

整合模式鐘擺

鐘擺練習概述

前言

本練習概述 Pro/MECHANICA MOTION (簡稱 Pro/M 運動) 模組解決一工程問題的過程，本練習的目的是介紹你在往後課程中將學到的概念和任務，並給你課後一個討論的起點。如果你完成本練習而感到有一點困惑，請不要如此，因為在本練習你僅輕輕滑過運動模組的表面。

當你以 Pro/M 運動模組模擬一機構時，記住完成下列四個步驟：

1. 準備組件

- 建立基準點及座標系統供運動模組使用
- 簡化組件使注意集中於運動件
- 建立物體(body)

2. 發展模型

- 指定材料性質
- 建立物體間的連結
- 建立負載與驅動器

3. 分析模型

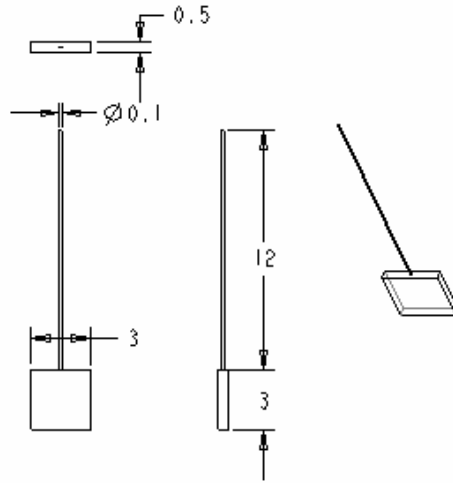
- 建立初始條件
- 執行組件分析
- 執行運動分析及檢視結果

4. 最佳化模型

- 建立設計參數(design parameters)
- 執行敏感度研究(sensitivity study)
- 執行最佳化研究(optimization study)

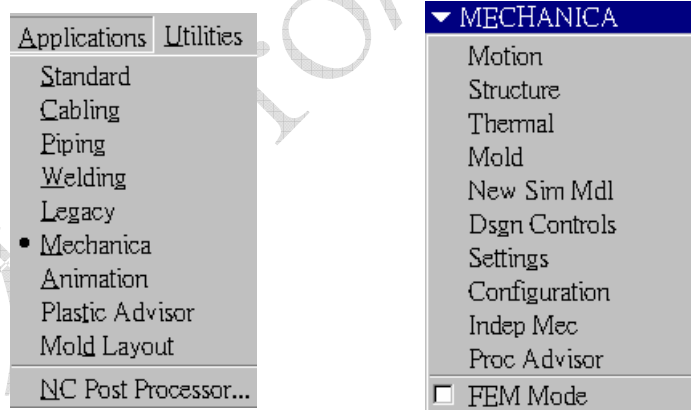
練習概述

你的工作是為一個鐘設計一支鐘擺，鐘擺是由一支修長的連桿在末端連接一矩形塊所組成，兩個零件皆由鋼所製成。你的目標是建立一鐘擺恰好有一秒鐘的週期，鐘擺的準確度取決於如何精確地設計它。



使用者介面

當你在 Pro/M 整合模式中工作時，你是使用 Pro/ENGINEER (簡稱 Pro/E) 使用者介面來建立組件的運動模組模型。



雖然你不須具有 Pro/M 運動模組的任何經驗來完成這個練習，但是你應該具有堅實的 Pro/E 零件和組件建立技巧的工作知識，以及機械工程的實務。

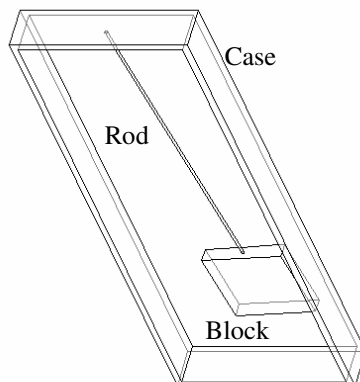
建立模型

建立零件

使用 Pro/M 整合模式的第一步是在 Pro/E 裡先建立機構的零件。

你的關係及尺寸標註方式是模型關鍵性的部分。你的尺寸及關係定義了質量特性和設計參數並直接地影響在最佳化過程中零件外形如何改變，當你規劃你的尺寸標註方式及關係時永遠都要預先想好。

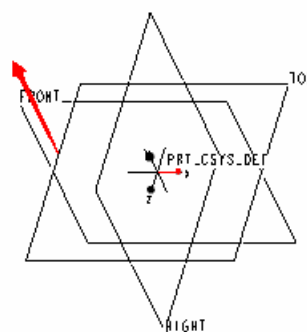
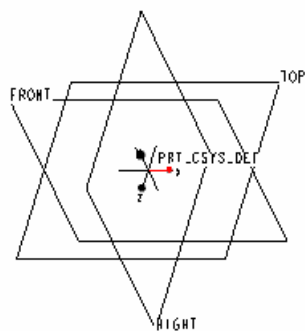
在這一節，你將建立 rod 連桿、block 方塊和 case 箱子三個零件，如下圖所示：



建立連桿零件

在這個練習部分你將建立連桿零件。

1. 從選單選取 **File (檔案): New (新建): Part (零件)(零件)**。
2. 在訊息窗，輸入零件名稱 **rod**，使用內定模板及按下 **Return (返回)**。
當模型樹資料表出現，移動它到方便的位置。
3. 總是以內定基準面和座標系統開始你的模型。基準平面呈現如圖所示。



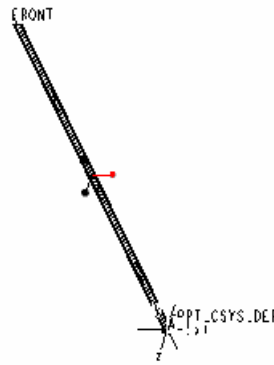
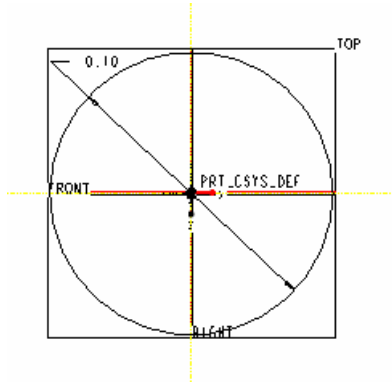
建立連桿的基底特徵

1. 爲了建立連桿的基底特徵，選取 **Feature (特徵): Create (建立): Solid (實體): Protrusion (長出材料): Extrude (拉伸): Solid (實體): Done (完成)**。
ATTRIBUTES (屬性)選單管理員和 PROTRUSION (長出材料): Extrude (拉伸)對話框顯示。
2. 選取 **One Side (單側): Done (完成)**。
3. 當訊息視窗提示，在模型上選取 TOP 作為草繪平面。
4. 如果在 TOP 上箭頭不是如圖所示，使用 **Flip (反向)**指令；否則，選取 **Okay**。
注意：每當你在螢幕上被提示選取物件時，通常最容易使用 Query Select (查詢選取)，它允許你循環地選取可能的選項。

5. 下一步你選取水平參照平面，從 SKET VIEW (草繪視圖)選單中，選取 **Bottom (底)**和選取 FRONT，則草繪器出現。

草繪和標註連桿基底特徵

1. 草繪一單圓及標註直徑 **0.1**。
確定你对齊圓心在 FRONT 和 RIGHT 的中心上，如圖所示。

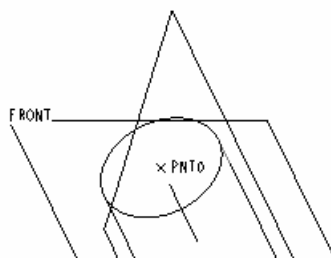


2. 從 SKETCHER(草繪器)選單管理員，選取 **Done (完成)**，然後 **Blind (盲深度): Done (完成)**。
3. 在訊息視窗，輸入拉伸深度 **12.0**，接著在 PROTRUSION (長出材料)資料表格中選取 **OK**。
4. 要切換到內定視圖，選取 **View (視圖): Default (內定)**。
5. 零件應該呈現如圖所示。
6. 你可以動態變化你的視圖，按住 **Ctrl** 鍵和按住滑鼠左鍵則可放大縮小，若 **Ctrl +**滑鼠中鍵則是旋轉, **Ctrl +**滑鼠右鍵則是平移。嘗試動態的檢視，然後選取 **View (視圖): Default (內定)**切換回內定視圖。

在連桿上增加基準點

連接所有接頭的位置和一些負載類型、測量、及運動模組結果必須以使用基準點指定。就連桿而言，你將使用插梢把連桿頂部附加到箱子，因此我們需要在連桿的一端建立基準點。

1. 放大連桿頂端如圖所示，**View (視圖): Pan/Zoom (平移/縮放): Zoom In (放大)**。
2. 使用 **Datum (基準): Point (點): Curve x Srf (曲線 x 曲面交點)**。
3. 當被提示選取一曲線時，選取連桿的軸 **A_1**。
4. 當被提示選取一表面時，選取連桿的上端面。



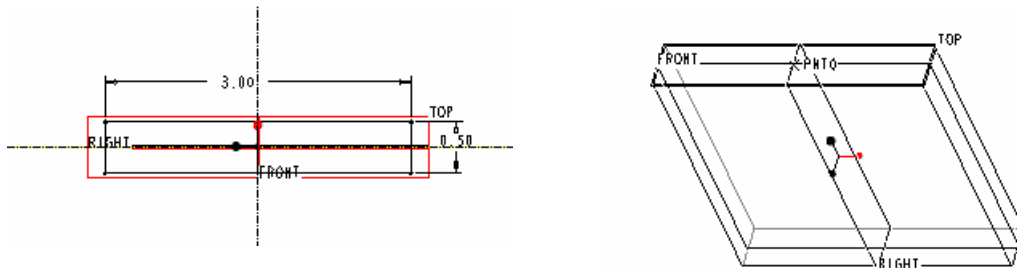
5. 不要忘記選取 **Done (完成)**。
6. 接著上面步驟增加一點到連桿的下端面。
7. 儲存你的工作是重要的，選取 **File (檔案): Save (儲存)**，和接受內定物件名稱。在這個練習要常常作存檔。
8. 選取 **Close Window (關閉視窗)**以準備建立下一個零件。

建立方塊零件

你現在將建立方塊零件。

1. 選取 **New (新建): Part (零件)**，命名此零件為 **block**。
2. 如先前一樣，接受內定模板。

3. 要建立基底特徵，選取 **Feature (特徵): Create (建立): Solid (實體): Protrusion (長出材料): Extrude (拉伸): Solid (實體): Done (完成): One Side (單側): Done (完成)**。
4. 選取 **TOP** 為草繪平面和 **Flip (反向)**使箭頭朝下。
5. 選取 **Bottom (底)**和選取 **FRONT** 為草繪器參考方向。
6. 草繪和標註方塊如圖所示。(提示：使用水平的和垂直的中心線)

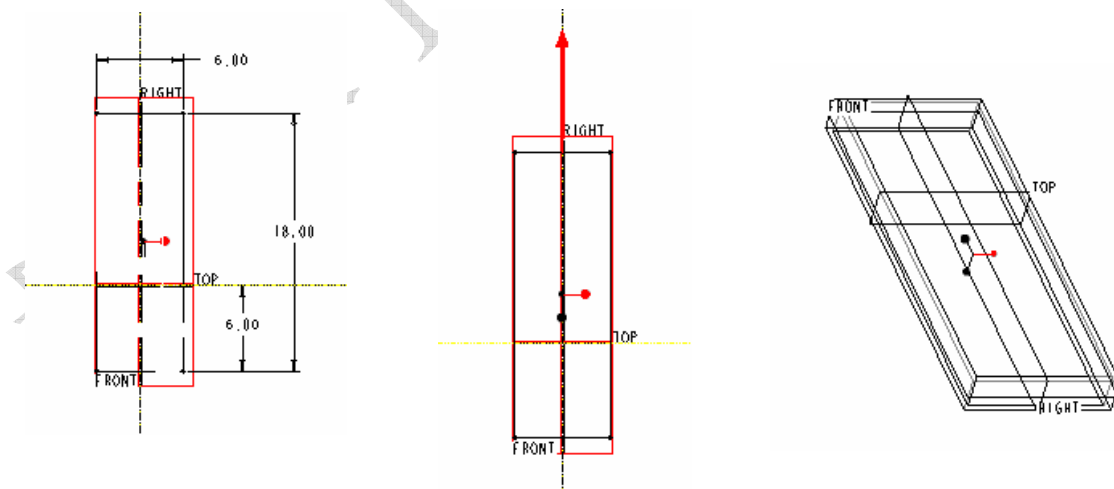


7. 完成此拉伸 **3.0** 英寸盲深度的特徵。
8. 增加基準點以完成此零件。選取 **Datum (基準): Point (點): Three Srf (三曲面)**。
9. 現在選取三個基準面。
10. 選取 **Done (完成)**。
11. 內定視圖如上圖所示。
12. **Save (儲存)**這零件 block，然後選取 **Close Window (關閉視窗)**。

建立箱子零件

你現在將建立箱子零件。

1. 選取 **New (新建): Part (零件)**和取零件名稱為 **case**。接受內定基準面和座標系。
2. 這個箱子將使用薄板長出來建立。從選單選取 **Feature (特徵): Create (建立): Solid (實體): Protrusion (長出材料): Extrude (拉伸): Thin (薄板): Done (完成): Both Sides (雙側): Done (完成)**。
3. 選取 **FRONT** 當作草繪平面和 **Flip (反向)**使箭頭朝向你。
4. 選取 **Bottom (底)**和選取 **TOP** 作為草繪器參考方向。
5. 草繪和尺寸標註這個箱子如下圖所示。(提示：使用垂直的中心線)
6. **Flip (反向)**箭頭使材料從曲線向外建立，並輸入寬度 **0.25**。
7. 完成長出 **Blind (盲深) 1.5** 英寸。內定視圖如下圖所示。

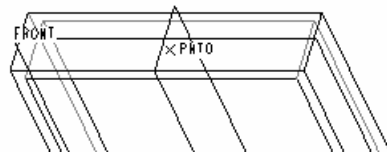


在箱子上增加一基準點

為了透過插梢接頭將連桿附加到這個箱子，你需要增加一個基準點到這個箱子上方內表面的中心。

1. 選取 **Datum (基準): Point (點): Three Srf (三曲面)**。
2. 選取 **RIGHT**、**FRONT** 和箱子上方內表面的交點，如下圖所示。

3. **Save (儲存)**這零件和 **Close Window (關閉視窗)**。



建立組件

自由放置(Package)提供了在組件裡迅速地顯現和重新排列元件的能力。當你自由放置零件時，Pro/E 隨意地它放入組件中。然後，你可以使用滑鼠重新定位它—沿著平面滑動它、沿著軸旋轉它等。Pro/E 記得已自由放置零件的位置，位置是絕對的，不是相對於其他的零件。在整合模式內你可以：

- **Add (增加)**—放置一新元件入組件中，但不使用組件放置控制。
- **Move (移動)**—在組件中重新定位一自由放置元件。
- **Finalize (完成)**—使用組件放置限制來最終定位一自由放置元件。

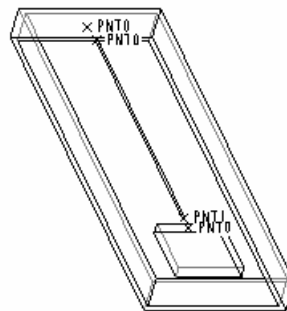
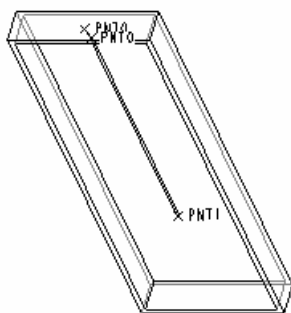
再生(Regenerate)將引起任何參數式限制被強化，而不管任何被運動模組設定的物體位置。如此，使用者仍然可以建立一運動接頭介於兩參數式放置實體間並執行一運動分析，但再生將導致運動模組設定的位置遺失。因此，對於個別機構物件，必須使用自由放置來模擬運動模組中組件的移動件，而不要使用配合(Mate)、對齊(Align)、偏距(Offset)等參數式放置。

建立組件和加入箱子

1. 選取 **File (檔案): New (新建): Assembly (組件)**以建立一組件名稱爲 **pendulum**。
2. 爲增加箱子，選取 **Component (元件): Assemble (組立)**。
3. 從清單選取 **case.prt**，使用內定座標系統限制箱子。

將連桿加到組件

1. 你現在將使用自由放置來增加連桿到組件，選取 **Package (自由放置): Add (增加)**。
2. **Open (開啓)**零件 **rod.prt**。
3. 連桿將以線架構出現在你的螢幕上，使用你的滑鼠自由放置它到組件中，如下圖所示。
4. 選取 **Done (完成)**以放置連桿到組件。



將方塊加到組件

1. 要增加方塊到組件，從 **PACKAGE (自由放置)**選單中選取 **Add (增加)**。
2. **Open (開啓)**零件 **block.prt**。
3. 這個方塊以線架構出現在你的螢幕，使用你的滑鼠自由放置它在靠近連桿底部，如圖所示。
4. 選取 **Done (完成)**以放置方塊到組件。
5. **Save (儲存)**這個組件。

建立運動模型

你將完成下列步驟以便準備你模擬用的組件：

- 確定接地
- 指定材料性質
- 建立連接方式
- 建立負載和驅動器
- 指定初始條件給機構

一物體(body)是許多以固定連接方式完整地組立的 Pro/E 零件集合。一個物體是單獨整體的實體，它不具有移動的零件，例如一個電路板上有許多晶片附著在上面。運動分析是模擬由兩個或更多物體所構成一系統的行爲(其中之一必須爲接地)。因此一個物體將由一個或更多零件的次組件所構成。運動模組中的物體是被視爲剛性的。

如果物體對應到單一零件或組件，則物體的內定名稱是與組件中零件名稱相同；如果一物體由多個單一零件或組件所組成，則它被給定一內定名稱 **body1**，這個內定名稱不應該被改變除非零件需要重新命名。

任何固定的放置限制(如配對或排列)將焊接(weld)零件在一起，使他們成爲一物體。每一被自由放置的元件，相對於其他組件沒有固定的放置限制，將被視爲一不同的物體。

在物體已被定義之後，如果一新的元件是被增加到一組件，則新物體的成員關係將是如下：

1. 如果元件是被自由放置的，則它變成一新的物體。
2. 如果元件是被參數式放置於一現有物體，則它變成該物體的一成員。
3. 如果元件是被放置使其連結二個或以上的現有物體，則被連結物體將熔解成一物體的不同零件。基本上，它回到正常的情況給運動模組。

選取接地

一個固定物體是你的非移動的參照點。每個運動模型必須至少有一個接地(ground)。這個機構將使用箱子當作接地。

1. 要開始 Pro/M 運動模組，選取 **Applications (應用程式): Mechanica: Motion (運動)**。
2. 選取 **Model (模型): Bodies (物體)**，Bodies (物體)表格附帶明示的接地出現。
3. 選取 **Review (檢視)**，Body Definition (物體定義)表格出現。
4. 挑選 **Select/Review Parts (選取/檢視零件)**鈕。
5. 選取 case 零件和 **Done Sel (完成選取)**。
6. **Accept (接受)**物體定義表格，及選取 **Done (完成)**。現在這個零件被固定—你固定了慣性參考座標。

指定性質

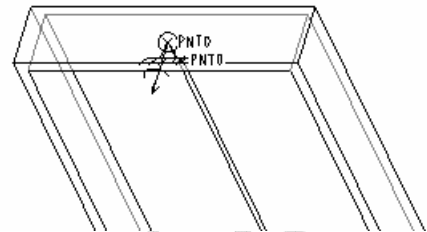
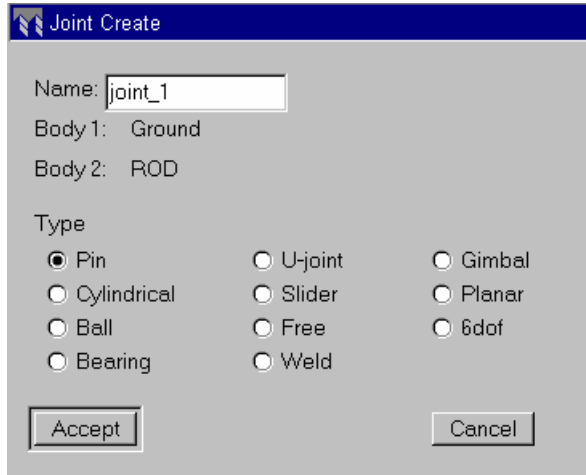
物體是一運動機構的建構區塊，所有物體必須指定材料性質以便能夠計算他們的質量性質。

1. 要告訴運動模組所有的零件是鋼製成，選取 **Property (性質): Material (材料)**。
2. 從 Library (資料庫)下方清單，選取 **STEEL (鋼)**。
3. 選取 **Assign (指定): Part (零件)**，並選取所有三個零件。
4. 選取 **Done Sel (完成選取)**鈕。
5. 從 Materials (材料)選單選取 **Close (關閉)**。

建立接頭

現在你將使用一插梢接頭把連桿連接到箱子上，然後使用一焊接連接連桿和方塊。插梢接頭將依它的內定方向建立，將允許這個鐘擺在箱子裡面擺動。當有需要你可以編輯接頭軸心方向。在這個時候，你應該執行一次 **View (視圖): Repaint (重繪)**以清理圖面，並定期地作。

1. 選取 **Connections (連結): Joints (接頭): Create (建立)**。
2. 你將被提示去選取在兩不同物體(或接地)上的基準點作連結，選取在箱子上 **PNT0**。
3. 然後選取在連桿上最接近的點(可能同樣地標記成 **PNT0**)。
4. **Joint Create (接頭建立)**資料表出現。注意 **Type (類型)**已經內定設為 **Pin (插梢)**。
5. 選取 **Accept (接受)**則黃色接頭圖像出現在模型上。

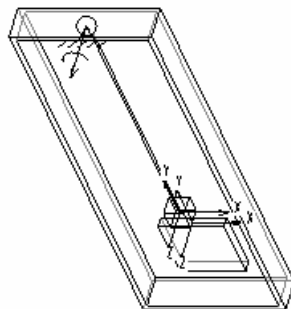


一插梢接頭僅允許對一個軸旋轉。按內定，插梢接頭的軸與全域Z軸對齊，這個對齊允許連桿在XY方向擺動。

建立焊接頭

接著，你將建立焊接頭以限制連桿和方塊之間任何運動。

1. 選取 **Joints (接頭): Create (建立)**。
2. 選取在連桿上 **PNT1**，然後在方塊上 **PNT0** (假如你的點是標記不同，連接在連桿底部和方塊頂端這兩點)。
3. **Joint Create (接頭建立)**資料表格出現，設定 **Type (類型)**到 **Weld (焊接)**並 **Accept (接受)**。一黃色的圖像代表焊接頭將出現。
4. 選取 **Done -Return (完成-返回)**回到模型選單。
5. 關閉所有基準實體顯示。
6. 關閉座標系統 **UCS (黃色)**和 **WCS (綠色)**。
7. 在運動模組，你可以藉選取 **View (視圖): Simulation Display (模擬顯示): Visibilities (能見度)**來打開或關閉 **LCS (藍色)**。你的模型應該看起來像下圖。

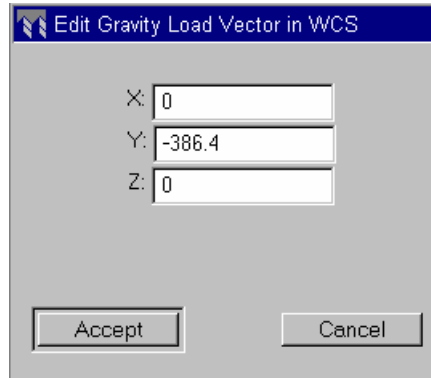


施加重力

負載是力或力矩作用在模型上，而驅動器是強制的運動作用在接頭軸上。在這個例子中，唯一的負載是重力。對應我們所使用材料性質的單位，重力值是在 Y 方向 -386.4 in/sec^2 。

1. 從 **MOTN MODEL (運動模型)**選單選取 **Loads (負載): Create (建立): Gravity (重力)**。

2. Edit Gravity Load Vector (編輯重力負載向量)資料表出現，輸入-386.4 到 Y 框內。
3. **Accept (接受)**表格，然後從 ACTION (作用)選單選取 **Done/Return (完成/返回)**。



在插梢接頭上設置零方位

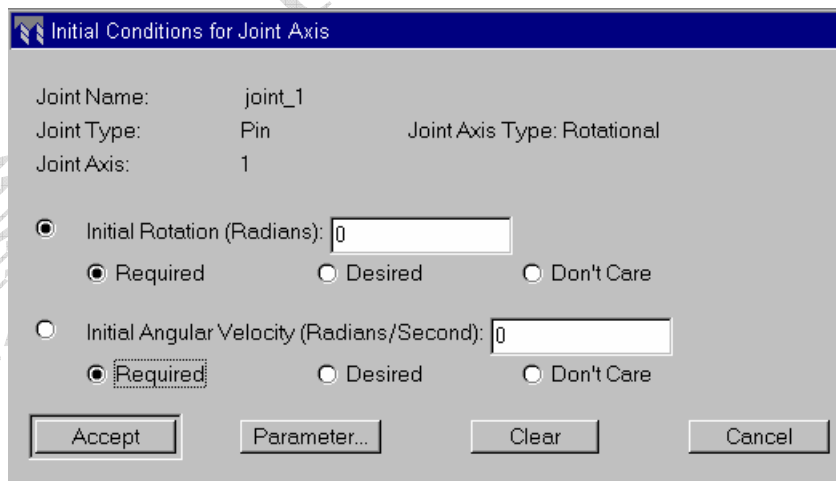
接下來你將設定插梢接頭的對齊使零代表鐘擺從垂直線轉動 10°。

1. 選取 **Connections (連結): Joints (接頭): Edit (編輯): Set Zeros (設定零)**。
2. 當被提示，選取插梢接頭。
3. 運動模組提示一編輯方法，選取 **Relative (相對的)**。
4. 輸入 **10** 當作角度值和按 **Return (返回)**。
5. 選取 **Done/Return (完成/返回)**。

建立初始條件

在擺動你的鐘擺之前，你需要決定在時間零時你想要它處於什麼狀態。對於這個模型，你將告訴運動模組你的初始條件是使連桿開始時離中垂線 10°夾角。

1. 選取 **Init Conds (初始條件): Create (建立): Joint Axis (接頭軸)**。
2. 當提示一接頭軸時，選取插梢接頭。
3. 選取 **Required (需要的)** 給初始旋轉和速度兩者。輸入 **0** 當作初始角度，及 **0** 當作角速度。
4. 選取 **Accept (接受)**，接著按 **Done/Return (完成/返回)**。



儲存模型

經常小心地儲存你的工作。

1. 選取 **Done (完成): Return (返回)**。
2. 選取 **Save (儲存)**。