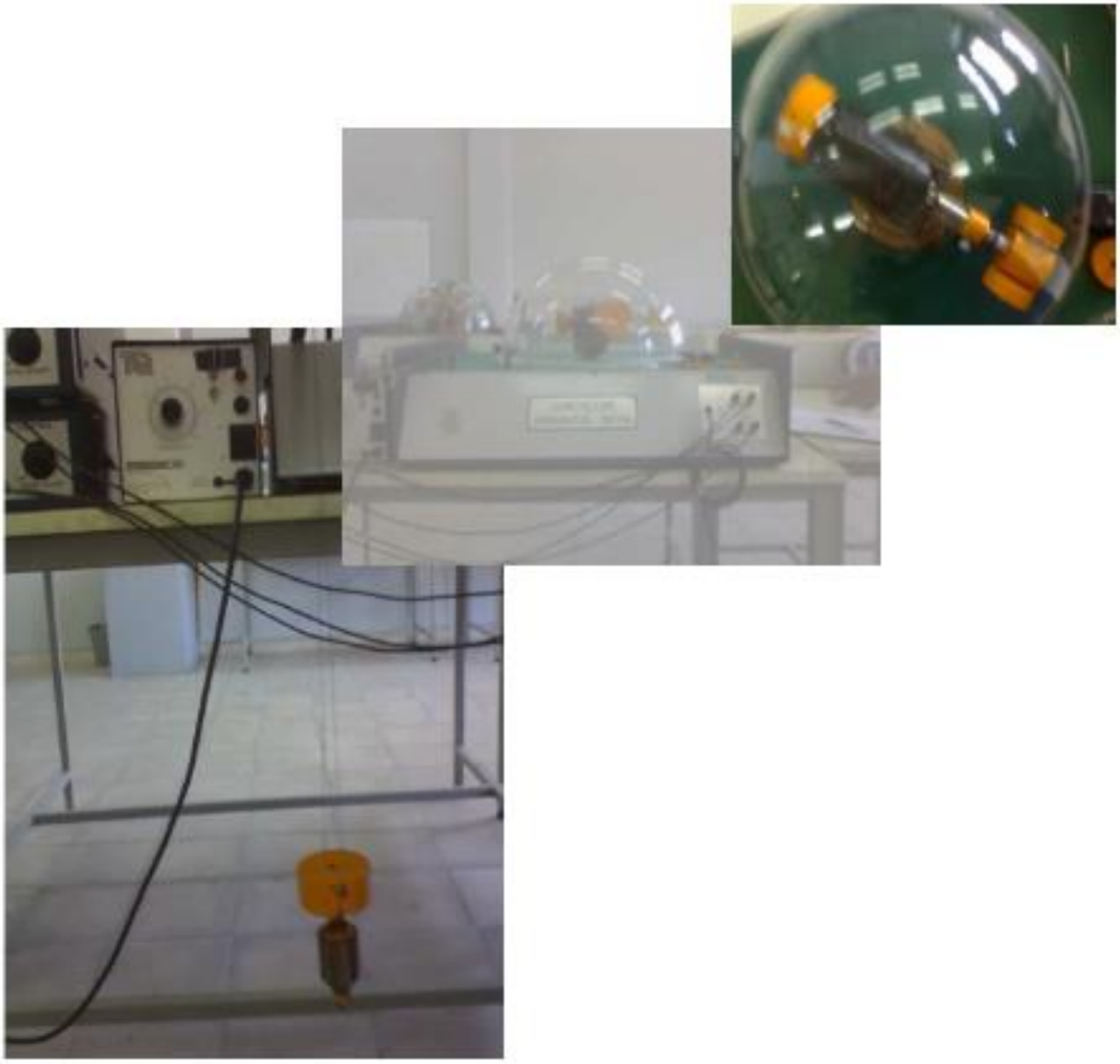
# آزمایشگاه دینامیک و ارتعاشات

عنوان آزمایش:

## ژیروسکوپ

**نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۹-۹۸**

# ژیروسکوپ



# فهرست دستورالعمل دستگاه ژیروسکوپ

هدف ..... 1

مقدمه ..... 1

شرح دستگاه ..... 1

اجزای تشکیل دهنده دستگاه ..... 1

**هدف :**

نشان دادن خاصیت ژیروسکوپی و تحقیق رابطه بین گشتاور وارد شده و سرعت های دورانی

**مقدمه:**

اگر جسمی حول یک محور دوار در گردش باشد و راستای محور دوران تغییر پیدا کند از خود مقاومتی نشان می‌دهد که به آن اثر ژیروسکوپی می‌گویند. کاربردهای مهم اثر ژیروسکوپی در هواپیماها، کشتی ها، سیستم های کنترل موشک ها و مسافرت های فضایی بوده که در آنجا از ژیروسکوپ برای احساس حرکت دورانی یک جسم استفاده می شود. نیروی ناشی از اثرات ژیروسکوپی، گاهی می بایست در طراحی ماشین ها در نظر گرفته شود. این نیرو ها در موقع دور زدن اتومبیل ها در یاتاقان های موتور یک اتومبیل، در توربین های زیر دریایی ها به هنگام غوطه ور شدن کشتی در یک دریای سنگین و در شفت موتور یک هواپیمای جت، موقعی که تغییر جهت می دهد، بروز می کند.

## شرح دستگاه :

دستگاه از یک مجموعه دوار تشکیل شده است که می تواند به طور همزمان در دو جهت سرعت زاویه ای اعمال کند. بـه وسیله وزنه متحرک روی محور افقی، نیز می توان گشتاوری معادل گشتاور ژیروسکوپی اعمال نمود .

سرعت دوران هر یک از موتورها، توسـط کنترلـر دور روتـور و کنترلـر دور قـاب، قابـل تنظـیم بـوده و مقـدار آن توسـط نمایشگرهای دیجیتال بر حسب "دور بر دقیقه" (RPM) قابل مشاهداست.

نحوه کار به این صورت است که ابتدا جریان برق توسط کلید "روشن/خاموش" دستگاه، برقرار می شـود. قبـل از شـروع آزمایش با تغییر محل وزنه بر روی محور، تعادل محور برقرار می شود. سپس با جابجایی وزنه بر روی محور، گشتاور مورد نظر اعمال می گردد. در این لحظه، زاویه قرارگیری محور افقی نسبت به حالت تعادل، متفاوت است.با تغییـر دور روتـور و قاب، طبق دستور آزمایش، تعادل محور برقرار می شود. در واقع دور موتورها به نحوی تغییر می کند که محور افقی مجددا در حالت تعادل قرار گیرد.

## اجزای تشکیل دهنده دستگاه:

1. موتور گرداننده حول محور افقی
2. قاب حامل موتور گرداننده محور افقی
3. موتور گرداننده قاب حول محور عمودی
4. مجموعه روتور و دیسک
5. وزنه تعادل متحرکی به جرم *100 gr* که بر روی میله قاب قرار گرفته است.
6. کنترلر های دور روتور و قاب بر حسب rpm
7. نمایشگرهای دیجیتال دور روتور و قاب بر حسب rpm
8. کلید روشن و خاموش کردن دستگاه
9. قاب محافظ

در ضمن، فاصله بین شیارهایی که بر روی میله روتور درج شده است $5\ mm$ می باشد.

همچنین قطر دیسک مدور 100 mm است.

# فهرست دستور آزمایش های ژیروسکوپ


هدف ..... 1

تئوری ..... 1

نحوه انجام آزمایش ..... 3

مرحله اول آزمایش ..... 3

مرحله دوم آزمایش..... 4

ا لف : بررسی تغییرات دورانی قاب به ازای تغییرات سرعت دورانی روتور در گشتاور ثابت ..... 4

ب : بررسی تغییرات گشتاور به ازای تغییرات سرعت دورانی قاب $(\omega_p)$ در $\omega_r$ ثابت ..... 5

ج : بررسی تغییرات گشتاور به ازای تغییرات سرعت دورانی روتور $(\omega_r)$ در $\omega_p$ ثابت ..... 5

سوالات..... 6

**هدف :**

نشان دادن خاصیت ژیروسکوپی و تحقیق رابطه بین گشتاور وارد شده و سرعتهای دورانی

**تئوری:**

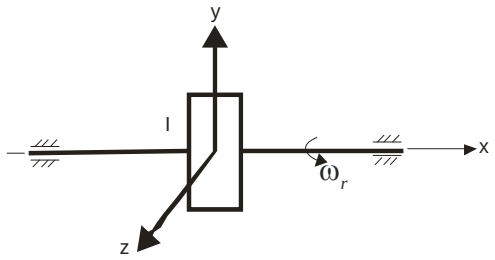
برای یک جسم اگر دو دوران حول دو محور مختلف داشته باشیم، هر یک از این دوران ها، یک تغییر اندازه حرکت زاویه‌ای ایجاد می‌کند. پس گشتاور وارده برابر با تغییر اندازه حرکت زاویه‌ای می‌باشد :

گشتاور لازم $\vec{T} = \frac{d\vec{H}}{dt}$

اندازه حرکت زاویه‌ای $\vec{H} = I\vec{\omega}$

شکل (1) را در نظر بگیرید که جرمی به ممان اینرسی $I$ حول محور ثابت $x$ با مقدار سرعت دورانی ثابت $\omega_r$ گردش میکند :

$\vec{\omega}_r = \omega_r \vec{i}$




شکل (1)

طبق روابط بالا داریم :

$$\vec{T} = \frac{d\vec{H}}{dt} = I\frac{d\vec{\omega}_r}{dt} = I.\omega_r \frac{d\vec{i}}{dt} = 0$$

چون $\frac{d\vec{i}}{dt} = 0$ می‌باشد و $I$ ممان اینرسی سیستم است، بنابراین $\vec{T} = 0$ است و جسم بدون هیچ گشتاوری به حرکت خود ادامه میدهند. حال اگر همان سیستم قبل در درون یک قاب قرار داشته باشد که قاب حول محور دیگری در گردش باشد (شکل 2)، به عبارت دیگر مقدار سرعت زاویه‌ای $\omega_r$ ثابت ولی جهت آن تغییر کند داریم :

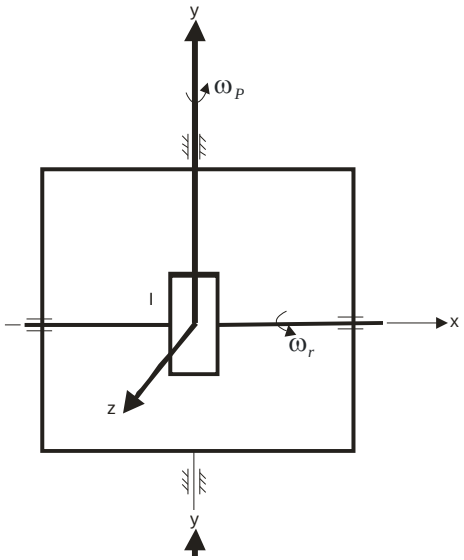
سرعت زاویه‌ای روتور $\vec{\omega}_r = \omega_r \vec{i}$

سرعت زاویه‌ای قاب $\vec{\omega}_p = \omega_p \vec{j}$

$$\vec{T} = I\frac{d\vec{\omega}_r}{dt} = I\omega_r \frac{d\vec{i}}{dt}$$

$$\frac{d\vec{i}}{dt} = \vec{\omega}_p \times \vec{i}$$

$$\vec{T} = I\omega_r\left(\vec{\omega}_p \times \vec{i}\right) = I\omega_r\omega_p\left(\vec{j} \times \vec{i}\right) = -I\omega_r\omega_p\,\vec{k}$$




شکل (2)

این گشتاور، گشتاوری است که باید به قاب اعمال شود تا بتواند حرکت مزبور را انجام دهد. (در این دستگاه توسط وزنه اعمال می شود). عکس‌العمل گشتاور فوق گشتاور ژیروسکوپی است :

گشتاور ژیروسکوپی $\vec{T'} = -\vec{T} = I\omega_r\omega_p\,\vec{k}$

$$\vec{T'} = -I\left(\vec{\omega}_p \times \vec{\omega}_r\right) = I\omega_r\omega_p\,\vec{k}$$

در این روابط $\omega_r, \omega_p$ باید بر حسب $rad/s$ استفاده شوند.

## نحوه انجام آزمایش

**الف : بررسی تغییرات دورانی قاب به ازای تغییرات سرعت دورانی روتور در گشتاور ثابت**

1-ابتدا وزنه تعادل متحرک را که بر روی میله قاب قرار گرفته است در وضعیت تعادل قرار دهید، به طوری که مجموعه کاملاً به صورت افقی قرار گیرد. شیار محل مورد نظر را به خاطر بسپارید.

2-سپس با استفاده از پیچ وزنه آن را آزاد کرده و به اندازه مثلاً 2 شیار وزنه را جابجا نمایید. در این حالت گشتاور اعمالی به سیستم بدین صورت محاسبه می گردد.

$T=R.W\ \ (N.m)$ $\qquad\qquad$ $R=2*5=10\ mm$

3-دستگاه را روشن نمایید. سرعت روتور را در هر مرحله بر روی عدد دلخواهی قرار دهید و سپس سرعت قاب $(\omega_p)$ را به حدی برسانید تا محور روتور به صورت افقی قرار گیرد. مقادیر $\omega_r$ و $\omega_p$ را در جدول (4) یادداشت نمایید.

4-پس از انجام آزمایش موتور ها را خاموش نمایید.

5-مقدار $\frac{1}{\omega_p}$ را از دو طریق آزمایشی و تئوری محاسبه نمایید:

$$\frac{I}{\omega_p} = \frac{I\omega_r}{T}$$ تئوری

$$\frac{I}{\omega_p} = \frac{60}{2\pi\ N_p}$$ آزمایشی (N : دور بر دقیقه)

6-مقدار درصد خطا را محاسبه کرده و جدول (4) را تکمیل نمایید :

$$\text{درصد خطا} = \frac{\text{مقدار آزمایشی} - \text{مقدار تئوری}}{\text{مقدار تئوری}} * 100$$

جدول (4)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\omega_r(rpm)$ | | | | | |
| $\omega_p(rpm)$ | | | | | |
| $1/\omega_p$ آزمایشی | | | | | |
| $1/\omega_p$ تئوری | | | | | |
| (٪) خطا | | | | | |

7-نمودار $\frac{1}{\omega_p}$ را بر حسب $\omega_r$ برای دو حالت آزمایشی و تئوری در یک دستگاه مختصات رسم نمایید.

8-معادله بهترین خط را بدست آورید و نمودارهای فوق را با یکدیگر مقایسه نمایید و علت تفاوت را بیان نمایید.

**ب : بررسی تغییرات گشتاور به ازای تغییرات سرعت دورانی قاب $(\omega_p)$ در $\omega_r$ ثابت.**

1- سرعت دورانی روتور را روی عددی ثابت نمایید.

2- به ازای گشتاورهای مختلف که با قرار دادن وزنه در نقاط مختلف روی محور، در هر مرحله اعمال میشود، مقدار $\omega_p$ و سپس گشتاورهای آزمایشی و تئوری را محاسبه نموده و جدول (5) را تکمیل کنید.

$R$ مطابق مرحله قبل محاسبه می گردد.

$T = W.R\ \ (N.m)$ آزمایشی

$T = I\omega_p\omega_r\ \ (N.m)$ تئوری

جدول (5) $\omega_r = \ldots . (rpm)$

| $R\ (mm)$ | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|
| $T$ آزمایشی $(N.m)$ | | | | |
| $T$ تئوری $(N.m)$ | | | | |
| $\omega_P\ (rpm)$ | | | | |

3- نمودار $T$ بر حسب $\omega_p$ را در دو حالت آزمایشی و تئوری در یک دستگاه مختصات رسم و دو نمودار فوق را با یکدیگر مقایسه و علت تفاوت را بیان نمایید.

**ج : بررسی تغییرات گشتاور به ازای تغییرات سرعت دورانی روتور $(\omega_r)$ در $\omega_p$ ثابت**

1- سرعت دورانی قاب را روی عددی تنظیم کنید.
2- همانند قسمت الف، با تغییر محل وزنه، گشتاورهای مختلف را اعمال کنید و جدول (6) را تکمیل نمایید.

جدول (6) $\omega_p = \ldots . (rpm)$

| $R\ (mm)$ | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|
| $T$ آزمایشی $(N.m)$ | | | | |
| $T$ تئوری $(N.m)$ | | | | |
| $\omega_r\ (rpm)$ | | | | |

3- نمودار $T$ بر حسب $\omega_r$ را در دو حالت آزمایشی و تئوری در یک دستگاه مختصات رسم نموده و دو نمودار فوق را با یکدیگر مقایسه نمایید و علت تفاوت را بیان کنید.

**سوالات :**

1- میدانیم که اگر دوچرخه ساکنی را رها نماییم از حالت تعادل خارج شده و به زمین می‌افتد ولی اگر دوچرخه‌ای را در حال حرکت رها نماییم، تعادل خود را حفظ می‌کند، علت را با توضیح کامل بیان نمایید.

2- چند مورد از موارد استفاده ژیروسکوپ را برای کنترل حرکت ها بیان نمایید.