Animate (形狀動畫)**。
8. Design Variable Shape Animation (設計變數形狀動畫)表格出現，讓所有的細節和全部內定值不變並選取 **Animate (動畫)**。
9. 持續輸入 Return (返回)直到外形動畫完成。連桿的長度如需要地變更嗎？。
10. 回答 **Yes (是)**回到零件原來的形狀。

## 建立測量

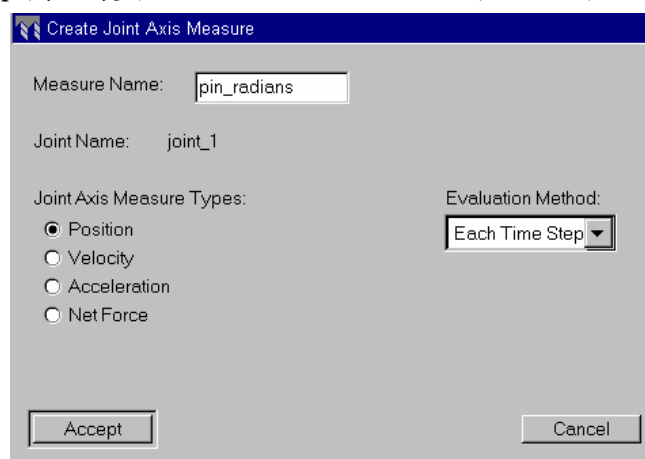
想像測量(measure)就像探頭你黏貼到你的機構以追蹤某些數量。例如，你可能想要測量某一點的速度或一插梢接頭的角速度。這些測量將用來追蹤沿著鐘擺週期的改變，和後來當作在一最佳化研究的目標和限制。你將建立下列的測量：

- 一測量來追蹤插梢接頭的位置以徑度表示。
- 一計算測量來追蹤插梢接頭的位置以角度表示。
- 一測量來追蹤模擬時間。

## 建立一插梢接頭位置的測量

你將建立第一個測量是一插梢接頭測量來追蹤插梢接頭的位置以徑度表示，這是一個「初」或獨立的測量，它簡單地累積資訊而沒有操作或者重新計算任一數據。

1. 從 MOTN MODEL (運動模型)選單，選取 **Measures (測量): Create (建立): Joint Axis (接頭軸)**。
2. 當你被提示一接頭軸，選取插梢接頭。
3. 在表格，輸入 **pin\_radians** 當作測量的名稱。
4. 確認 **Joint Axis Measure Type (接頭軸測量類型)**的 **Position (位置)**選項是被點取。
5. 確認 **Each Time Step (每一時步)**被選取為 **Evaluation Method (評估方法)**。

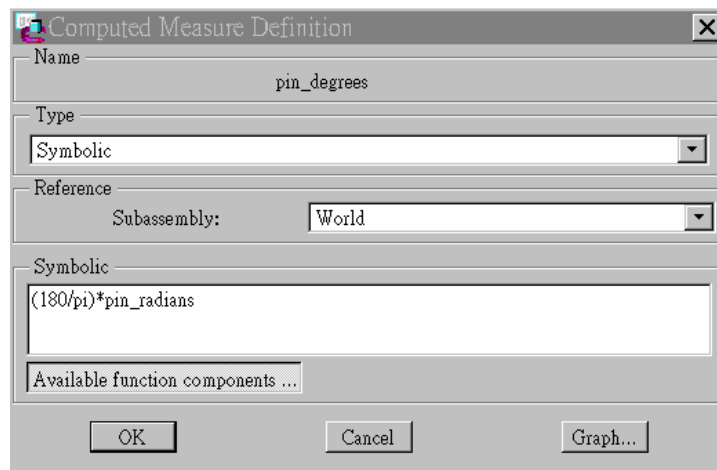


6. 選取 **Accept (接受)**。
7. 按下 **Done Sel (完成選取)**以回到 Measure (測量)選單。

## 建立一計算測量

下一步，你將建立一個計算測量。這個測量追蹤插梢接頭的位置以角度表示，將插梢位置由徑度轉換到角度。

1. 選取 **Measures (測量): Create (建立): Computed (計算)**，出現一個表格。
2. 輸入 **pin\_degrees** 當作測量名稱。
3. 選取 **Define/Review (定義/檢視)** 鈕。
4. 在 Function definition (函數定義)下的欄框內，輸入 **(180/pi)**。
5. 選取 **Measures (測量)** 鈕以得一完整的可用測量清單。
6. 從清單選取 **pin\_radians** 和 **Accept (接受)**，測量表格出現。  
測量定義框將會讀到：



如果你把這個測量名稱看作一個等式的左側，並且把這個測量定義看作右側，你剛才定義了：

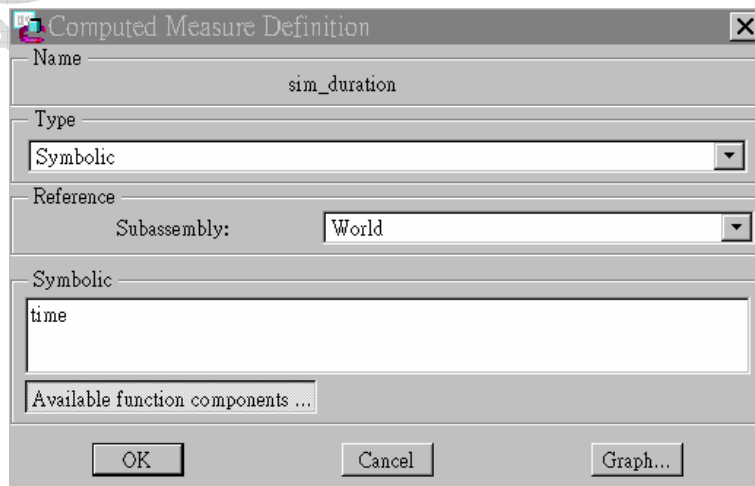
$$\text{pin\_degrees} = (180/\pi) * \text{pin\_radians}$$

7. 選取 **Accept (接受)**兩次後完成。

## 為模擬時間建立一測量

步驟是如同前面建立計算的測量，除了這個測量名稱是 **sim\_duration**。

1. 建立 **computed (計算的)**測量稱作 **sim\_duration**。
2. 選取測量 **Time (時間)**。
3. 完成資料表如下所示。



## 執行一全域敏感度設計研究

全域敏感度(global sensitivity)研究將告訴你加入的設計參數對重要數量如接頭反作用或循環時間有何影響。

爲了瞭解當你執行一全域敏感度研究時發生什麼，想像製作了九個複製的模型和在每個模型製作不同的鐘擺長度。接著想像對每一個模型執行一標準的研究，然後注視每個模型接頭位置相時間的圖形。這與先前你執行標準研究和觀看模型結果是相同的過程。

想像每次你注視圖形之一，你寫下鐘擺長度和週期時間，假如你在一張圖紙上繪這些數字，你將會有與來自執行全域敏感度研究相同的結果。

設置和執行一全域敏感度研究，其變化鐘擺長度涵蓋它的範圍，和執行一運動研究於九個位置。

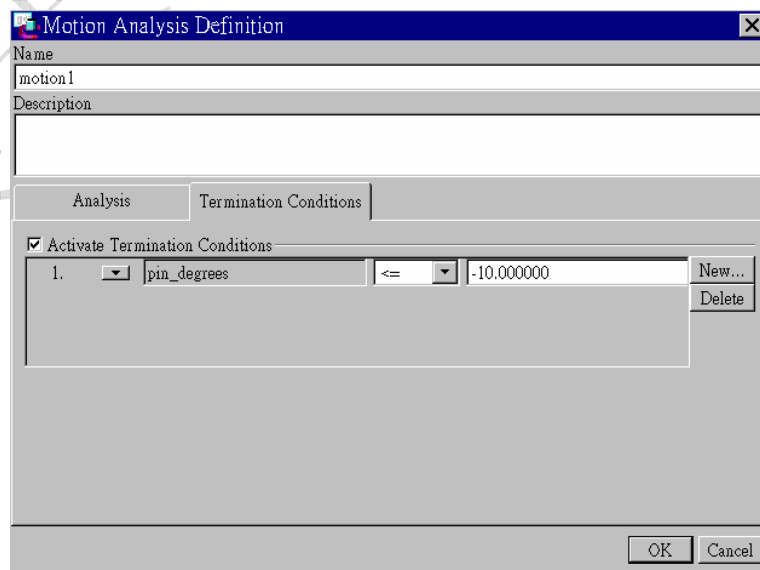
## 準備設計研究

在本節，你將一定義運動分析以便使用於全域敏感度研究。

1. 使用指令 **Model (模型): Init Conds (初始值): Create (建立): Joint Axis (接頭軸)**來設置初始條件。假如你需要幫助，參考先前的章節「建立初始條件(Creating Initial Conditions)」。因爲執行一標準分析之後會刪除初始條件，你必須再一次設置初始條件。

你將編輯你先前建立的運動分析，使它僅僅值執行到鐘擺到達弧的底部，這將加快你的敏感度研究，這正好是整個循環的四分之一，因此你尋找參數設定使模擬期間測量等於0.25秒。

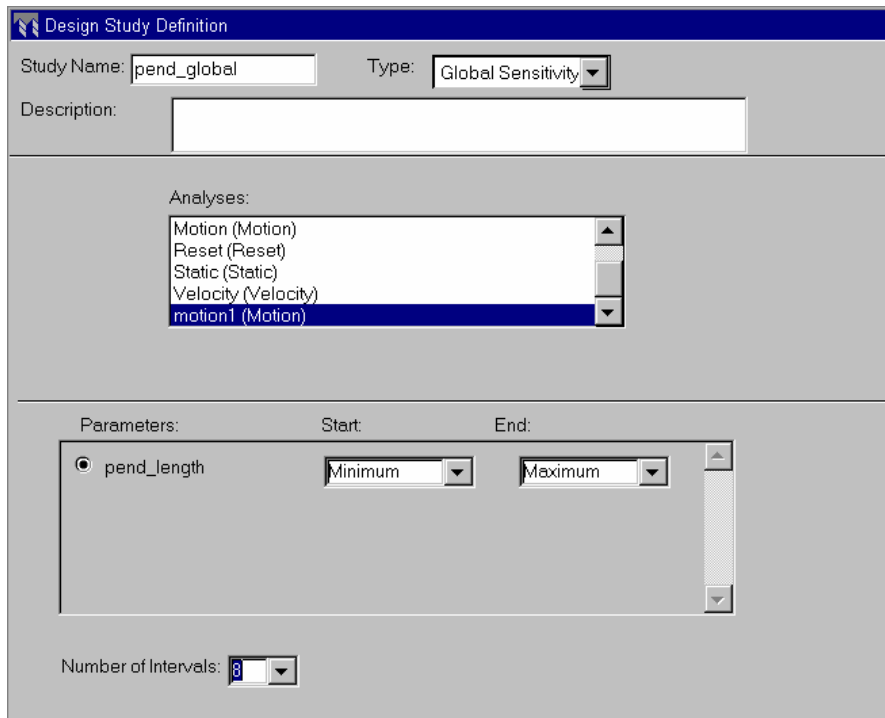
2. 從 MOTN MODEL (運動模型)選單選取 **Done/Return (完成/返回)**，然後選取 **Analysis (分析)**。
3. 從清單選取 motion1。
4. 選取 **Edit (編輯)**及 **Analysis Definition (分析定義)**表出現。
5. 當鐘擺在弧的底部時爲使這個研究終止，選取接近表的底部 **Termination Conditions (終止條件)**鈕。
6. 選取 **New (新建)**和測量清單出現。
7. 選取 **pin\_degrees** 然後 **Accept (接受)**，**Analysis Definition (分析定義)**表格含終止條件出現。
8. 選取大於(>)鈕和切換到小於或等於(<=)。
9. 輸入-10 在輸入框，所以終止條件讀爲 **pin\_degrees <= -10**。當上述條件是真時，模擬將會停止；假如達到預設期間，模擬也會停止。
10. 選取 **Accept (接受)**和分析表格再出現。
11. 選取 **OK** 和 **Close (關閉)**。



## 定義—全域敏感度研究

現在初始使條件已被設置和你已編輯運動分析，你可以定義設計研究。

1. 從 MEC MOTION (運動)選單，選取 **Design Study (設計研究)**和設計研究定義表格出現。
2. 輸入 **pend\_global** 當作研究名稱。
3. 選取 **Global Sensitivity (全域敏感度)**當作類型。
4. 從分析的清單選取 **motion1**。
5. 確認 **pend\_length** 參數被選取和 **Start (開始) = minimum (最小值)**和 **End (終止) = maximum (最大值)**。
6. 輸入 **8** 當作區間數，這將在圖形上給你九個資料點。



7. 選取 **Accept (接受)**和 Design Studies (設計研究)表格出現。注意你的研究 **pend\_global** 在定義研究的清單。
8. 選取 **Done (完成)**。
9. **Save (儲存)**你的工作和返回運動模組選單。

## 執行研究

接著，你將執行此研究。

1. 選取 **Run (執行)**。
2. 確認 **pend\_global** 已被選取。
3. 選取 **Start (開始)**和研究開始。

## 檢視結果

由全域敏感度研究得到的結果總是顯示成一測量對一尺寸參數的圖形，你可以由這些圖馬上知道如何改變你的尺寸參數以建立一較佳的設計。在這個例子你尋找鐘擺長度恰好給你 1 秒的循環時間。記得你設定運動分析使它在鐘擺到達弧的底部時終止，這段期間實際上是總周期的 $\frac{1}{4}$ ，所以你將尋找 **pend\_length** 參數的值使得模擬在 0.25 秒停止。

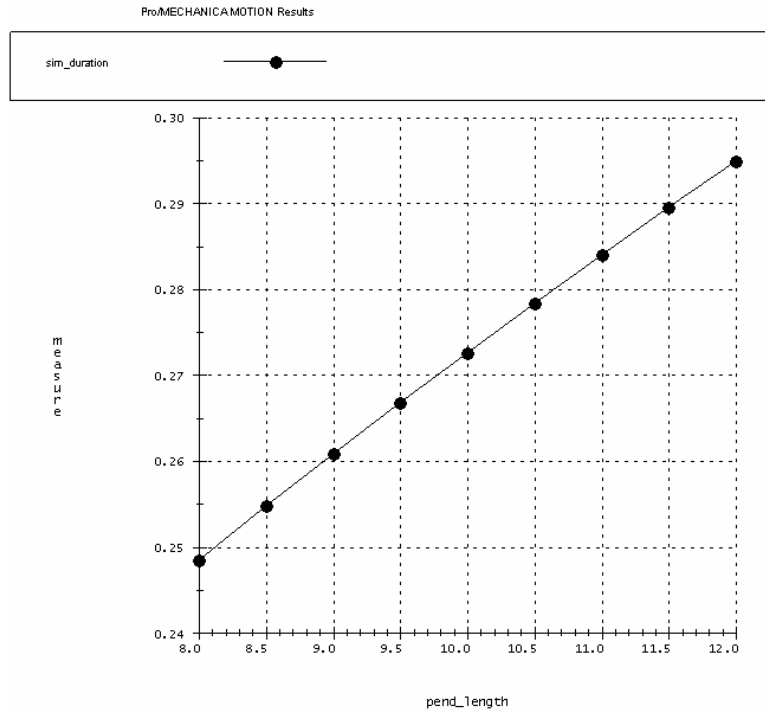
當你的研究全部完成時，建立圖形以顯示模擬期間對 **pend\_length**：

1. 從 **Global Sensitivity Design Study Results (全域敏感度設計研究的結果)**表格選取測量 **sim\_duration**。



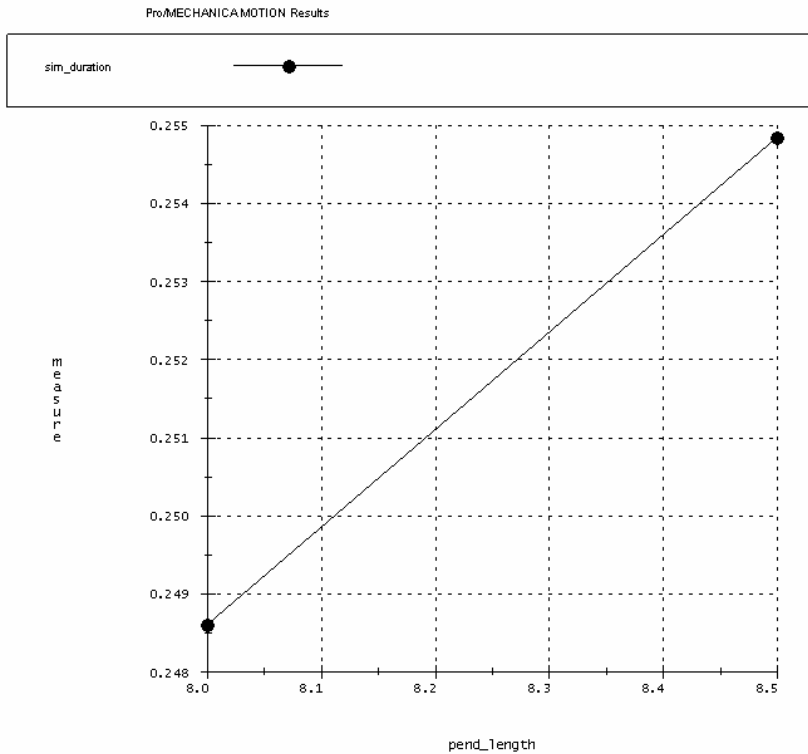
假如，基於某些理由，你不能立刻在螢幕上得到這個表格，藉著選取 Results (結果): Graph (圖形): Global Sensitivity (全域敏感度研究)後，你可以取回它。

2. 選取 **Graph (圖形)** 鈕。



當 sim\_duration 等於 0.25 秒時是我們感興趣的點，這點位於圖形頭兩個點之間。你可以放大這個圖形區域使它充滿整個螢幕。

3. 選取 **Seg Graph (區段圖形)** 以放大被選取的圖形區域。
4. 選取圖形頭兩個點，則下面圖形出現：



sim\_duration 的值 0.25 對應到一鐘擺長度大約在 8.12 英寸附近。與其猜測參數值以得到精確的 1 秒週期，你可以簡單地建立一最佳化設計研究以找到精確的長度。

5. 選取 **Done/Return (完成/返回)** 以離開圖形。
6. 在資料表格選取 **Done (完成)**。

## 執行一最佳化設計研究

最後步驟之一是定義一最佳化研究。你能使用一最佳化研究來調整或徹底地改變一設計。定義一個最佳化研究通常牽涉到設定一個目標和幾個限制，雖然無目標或無限制的最佳化是有可能的。

### 建立最佳化研究

對於這個例子，你並不感興趣於最小化或最大化，所以將沒有目標。但是，你有一個限制使 sim\_duration 等於 0.25 秒，而沒有其他的限制需要滿足。

1. 選取 **Design Study (設計研究)** 和 **Create (建立)** 鈕，Design Study Definition (設計研究定義) 資料表格出現。
2. 輸入 **pend\_optimize** 當作研究名稱。
3. 改變類型到 **Optimization (最佳化)**。
4. 因為這個最佳化沒有目標，關閉靠近目標的鈕。
5. 在相同的欄位，使用 **Select (選取)** 的鈕選取 **motion1** 作為要執行的分析。
6. 在 Limit (限制) 欄，選取 **Create (建立)**。Select One or More Measures (選取一個或更多測量) 資料表格出現。
7. 從測量的清單選取 **sim\_duration** 和 **Accept (接受)** 以離開這個表格。
8. 改變 **<** 為 **=** 和輸入數值 **0.25**，以使限制讀成 **sim\_duration = 0.25**。
9. 最後，改變 Optimization Convergence (最佳化收斂) 為 **0.1%**，這將保證最終的 sim\_duration 數值是  $0.25 \pm 0.00025$  秒。當你完成定義這個研究，資料表格應該看起來像下表：

The screenshot shows the 'Design Study Definition' dialog box. The 'Study Name' field contains 'pend\_optimize' and the 'Type' dropdown is set to 'Optimization'. The 'Description' field is empty. The 'Goal' checkbox is unchecked. The 'Analysis' dropdown is set to 'motion1'. In the 'Limits On Measures' section, the 'Limits On' checkbox is checked, and a list contains one item: '1. sim\_duration' with a radio button selected, an equals sign in a dropdown, and the value '0.25' in a text box. Below this are 'Create...' and 'Delete' buttons. The 'Parameters' section has a table with columns 'Parameters', 'Min', 'Init', and 'Max'. The 'pend\_length' parameter is checked, with 'Minimum' in the Min dropdown, 'Current' in the Init dropdown, and 'Maximum' in the Max dropdown. At the bottom, 'Optim Convergence (%)' is set to '0.1' and 'Max Iterations' is set to '20'.

10. 選取 **Accept (接受)**。
11. 一警告訊息將出現以確認最佳化 0.1% 的收斂是正確的，選取 **Yes (是)**。  
注意你的研究 **pend\_optimize** 目前是在已定義研究的清單中。
12. 選取 **Done (完成)**。

13. **Save (儲存)**你的模型。

## 執行研究

現在你定義了這個研究，你將執行這個研究：

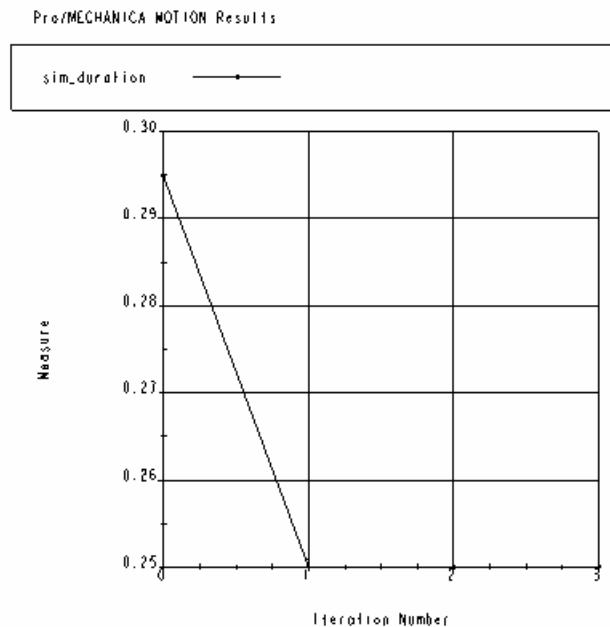
1. 選取 **Run (執行)**和執行資料表格出現。
2. 確認 **pend\_optimize** 是被選取的。
3. 選取 **Start (開始)**和研究開始。  
注意模型已被更新到它最佳化構造。
4. 選取 **Yes (是)**以接受新的參數設定。

## 檢視結果

一最佳化的結果是非常相似於一全域敏感度研究可用的結果。這次，圖形將顯示某個測量對最佳化歷程。關於 **pend\_optimize** 設計研究，當 **Pro/M** 選取一參數位置，然後執行被要求的運動分析後，一最佳化歷程則被完成。

建立圖形以顯示模擬期間如何隨每次最佳化迭代而改變。

1. 在 **Optimization Design Study Results (最佳化設計研究結果)**表格選取測量 **sim\_duration**。  
假如目前在螢幕你沒有這個表，你可以藉選取 **Results (結果): Graph (圖形): Optimization (最佳化)**得到它。
2. 選取 **Graph (圖形)**鈕。



## 確認結果

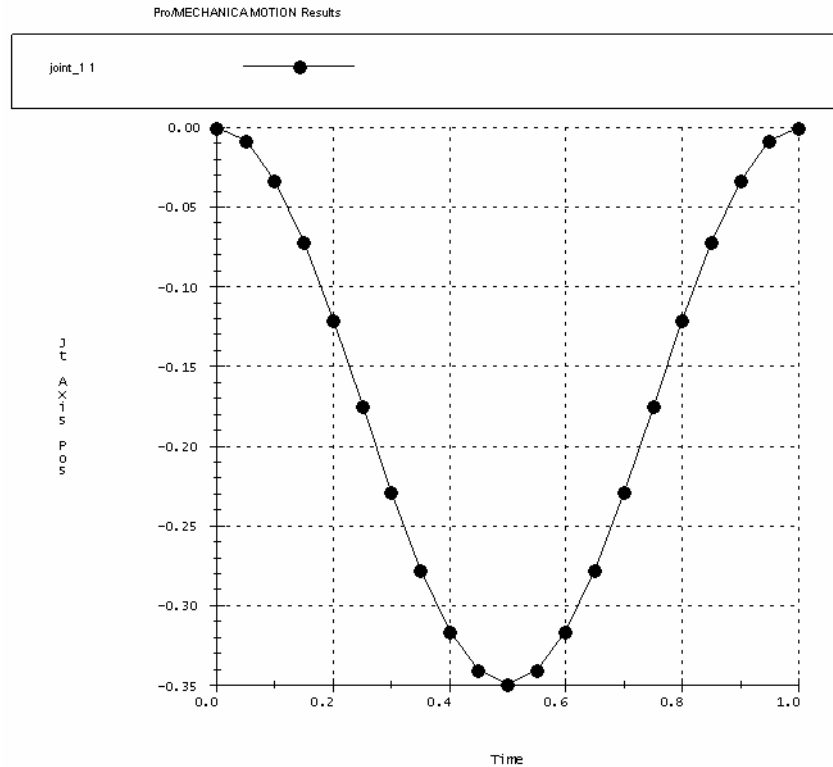
就當最後的確認步驟，返回初始 **motion1** 模擬和繪接頭軸位置對時間的圖形以檢查鐘擺週期：

1. **Edit (編輯)**分析 **motion1** 和關閉終止條件。
2. 假如有必要重設初始條件。
3. **Run (執行)**分析 **motion1**。
4. 當研究完成，選取 **Results (結果): Graph (圖形): Jt Axis Position (接頭軸位置)**。
5. 選取插梢接頭和按 **Return (返回)**以建立下圖。
6. 當準備好離開繪圖，選取 **Done/Return (完成/返回)**。

## 檢視最理想的鐘擺長度

知道你的鐘擺週期是正確的，再檢視最理想鐘擺的長度：

1. 選取 **Model (模型): Dsgn Controls (設計控制): Design Params (設計參數): Review (檢視)**。  
注意連桿的新長度是 8.119 英吋，則鐘擺總長度 11.119 英吋長，這是你尋求的設計。
2. 選取 **Done (完成)**和 **Save (儲存)**模型。



## 使用運動干涉檢查

整合 Pro/E 和 Pro/M 運動模組可以是一個非常強大的組合。在運動模組執行模擬之後，你可以使用干涉檢查那些碰撞零件——不管零件幾何的複雜性如何。

1. 回到運動結果，選取 **Animation (動畫): Interference (干涉): Exact Result (正確解): Two Parts (兩零件): Exclude Quilts (排除曲面): Stop Animation (停止動畫)**。
2. 當被提示時，選取方塊和箱子作為被檢查的兩個零件。
3. 現在 **Start (開始)**動畫，當碰撞被偵測到時動畫將會停止。
4. 繼續動畫以查看方塊和箱子兩者之間的干涉範圍。
5. 使用 **Model (模型): Dsgn Controls (設計控制): Design Params (設計參數): Create (建立)**和選取箱子的寬度尺寸。注意你可能需要 **regenerate (再生)**你在組件的模型以得到箱子來改變寬度。
6. 增加箱子的寬度直到干涉不再發生。箱子的寬度需要多少呢？