

# Jednoduché kyvadlo

Spracované v MSC.ADAMS 2003.0.1  
<http://www.ktm.sjf.stuba.sk/atc>  
© ATC for MSC.ADAMS STU Bratislava

V príklade sú použité nasledovné moduly programu MSC.ADAMS:

**MSC.ADAMS/View**

**MSC.ADAMS/Solver**

**MSC.ADAMS/Postprocessor**

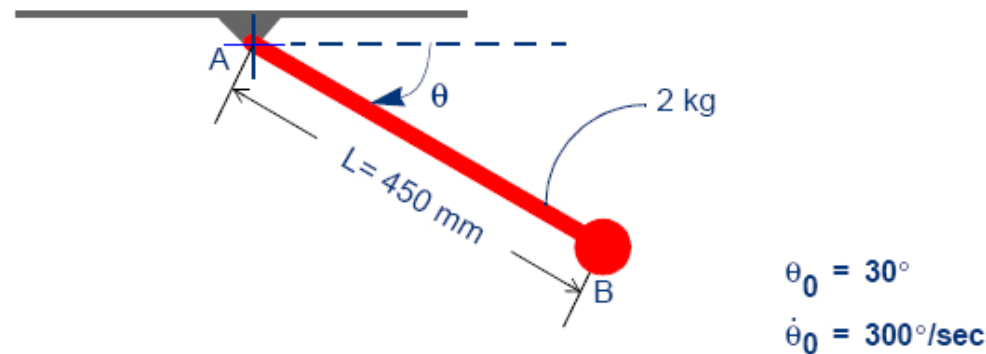
V príklade sú ukázané nasledovné techniky práce s programom:

- vytvorenie geometrie SPHERE, LINK
- premenovanie ENTITY
- zmena zotrvačných vlastností PARTu
- definovanie počiatočných podmienok pre JOINT
- vytvorenie merača MEASURE sily a uhla
- použitie sledovacieho nástroja v postprocessore
- použitie FFT analýzy v postprocessore

## Jednoduché kyvadlo

**Úlohy: A)** Zistíte počiatočnú silu v čape A pre kyvadlo, ktoré sa pohybuje v vertikálnej rovine s daným počiatočným uhlovým posunutím ( $\theta_0$ ) a počiatočnou uhlovou rýchlosťou ( $\dot{\theta}_0$ ). Taktiež zistíte frekvenciu kyvadla.

**B)** Výpočtom overte získané výsledky




**Spustenie programu MSC.ADAMS/View:**

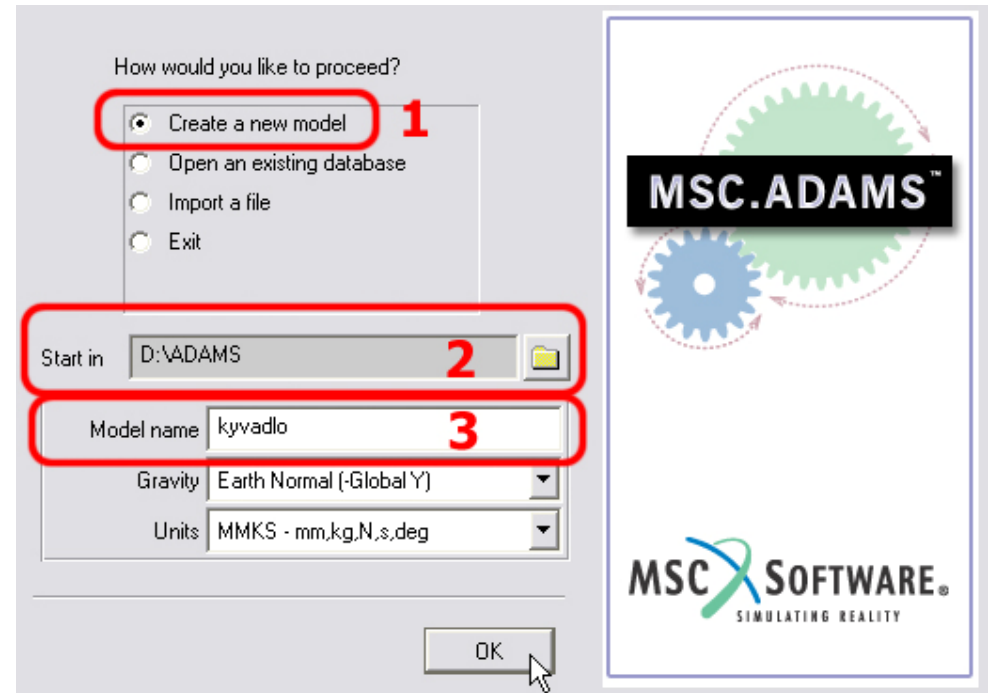
1. Dvojitým kliknutím na ikonu na pracovnej ploche
2. Prostredníctvom Štart menu systému Windows



**Štart – Programs – MSC.Software – MSC.ADAMS 2003 - AView – ADAMS – View**

## Vytvorenie novej databázy (modelu) pomocou uvítacieho dialógového panelu:

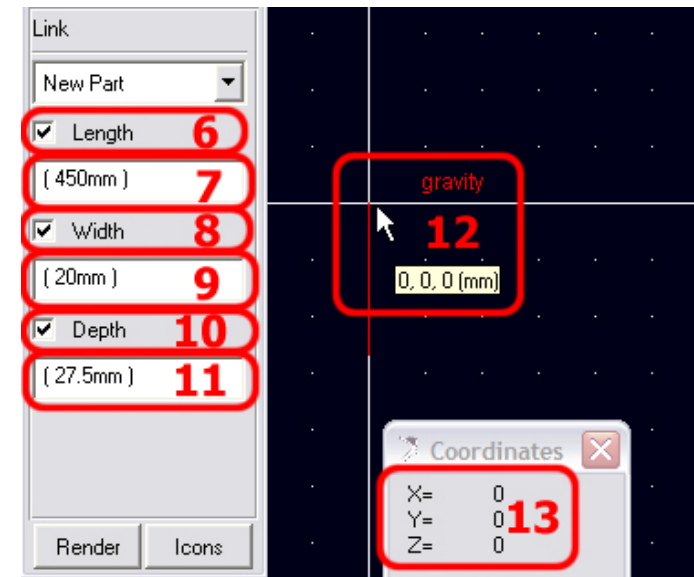
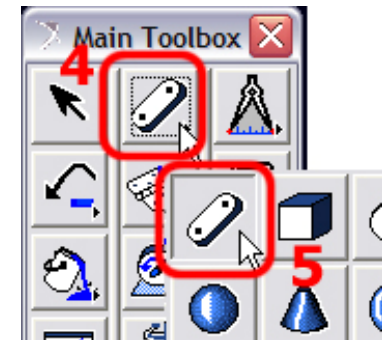
1. V časti „*How would you like to proceed?*“ vyberte **Create new model** (1)
2. V poli 2 vyberte, do ktorého adresára sa majú ukladať všetky súbory vytvorené pri práci s modelom. Mali by ste mať zvolený adresár **D:\ADAMS**, ak nie je, tak pomocou ikony  vyberte tento adresár
3. V poli 3 napíšte meno modelu **kyvadlo**
4. Skontrolujte, či je zvolený smer gravitácie ako **-Y** a systém jednotiek **MMKS**
4. Kliknite **ľavým tlačítkom myši (L)** na OK



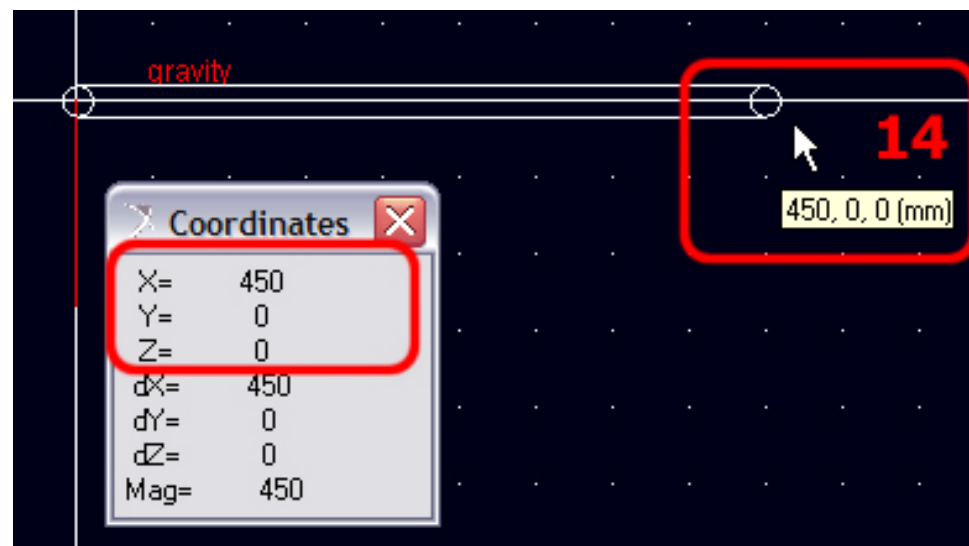
## Jednoduché kyvadlo

### Vytvorenie telesa kyvadla:

1. Stlačte **F4** pre zapnutie **súradnicového okna**
2. Kliknite (**R**) na ikonu skupiny pevných telies (4) a vyberte (**L**) príkaz na vytvorenie tyče (link) (5)
3. Zaškrtnite políčko **Length** (6), tým určíte, že chcete vytvoriť LINK s Vami vopred definovanou dĺžkou
4. Do poľa 7 napíšte **450mm** pre dĺžku 450 mm
5. Zaškrtnite políčko **Width** (8)
6. Do poľa 9 napíšte **20mm**
7. Zaškrtnite políčko **Depth** (10)
8. Do poľa 11 napíšte **27.5mm**
9. Kliknite (**L**) na polohu **0,0,0** (12); polohu kurzora môžete sledovať v **okne súradníc** (13)
10. Kliknite (**L**) na polohu **450,0,0** (14) a tým vytvoríte LINK obrázok a pokračovanie je na nasledujúcej strane



## Jednoduché kyvadlo



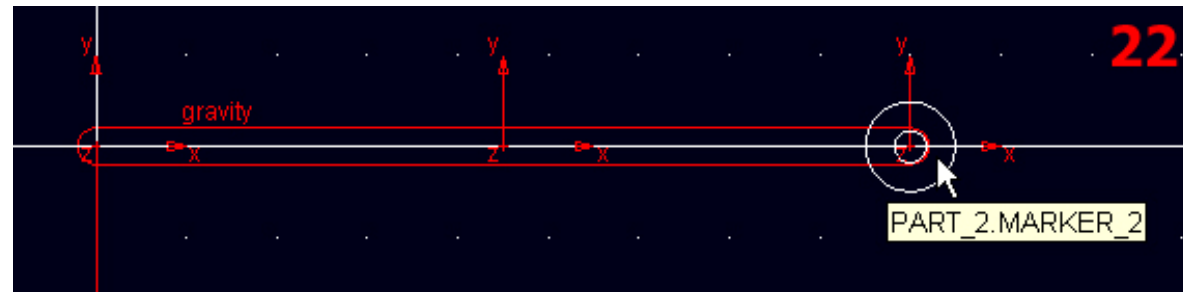
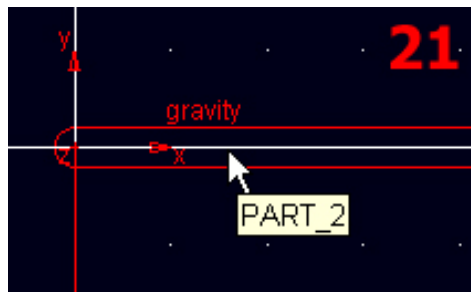
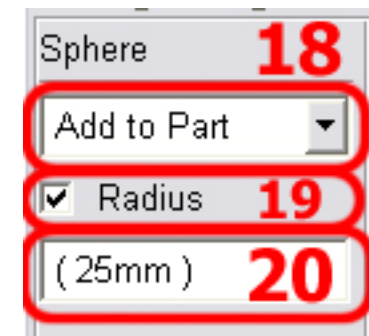
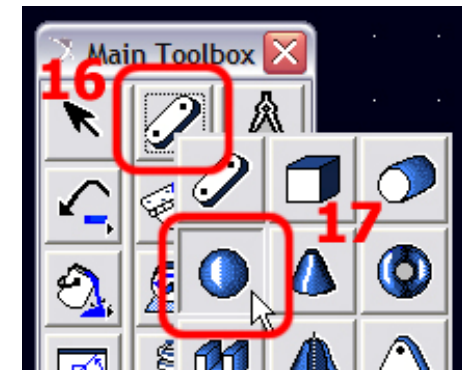
Na určenie koncového bodu môžete použiť pomocný nástroj **Location event**, ktorý Vám umožňuje zadať presnú polohu bodu (15). Vyvoláte ho kliknutím (R) na pracovnej ploche mimo modelu.



## Jednoduché kyvadlo

### Vytvorenie tuhého telesa s geometriou gule:

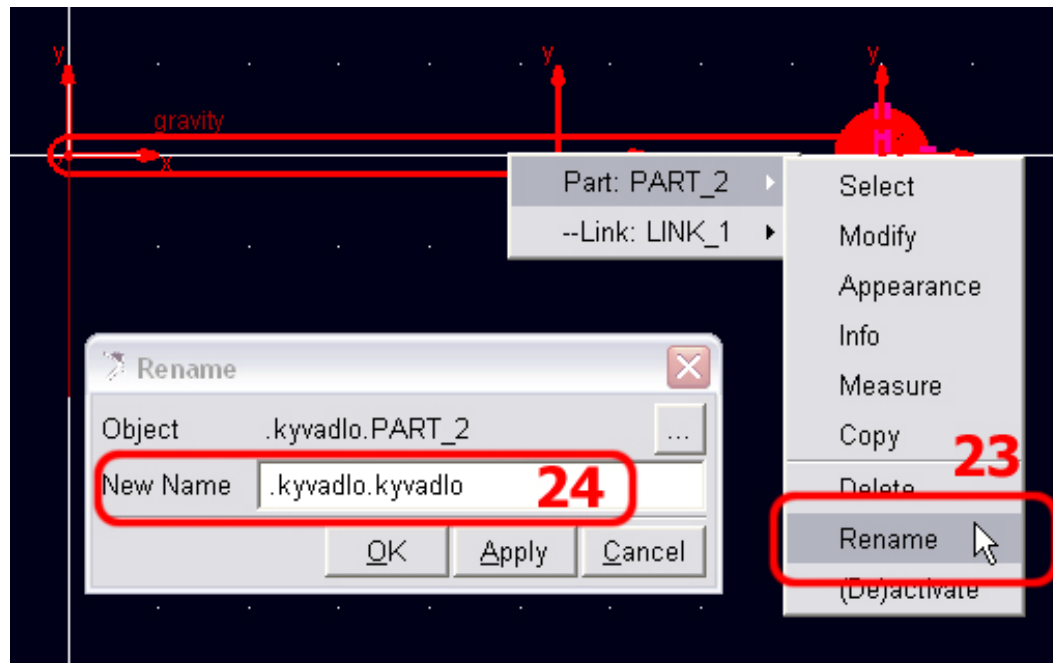
1. Kliknite (**R**) na ikonu skupiny pevných telies (16) a vyberte (**L**) príkaz na vytvorenie gule (sphere) (17)
2. Zvoľte **Add to Part** (18), tým určíte, že vytvorenú geometriu gule chcete priradiť už existujúcemu telesu
3. Zaškrtnite políčko **Radius** (19), tým určíte, že chcete vytvoriť guľu s Vami vopred definovaným polomerom
4. Do poľa 20 napíšte **25mm** pre polomer 25 mm
5. Kliknite (**L**) na teleso **PART\_2** obrázok vľavo dole, tým vyberiete, ktorému telesu chcete guľu priradiť (21)
6. Kliknite (**L**) na **MARKER\_2** umiestneného na konci kyvadla (22), tým vytvoríte geometriu gule



# Jednoduché kyvadlo

## Premenovanie PART\_2:

1. Kliknite (R) na geometriu kyvadla a kliknite (L) na **Part: PART\_2 – Rename** (23)
2. Do poľa **New Name** napíšte meno partu v plnom tvare **.kyvadlo.kyvadlo** (23)
3. Potvrďte zmenu kliknutím (L) na **OK**



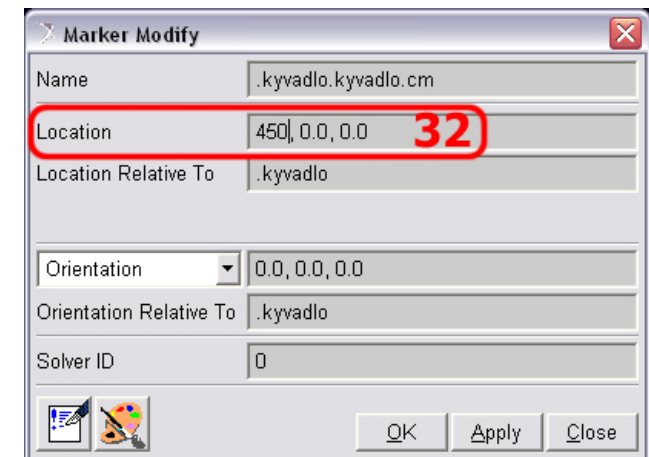
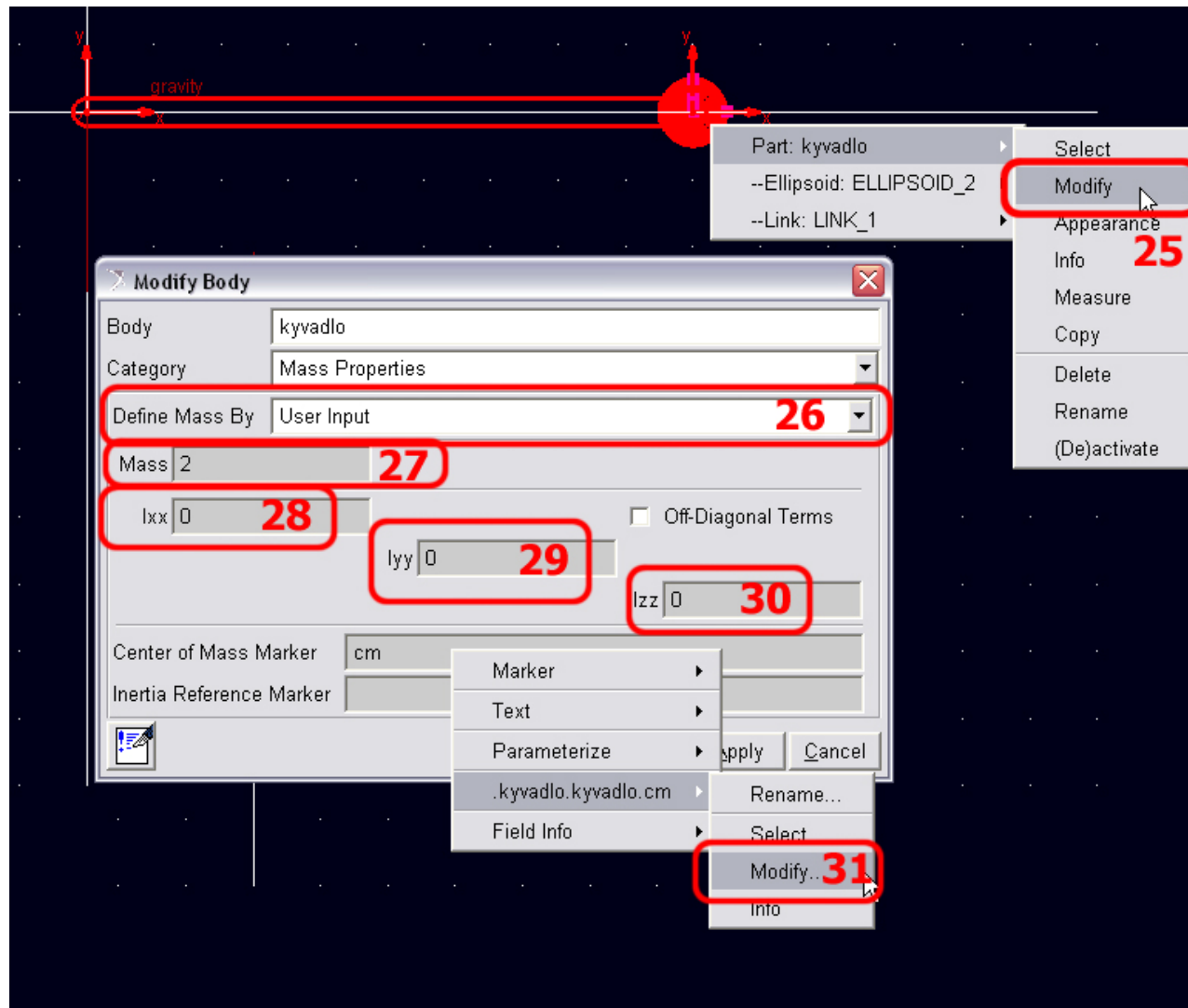


### Zmena zotrvačných vlastností kyvadla:

1. Kliknite **(R)** na geometriu kyvadla a kliknite **(L)** na **Part: kyvadlo – Modify (25)**
2. Zmeňte položku **Define Mass by** na **User Input (26)**
3. V poli **Mass (27)** prepíšte hodnotu na **2**, tým zmeníte hmotnosť kyvadla na 2 kg
4. V poli 28 zmeňte zotrvačnosť **Ixx** na **0**
5. V poli 29 zmeňte zotrvačnosť **Iyy** na **0**
6. V poli 30 zmeňte zotrvačnosť **Izz** na **0**
7. Kliknite **(R)** v riadku **Center of Mass Marker** a kliknite **(L)** na **.kyvadlo.kyvadlo.cm – Modify (31)**
8. V riadku **Location** zmeňte x-ovú súradnicu ťažiska na **450**, tým zmeníte polohu ťažiska kyvadla (32)

V informačnom okne Vám program oznámi, že zmenou polohy ťažiska sa zruší automaticky vypočítaná poloha ťažiska.

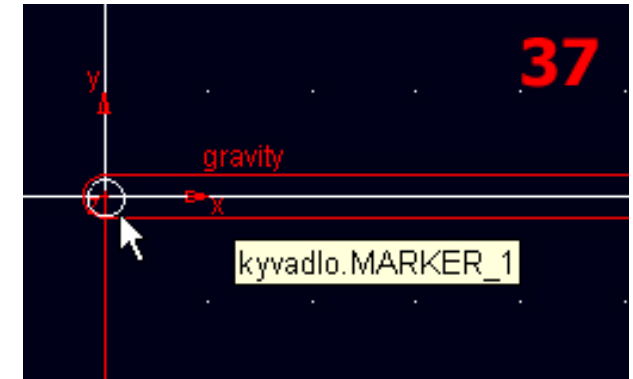
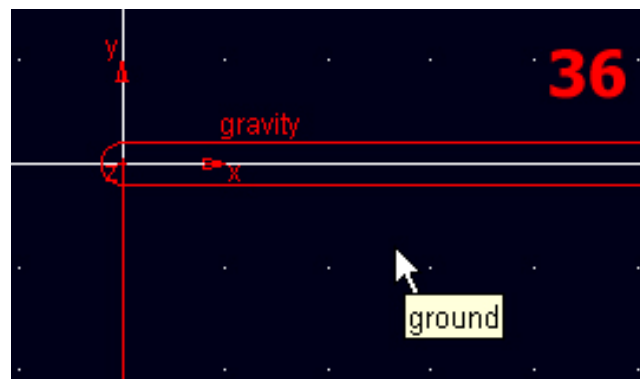
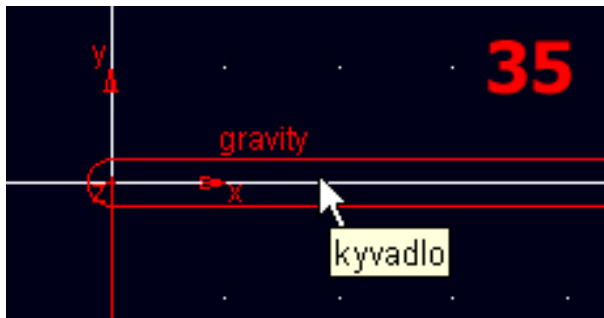
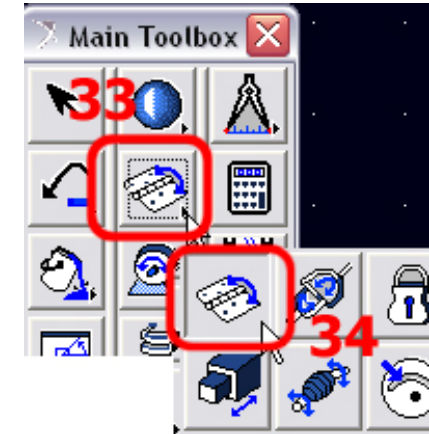
# Jednoduché kyvadlo



## Jednoduché kyvadlo

### Vytvorenie rotačného spojenia (čapu) medzi telesami kyvadlo a ground:

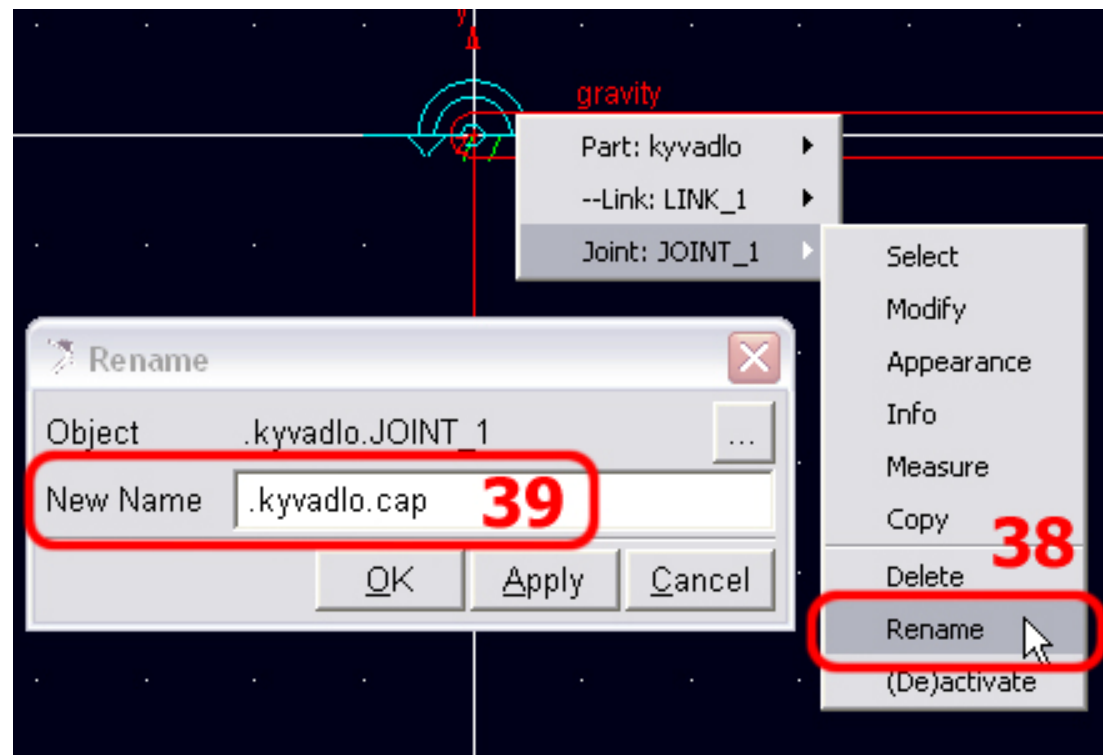
1. Kliknite (**R**) na ikonu skupiny väzieb (33) a vyberte (**L**) príkaz na vytvorenie rotačného spojenia (revolute) (34)
2. Kliknite (**L**) na kyvadlo, tým určíte prvé teleso v spojení (35)
3. Kliknite (**L**) na ground (ľubovoľné miesto okrem kyvadla), tým určíte druhé teleso v spojení (36)
4. Kliknite (**L**) v mieste polohy markera **MARKER\_1** (37), tým určíte miesto kde má byť vytvorené rotačné spojenie



## Jednoduché kyvadlo

### Premenovanie rotačného spojenia:

1. Kliknite (**R**) na ikonu rotačného spojenia, prejdite myšou a kliknite (**L**) na **Joint: JOINT\_1 – Rename** (38)
2. Do poľa **New Name** napíšte nový názov spojenia v plnom tvare **.kyvadlo.cap** (39)
3. Zmenu názvu potvrdíte kliknutím na **OK**

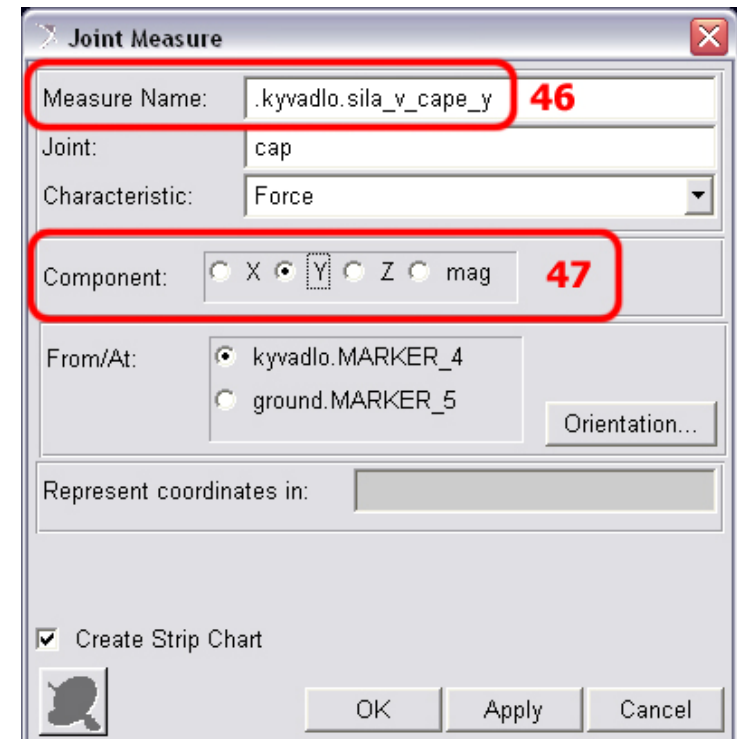
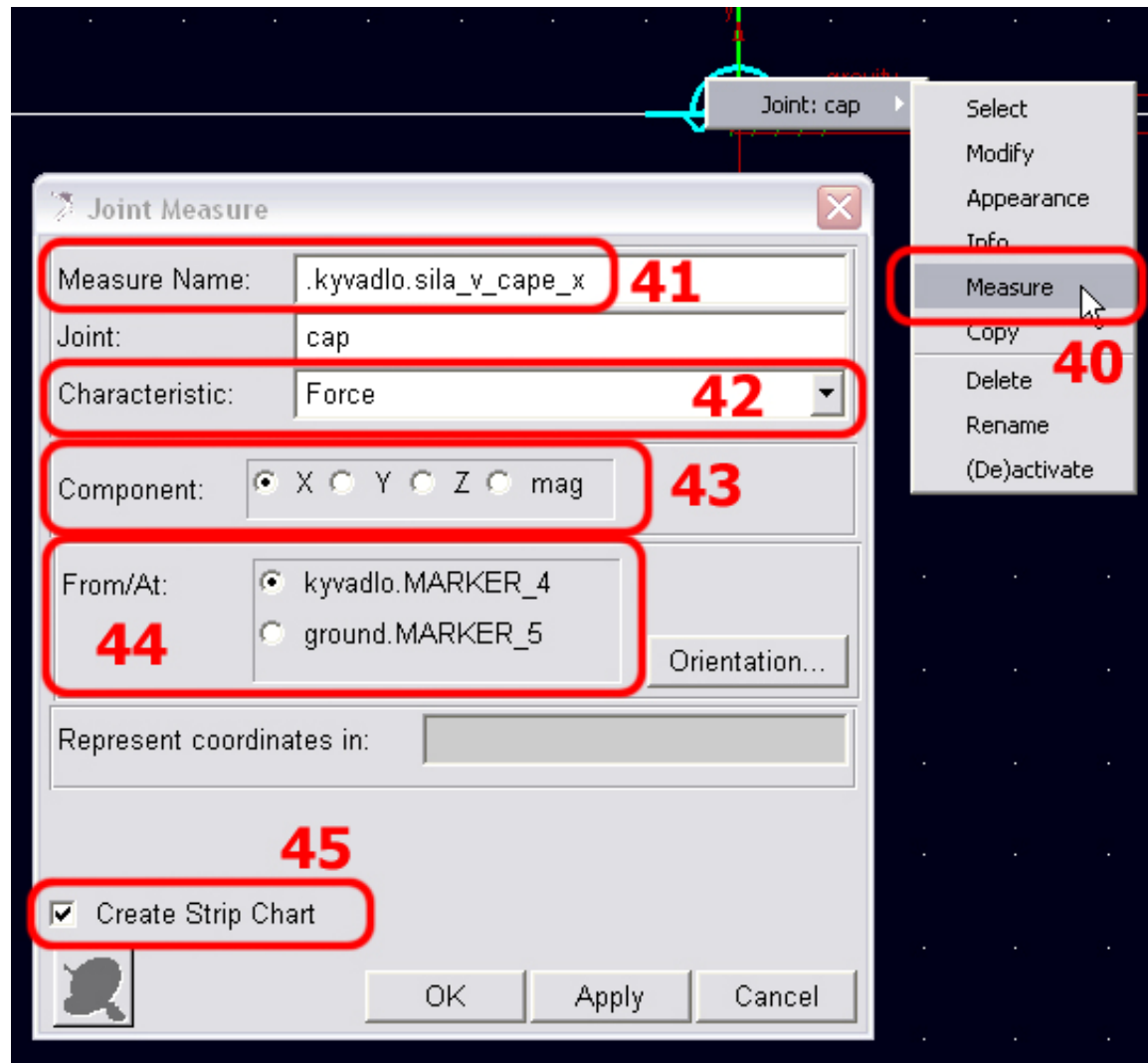


### Vytvorenie merača (MEASURE) sily v čape:

1. Kliknite (**R**) na geometriu čapu, myšou prejdite a kliknite (**L**) na **Joint: cap – Measure** (40)
2. Do poľa **Measure Name** napíšte názov merača **.kyvadlo.sila\_v\_cape\_x** (41)
3. Nastavte, ak nie je, **Characteristics** na **Force** (42)
4. V poli **Component** zvolíte **X** (43), pretože chceme merať x-ovú zložku sily
5. V poli **From/At** vyberte **.kyvadlo.MARKER\_4** (44)
6. Zaškrtnite **Create Strip Chart** (45), tým zvolíte možnosť vytvorenia grafu merača
7. Vytvorenie merača potvrdíte kliknutím (**L**) na **Apply**, tým vytvoríte nový merač, ale okno na vytvorenie sa nezavrie, lebo chceme vytvoriť ešte jeden merač  
Vytvorí sa graf merača sily v čape
8. Rovnakým spôsobom vytvorte merač y-ovej zložky sily v čape (46, 47)

Obrázky k tejto časti sú na nasledujúcej strane

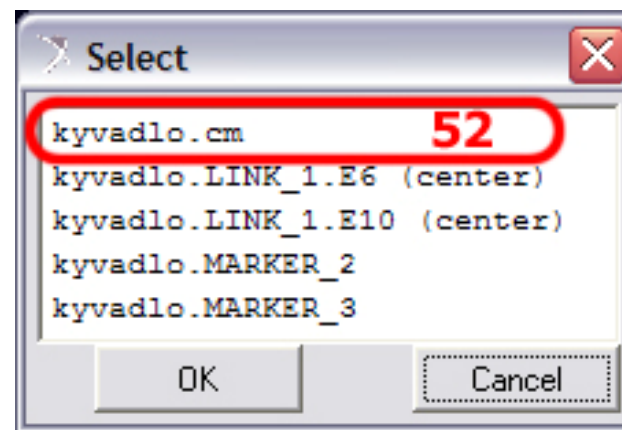
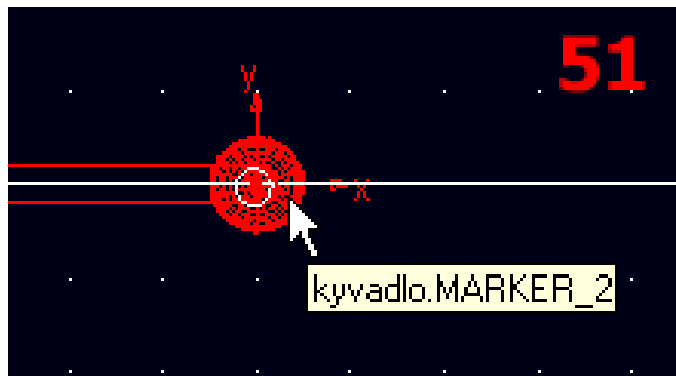
# Jednoduché kyvadlo



## Jednoduché kyvadlo

### Vytvorenie referenčného markera pre merač uhla natočenia:

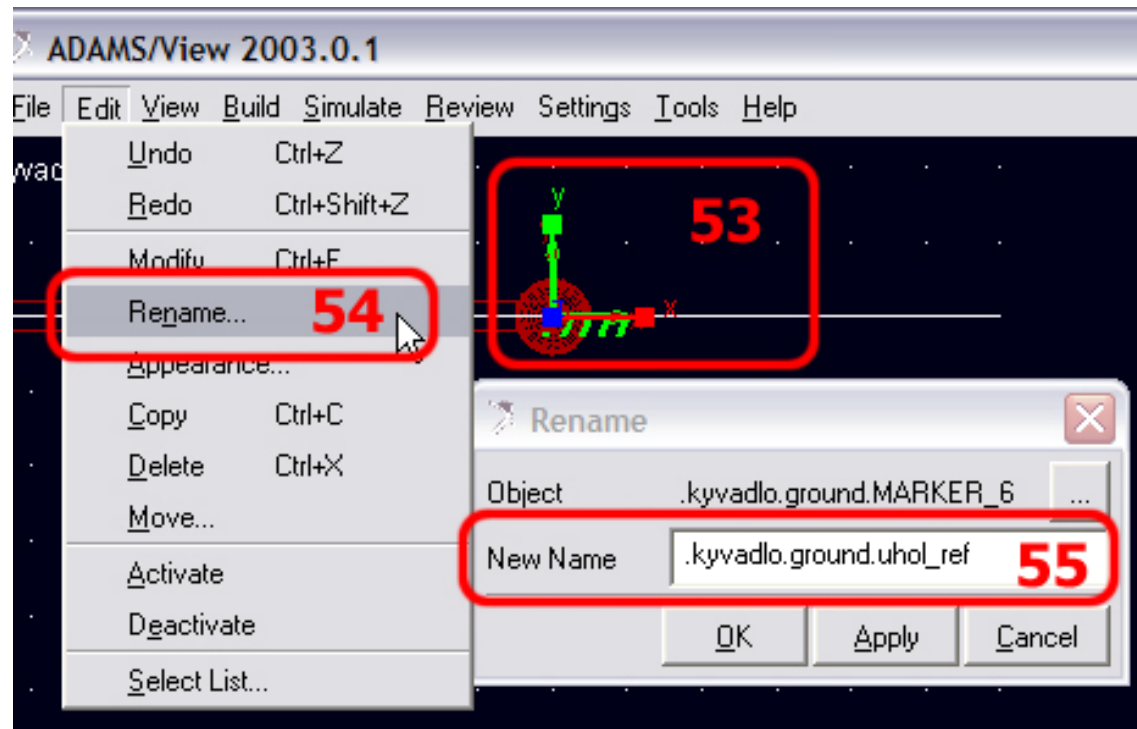
1. Kliknite **(R)** na ikonu skupiny telies (48) a vyberte **(L)** príkaz na vytvorenie markera (49)
2. V nastaveniach pre marker vyberte **Add to Ground** (50), tým určíte, že chcete nový marker pridať k rámu (ground)
3. Kliknite **(R)** na polohe, kde chcete umiestniť marker (51)
4. Zobrazí sa Vám výberové okno, v ktorom sú uvedené všetky markery umiestnené v tom istom bode
5. Vyberte marker **.kyvadlo.cm** (52) a kliknite na **OK**



## Jednoduché kyvadlo

### Premenovanie markera:

1. Vytvorený marker musí byť vybratý (zvýraznený) (53)
2. Kliknite (L) na **MB – Edit – Rename...** (54)
3. V okne **Rename** napíšte nové meno markera **.kyvadlo.ground.uhol\_ref** (55)
4. Premenovanie potvrdíte kliknutím (L) na **OK**

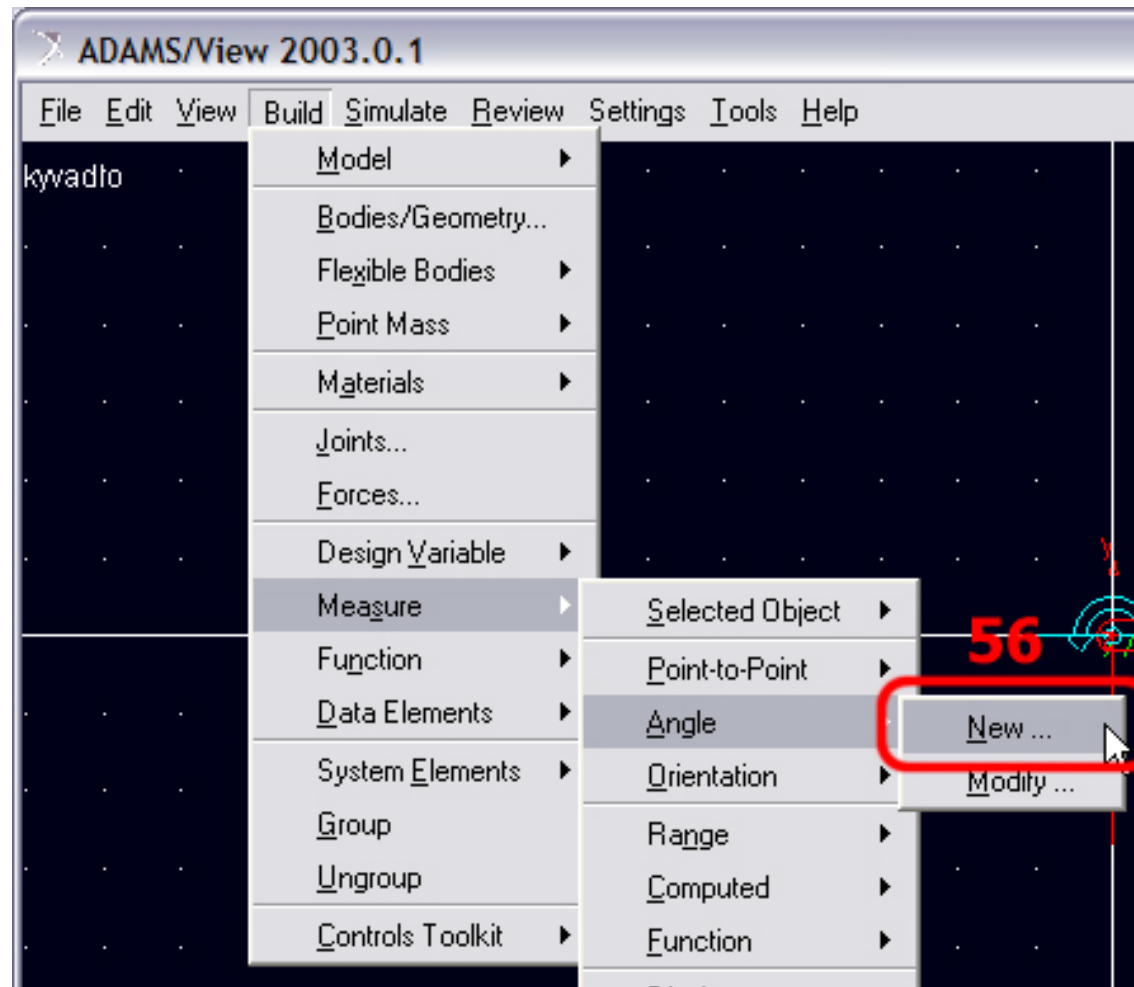




## Jednoduché kyvadlo

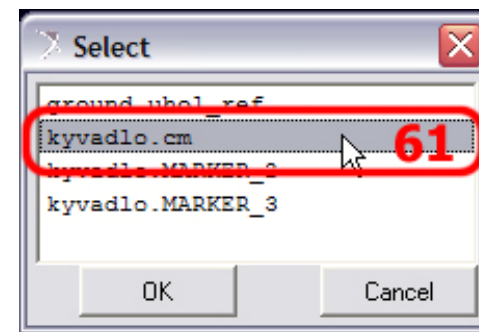
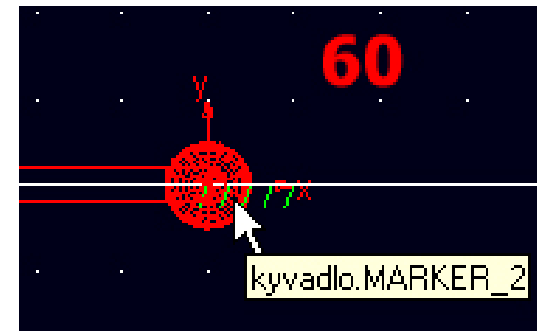
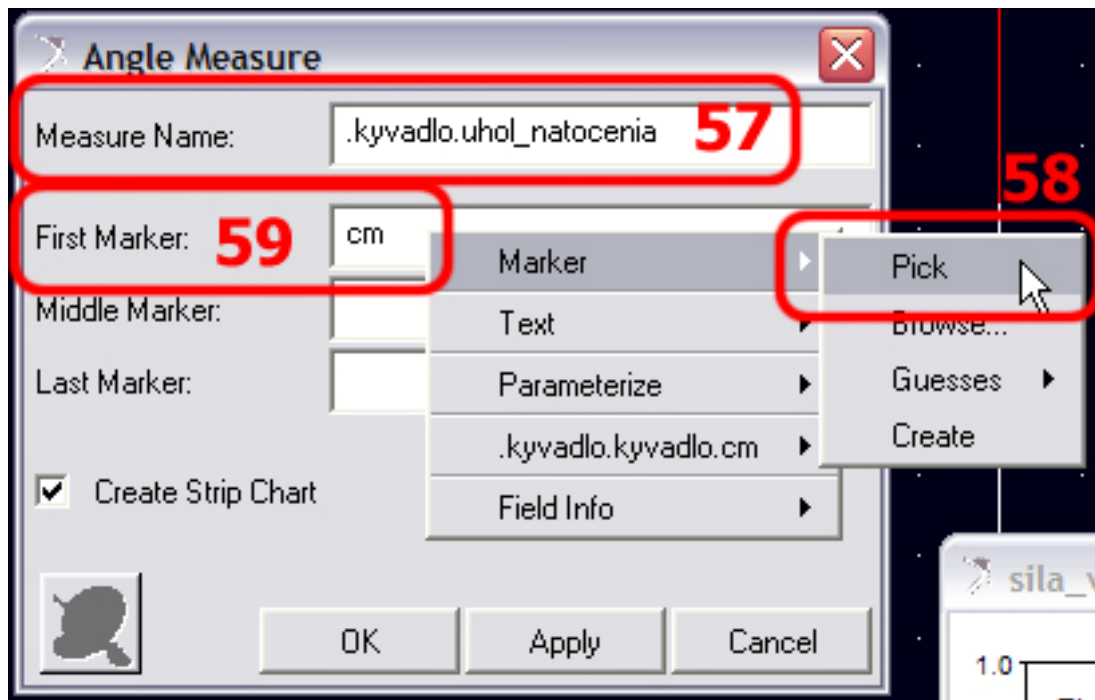
Vytvorenie merača (MEASURE) uhla natočenia kyvadla:

1. Kliknite (L) na **MB – Build – Measure – Angle – New ...** (56)



## Jednoduché kyvadlo

2. V poli **Measure Name** napíšete meno merača **.kyvadlo.uhol\_natocenia** (57)
3. V poli **First Marker** kliknete (**R**), myšou prejdite na **Marker – Pick** a kliknete (**L**) (58)
4. Kliknete (**R**) na mieste ťažiska kyvadla (60) a vo výberovom okne vyberte marker **.kyvadlo.cm** (61) a kliknete (**L**) na **OK**
5. V poli **First Marker** sa objaví meno vybraného markera **cm** (59)



## Jednoduché kyvadlo

6. Do poľa **Middle Marker** rovnakým spôsobom vyberte jeden marker, ktorý je umiestnený v mieste rotačného spojenia (62)
7. Do poľa **Last Marker** rovnakým spôsobom vyberte marker, ktorý je umiestnený v mieste ťažiska kyvadla (uhol\_ref) a patrí rámu (ground) (63)
8. Zaškrtnite, ak nie je, políčko **Create Strip Chart** (64)
9. Kliknite (L) na **OK** a tým vytvoríte merač a graf jeho priebehu

Angle Measure

Measure Name: .kyvadlo.uhol\_natocenia

First Marker: cm

Middle Marker: MARKER\_1 62

Last Marker: uhol\_ref 63

Create Strip Chart 64

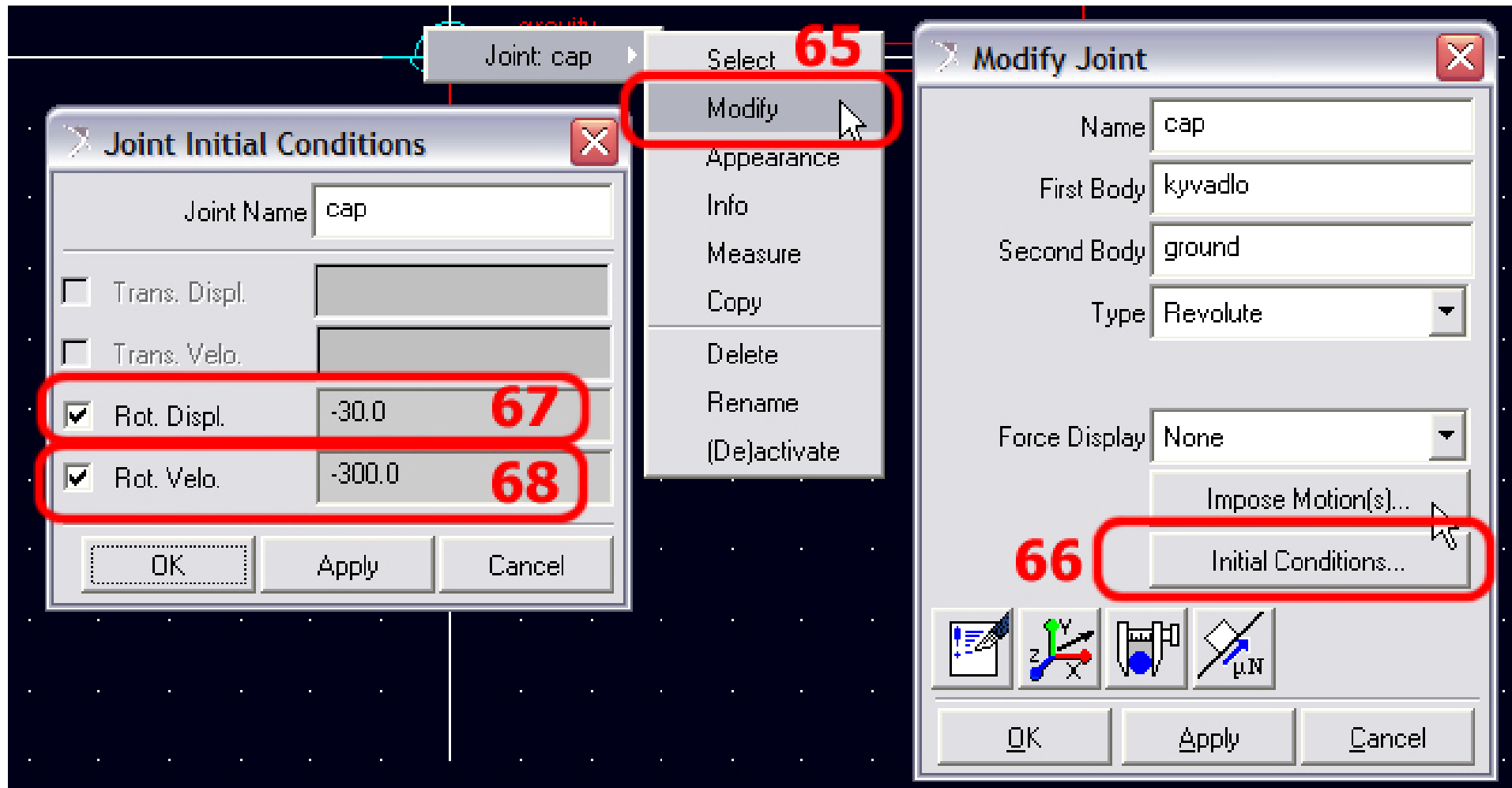
OK Apply Cancel

### Definovanie počiatočného uhla natočenia a počiatočnej uhlovej rýchlosti:

1. Kliknite **(R)** na geometriu rotačného spojenia, kliknite **(L)** na **Joint: cap – Modify (65)**
2. V okne **Modify Joint** kliknite **(L)** na ikonu **Initial Conditions...** (66)
3. Zaškrtnite položku **Rot. Displ.** a napíšte hodnotu počiatočného uhla natočenia **-30** (67)
4. Zaškrtnite položku **Rot. Velo.** a napíšte hodnotu počiatočnej uhlovej rýchlosti natočenia **-300** (68)
5. Potvrďte zadanie počiatočných podmienok pre rotačné spojenie kliknutím na **OK**
6. Kliknite **(L)** na **OK** v okne **Modify Joint** a tým potvrdíte zmenu rotačného spojenia

Obrázok k tejto časti je na nasledujúcej strane

# Jednoduché kyvadlo



## Jednoduché kyvadlo

### Spustenie simulácie:

1. Kliknite (**L**) na ikonu **Interactive Simulation Controls** (69)
2. Nastavte čas simulácie **End Time** na **2** (70)
3. Nastavte počet krokov **Steps** na **100** (71)
4. Kliknutím (**L**) na ikonu (72) spustíte analýzu

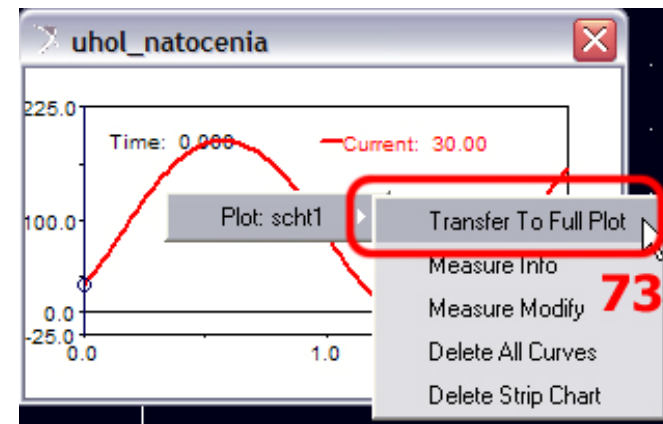
ADAMS spustí simuláciu a v okne správ Vám zobrazí informáciu, že počiatočné podmienky pre rotačné spojenie sú iné ako v počiatočnej konfigurácii



### Zistenie uhla natočenia kyvadla na začiatku simulácie:

1. Kliknite (**R**) v okne merača **uhol\_natočenia** mimo čiary a kliknite (**L**) na **Plot: scht1 – Transfer To Full Plot (73)**

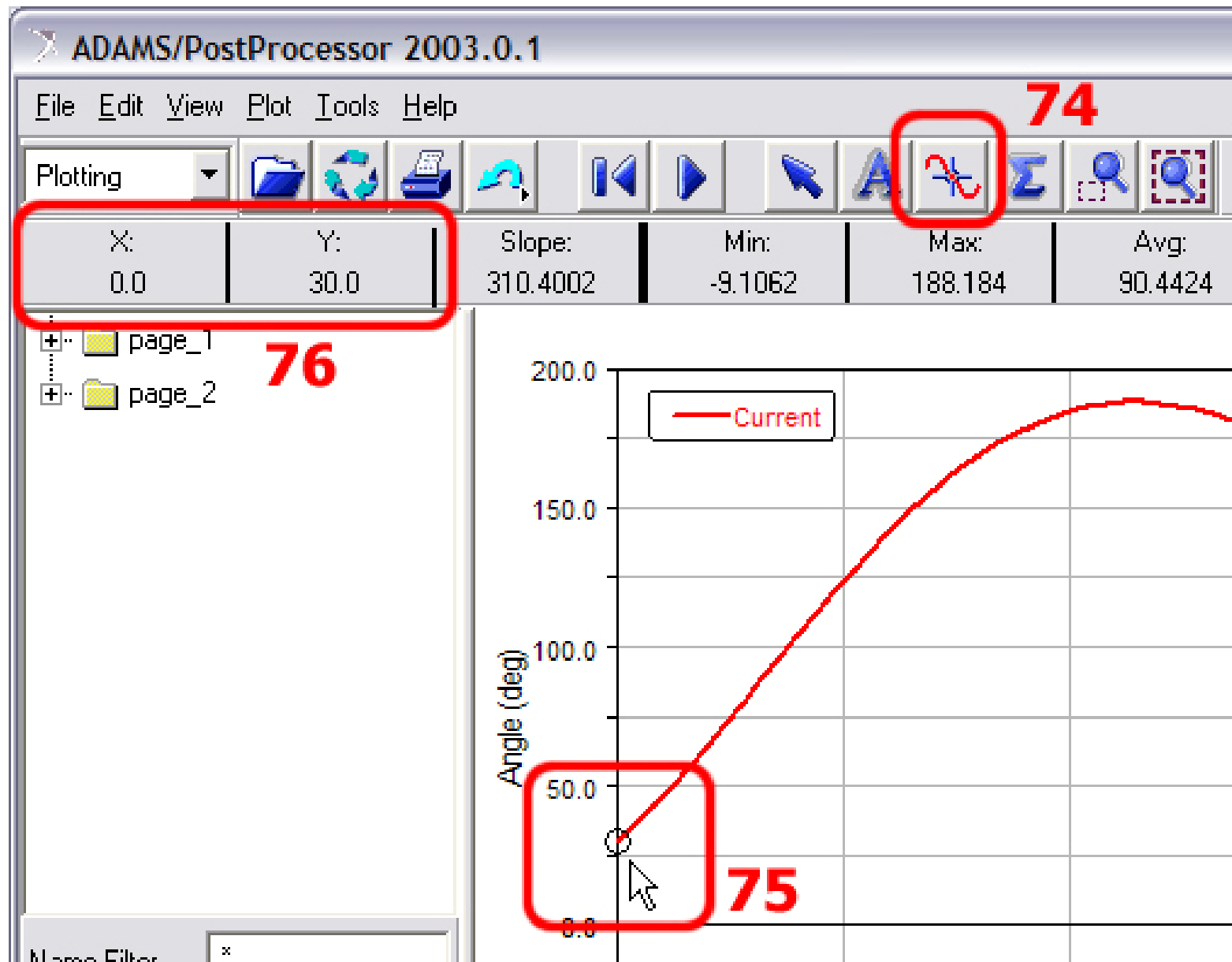
Otvorí sa okno MSC.ADAMS/Postprocessor



2. Kliknite (**L**) na ikonu **Plot Tracking Tool (74)**  
Pod panelom nástrojov sa ukáže nový panel, ktorý Vám ukazuje aktuálnu pozíciu sledovacieho nástroja na krivke
3. Nás zaujíma uhol na začiatku simulácie, a preto prejdite sledovacím nástrojom na počiatok simulácie (75)
4. Porovnajte hodnotu uhla natočenia na začiatku simulácie (76) s hodnotou, ktorú sme definovali v počiatočných podmienkach

Obrázok k tejto časti sa nachádza na nasledujúcej strane

# Jednoduché kyvadlo



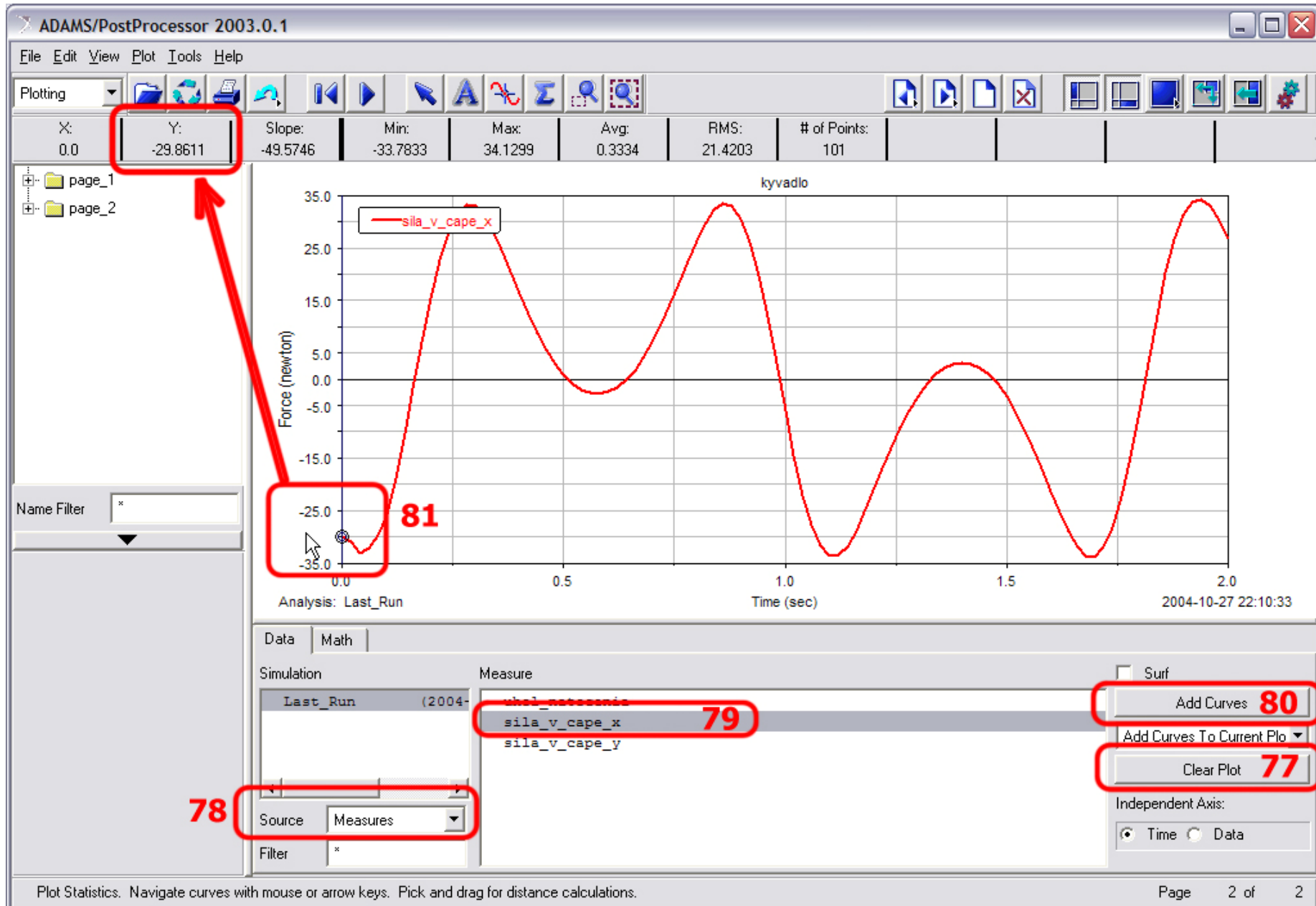


### Zistenie zložiek sily v čape:

1. Kliknite (**L**) na ikonu **Clear Plot** (77)
2. V poli **Source** vyberte **Measures** (78)
3. Vyberte merač **sila\_v\_cape\_x** (79)
4. Kliknite na ikonu **Add Curves** (80), tým pridáte do grafu zvolenú krivku
5. Pomocou sledovacieho nástroja zistíte silu v čase  $t = 0$  s (81)
6. Rovnakým spôsobom zistíte zložku sily vo vertikálnom smere
7. Kliknite (**L**) na ikonu **Clear Plot** (77), tým zmažete všetky priebehy v poli grafu.

Obrázok k tejto časti sa nachádza na nasledujúcej strane

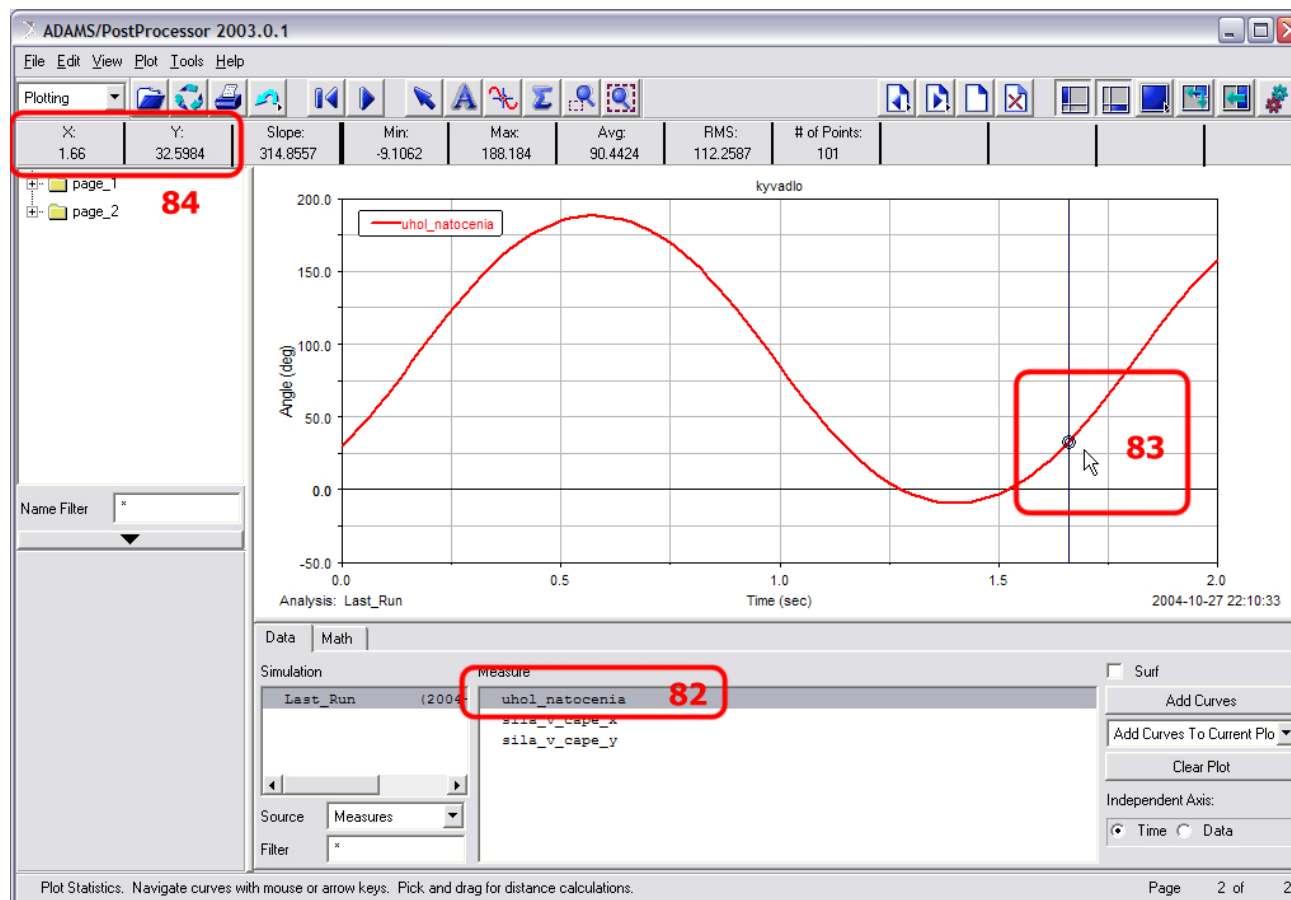
# Jednoduché kyvadlo



# Jednoduché kyvadlo

## Zistenie frekvencie kyvadla:

1. Kliknite (L) v poli **Measure** na **uhol\_natocenia** a vykreslite túto krivku (82)
2. Pomocou sledovacieho nástroja zistite periódu v sekundách (83, 84)
3. Vypočítajte frekvenciu kyvadla ( $f = 1/T$ )

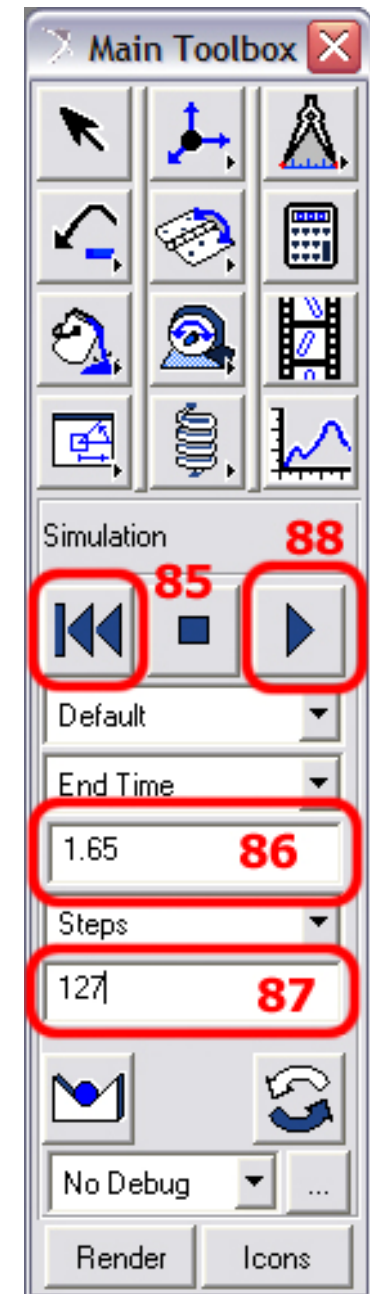
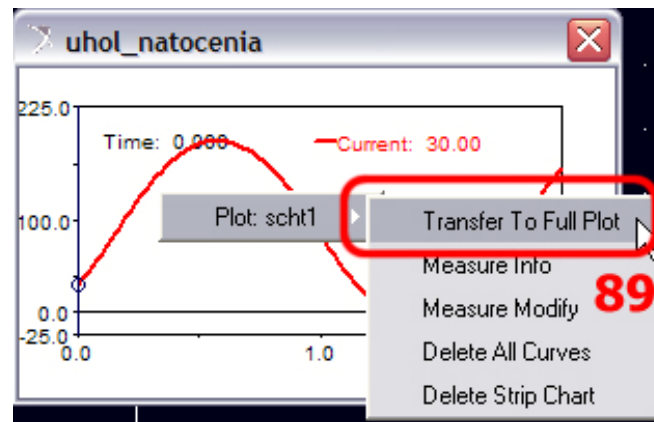


# Jednoduché kyvadlo

## Spustenie novej simulácie:

1. Kliknite (L) na ikonu **Reset to input configuration** (85)
2. Nastavte čas simulácie **End Time** na **1.65** (zistená perióda) (86)
3. Nastavte počet krokov **Steps** na **127** (87)
4. Kliknutím (L) na ikonu (88) spustíte analýzu
5. Po skončení analýzy kliknite (R) v okne merača uhol\_natočenia mimo čiary a kliknite (L) na **Plot: scht1 – Transfer To Full Plot** (89)

Otvorí sa okno MSC.ADAMS/Postprocessor



### Zistenie frekvencie kyvadla pomocou FFT:

1. Kliknite **(L) MB – Plot - FFT ...** (90)
2. V dialógovom paneli **FFT** zvolte **Window Type** na **Rectangular** (91)
3. Zvolte, ak nie je, počet bodov **127** (92)
4. Vyberte, ak nie je, **Points (Power of 2)** (93)
5. Zaškrtnite políčko **Detrend Input Data** (94)
6. Kliknite **(L)** na **Apply**

Obrázok k tejto časti je na nasledujúcej strane

# Jednoduché kyvadlo

The screenshot displays the ADAMS/PostProcessor 2003.0.1 interface. The main window shows a tree view on the left with folders 'page\_1', 'page\_2', and 'page\_3', and sub-items 'plot\_3' and 'plot\_3\_fft'. The 'plot\_3\_fft' folder is expanded, showing 'curve\_1', 'haxis', 'vaxis', and 'legend\_object'. The 'Plot' menu is open, with 'FFT...' selected and highlighted with a red circle and the number 90. The 'FFT' dialog box is open, showing the following settings:

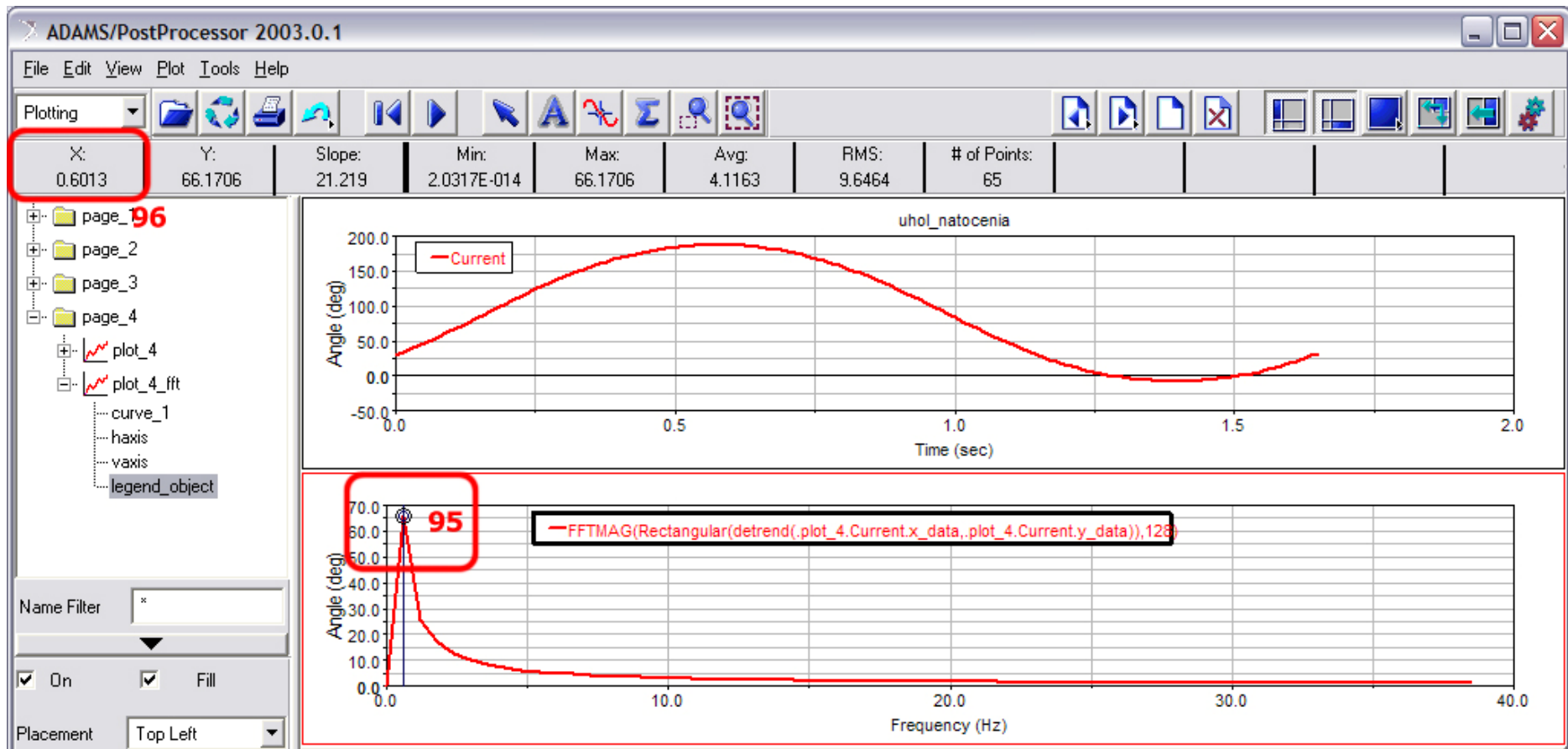
- Curve Name: .plot\_4.Current
- X-Axis: Frequency
- Y-Axis: Mag
- Start Time: 0.0
- End Time: 1.65
- Window Type: Rectangular 91
- Points (Power of 2) 93
- 128 92
- Detrend Input Data 94

The 'Apply' and 'Cancel' buttons are visible at the bottom of the dialog box. A vertical red line is drawn on the left side of the dialog box, with the text 'Angle (deg)' written vertically next to it.

# Jednoduché kyvadlo

## Zistenie frekvencie kyvadla pomocou FFT:

1. Pomocou sledovacieho nástroja prejdite na vrchol grafu (95)
2. Odčítajte hodnotu frekvencie kyvadla (96)
3. Porovnajte s frekvenciou vypočítanou z periódy



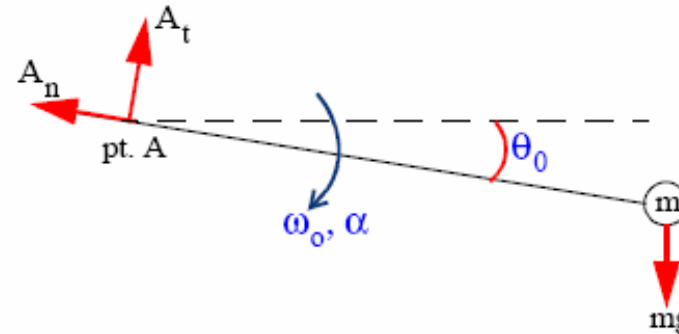
# Jednoduché kyvadlo

## Overenie výsledkov zo simulácie pomocou výpočtu:

Výsledok vypočítaný v analýze:

*x-ová zložka sily v čape:*

*y-ová zložka sily v čape:*



Výpočet:

$$A_x = -A_n \cdot \cos 30 = -34.53 \cdot \cos(30) = -29.9 \text{ N}$$

$$A_y = A_n \cdot \sin 30 = 34.53 \cdot \sin(30) = 17.265 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = I_A \alpha \quad -mg(L \cos 30) = (mL^2) \alpha$$

$$g \cos 30 = L \alpha$$

$$\alpha = -\frac{g}{L} \cos 30$$

$$\alpha = -18.88 \text{ rad/sec}^2$$

$$\Sigma F_t = m r \alpha \quad mg \cos 30 - A_t = mL \alpha$$

$$A_t = m(g \cos 30 - L \alpha)$$

$$A_t = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma F_n = m r \omega^2 \quad A_n - mg \sin 30 = mL \omega^2$$

$$A_n = m(g \sin 30 + L \omega^2)$$

$$A_n = 34.53 \text{ N}$$