

در این آموزش اساس اجرای تحلیل حرکت با استفاده از CosmosMotion را می آموزیم . این آموزش در عین حال با دانش طراحی قطعه SolidWorks و مونتاژ ، کامل شده و ما جزئیات کافی را برای کارآموزانی با فهم فیزیک مکانیک فراهم کردیم تا قادر به تشریح نتایجی که خودشان از طریق محاسبات دستی به دست می آورند باشند .

با ایجاد 6 مدل قطعه با جزئیات موجود در صفحه 2 شروع کنید . برای هر قطعه جنس را از طریق راست کلیک کردن روی آیکن Material در بخش مدیریت نمایه (Feature manager) و انتخاب گزینه "Edit material" تعریف کنید . پنجره Material Editor باز میشود - مانند شکل - گزینه "Alloy steel" را از لیست Steels در کتابخانه مواد Sw. برگزینید . علامت تیک را بفشارید تا ماده انتخابی بر سازه اعمال شود .

### چرخش چرخ

برای شروع ما یک مدل ساده چرخ را که در معرض گشتاور است تحلیل میکنیم از قانون دوم نیوتن می دانیم که مجموع نیروهای اعمالی بر جسم برابر است با جرم جسم ضربدر شتاب جسم یا :

$$\sum F = m a$$

معادله فوق برای اجسام دارای شتاب خطی صادق است . برای اجسام در حال چرخش قانون دوم نیوتن می تواند به شکل زیر بیان شود که در اینجا  $\sum m$

مجموع گشتاور چرخشی (Moment) حول یک محور است ،  $I$  گشتاور لختی

(Moment of inertia) جرم جسم حول همان محور و  $\alpha$  شتاب زاویه ای

(Angular acceleration) جسم است . گشتاور لختی حول یک محور به این

شکل تعریف می شود :

$$I = \int m r^2 dr$$

که در این فرمول  $r$  فاصله شعاعی از محور است . برای اشکال ساده محاسبه

گشتاور لختی نسبتاً ساده است . در بسیاری از کتب مرجع قاعده محاسبه  $I$  برای

اشکال پایه فهرست شده است . در هر حال برای قطعات پیچیده محاسبه  $I$  میتواند مشکل باشد . Sw. امکان تعیین ساده ویژگی های جرم را فراهم کرده است که شامل گشتاور لختی هم می شود .

قطعه Wheel را باز کنید . از منوی Tools گزینه Mass Properties را بزنید . ویژگی های جرم چرخ در کادر فعال شده

گزارش می شود . وزن این قطعه 40.02 پوند است و گشتاور لختی حول محور Z (که در Sw. با Izz نشان داده می شود)

609.3 lb.in است. توجه کنید اگر شما قطعه را روی مبدا (Origin) متمرکز کنید اعداد دو قسمت

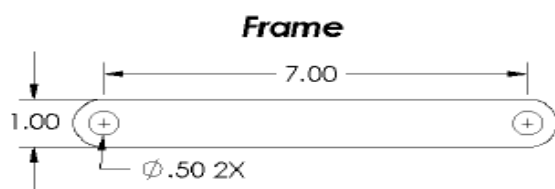
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system

مطابق با مرکز جرم و سیستم مختصات خارجی و

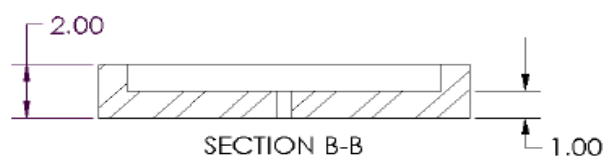
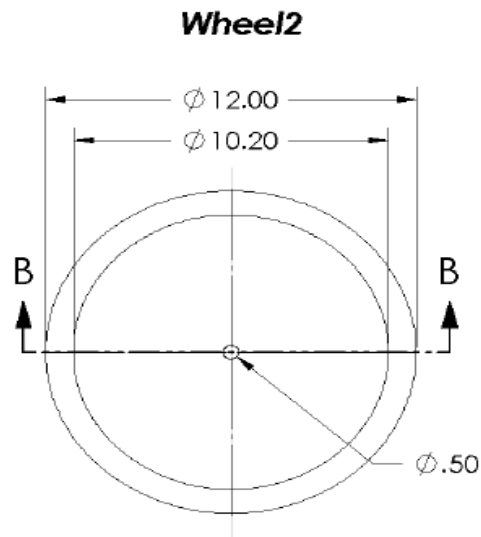
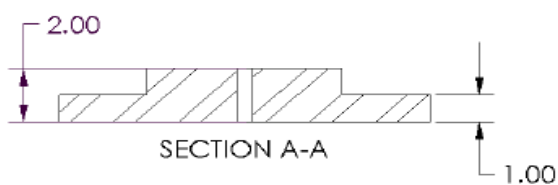
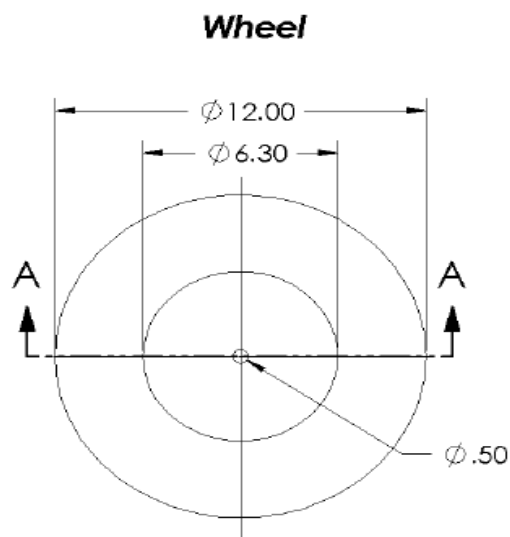
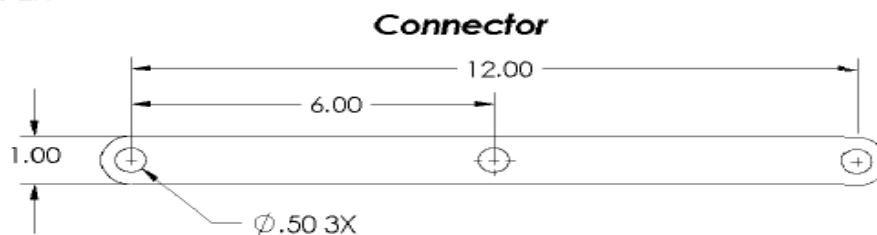
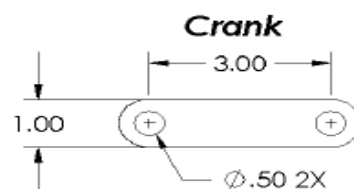
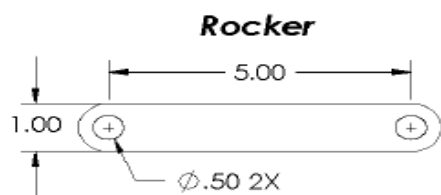
Taken at the center of mass

مطابق با مرکز جرم

یکسان خواهد بود .



ضخامت تمام لینک ها = 0.25  
تمام اندازه ها در یکای in است .



نکته : اگر مشخصات فیزیکی جرم در پنجره **Mass properties** با واحدهای دیگری دیده می شود یا شما می خواهید سیستم واحدها را تغییر دهید از چند طریق می توانید اقدام کنید :

1. در درخت طراحی (سمت چپ) روی نام قطعه بالای درخت طراحی راست کلیک کرده و **Document Properties** را بزنید .  
از ستون سمت چپ پنجره باز شده **Unit** را انتخاب کرده زیر قسمت **Unit system** می توانید سیستم واحدهای موردنظر را انتخاب کرده و با زدن **Ok** آن را تنها برای سند جاری فعال کنید .

2. زدن دکمه **Option** از نوار ابزار استاندارد و دنبال کردن کارهای فوق در سربرگ **Document properties**

3. انتخاب گزینه **Option** از منوی **Tools** از نوار منو ها و دنبال کردن مراحل فوق

نکته : برای شروع هر تحلیل شما ابتدا باید مشخصات قطعه یا سازه را تعیین کنید مثل جرم و جنس قطعه و ... .

نکته : در پنجره **Mass properties** شما میتوانید در سربرگ **Options ...** واحدها و نوع نوشتار ریاضی را تعیین کنید .

در بخش **units** این قسمت اگر **Scientific notation** را بزنید با نماد گذاری علمی اعداد را نشان خواهد داد .

گزینه **Use document setting** برای فعال سازی تنظیمات سند جاری در **Option** سربرگ **Document properties**

است . گزینه **Use custom setting** هم برای تنظیمات مجدد از خود همین پنجره است . پس از اعمال تغییرات لازم دکمه

**Recalculate** را بزنید تا اعداد با تنظیمات مجدد شما به روز شوند .

نکته : برای تنظیم مرکز جرم (**Center of Mass**) روی مبداء (**origin**) در پنجره **Mass Properties** گزینه **Assigned**

**Mass** را تیک زده و در قسمت اول گرانیگاه (**Center of Gravity**) ، **X** ، **Y** و **Z** را صفر کنید و کلید **Enter** یا **recalculate**

را بزنید تا تغییرات اعمال شود .

از آنجائیکه چرخ حول محور چرخش خود متقارن است تصور حرکت چرخشی در این مدل مشکل است به همین منظور اگر یک طرح نامتقارن روی یکی از وجوه چرخ قرار دهید مفید است . کادر **mass properties** را ببندید روی صفحه نشان داده شده

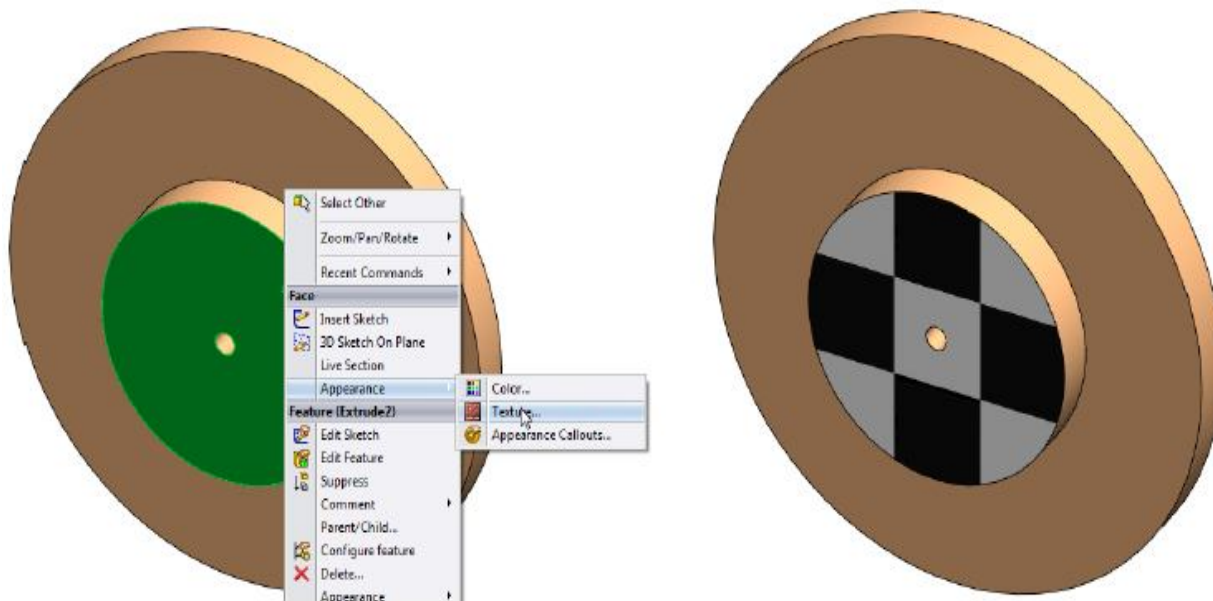
راست کلیک کرده **Texture** را از بخش **Appearance** انتخاب کرده و یک طرح از قسمت **Property manager** برگزینید .

بافت **Checker 1** از گروه **Patterns** انتخاب مناسبی است .

نوار لغزنده مقیاس را در زیر پنجره **Preview** حرکت دهید تا الگوی بافت را مطابق میلانان کوچکتر یا بزرگتر سازید ، در نهایت

تیک را بزنید تا بافت اضافه شده تایید شود .

فایل قطعه را ذخیره کنید . فایل چرخ دوم را نیز باز کرده و عملیات فوق را روی آن هم اجرا کنید و ذخیره کنید .



توجه کنید که جرم این قطعه تقریباً شبیه چرخ قبلی است  
40.14lb ، ولی گشتاور لختی آن ( $837.0 \text{ lb.in}^2$ ) حدوداً

37% بزرگتر است. گشتاور چرخشی جرم قطعه تنها به جرم آن بستگی ندارد بلکه به چگونگی توزیع جرم هم وابسته است. چون هر جا که جرم بیشتری در فاصله دورتری از محور قطعه واقع شده باشد گشتاور لختی جرم حول آن محور افزایش می یابد. (به 2درمعادله ادقت کنید)

خب حالا یک فایل مونتاژ ( Assembly ) باز کنید و قطعه

Frame را که قبلاً طراحی کردید در آن باز کنید. بهتر است

این قطعه را که ابتدا وارد کردید بعنوان قطعه مبدا در نظر بگیرید و چون اولین قطعه هست خود بخود ثابت می شود.

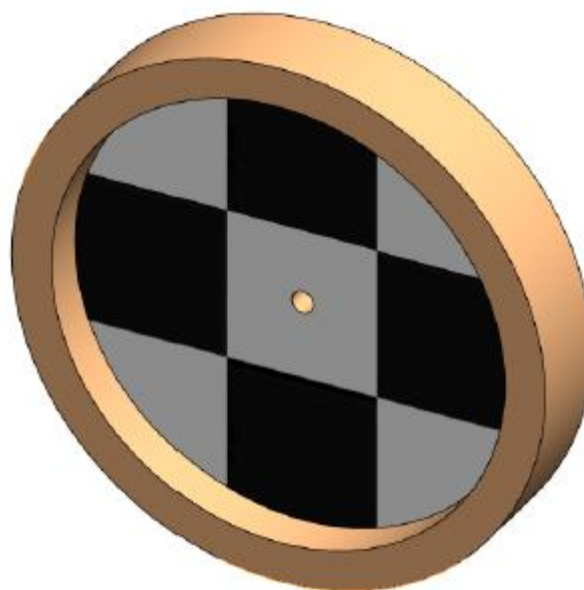
قطعه Wheel1 را نیز اضافه کنید. ابزار Mate (قیدگذاری)

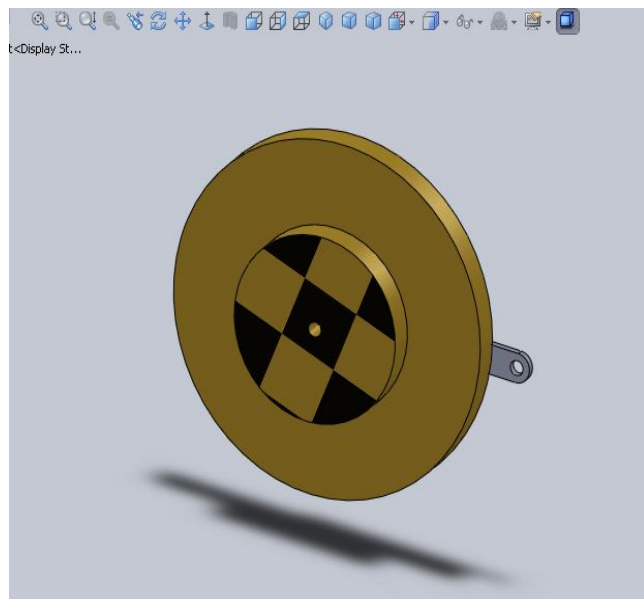
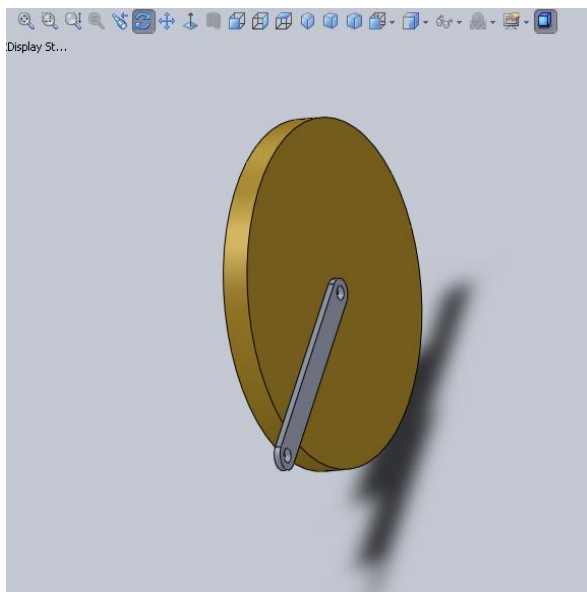
را برگزینید. بین سوراخ مرکزی Wheel1 و یکی از

سوراخ های لینک Frame قید Concentric را قرار دهید.

مطمئن شوید که صفحه استوانه ای را برای قید گذاری انتخاب کردید نه لبه ها. یک قید Coincident نیز بین صفحه پشتی

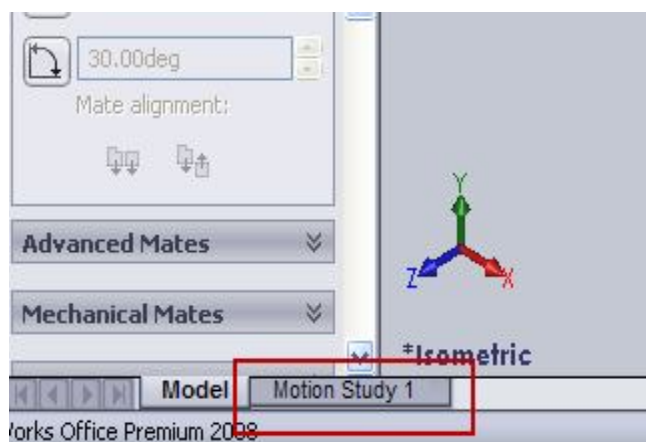
Wheel1 و صفحه جلویی لینک Frame قرار دهید.

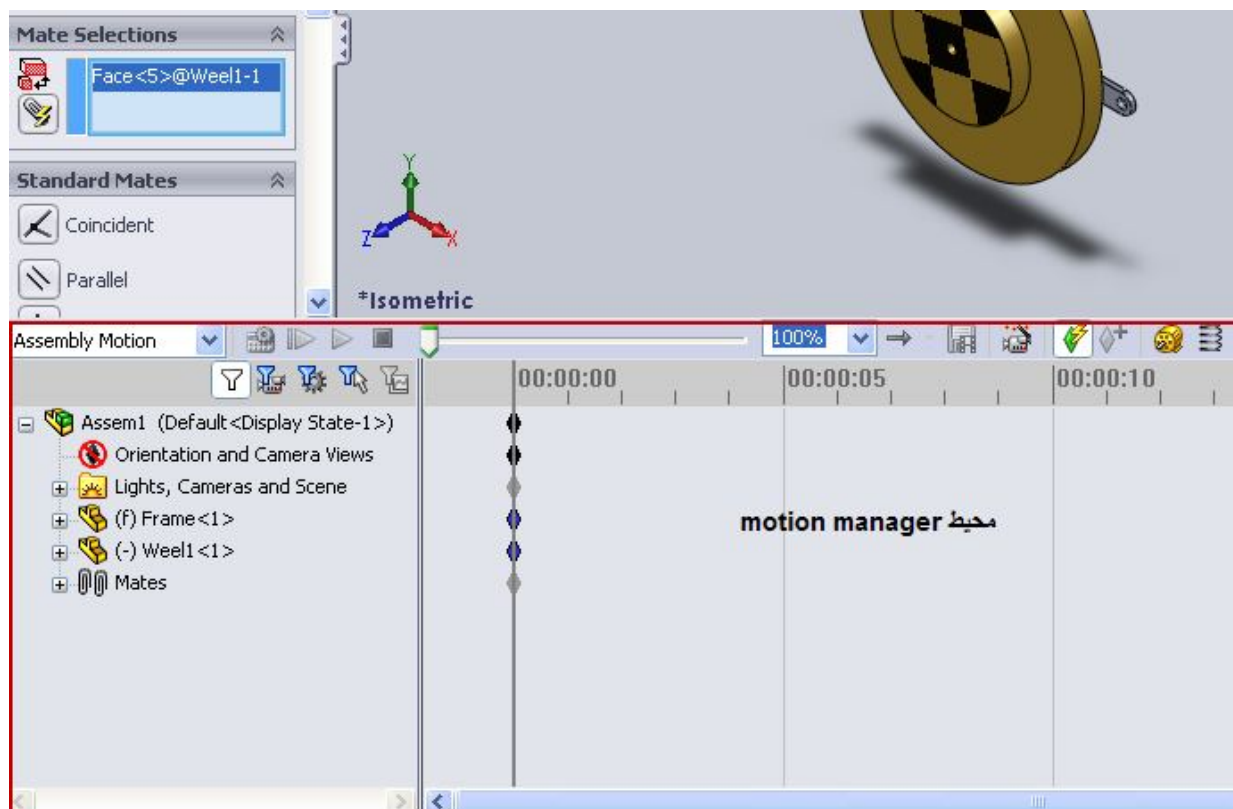




حالا شما باید بتوانید روی چرخ کلیک کرده و با Drag کردن با چرخاندن حول محوری که در سوراخ قیدگذاری شده تنها ، حرکتی که چرخ به آن مقید شده است را ببینید . این دو قید اضافه شده یک مفصل چرخشی به مجموعه مونتاژی افزوده است . مفصل چرخشی به سادگی مثل لولا عمل می کند و دارای یک درجه آزادی است .

روی سربرگ Motion study 1 نزدیک گوشه چپ پنجره گرافیکی Sw. کلیک کنید تا Motion manager در صفحه نمایش باز شود .





Motion manager می تواند در ایجاد شبیه سازی ترکیبات پیچیده به کار رود :

-مونتاز حرکتی ( Assembly motion ) امکان شبیه سازی حرکتی را تا زمانیکه موتورهای مجازی برای راه اندازی یک یا تعداد بیشتری قطعه با سرعت مشخص اعمال می شوند فراهم می کند .

-شبیه سازی فیزیکی ( Physical simulation ) اجازه می دهد تا نیروی جاذبه و ارتجاعی نیز به خوبی بین قطعات مدل ارتباط برقرار کنند .

- CosmosMotion محاسبات سرعتی ، شتاب و نیروی قطعات را در طول حرکت امکان پذیر می کند . همچنین امکان اعمال نیرو را به مدل می دهد .

خب شما ابتدا باید CosmosMotion را در لیست برنامه های Add-ins فعال کنید .

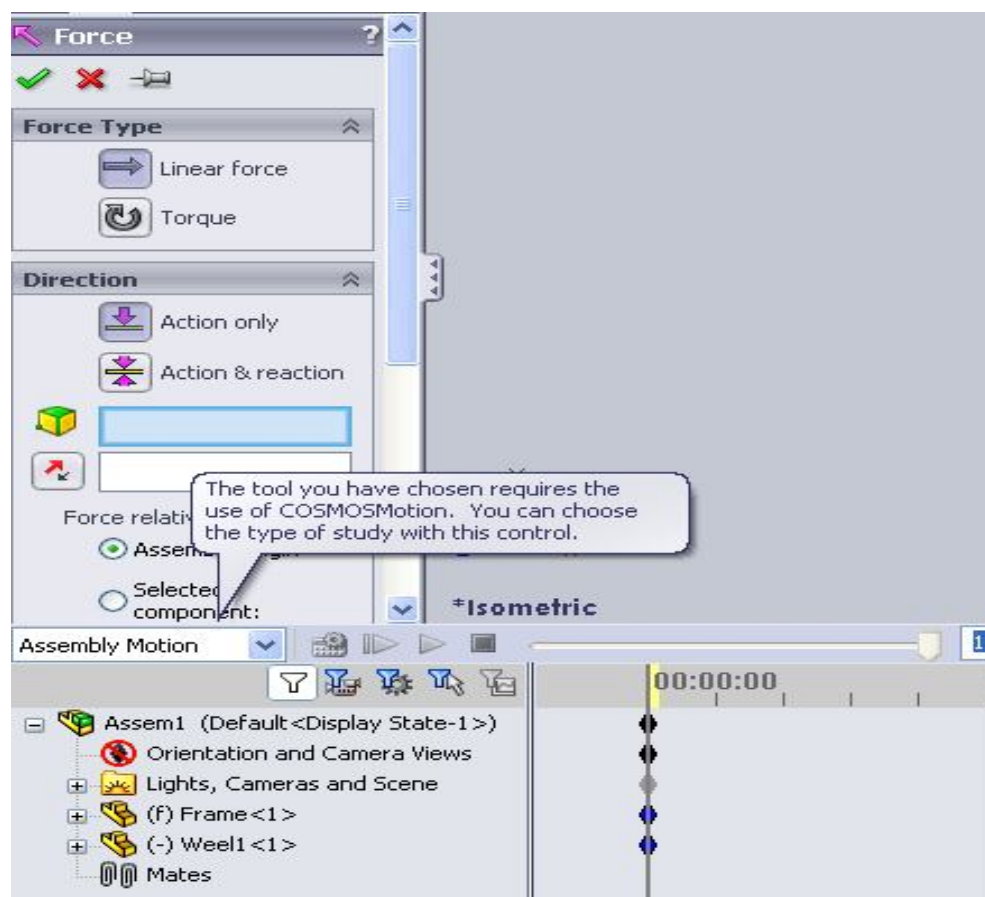
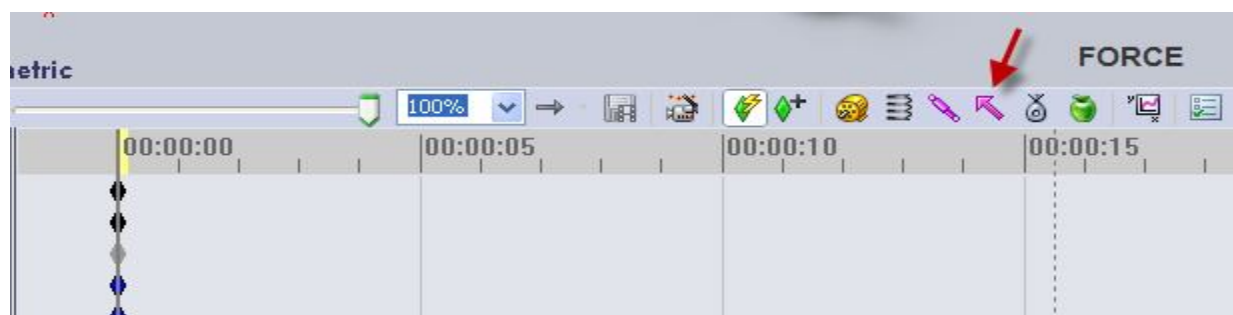
از منوی Tools گزینه Add-ins را برگزینید . کادر کنار Cosmosmotion در سمت چپ را علامت بزنید .

نکته : اگر کادر سمت راست را تیک بزنید هر وقت که Sw. را باز کنید Cosmosmotion هم با آن باز می شود . طبق روال

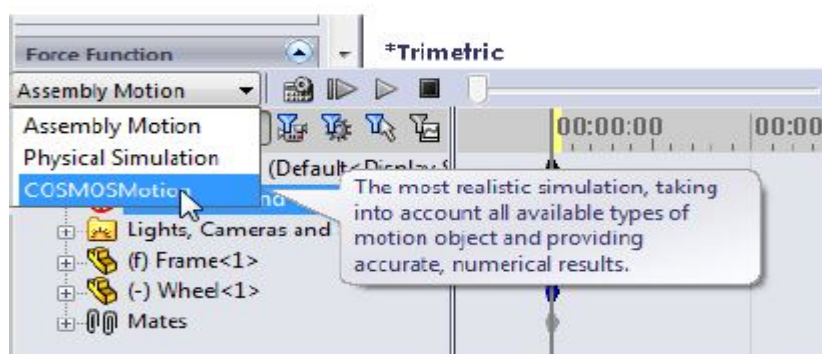
معمول بهتر است این گزینه را تنها زمانی که Motion study را اجرا کرده اید انتخاب کنید .

ابزار Force را برگزینید . پیغامی را میبینید که نشان می دهد شبیه سازی به Cosmosmotion نیاز دارد .

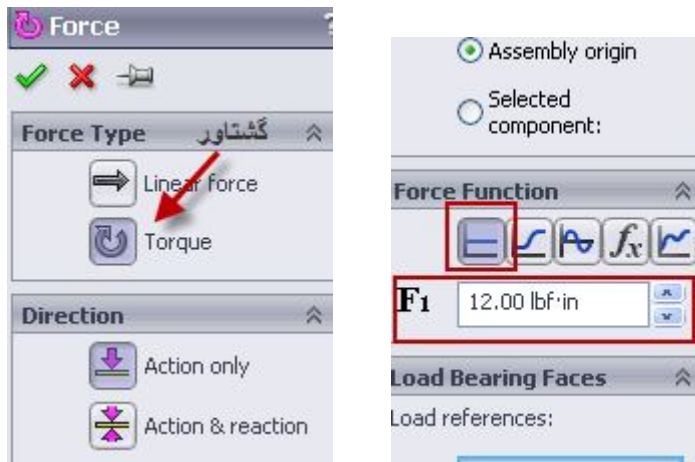




از گزینه های شبیه سازی در منوی پایین افتادنی Cosmosmotion را برگزینید .



حالا باید یک گشتاور چرخشی به چرخ اعمال کنیم . گشتاور را روی مقدار ثابت 1ft.lb ( 12 in.lb ) تنظیم کرده و با دوره 8 ثانیه اعمال می کنیم .



توجه کنید که فلش نشان می دهد که گشتاور

پادساعتگرد نسبت به محور Z وارد می شود .

(به این جهت ورود گشتاور +Z می گوئیم )

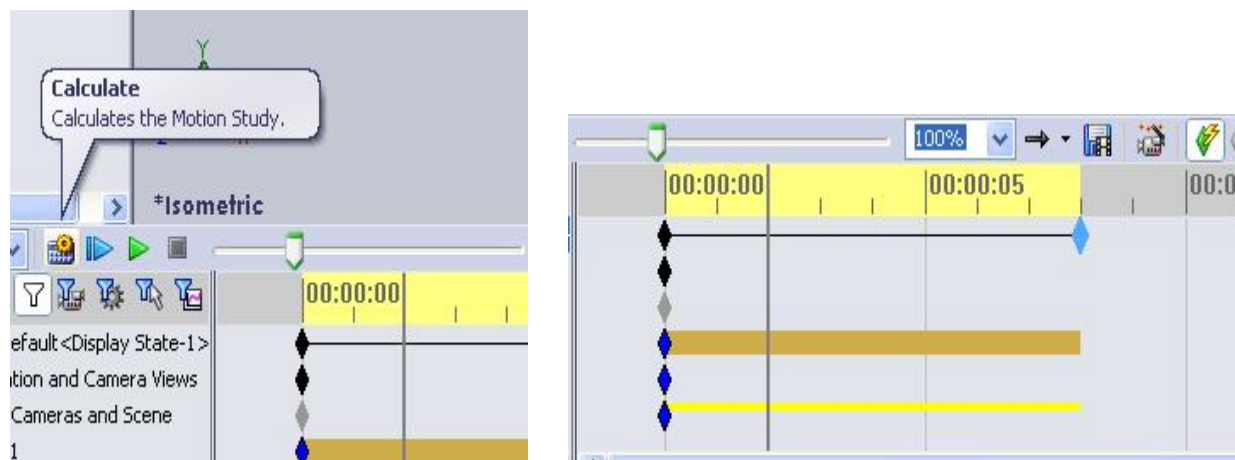
فلش مستقیم زیر کادر انتخاب صفحه دوار این جهت

را معکوس می کند . تیک را بزنید تا تغییرات اعمال

شوند .

نکته : در کادر Start position نیز یک نقطه را

برای شروع چرخش انتخاب کنید . در Motion manager روی آیکون لوزی شکل ( که key نامیده میشود ) کلیک کرده و drag کنید و از 5 ثانیه پیش فرض به 8 ثانیه تغییر دهید و بعد روی آیکون Calculate کلیک کرده تا شبیه سازی صورت گیرد .



فرآیند متحرک سازی در شبیه سازی می تواند بدون محاسبات مجدد با کلیک روی Play from start به عقب برگردد . سرعت عقبگرد می تواند از منوی پایین افتادنی کنار Play کنترل شود . اگر شبیه سازی شما در هم و برهم اجرا می شود می توانید با تغییر سرعت فریم زدن به بالاترین مقدار در Motion study properties و تنظیم آهنگ حرکت در حد ماکزیمم 100 آنرا درست کنید . البته در سرعتهای بالای شبیه سازی محاسبات با سرعت کمتری انجام می گیرد .

همانطور که قبلا گفتیم ، Cosmosmotion نتایج تحلیل کمی علاوه بر متحرک سازی کیفی مدل های حرکتی ارائه می دهد . ما

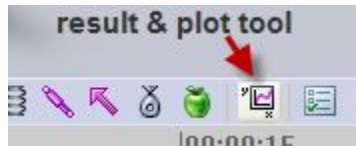
می خواهیم نموداری از شتاب زاویه ای و سرعت زاویه ای چرخ ایجاد کنیم .

دکمه Results & plots را بزنید . در بخش مدیریت خصوصیات Properties manager از منوی پایین افتادنی اول گزینه

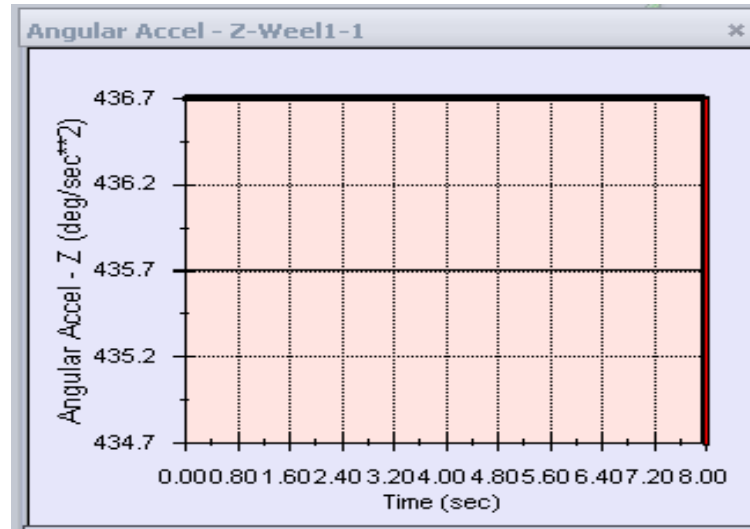
Displacement /Velocity /Acceleration ، دوم ، گزینه Angular Acceleration و سوم ، گزینه Z Component

را انتخاب کنید و روی صفحه جلویی چرخ کلیک کرده و تیک را بزنید تا عملیات تایید شود .





خب در این صورت نموداری بر اساس شتاب زاویه ای بر حسب زمان ایجاد می شود . نمودار در صفحه با کشیدن می تواند جابجا شود و اندازه اش قابل تغییر است . همچنین با راست کلیک روی نمودار می شود آن را اصلاح کرد درست مثل ویرایش نمودار های اکسل .



می بینید که شتاب مقداری ثابت دارد چیزی در حدود  $436 \text{ deg} / \text{s}^2$  . از آنجاییکه گشتاور اعمالی ثابت است بنابراین شتاب زاویه ای نیز ثابت است . می توان مقدار را با محاسبات دستی چک کرد . دقت کنید که در اجرای آنالیزهای خیلی پیچیده Cosmosmotion چک کردن مدل با اجرای بارگذاری یا حرکات ساده و چک کردن نتایج به صورت دستی تمرین خوبی است و از خطاهای زیاد جلوگیری می کند .

خب ما قبلاً گشتاور لختی را پیدا کردیم :  $609.3 \text{ lb.in}^2$  . چون پوند در واقع یکای نیروست نه جرم ما نیاز داریم تا وزن را با تقسیم آن به شتاب گرانش زمین به جرم تبدیل کنیم . چون ما از  $\text{in}$  برای طول استفاده میکنیم می خواهیم مقدار شتاب گرانشی را  $386.4 \text{ in} / \text{s}^2$  به کار ببریم .

$$I = 609.3 / 386.4 = 1.577 \text{ lb.in.s}^2$$

گشتاور برابر است با گشتاور لختی ضربدر شتاب زاویه ای ، پس می توانیم شتاب زاویه ای را پیدا کنیم :

$$\alpha = T / I = 12 \text{ in} / 1.577 \text{ lb.in.s}^2 = 7.610 \text{ rad/s}^2 \quad T : \text{Torque}$$

خب دقت کنید که یک کمیت بدون بعد رادیان در جواب ما ظاهر شده است . چون ما جوابمان را در درجه می خواهیم باید یک تبدیل دیگر انجام دهیم :

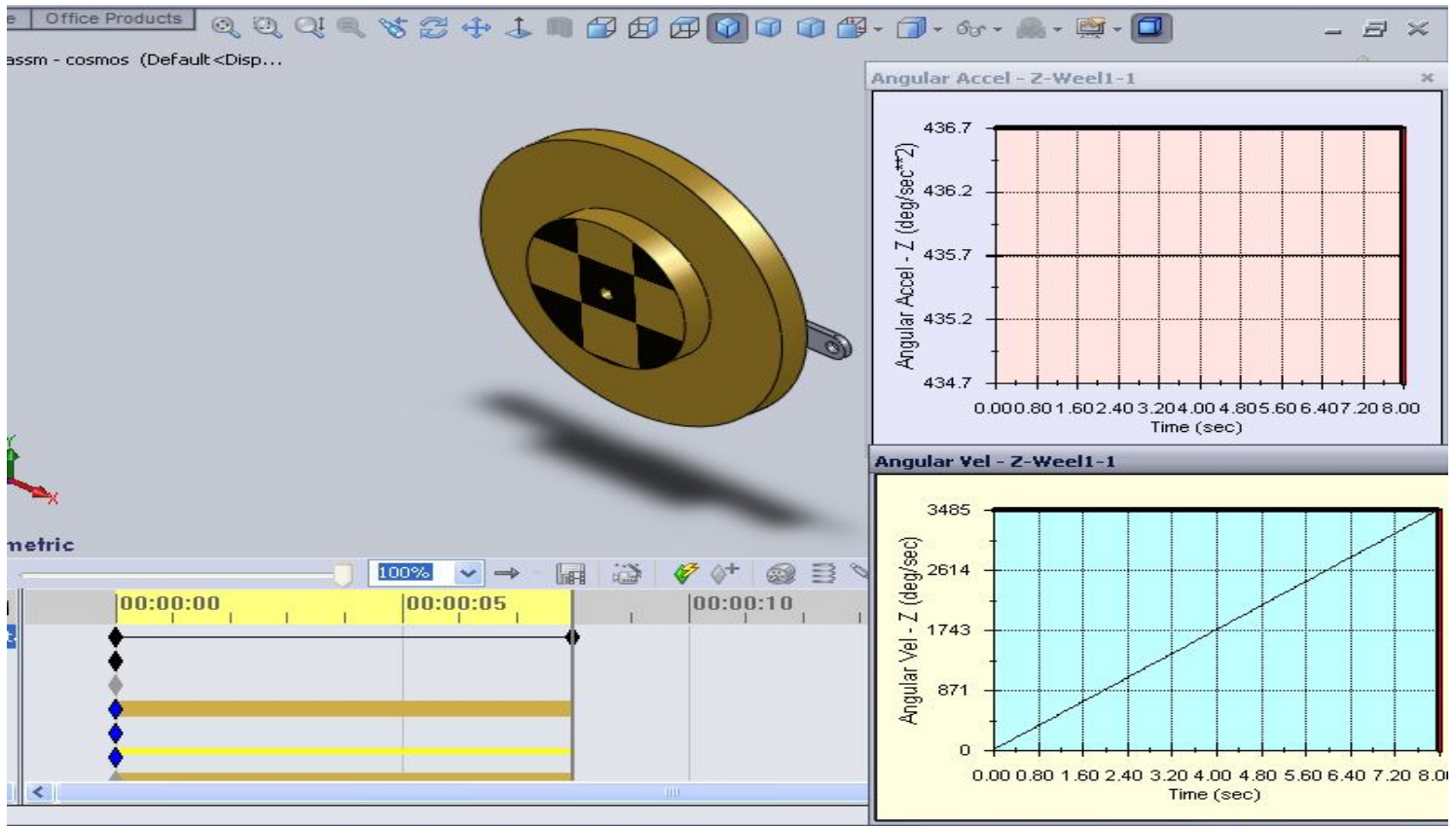
$$\alpha = 7.610 \text{ rad/s}^2 (180/\pi \text{ deg/rad}) = 436 \text{ deg} / \text{s}^2$$

که این مقدار با نتیجه cosmosmotion مطابقت دارد .

خب دوباره Results & plot را بزنید . در قسمت مدیریت خصوصیات منوی پایین افتادنی را برگزینید . این بار به ترتیب در سه منو این گزینه ها را انتخاب کنید :

## Z Component ، Angular velocity ، Displacement /Velocity /Acceleration

روی صفحه روبرویی چرخ کلیک کرده و تیک را بزنید . اندازه نمودار جدید را تغییر داده تا هر دو نمودار در صفحه دیده شوند و به دلخواه آنها را فرمت کنید .



همانطور که انتظار می رفت چون شتاب ثابت است سرعت به صورت خطی افزایش می یابد . سرعت در ثانیه هشتم  $3485 \text{ deg/s}$  است . این نتیجه از محاسبات دستی نیز بر می آید :

$$\theta = \alpha t = (436)(8) = 3490 \text{ deg/s}$$

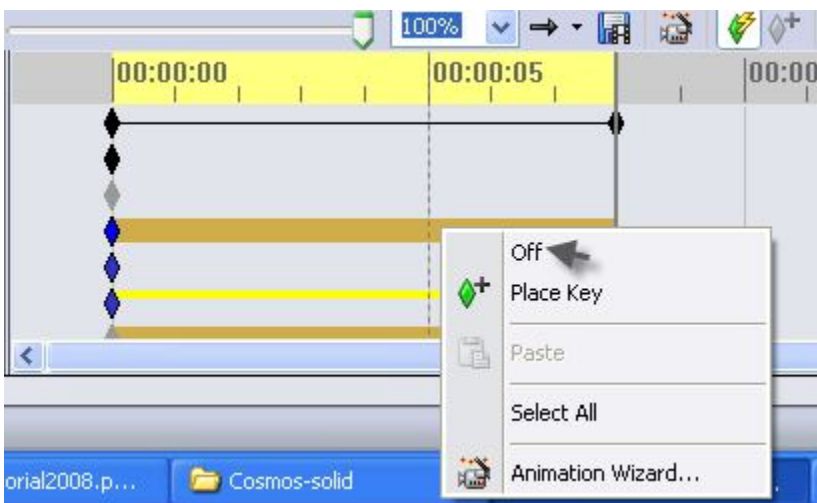
اغلب سرعت زاویه ای به صورت دور در دقیقه ( $\text{rpm}$ ) بیان می شود :  $\text{revolution per min}$  و اغلب با نماد  $N$  مشخص میشود

$$N = (3490)(1 \text{ rev} / 360 \text{ deg})(60 \text{ s} / 1 \text{ min}) = 582 \text{ rpm}$$

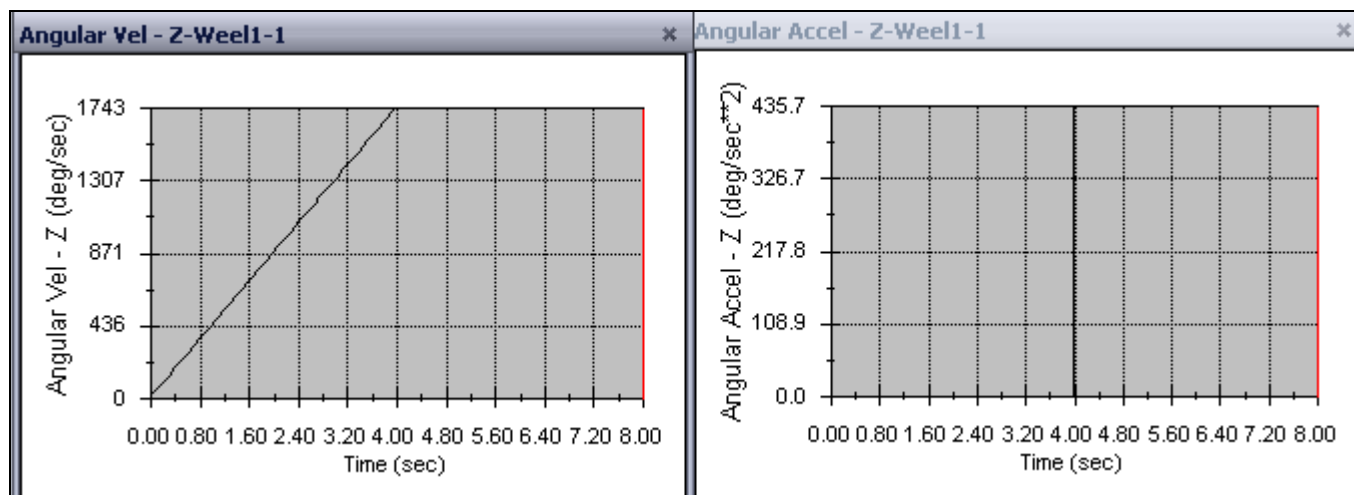
حالا میخواهیم با تغییراتی شبیه سازی طرح را آزمایش کنیم .

نشانگر موس را روی خط مربوط به اعمال گشتاور گذاشته روی ثانیه چهارم راست کلیک کرده و Off را بزنید . یک کلید جدید در

این محل ایجاد می شود . گشتاور حالا برای 4 ثانیه اعمال می گردد . اما شبیه سازی برای 8 ثانیه تمام خواهد داشت .



حالا Calculator را بزنید تا شبیه سازی اجرا شود. نمودار ها بصورت خودکار Update شدند. دقت کنید شتاب زاویه ای الان پس از 4 ثانیه به صفر نزول می کند در حالیکه سرعت زاویه ای پس از این مدت ثابت می شود.



در شبیه سازی قبلی گشتاور بصورت مقدار ثابت اعمال شد. یعنی تغییر شتاب نسبت به زمان (که به اسم jerk یا آهنگ تغییر شتاب معروف است) در  $t=0$  بی نهایت است.

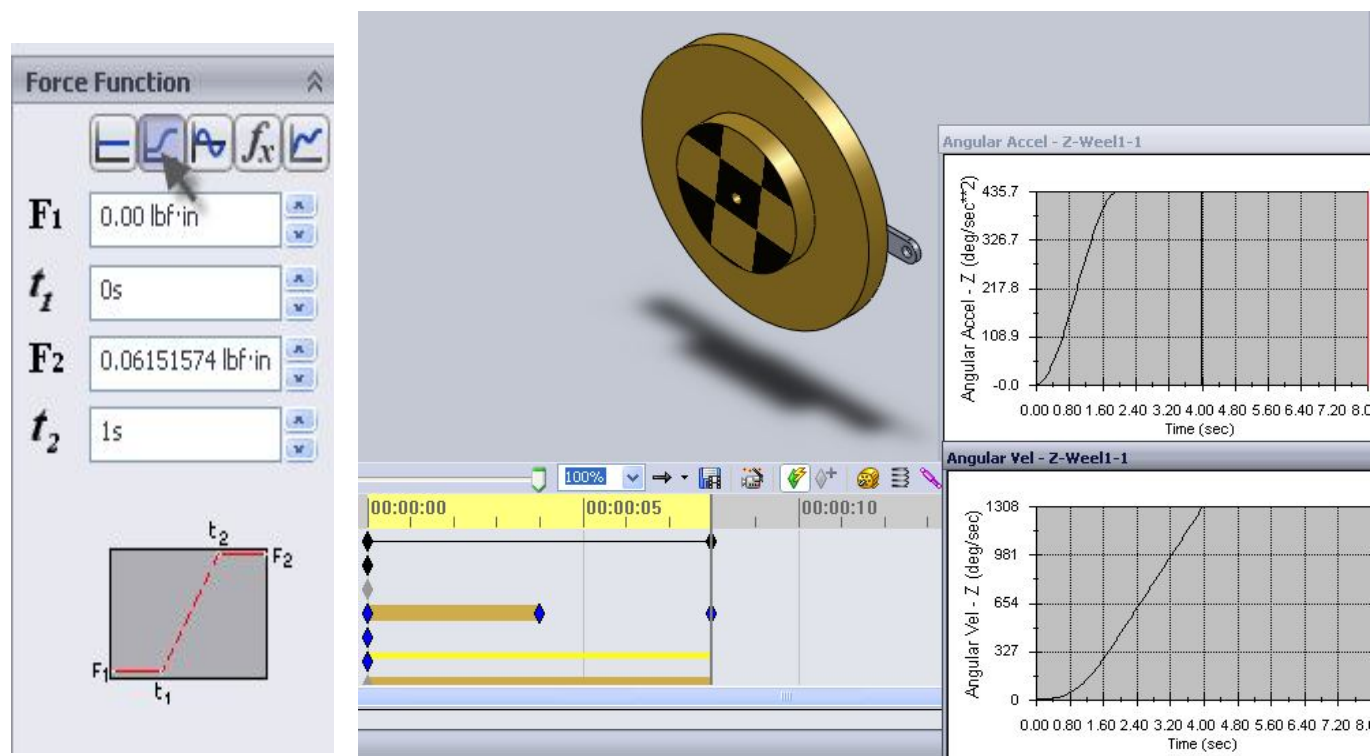
یک تقریب واقع گرایانه تر این است که فرض کنیم گشتاور پس از چند دوره زمانی تقویت می شود. مثلاً فرض کنیم که 2 ثانیه طول می کشد تا به مقدار نهایی گشتاور برسیم.

خب حالا با این فرض روی Torque راست کلیک کرده و Edit feature را بزنید.

کشویی قسمت مدیریت خصوصیات را پایین آورده و Step را بعنوان نوع تابع نیرو برگزینید. گشتاور اولیه را روی 0 و مقدار نهایی را روی 12 in.lb تنظیم کرده و زمان  $t_2$  را 2 ثانیه وارد کنید. تیک را زده و شبیه سازی را اجرا کنید.

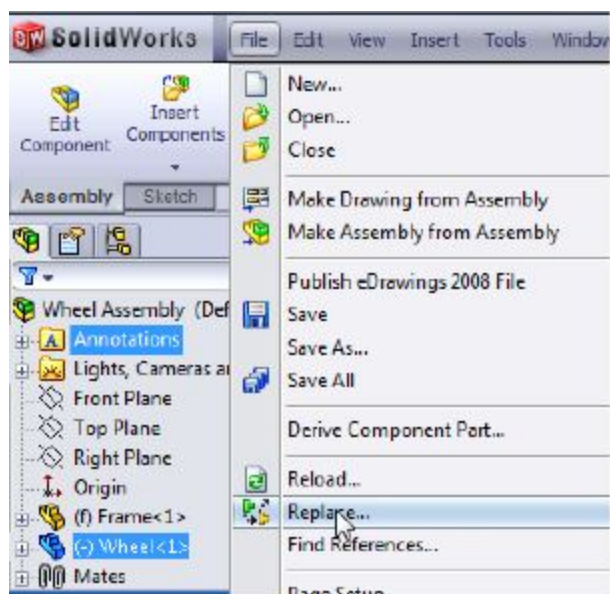


توجه کنید منحنی شتاب زاویه نرم تر شد و قله ها در همان مقدار قبلی 436 هستند .  
البته سرعت زاویه ای نهایی پایین تر است .



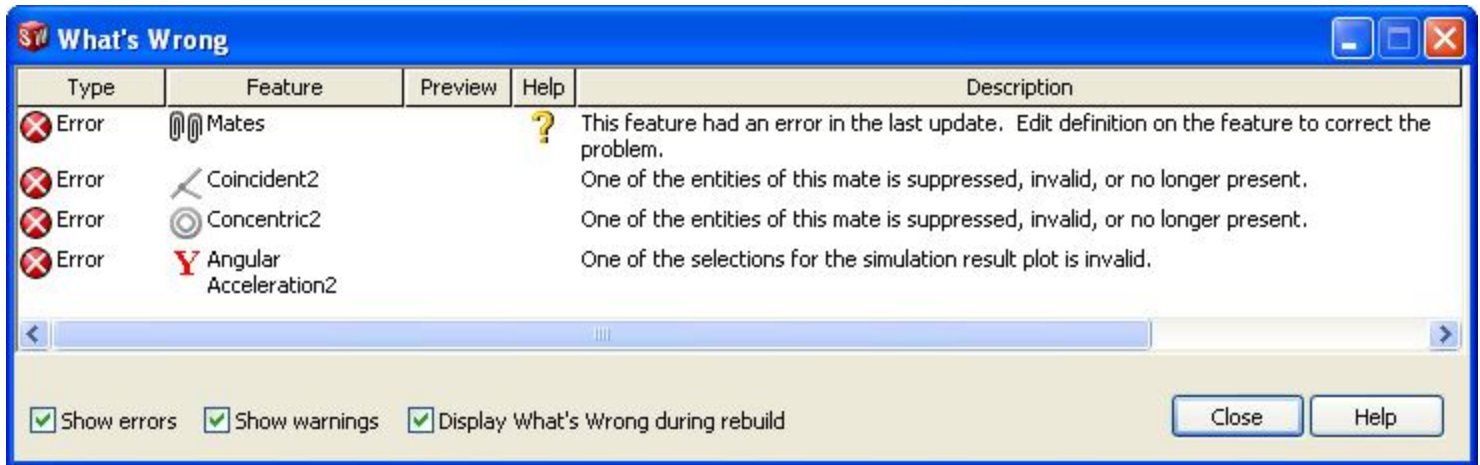
حالا بیاید تاثیر تعویض چرخ 1 و 2 را ببینیم . البته میتوانیم یک مونتاژ جدید را کار کنیم ولی جابجایی قطعه در فایل مونتاژ موجود سریعتر است . این کار به ما امکان می دهد تا بیشتر قیود شبیه سازی حاضر را حفظ کنیم .

روی **Wheel1** در قسمت مدیریت نمایه کلیک کرده تا انتخاب شود . از منوی اصلی **File** گزینه **Replace** را بزنید .  
را بزنید و فایل چرخ دوم را فراخوانی کنید و تیک را برای تایید جابجایی قطعات بفشارید .

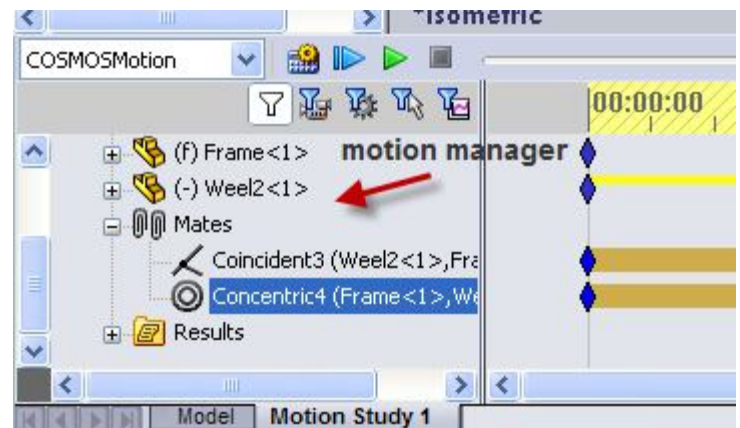
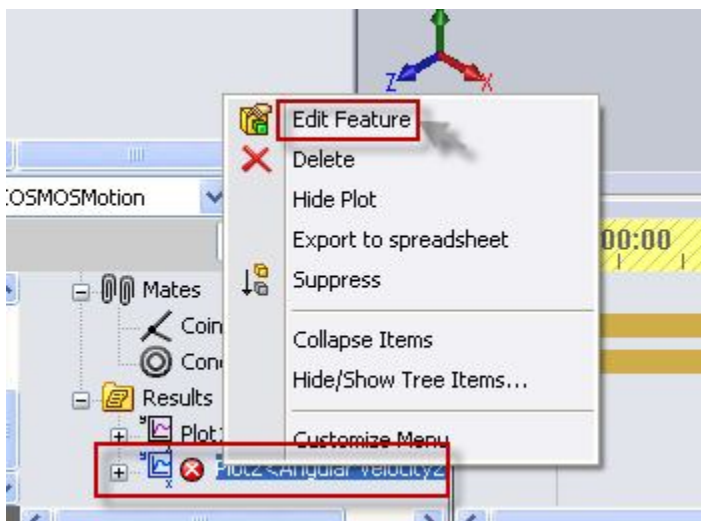


حال یک کادر که خطاهای قید گذاری شبیه سازی در آن ذکر شده ظاهر میشود . خطاها به این دلیل است که صفحه ای که برای رسم نمودار انتخاب کرده بودیم دیگر وجود ندارد . این صفحه را ببندید .





در بخش مدیریت خصوصیات تیک را زده تا جابجایی صفحات با قیود موجود با قطعه جدید اجرا شود .  
 نکته : ممکن است نرم افزار سالیدورکس در این مورد کمی اذیت کند و قیود را جانشین نکند به این منظور روی پوشه **Mate** در مدیریت نمایه راست کلیک کرده و **Edit Feature** را زده قیود قبلی را حذف و دوباره قیدگذاری کنید .  
 حالا روی **Torque** راست کلیک کرده و **Edit feature** را بزنید . روی صفحه جلویی چرخ جدید کلیک کرده تا گشتاور اعمال شود . حال در بخش **Motion Manager** یا مدیریت حرکت روی علامت + کنار پوشه **Results** کلیک کنید .

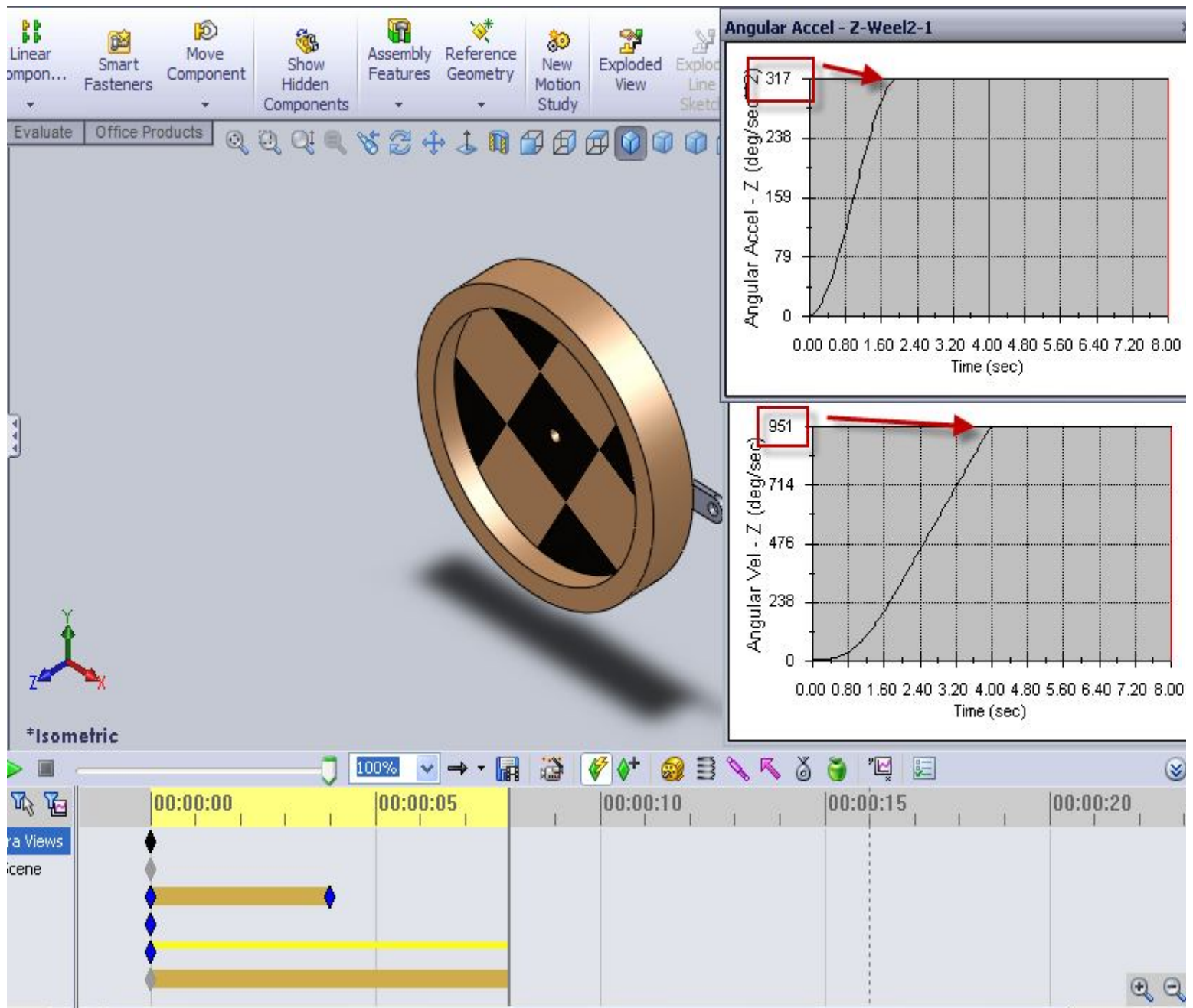


روی نام نمودارها راست کلیک کرده و **Edit Feature** را بزنید . روی صفحه جلویی چرخ جدید کلیک کنید و تیک را برای تایید تغییرات بفشارید . برای نمودار دیگر نیز همین کار را تکرار کنید .

شبیه سازی را اجرا کنید . دقت شود که ماکزیمم شتاب زاویه ای حدوداً  $317 \text{ deg/s}^2$  است که بطور قابل توجهی از شبیه سازی با چرخ قبلی کمتر است . این مقدار می تواند با تکرار روند محاسبات قبلی از نسبت زیر به دست آید :

$$\alpha_2 / \alpha_1 = I_1 / I_2$$

$$\alpha_2 = I_1 / I_2 * \alpha_1 = 609.3 / 837.0 (436 \text{ deg/s}^2) = 317 \text{ deg/s}^2$$



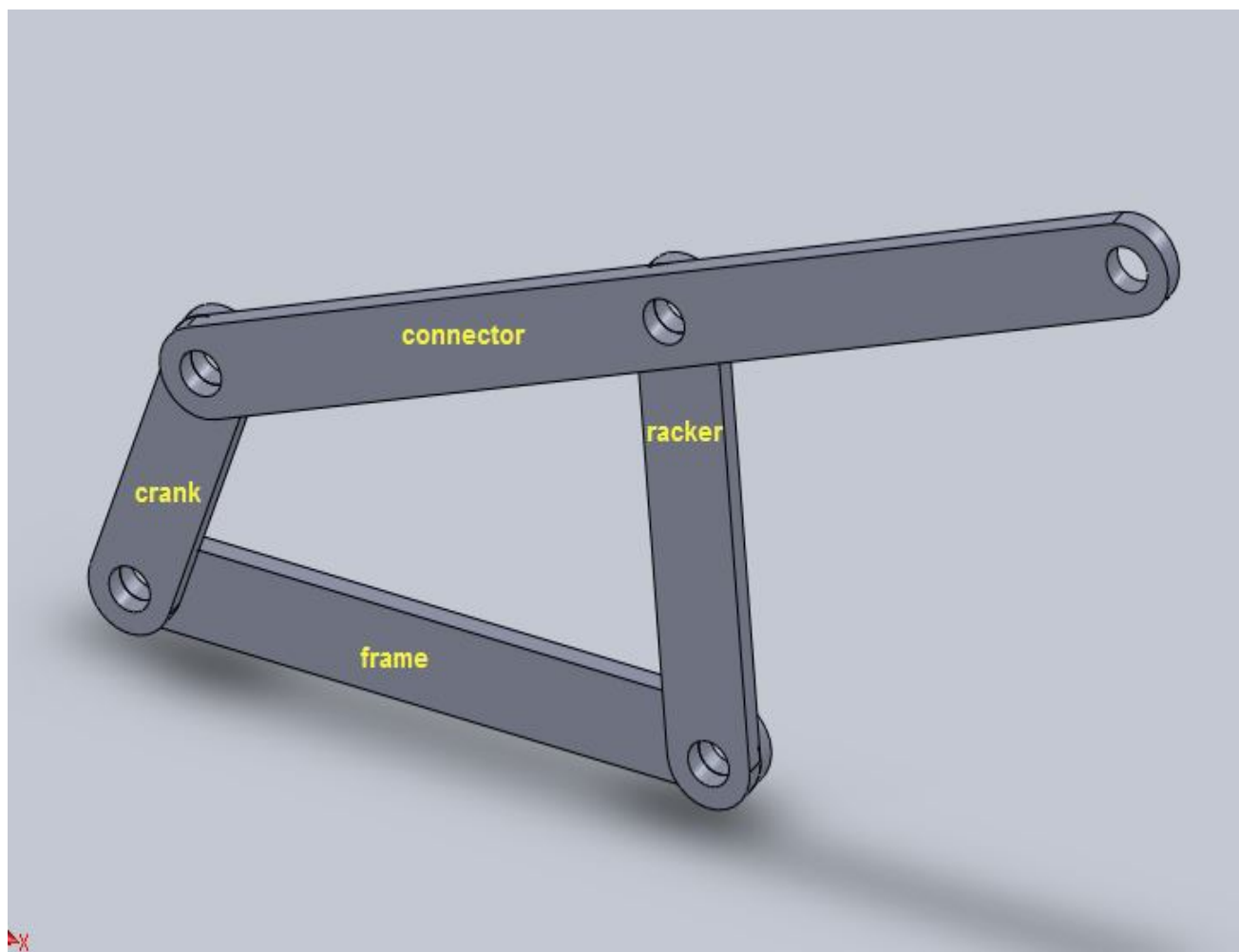
#### لینک گذاری 4 گانه :

در این بخش ما یک مجموعه 4 تایی از لینک ها را مدل می کنیم . ما قادریم حرکت شبیه سازی که توسط موتور با سرعت ثابت است را به صورت کیفی شبیه سازی کنیم . در این تمرین یک نیرو را نیز اضافه کرده و ابزارهای آنالیز کمی در دسترس در بخش

Cosmosmotion را بررسی می کنیم .

خب قطعات لازم که در نقشه صفحه 2 آمده را بسازید و آنها را مونتاژ کنید . لینک Frame باید ابتدا وارد محیط مونتاژ شود چون این لینک ثابت است .





دقت کنید لینک **connector** سه سوراخ دارد. حرکت سوراخ سوم مسیرهای زیادی را می تواند دنبال کند. که بستگی به هندسه لینکها و نیز موقعیت سوراخ دارد. قبل از شروع شبیه سازی جهت یابی لینکها را دقیقاً مشخص می کنیم. این کار به ما امکان می دهد تا نتایج را با نتایج محاسبات دستی راحت تر قیاس کنیم.

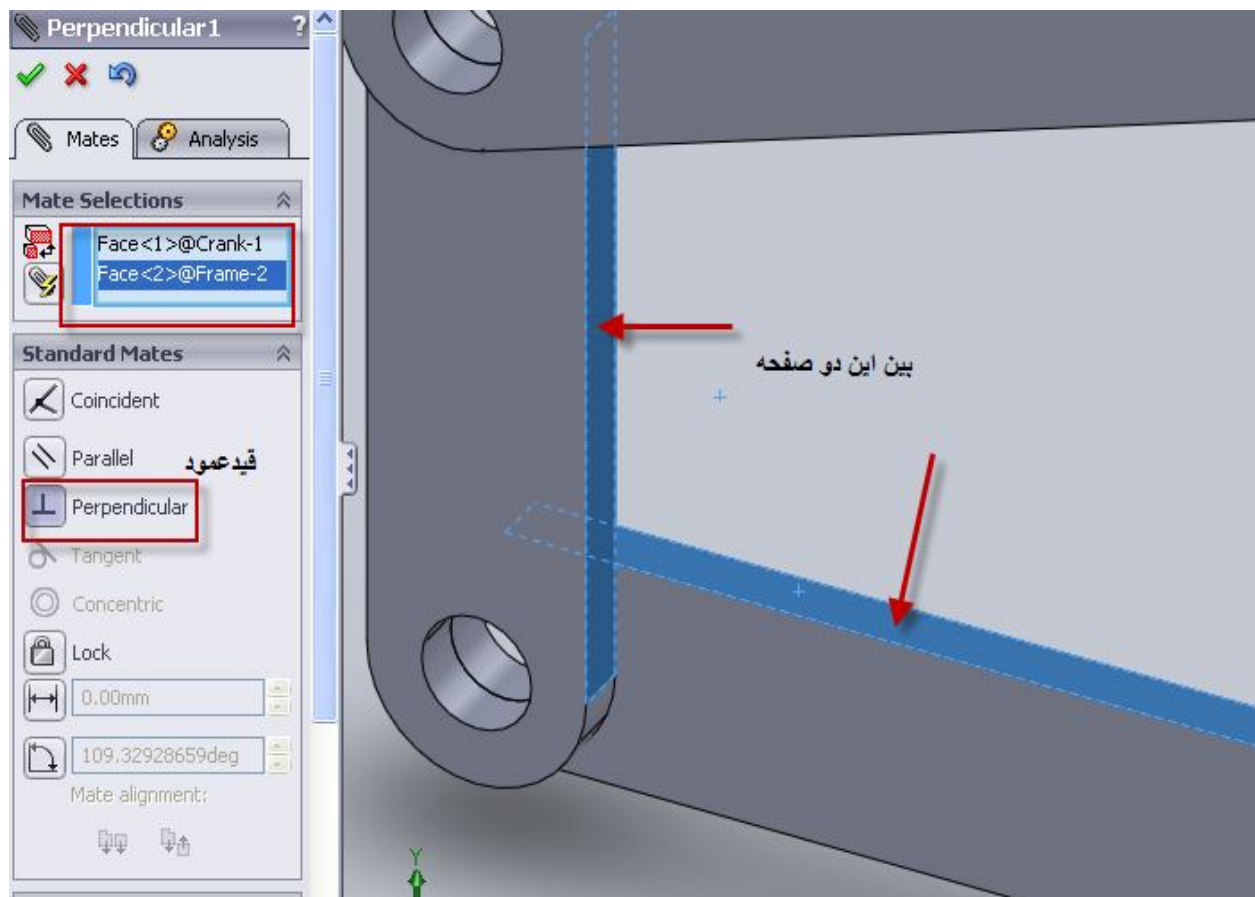
یک قید **Perpendicular (عمود)** بین دو صفحه نشان داده شده در شکل قرار دهید.

گروه **Mate** در بخش مدیریت نمایه را باز کرده و روی قید عمود راست کلیک کرده و گزینه **Suppress** را بزنید.

قید عمود لینک **Crank** را در موقعیت دقیقی قرار می دهد. چون ما می خواهیم **Crank** قادر به چرخش باشد پس قید را

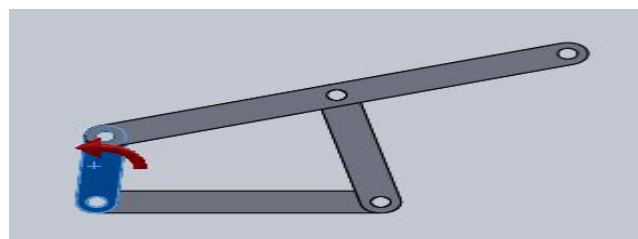
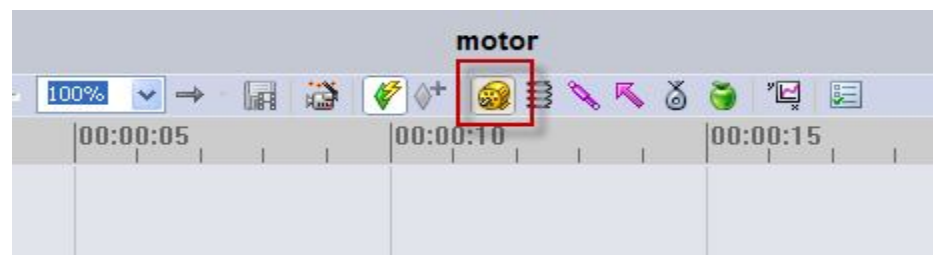
**Suppress / حذف موقت** کردیم. یعنی ما قید را پاک کردیم اما هر زمان به آن نیاز داشتیم مجدداً می توان به لینک **Crank**

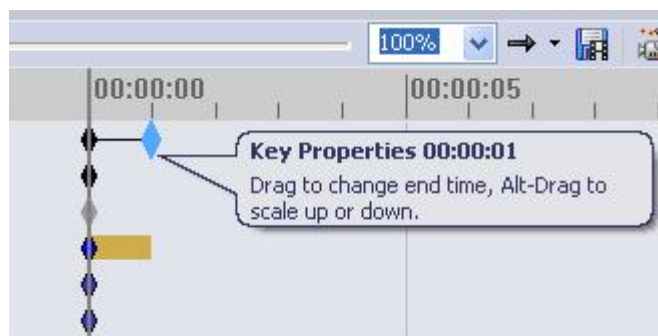
موقعیت دقیقی را داد و به سادگی به جای اینکه قید عمود را دوباره ایجاد کنیم تنها آنرا **Unsuppressed** می کنیم.



حال به نمای روبرو بروید و Zoom کنید. بخش مدیریت حرکت از نما و Zoom اخیر مدل شما برای شروع شبیه سازی استفاده

می کند. اطمینان حاصل کنید Cosmosmotion در قسمت Add-ins اضافه شده است. روی سربرگ Motion Manager کلیک کنید. آیکون موتور را انتخاب کنید. در بخش مدیریت خصوصیات سرعت را روی 60rpm تنظیم کنید. روی صفحه جلویی Crank کلیک کنید و موتور را اعمال کنید و تیک را بزنید.



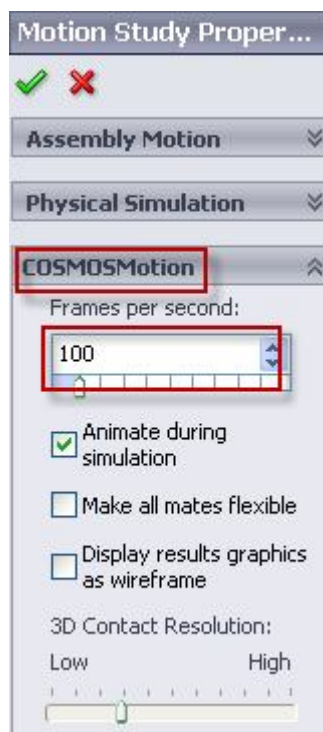


کلید شبیه سازی لوزی شکل را از حالت پیش فرض 5 ثانیه ، به 1 ثانیه بکشید. (00:00:01)

چون سرعت موتور را 60rpm گرفتیم و زمان را به 1 ثانیه تقلیل دادیم پس موتور در این زمان یک دور کامل می زند .

60 rpm >>> 60 دور در دقیقه >>> 1min=60s >>> 1s  
>>> 1 دور کامل = 360 درجه

کلید Motion study properties را زده و زیر سربرگ Cosmosmotion تعداد فریم را روی 100 تنظیم کنید و تیک بزنید .



از منوی پایین افتادنی Cosmosmotion را زده

و آیکون Calculator را بزنید تا شبیه سازی اجرا

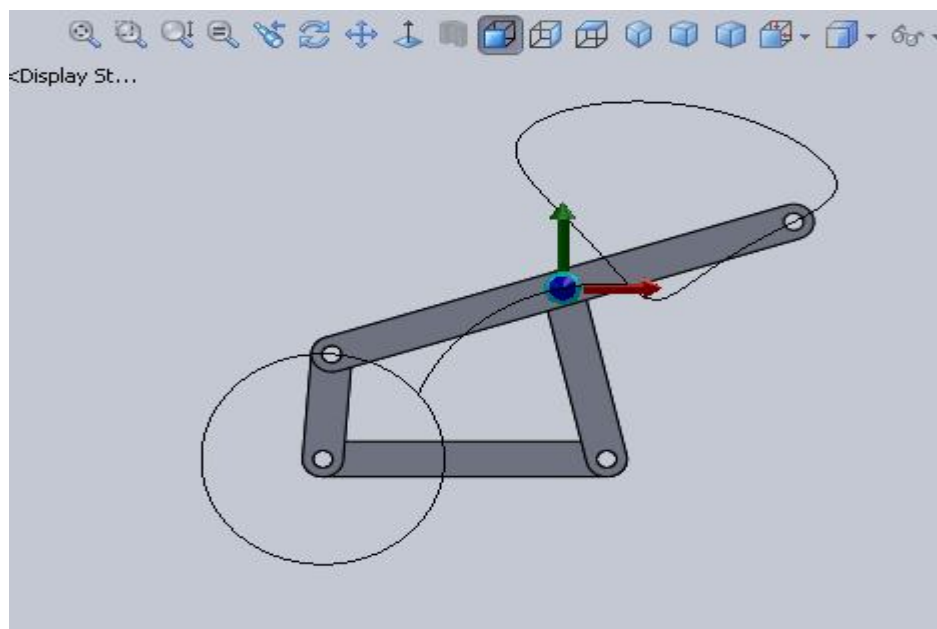
شود . حالا روی آیکون Results & plots کلیک کنید . در مدیریت خصوصیات نوع نتیجه را به ترتیب روی گزینه های زیر تنظیم کنید :

Displacement /velocity /acceleration , Trace path

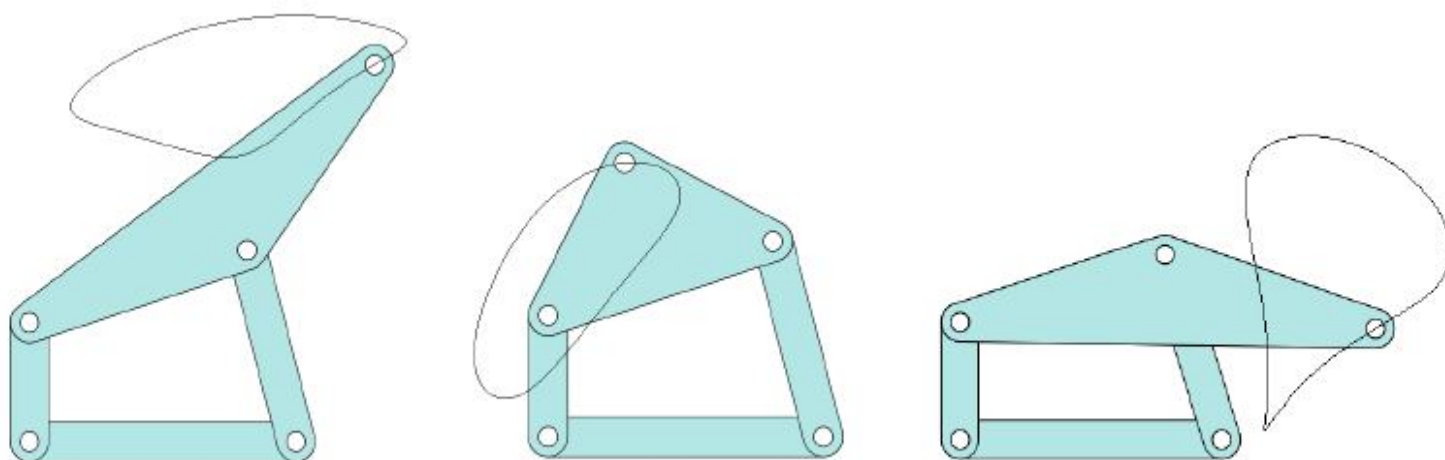
روی لبه سوراخ آزاد لینک Connector کلیک کرده و تیک را بزنید . شبیه سازی را اجرا کنید.

با انتخاب گزینه Trace path شما می توانید مسیر حرکت لینک Connector را در یک

چرخش کامل ببینید . اگر بخواهید می توانید مسیر دو مفصل دیگر را نیز در حین حرکت انتقالی مشاهده کنید .

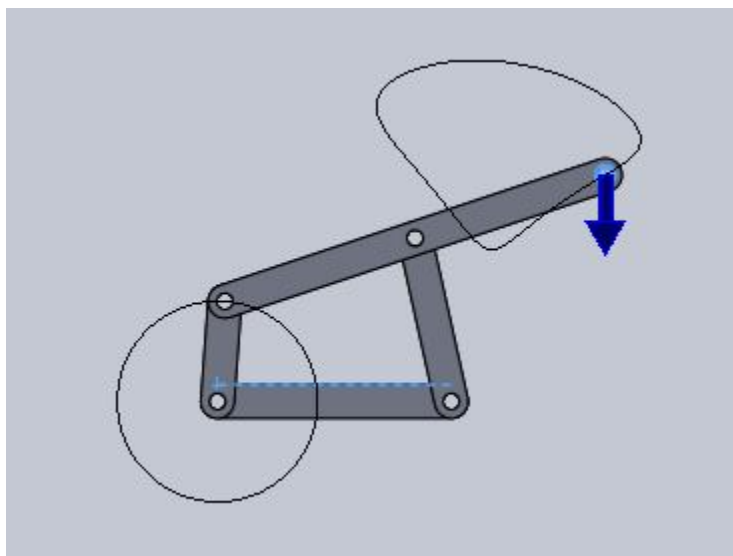
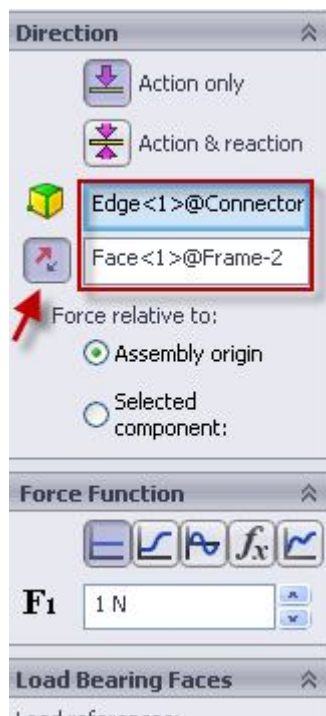


اتصال لینکها می توانند با خلق مسیرهای حرکتی مختلف مثل شکل زیر طراحی شوند :



حالا می خواهیم یک نیرو به سوراخ آزاد اضافه کنیم . آیکون نیرو را انتخاب کنید . در بخش مدیریت خصوصیات کادری به صورت هایلایت آماده است تا شما مکان ورود نیرو را انتخاب کنید . روی لبه سوراخ آزاد کلیک کرده و نیرو به مرکز سوراخ اعمال می شود . حالا کادر مسیر ورود نیرو هایلایت شده . سازه را بچرخانید و به حد کافی zoom کنید تا بتوانید صفحه بالایی frame را

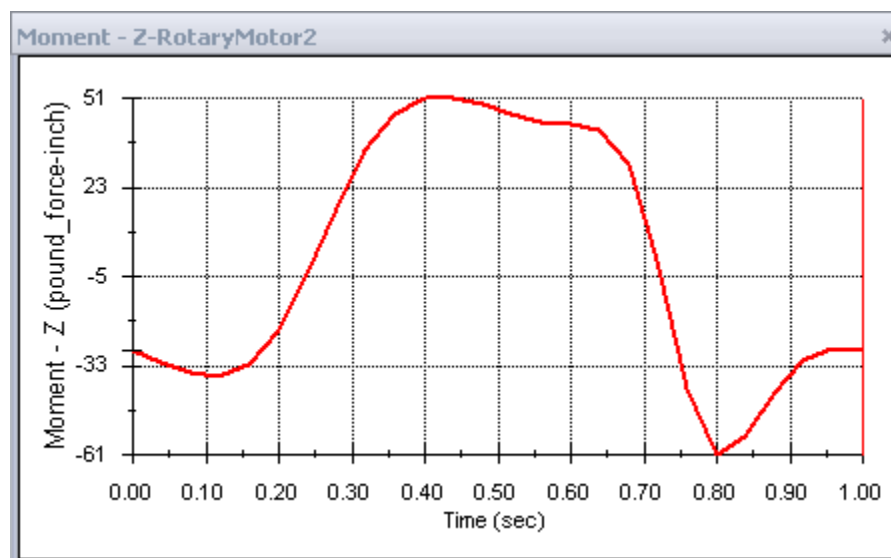
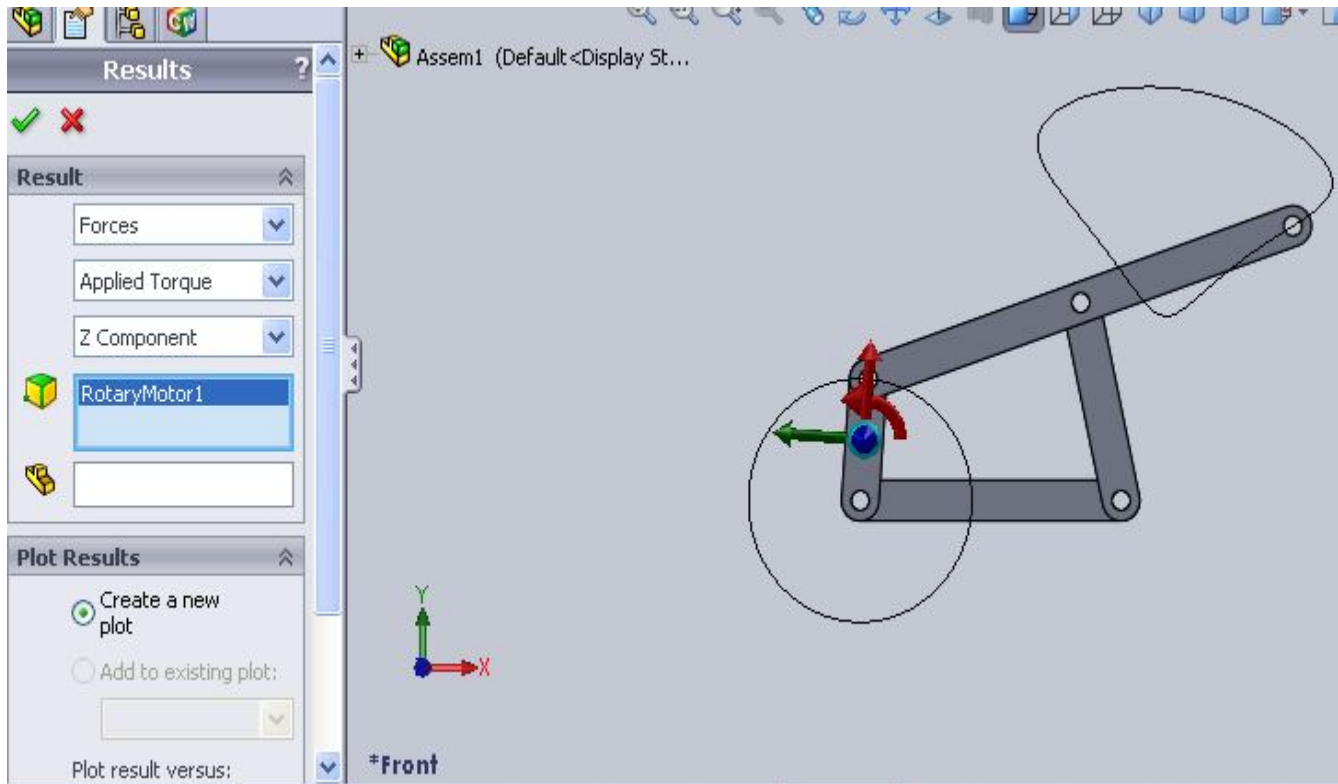
انتخاب کنید . نیرو عمود بر این صفحه وارد می شود . همانطور که می بینید نیرو به طرف بالا اعمال شده است ؛ فلش کنار کادر را زده تا جهت نیرو برعکس شود . مقدار نیرو را 20 پوند وارد کنید و شبیه سازی را اجرا کنید .



حالا می خواهیم نمودار گشتاور را تحت این بار با سرعت موتور اعمالی ببینیم . پس دوباره روی آیکون Results & plots کلیک کرده و گزینه های زیر را در تنظیمات اعمال کنید :

Force >>> Applied Torque >>> z component

در Motion manager روی Rotary motor کلیک کرده تا انتخاب شود و تیک را بزنید .



می بینید گشتاور اعمالی دارای قله ای 51in.lb است . در  $t=0$  گشتاور اعمالی حدود -30in.lb است (علامت منفی نشانگر جهت منفی محور Z یا ساعتگرد است – هنگامیکه دید ما در نمای روبرو قرار دارد .) برای گرفتن مقادیر دقیق و لحظه به لحظه ما می توانیم مقادیر عدد را بصورت فایل word یا Excel ایجاد کنیم . روی نمودار راست کلیک کرده و Export CSV



را بزنید . فایل را در مسیری دلخواه ذخیره کنید و با فرمت Excel باز کنید .

	A	B	C
1	Moment - Z-RotaryMotor2		
2	Time (sec)	Moment - Z (pound_force-inch)	
3	0	-28.53897694	
4	0.04	-31.98772213	
5	0.08	-35.40027612	
6	0.12	-36.35688088	
7	0.16	-32.47995236	
8	0.2	-21.8748181	
9	0.24	-4.534816941	
10	0.28	16.02138034	
11	0.32	34.03875589	
12	0.36	45.68901136	
13	0.4	50.71196868	
14	0.44	50.86652092	
15	0.48	48.38410714	
16	0.52	45.33112147	
17	0.56	43.27160834	
18	0.6	42.55803282	
19	0.64	40.61701863	
20	0.68	29.60871448	
21	0.72	-0.065603332	
22	0.76	-40.00951503	
23	0.8	-60.65352814	
24	0.84	-55.15659833	
25	0.88	-41.28895813	
26	0.92	21.25142112	

در  $t=0$  گشتاور موتور  $-28.54 \text{ in.lb}$  است . محاسبات دستی برای تحلیل استاتیکی مکانیزم با این مقدار تطبیق دارد .

هنگام مقایسه این مقادیر نتایج با نتایج محاسبات دستی مفروضات در نظر گرفته شده نیز مهم است :

1. وزن عضو ها نباید شامل نیروها باشد ؛

2. از شتاب عضو ها صرف نظر شده است .



فرض اول در طراحی ماشین رایج است ؛ چون وزن عضو ها معمولاً در قیاس با بارهای اعمالی کوچک هستند . در مهندسی ساختمان این قضیه قابل چشم پوشی نیست ؛ چون وزن سازه ها یی همچون ساختمان و پل اغلب خیلی بزرگتر از نیروهای اعمال شده بر آنهاست .

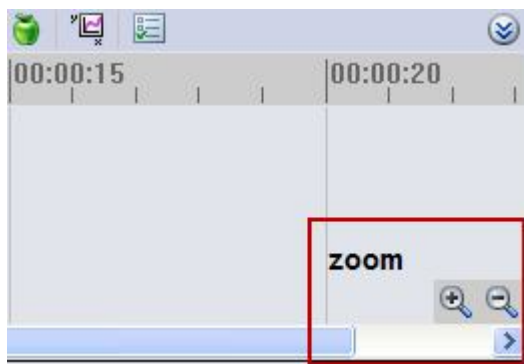
فرض دوم تنها زمانی معتبر است که شتابها نسبتاً کوچک باشند . در این مورد سرعت زاویه ای **Crank (60rpm)** یا یک دور در ثانیه ( شتابهایی در عضو ها تولید می کند که بسیار کوچک و قابل چشم پوشی هستند .

حالا بیایید تا به شبیه سازی نیروی جاذبه اضافه کنیم تا اثر آن را ببینیم . روی آیکون **Gravity** که شبیه یک سیب است کلیک کنید . در بخش مدیریت خصوصیات مسیر را روی **Y** تنظیم کنید . در گوشه سمت راست پایین محیط گرافیکی یک فلش ظاهر می شود که نشان می دهد جهت انتخابی درست بوده است ؛ تیک را بزنید . شبیه سازی را اجرا کنید .

نمودار گشتاور اغلب تغییری نمی کند تنها قله گشتاور به اندازه **1in.lb** افزایش می یابد . بنابراین حذف نیروی جاذبه تاثیر کمی



در نتایج محاسبات دارد . حالا می خواهیم سرعت موتور را زیاد کنیم تا تاثیر آن را روی گشتاور ببینیم . کلید لوزی سبز رنگ را به انتهای **0.1** ثانیه ببرید . از کلید **Zoom** در گوشه پایین **Motion Manager** استفاده کنید تا فواصل زمانی برایتان بزرگتر شود . نوار نمایش را به صفر ببرید .

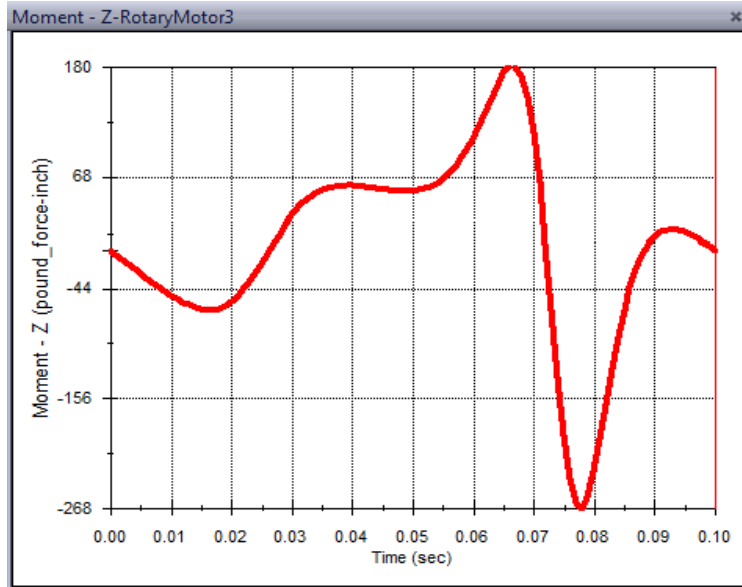


این گام در شبیه سازی خیلی مهم است چون تغییرات در زمانهای مختلفی می تواند اعمال شود . چون می خواهیم سرعت موتور از شروع شبیه سازی تغییر کند پس نوار نمایش را به صفر بردیم .

روی **Rotary Motor** در **Motion Manager** راست کلیک کرده و در **Property Manager** سرعت را **600rpm** کنید و تیک را بزنید . چون یک دور کامل در تنها **0.1** ثانیه رخ می دهد ما نیاز داریم تا سرعت فریم زنی را در شبیه سازی افزایش دهیم تا به یک نمودار نرم برسیم .

**Motion Study Properties** را انتخاب کرده و در بخش مدیریت خصوصیات **Cosmosmotion Frame rate** را روی **1000** **Frames/Second** تنظیم کرده و تیک را بزنید . شبیه سازی را اجرا کنید .

قله گشتاور از 51 به 180 افزایش می یابد . دیده می شود به محض افزایش سرعت ، شتاب اعضا عامل مهمی در تاثیر گشتاور



هستند . شما می توانید این نتیجه را با حذف موقت جاذبه و بار اعمالی 20 پوندی مقایسه کنید و شبیه سازی را تکرار کنید . قله گشتاور تنها از 180 به 151 کاهش می یابد حتی بدون اعمال بار خارجی .

برای انجام محاسبات دستی با احتساب شتابها لازم است ابتدا برای تعیین شتاب زاویه ای و انتقالی اعضا تحلیل سینماتیکی انجام دهیم . پس شما می توانید نمودار جسم آزاد سه عضو در حال حرکت را بکشید و سه معادله برای هر یک بنویسید :

$$\sum F_x = ma_x, \quad \sum F_y = ma_y, \quad \sum M_z = I\alpha_z$$

نتیجه اینکه 9 معادله داریم که باید هم زمان حل شوند تا 9 مجهول را بیابیم . (گشتاور اعمالی و 2 نیرو در هر یک از چهار پین مفصل )

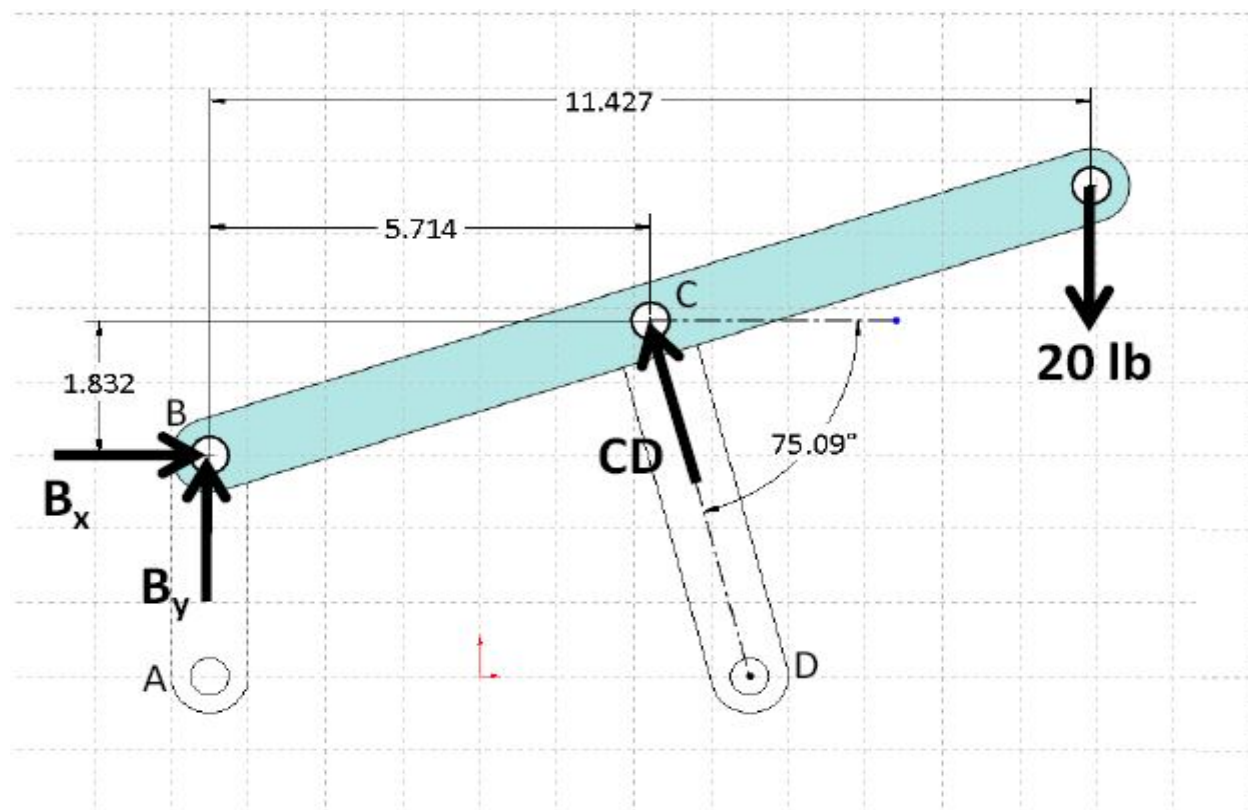
نتایج تنها در یک نقطه از زمان هستند . این

مزیت بزرگ استفاده از برنامه های شبیه سازی چون cosmosmotion است : چون معلوم نیست در کدام نقطه حرکت نیروها

ماکزیمم می شوند تحلیل ما نیروهای ماکزیمم را نشان می دهد و به ما امکان تشخیص وضعیت بحرانی را می دهد .

در ضمیمه آنالیز استاتیکی لینک چهارگانه را می بینید که در معرض نیروی اعمالی 20 پوندی قرار دارد :

نمودار جسم آزاد Connector



$$\Sigma M_B = (5.714 \text{ in})(CD \sin(75.09^\circ)) + (1.832 \text{ in})(CD \cos(75.09^\circ)) - (11.427 \text{ in})(20 \text{ lb}) = 0$$

$$(5.522 \text{ in})CD + (0.4714 \text{ in})CD = 228.5 \text{ in} \cdot \text{lb}$$

$$(5.993 \text{ in})CD = 228.5 \text{ in} \cdot \text{lb}$$

$$CD = \frac{228.5 \text{ in} \cdot \text{lb}}{5.993 \text{ in}} = 38.13 \text{ lb}$$

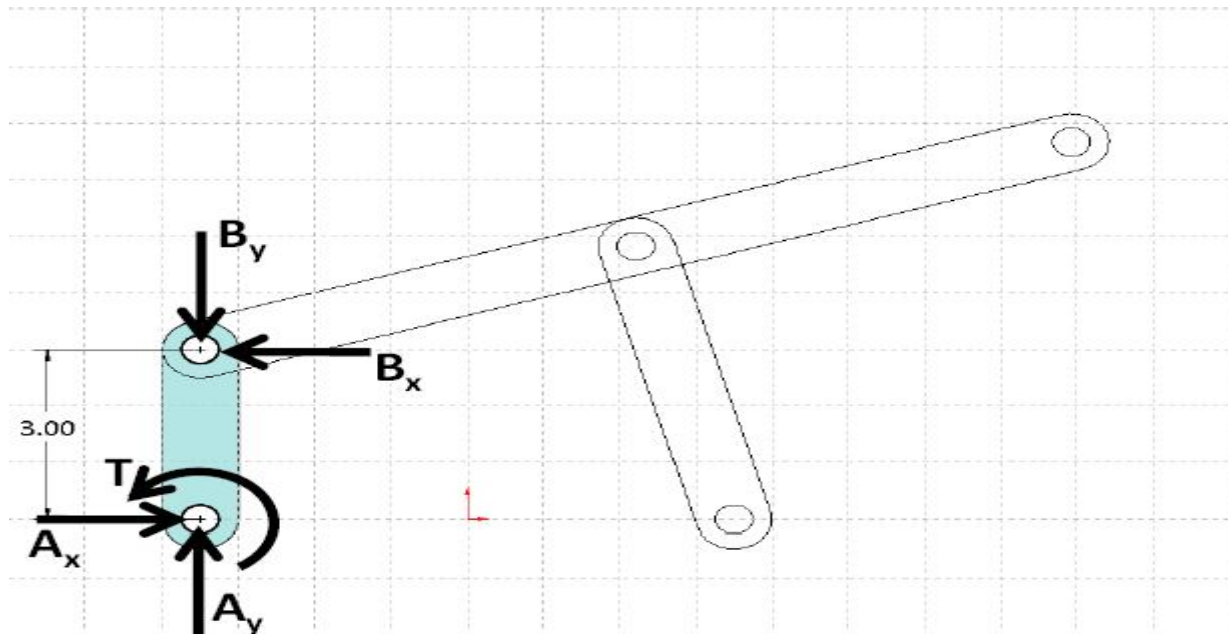
$$\Sigma F_x = B_x - (38.13 \text{ lb})\cos(75.09^\circ) = 0$$

$$B_x = 9.812 \text{ lb}$$

$$\Sigma F_y = B_y - (38.13 \text{ lb})\sin(75.09^\circ) - 20 \text{ lb} = 0$$

$$B_y = -16.85 \text{ lb}$$

نمودار جسم آزاد Crank



$$\Sigma M_A = T + (3 \text{ in})B_x = 0$$

$$T = -(3 \text{ in})(9.812 \text{ lb}) = -29.4 \text{ in} \cdot \text{lb}$$

منبع : <http://www.ebooksquad.com/> - Net

Motion Tutorial 2008

ترجمه : زهره دارابیان

برای تکمیل مطالب عنوان شده بخشهایی به متن اصلی اضافه شد .