

## فهرست

۱-۱	مقدمه	۲
۲-۱	نیروی مرکزگرا و روابط آن	۲
۱-۲-۱	موضوعات مورد بررسی در آزمایش	۴
۳-۱	طراحی مکانیزم آزمایش خاصیت نیروی مرکزگرا در نرم‌افزار ADAMS	۵
۱-۳-۱	آماده‌سازی محیط ADAMS/view	۵
۲-۳-۱	طراحی و مدل‌سازی مکانیزم	۷
۳-۳-۱	قیدگذاری مکانیزم	۱۵
۴-۳-۱	تعریف حرکت‌های مکانیزم	۲۰
۴-۱	تعریف متغیرهای آزمایش	۲۴
۵-۱	شبیه‌سازی آزمایش	۳۳
۱-۵-۱	مرحله اول	۳۳
۲-۵-۱	مرحله دوم	۳۴

## طراحی و شبیه‌سازی آزمایش نیروی مرکزگرا در نرم‌افزار Adams

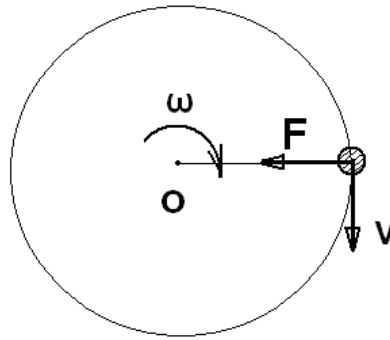
### ۱-۱ مقدمه

یکی از مباحث مطرح در درس‌های دینامیک ماشین و آزمایشگاه دینامیک و ارتعاشات رشته مهندسی مکانیک بحث خاصیت مرکزگرایی در اجسام در حال دوران می‌باشد که دانشجویان با درک این مکانیزم می‌توانند بر معادلات ریاضی مربوط به آن تسلط کامل پیدا کنند. همچنین انجام آزمایش و تست و شبیه‌سازی این ساختار در نرم‌افزار نیز به درک عمیق این نوع از خاصیت اجسام در حال دوران کمک خواهد کرد.

در ابتدای این آموزش پیش‌نیازهای تئوری این آزمایش بررسی خواهند شد. سپس نحوه طراحی مکانیزم موردنیاز و تعریف متغیرهای وابسته به آزمایش، با هدف آزمودن خواص نیروی مرکزگرا، در محیط نرم‌افزار ADAMS/view آموزش داده می‌شود. در بخش‌های بعدی، شبیه‌سازی آزمایش نیروی مرکزگرا بر روی مکانیزم انجام خواهد شد. شبیه‌سازی آزمایش هم‌زمان با بررسی معادلات و مباحث تئوری انجام می‌شود و در قسمت پایانی نتایج به‌دست‌آمده در شبیه‌سازی، موردبررسی و تحلیل قرار خواهند گرفت. مکانیزمی که در این آموزش مورد شبیه‌سازی و تست قرار خواهد گرفت، مدلی برگرفته از دستگاه شکل ۱-۲ است. این دستگاه یکی از دستگاه‌های متداول موجود در کشور است که برای تست و آزمایش نیروی مرکزگرا در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی مختلف استفاده می‌شود.

### ۲-۱ نیروی مرکزگرا و روابط آن

در اثر حرکت اجسامی که حول یک محور در حال دوران می‌باشند نیرویی تحت عنوان نیروی مرکزگرا ظاهر می‌گردد. این نیرو قدرت گرفته از سرعت دورانی جسم، جرم جسم و فاصله شعاعی جسم تا مرکز دوران است. با نگاهی به شکل ۱-۱ که نشان‌دهنده راستای نیروی مرکزگرا و سرعت جسم است به ادامه بحث خواهیم پرداخت:



شکل ۱-۱- جهت سرعت و نیروی مرکزگرای ایجاد شده

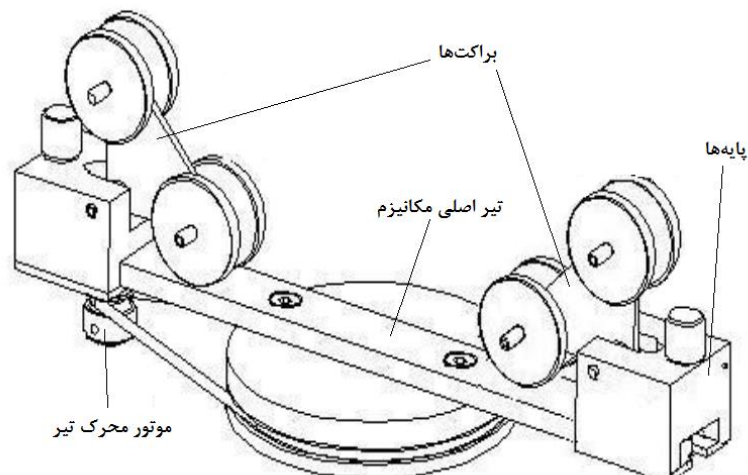
برای این آزمایش و تبیین معادلات آن پارامترهای زیر معرفی می‌شوند:

- $\omega$  : سرعت دورانی جسم
- $m$  : جرم جسم
- $r$  : فاصله جسم تا مرکز دوران (شعاع چرخش)
- $F$  : نیروی مرکزگرا

معادله (۱-۱) معادله حاکم بر این آزمایش است:

$$F = mr\omega^2 \quad (1 - 1)$$

مکانیزم کلی دستگاه آزمایش نیروی مرکزگرا که در محیط آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد در شکل ۱-۲ آورده شده است.

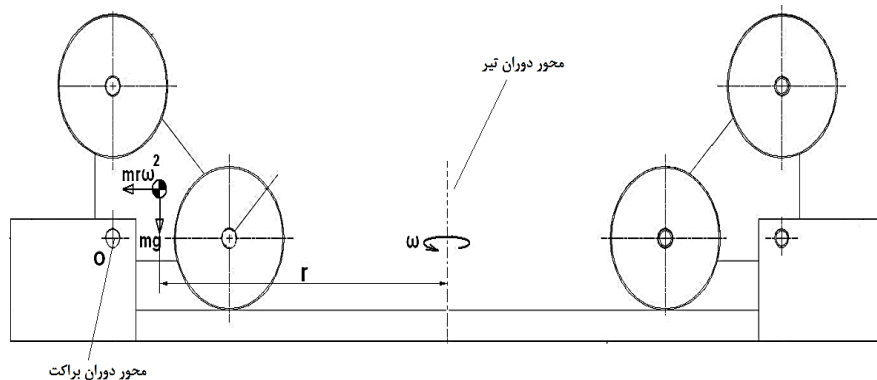


شکل ۱-۲- شماتیک اصلی مکانیزم دستگاه آزمایش نیروی مرکزگرا

در مکانیزم آزمایش نیروی مرکزگرا براکت‌هایی بر روی یک تیر دوار قرار گرفته‌اند، این براکت‌های قابلیت دوران حول محوری عمود بر محور دوران تیر را دارند، با شروع به چرخش تیر و افزایش سرعت دورانی  $\omega$  مطابق شکل ۱-۳ نیرویی با مقدار مشخص  $F = mr\omega^2$  در براکت‌ها ایجاد خواهد شد که در زمان غلبه این نیرو بر نیروی وزن براکت‌ها ( $F=mg$ )، براکت‌ها شروع به فاصله گرفتن و دوران حول محور خود خواهند کرد. همچنین به‌طور پیوسته معادله زیر در سیستم برقرار است:

$$mg = mr\omega^2 \quad (2 - 1)$$

که در این معادله  $m$  جرم هر یک از براکت‌ها،  $g$  شتاب گرانش و  $\omega$  سرعت دورانی تیر (برحسب رادیان بر ثانیه) در لحظه بلند شدن براکت‌ها است.



شکل ۱-۳- محوره‌های دوران مکانیزم دستگاه آزمایش نیروی مرکزگرا

با ساده‌سازی معادله ۲-۱ در هر فاصله مشخص از مرکز دوران تیر، برای سرعت دورانی داریم:

$$\omega^2 = \frac{g}{r} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{r}} \quad (3 - 1)$$

## ۱-۲-۱ موضوعات مورد بررسی در آزمایش

در این آموزش، رابطه بین فاصله مرکز جرم و سرعت دورانی در هنگام حرکت براکت‌ها که برداشتی از رابطه ۱-۳ است مورد آزمایش قرار خواهد گرفت. این بررسی برای دو حالت تئوری و تجربی (شبیه‌سازی) در دو مرحله انجام می‌شود. در نتیجه موضوع مورد نظر برای شبیه‌سازی عبارت است از:

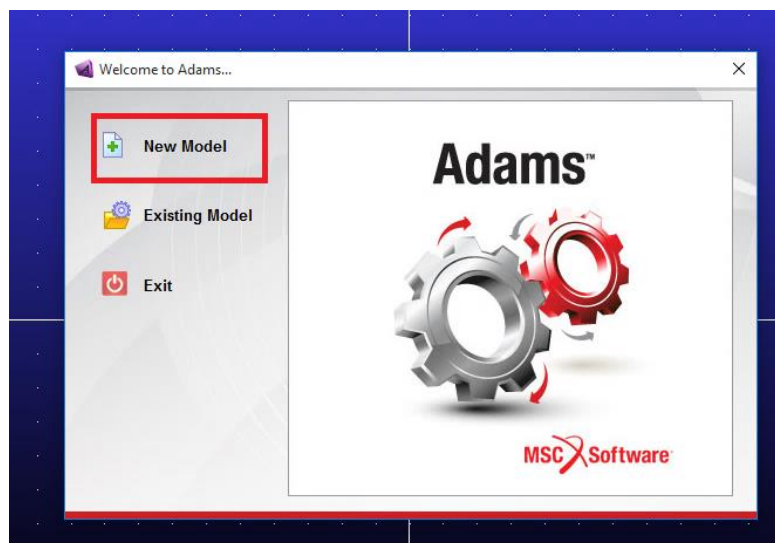
- بررسی سرعت‌های دورانی برای یک براکت با وزن مشخص در فواصل مختلف آن از مرکز دوران

### ۳-۱ طراحی مکانیزم آزمایش خاصیت نیروی مرکزگرا در نرم‌افزار ADAMS

دستگاه‌هایی که برای انجام آزمایش نیروی مرکزگرا مورد استفاده قرار می‌گیرند انواع مختلفی دارند که توسط شرکت‌های متفاوتی در بازار عرضه شده‌اند اما همگی از مکانیزم مشابهی پیروی می‌کنند که به شماتیک کلی آن در شکل ۱-۲ اشاره شد. در ادامه این آموزش در نرم‌افزار Adams اقدام به طراحی، شبیه‌سازی و آزمایش این مکانیزم، مشابه آنچه در واقعیت برای تحقیق نیروی مرکزگرا انجام می‌شود، خواهیم نمود.

#### ۱-۳-۱ آماده‌سازی محیط ADAMS/view

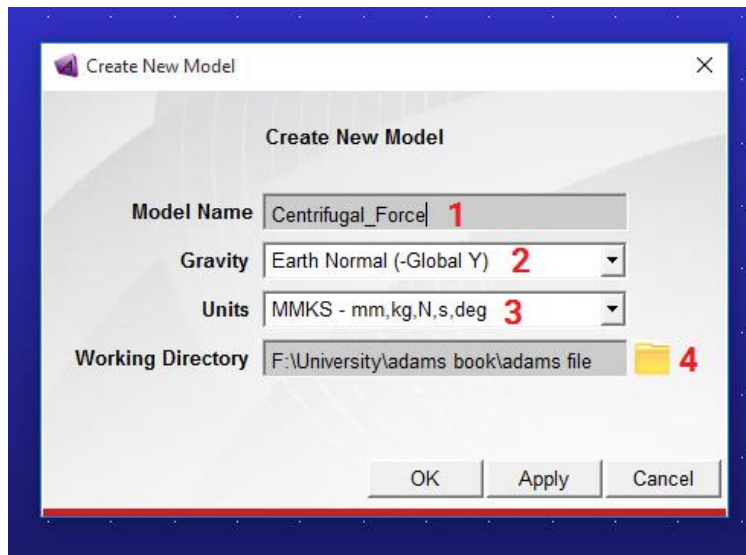
در ابتدا با اجرای نرم‌افزار Adams View پنجره خوش‌آمد گویی باز می‌شود در این پنجره برای تعریف پروژه جدید بر روی آیکن New Model کلیک کنید (شکل ۱-۴) تا پنجره Create New Model باز شود (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۴- پنجره خوش آمد گویی نرم‌افزار ADAMS

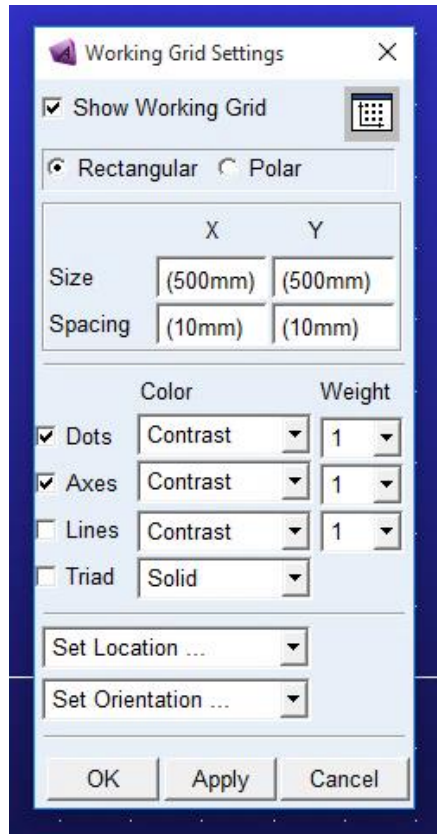
در قسمت Model Name عبارت Centrifugal\_Force را وارد نمایید (۱) (لازم به ذکر است که در هنگام وارد نمودن نام برای یک پروژه، یک جسم یا یک نمودار، نباید از علامت خط فاصله (-) در عنوان استفاده کنیم، به جای آن علامت زیرخط (-) برای نرم‌افزار قابل قبول است). در قسمت Gravity که

مشخص‌کننده جهت نیروی جاذبه زمین است از منوی باز شونده گزینه Earth Normal (-Global Y) را انتخاب کرده تا جهت نیروی جاذبه در جهت  $-Y$  قرار بگیرد (۲)، سپس برای قسمت Units که آحاد استاندارد باید در آن مشخص شود گزینه MMKS را انتخاب کنید (۳). در مرحله بعد، در قسمت working directory با کلیک بر روی "آیکون پوشه" محل ذخیره فایل‌های ایجادشده توسط نرم‌افزار را مشخص کنید (۴). در



شکل ۱-۵- تنظیمات پنجره Create New Model

پایان بر روی گزینه OK کلیک کرده تا وارد محیط اصلی Adams/View شوید. برای دقیق‌تر شدن مختصات در محیط نرم‌افزار از منوی Settings گزینه working Grid... را انتخاب کرده تا پنجره Working Grid Settings باز شود. مانند شکل ۱-۶، در قسمت Size که مقدار طول و عرض صفحه شبیه‌سازی را تعیین می‌کند و در قسمت Spacing که فاصله نقاط در صفحه شبیه‌سازی را مشخص می‌کند، مقادیر موردنظر را وارد و برای اعمال تغییرات بر روی OK کلیک کنید.



شکل ۱-۶- تنظیمات مربوط به ابعاد تیر

## ۲-۳-۱ طراحی و مدل‌سازی مکانیزم

در اولین گام برای ایجاد تیر اصلی مکانیزم از زبانه Bodies بر روی آیکون Box کلیک کنید. در بخش مربوط به تنظیمات جسم، تنظیمات را برای یک تیر با طول ۴۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۱ سانتی‌متر و عمق ۲ سانتی‌متر تعیین کنید (شکل ۱-۷)، سپس یک سر تیر را که به نشانگر موس نیز متصل است در مختصات (۲۰۰.۰.۰) از صفحه کاری قرار دهید. اگر تیر را از نمای راست نگاه کنید تصویری مانند شکل ۱-۹ الف دارید، برای سهولت کار در مراحل بعدی باید مختصات مرکز حجم تیر را در مرکز مختصات صفحه کاری قرار دهید.