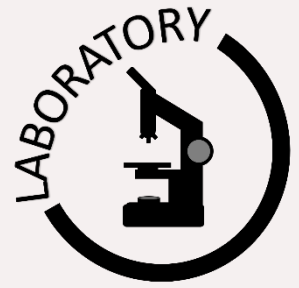




به نام خدا



# آزمایش ششم: ژيروسکوپ

مدرس: دکتر احسان فتحی

مدیر و موسس آموزشگاه آزاد فنی و حرفه‌ای فتحی

**Telegram & Instagram:** @FathiTrainingGroup

**Website:** FathiTrainingGroup.com

**Email:** ehsanfathi\_eh@yahoo.com

**Tel:** 09386249330, 05191012910

## فهرست مطالب

---

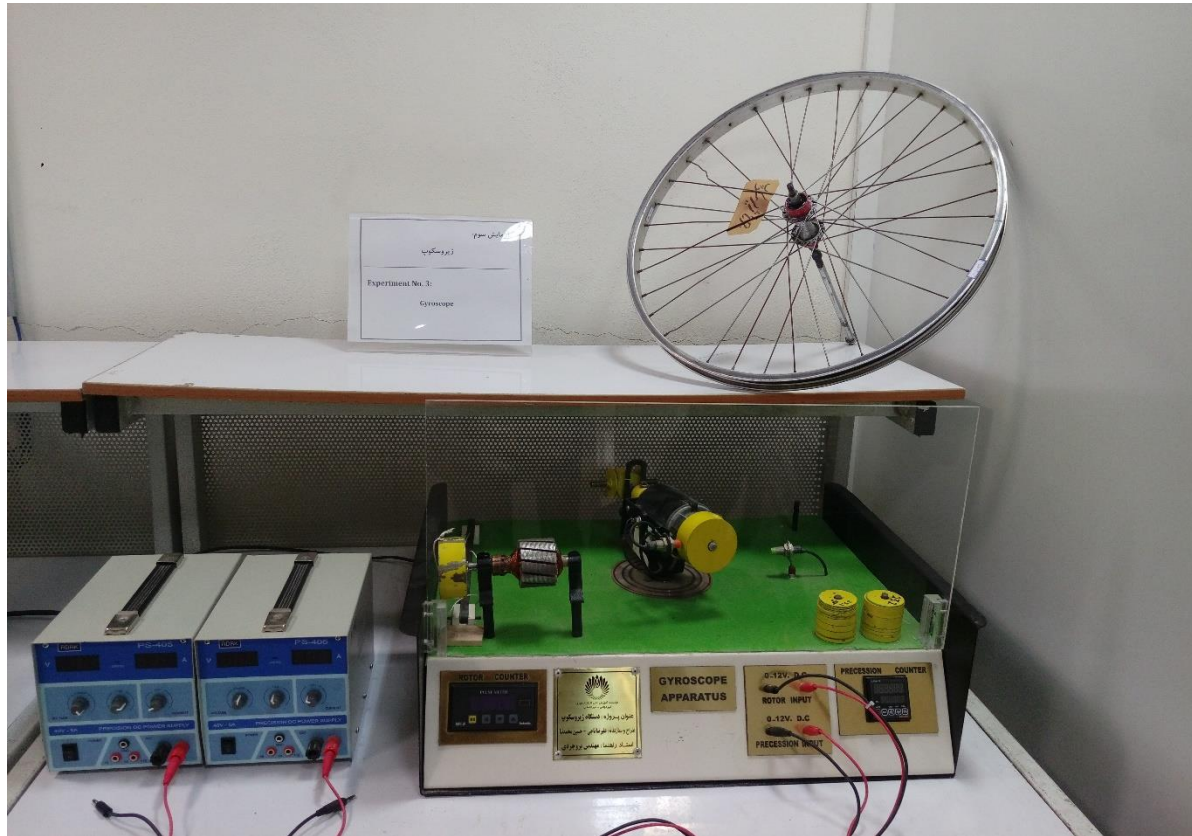
- هدف آزمایش
- تئوری آزمایش
- شرح دستگاه آزمایش
- محاسبه درصد خطای آزمایشگاهی
- روش انجام آزمایش
- خواسته های آزمایش

- بررسی اثرات و تعیین کوپل ژيروسکوپی

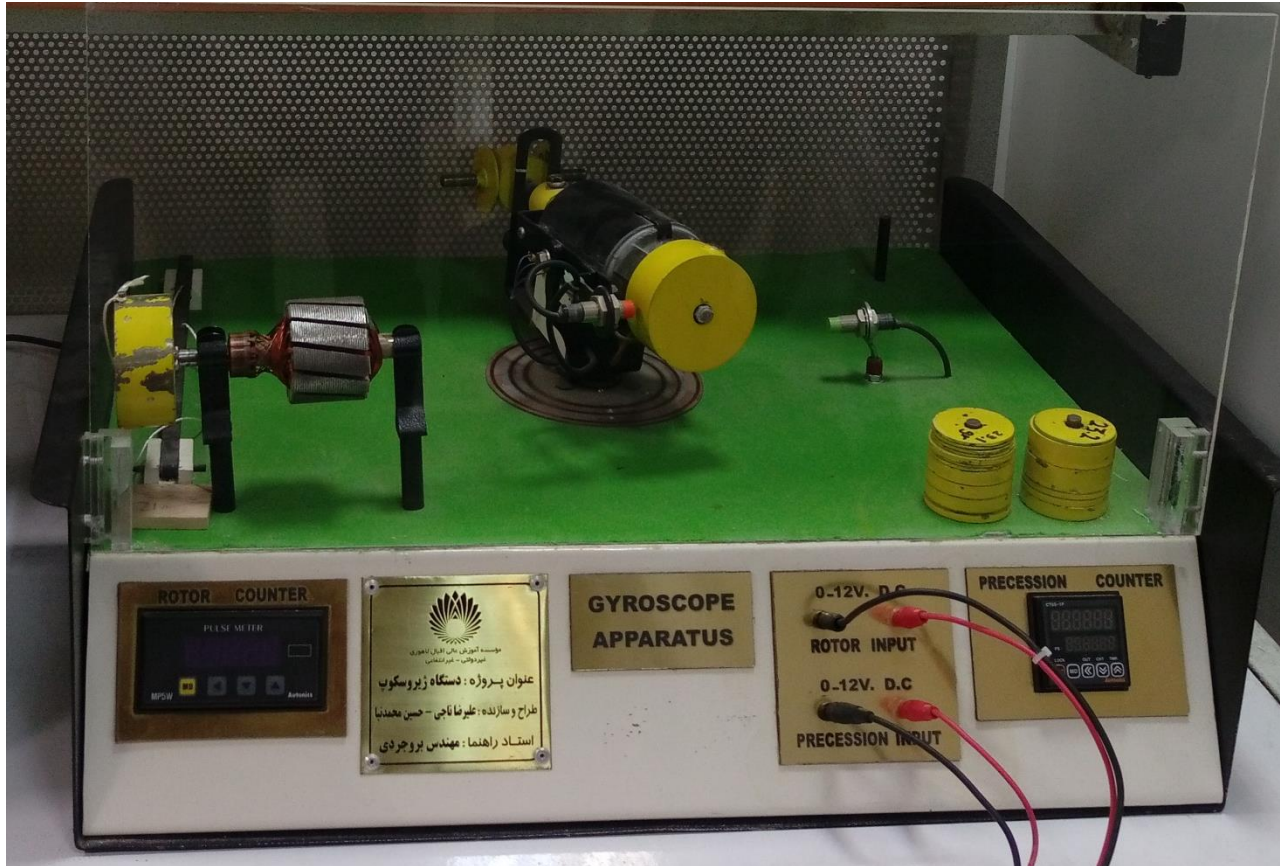
یکی از جالب توجه ترین مسائل در میان تمامی مسائل دینامیک، حرکت ژيروسکوپي است. این گونه حرکت، هنگامی اتفاق می افتد که جسم، حول محوری می چرخد که آن محور نیز به نوبه ی خود، حول محور دیگری دوران میکند. گو اینکه تشریح کامل این حرکت، از پیچیدگی قابل ملاحظه ای برخوردار است، اما متداول ترین و مفیدترین نمونه های حرکت ژيروسکوپي هنگامی رخ میدهد که محور روتور چرخنده با سرعت زاویه ای ثابت، حول محور دیگری با میزان زاویه ای پایا بچرخد.

# شرح دستگاه آزمایش

۱. دستگاه ژيروسکوپ
۲. وزنه های مختلف جهت تعیین و انتخاب و اعمال کوپل بر محور چرخش دستگاه.
۳. روتور جداگانه که از طریق پایه ای توسط سیمها آویخته و ممان اینرسی آن تعیین می گردد.
۴. دو عدد منبع تغذیه جهت تغییر سرعت چرخش روتور و سرعت تقدیم.
۵. اتصالات مختلف برای ارتباط اجزاء دستگاه آزمایش.



شکل ۱: اجزای مختلف دستگاه



شکل ۲: نمایش وزنه ها و روتور



شکل ۳: چرخ ژيروسکوپي (وسیله کمک آموزشی جهت نمایش کوپل ژيروسکوپي)





# محاسبه درصد خطای آزمایشگاهی

نحوه محاسبه درصد خطای آزمایشگاهی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\text{درصد خطای آزمایشگاهی} = \frac{\text{مقدار عملی} - \text{مقدار تئوری}}{\text{مقدار تئوری}} \times 100$$

# روش انجام آزمایش

پس از شناسایی هدف آزمایش و اجزاء دستگاه آزمایش، مراحل آماده سازی دستگاه را انجام و پس از چک نمودن صحت عمل دستگاه، منبع اصلی تغذیه را با سیستم مرتبط سازید. اکنون دستگاه برای شروع آزمایش آماده است.

در این آزمایش سه مرحله زیر را انجام خواهید داد:

**مرحله اول:** بررسی جهات دوران محورهای چرخش و تقدیم و تعیین جهت کوپل ژيروسکوپی

**مرحله دوم:** تحقیق تجربی رابطه  $T = I\omega_s\omega_p$

**مرحله سوم:** تعیین تجربی  $I$  (ممان اینرسی)

## مرحله اول آزمایش: تعیین جهات ژيروسکوپ

تنظیم بودن ژيروسکوپ را چک کنید بایستی بدون هیچگونه وزنه اضافی محور روتور نسبت به لولای خود بالانس (متعادل) باشد. یعنی خط نشانه انتهای بازوی طوقه در مقابل علامت سفید قرار گیرد. در صورت تنظیم نبودن می‌توانید با جابجا نمودن وزنه کوچک روی بازو که توسط پیچی آزاد می‌شود موقعیت مطلوب را بدست آورید.

حال دورسنج را روی رنج مناسب قرار دهید و به کمک واحد کنترل سرعت و با قرائت از روی دورسنج دور دلخواهی در جهت دلخواه برای محور چرخش برقرار سازید حال چنانچه توسط واحد دوم کنترل سرعت در جهتی دلخواه محور تقدیم را فعال کنید، بازو بلافاصله وضعیت تعادلی را ترک و به بالا یا پایین منحرف می‌شود، با این ترتیب می‌توانید با توجه به جهات انتخابی برای محور چرخش و محور تقدیم و با مشاهده راستای انحراف بازو جهت کوپل ایجاد شده را بدست آورید.

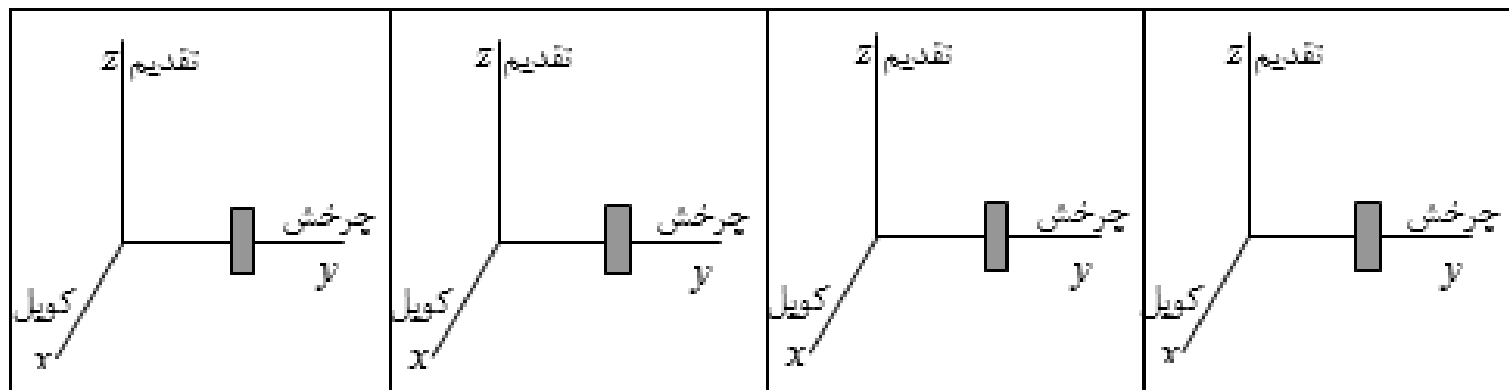
تغییر جهت دوران هر یک از محورهای چرخش و تقدیم با جابجا نمودن اتصالات مربوطه منبع تغذیه و دستگاه ژيروسکوپ.



# روش انجام آزمایش

خواسته آزمایش:

با انجام مراحل فوق دو جهت مختلف محور چرخش و محور تقدیم کوپل را بدست آورید. با پیش بینی‌های تئوریک مقایسه کنید. دقت کنید که کوپل ایجاد شده و کوپل خنثی کننده را از یکدیگر تفکیک کنید.



جدول ۱- جهات چرخش - تقدیم - کوپل

مرحله دوم آزمایش: تنظیم کوپل ژيروسکوپی با ایجاد تغییر در سرعت چرخش و تقدیم پس از اطمینان مجدد از تنظیم بودن اولیه دستگاه با انتخاب وزنه‌های مختلف که روی بازوی دستگاه نصب می‌شود و انتخاب دوره‌های مختلف برای محور چرخش با توجه به مرحله قبلی آزمایش و نتایج آن و بر اساس جهت کوپل بارگذاری و جهت دوران محور چرخش، جهت دوران مناسب محور تقدیم (جهتی که منجر به کوپل مخالف کوپل بارگذاری خواهد شد) را انتخاب و سپس سرعت تقدیم را بتدریج افزایش دهید تا آنکه کوپل بارگذاری کاملاً خنثی شود و بازو در مقابل نشانه تعادل قرار گیرد. در این حال با شمارش دور و زمان سنجی توسط کرنومتر سرعت دورانی محور تقدیم را تعیین کنید و همچنین سرعت محور چرخش را از روی دستگاه دورسنج که در رنج مناسب قرار داده‌اید، بخوانید و نیز کوپل ایجاد شده را که با کوپل بارگذاری مساوی و مخالف است از طریق ضرب وزن وزنه‌ها در فاصله مرکز از لولا تعیین کنید. به این ترتیب قادر خواهید بود با در دست داشتن  $I$  (که در مرحله سوم تعیین شده) رابطه  $T = I\omega_s\omega_p$  را تحقیق تجربی نمایید.

## روش انجام آزمایش

در این مرحله آزمایش لازم است **جدول ۲** را تکمیل کنید. در سنجش سرعت محور تقدیم میتوانید برای دقت بیشتر شمارش را حداقل برای زمان ۳۰ ثانیه تا یک دقیقه انجام دهید. طول بازوی طوقه را اندازه گیری کنید این طول برابر 180mm است. ( $a=180\text{mm}$ )

جدول ۲: تنظیم کوپل ژيروسکوپي دستگاه

وزنه انتخابی به جرم m gr	کوپل تجربی $T_a = mga$ N-m	کوپل تئوری $T = I\omega_s\omega_p$ N-m	سرعت چرخش $N_s$ rpm	سرعت چرخش $\omega_s$ rad/sec	سرعت تقدیم $N_p$ rpm	سرعت تقدیم $w_p$ rad/sec	ممان اینرسی I Kgm <sup>2</sup>
30.8			165		8.5		
			340		19.5		
			570		39.3		
60.8			220		6.8		
			332		15		
			580		23.5		
84.8			220		5.5		
			330		8.8		
			580		18		

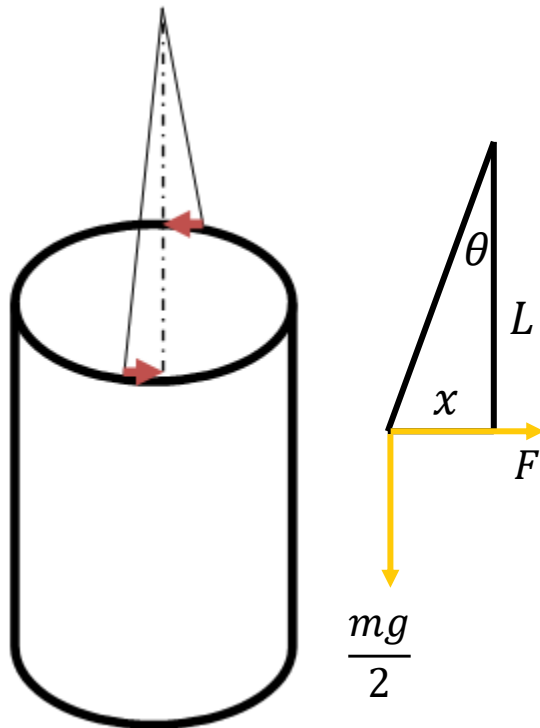
## روش انجام آزمایش

مرحله سوم آزمایش: تعیین ممان اینرسی روتور

معادله حرکت نوسانی روتور چنین است:

$$\ddot{\alpha} + \frac{M g d^2}{4 I l} \alpha = 0$$

با کوچک بودن انحراف زاویه ای نخ می توان جهت تصویر شده نیروی نخ برای باز گرداندن به حالت تعادل را به فرم روبرو در نظر گرفت. یعنی عمود بر صفحه گذرنده از دو نخ در حالت تعادل که  $x$  جابجایی سر نخ از حالت تعادل میباشد.



$$\operatorname{tg} \theta = \frac{x}{L} \rightarrow F = \frac{M g x}{2 L}$$



# روش انجام آزمایش

با گشتاور گرفتن حول مرکز جرم ( $R$  شعاع استوانه دوار است)

$$2FR + I\ddot{\alpha} = 0$$

$$2 \frac{Mg}{2} \frac{x}{L} R + I\ddot{\alpha} = 0$$

$$Mg \frac{R}{L} (R\alpha) + I\ddot{\alpha} = 0$$

$$\ddot{\alpha} + \frac{M g d^2}{4I L} \alpha = 0$$

زمان تناوب و رابطه  $I$  چنین است:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{4I L}{Mgd^2}} \quad I_{experimental} = \frac{M g d^2 T_0^2}{16 \pi^2 L}$$

# روش انجام آزمایش

بدست آوردن درصد خطای ممان اینرسی جرمی روتور (I):

میدانیم ممان اینرسی جرمی یک دیسک مدور به شعاع  $r$  حول محوری که از مرکز آن می‌گذرد برابر است با:

$$I_{theory} = \frac{1}{2} . m . r^2$$

$$T_{theory} = I . \omega_s . \omega_p$$

$$T_{experimental} = mga$$

جدول ۳: تعیین ممان اینرسی روتور

جرم روتور M (kg)	طول سیم L (mm)	فاصله سیمها d (mm)	زمان ۱۰ نوسان t (s)	پریود $T_0$ (s)
1.475	334	72	6.63	0.663

## خواسته های آزمایش

۱- چند نمونه از کاربردهای ژيروسکوپ را در صنعت نام ببرید.

۲- با استفاده از داده های جدول دوم منحنی سرعت تقدیم بر حسب سرعت چرخش  $(N_p - N_s)$  را ترسیم کنید.

۳- با استفاده از رابطه تئوری منحنی ترسیم شده در مرحله قبل باید خطی باشد یا غیر خطی؟

۴- پس از ترسیم منحنی یک مقدار دلخواه برای سرعت چرخش  $N$  در نظر گرفته و سرعت تقدیم را به روش برونیابی بدست آورید.

۵- مقدار ممان اینرسی و کوپل تجربی و تئوری را با یکدیگر مقایسه نموده و درصد خطا را بدست آورید.

۶- چند مورد از عوامل ایجاد خطا در آزمایش را نام ببرید.

پیامبر اکرم (ص):

خدا را بخوانید و به اجابت دعای خود یقین داشته باشید و بدانید که خداوند دعا را از قلب  
غافل بی خبر نمی پذیرد.