



آزمایش شماره ۱۰

فلایویل

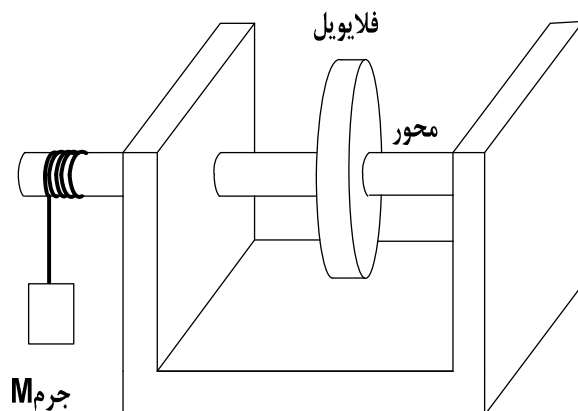




اهداف

- شناخت دینامیک سیستم‌های دورانی
- تعیین ممان اینرسی فلاپیول

تئوری آزمایش و روش انجام آن



شکل (۱۰-۱): نمای شماتیک فلاپیول و جرم متصل به ریسمان

در این آزمایش، همانگونه که در شکل (۱۰-۱) نشان داده شده است، فلاپیول بر روی یک محور چنان نصب شده که میتوان گشتاور را توسط جرم آویزان M به آن وارد نمود. وزنه به جرم M توسط نخ به دور محور بسته شده و هنگام بسته شدن به دور محور در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد. تعداد دورهایی که نخ به دور محور بسته شده را می‌توان به دقت با قرار دادن جرم بر روی زمین و سپس پیچاندن آن به دور محور بدست آورد. وزنه پیچیده شده M از حالت سکون رها شده و تعداد دورها و زمان لازم برای رسیدن به زمین محاسبه می‌گردد (t_1 و N_1). بعد از برخورد جرم با زمین، تعداد دورهایی که فلاپیول تا زمان توقف (t_2) طی می‌کند نیز شمارش می‌گردد (N_2).

حرکت این سیستم را می‌توان به سه بخش تقسیم نمود:

۱- زمان سقوط جسم (زمان $t=0$ تا t_1): هنگامی که جرم M از حالت سکون رها می‌شود، با شتاب مثبت شروع به حرکت کرده و باعث ازیاد سرعت زاویه‌ای فلاپیول می‌گردد. همچنین گشتاور مقاوم T_f ناشی از اصطکاک یاتاقان‌های روتور نیز بر فلاپیول وارد می‌شود. از بکار بردن قانون دوم نیوتن رابطه (۱۰-۱) حاصل می‌شود.

$$\sum T = I_t \ddot{\theta} \Rightarrow MgR - T_f = I_t \ddot{\theta} \quad (10-1)$$

که $I_t = I + MR^2$ ممان اینرسی جرمی کل سیستم شامل فلاپیول و جرم M و I ممان اینرسی فلاپیول می‌باشد.

با توجه به آنکه :



$$\ddot{\theta} = \frac{d\dot{\theta}}{dt} = \frac{d\dot{\theta}}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta} \frac{d\dot{\theta}}{d\theta} \quad (2-10)$$

با جایگزینی رابطه اخیر در معادله دیفرانسیل حرکت خواهیم داشت:

$$(I + MR^2) \dot{\theta} \frac{d\dot{\theta}}{d\theta} = MgR - T_f \quad (3-10)$$

با انتگرال گیری از رابطه فوق نسبت به θ در بازه 0 تا θ_1 و با فرض ثابت بودن گشتاور مقاوم T_f ، رابطه (4-10) حاصل می شود:

$$(I + MR^2) \frac{\dot{\theta}_1^2}{2} = MgR\theta_1 - T_f\theta_1 \quad (4-10)$$

همچنین:

$$\dot{\theta} = \omega, R\dot{\theta} = h, R\dot{\theta} = V, \theta = 2\pi N, \omega = \frac{2\pi N}{t} \quad (5-10)$$

با جایگزینی رابطه (5-10) در رابطه (4-10) خواهیم داشت:

$$\frac{1}{2} I \omega_1^2 + \frac{1}{2} MV^2 = Mgh - 2\pi N_1 T_f \quad (6-10)$$

۲- برخورد جرم M به کف و تغییر سرعت دورانی فلاپیول از ω_1 به ω_2 .

۳- حرکت دورانی فلاپیول ناشی از اینرسی دورانی آن کاهش می یابد. در این حالت به علت گشتاور مقاوم T_f شتاب کاهش دهنده ای به فلاپیول وارد شده و سرعت دورانی آن از ω_2 به صفر کاهش می یابد. با استفاده از قانون دوم نیوتن معادله دیفرانسیل حرکت سیستم مطابق رابطه (7-10) خواهد بود.

$$\sum T = I\ddot{\theta} \Rightarrow -T_f = I\ddot{\theta} \quad (7-10)$$

مشابه حالت قبل با جایگذاری $\ddot{\theta} = \dot{\theta} \frac{d\dot{\theta}}{d\theta}$ در رابطه (7-10)، ساده سازی روابط و انتگرال گیری نسبت به θ در بازه θ_2 تا θ_3 خواهیم داشت (با فرض $\dot{\theta}_3 = 0$):



$$\frac{1}{2} I \dot{\theta}_2^2 = -T_f (\theta_3 - \theta_2) \quad (۸-۱۰)$$

مقدار $\theta_3 - \theta_2$ زوایه طی شده توسط فلاپیول در مرحله سوم می‌باشد که می‌توان آن را توسط رابطه (۹-۱۰) بیان نمود.

$$\theta_3 - \theta_2 = 2\pi N_2 \quad (۹-۱۰)$$

N_2 تعداد چرخش‌ها در مرحله سوم است. از حذف T_f در روابط قبل خواهیم داشت:

$$I = \frac{2Mgh - MV_1^2}{\omega_1^2 + \frac{N_1}{N_2} \omega_2^2} \quad (۱۰-۱۰)$$

در جایی که $V_1 = 2h/t_1$ سرعت متوسط جرم M در مرحله اول، $\omega_1 = 2\pi N_1/t_1$ سرعت متوسط دورانی در مرحله اول و $\omega_2 = 2\pi N_2/t_2$ سرعت متوسط دورانی در مرحله دوم می‌باشند.

مراحل انجام آزمایش:

- ۱- همه ابعادی را که برای انجام آزمایش مورد نیاز است، اندازه‌گیری کنید.
- ۲- با پیچاندن نخ بدور محور، مرحله اول (سقوط جرم) را انجام داده و N_1 و t_1 را محاسبه کنید.
- ۳- سپس تعداد دورهایی که فلاپیول تا توقف طی میکند (N_2) و زمان t_2 را اندازه‌گیری کنید.
- ۴- با توجه به داده‌های مرحله ۲ و ۳ جدول زیر را تکمیل کنید و آزمایش را ۵ بار تکرار کنید.

جدول ۱۰-۱: ثبت داده‌های آزمایش فلاپیول

تکرار آزمایش	ارتفاع $h(m)$	زمان t_1	تعداد دور N_1	ω_1	زمان t_2	تعداد دور N_2	ω_2	g	I
۱									
۲									
۳									
۴									
۵									

خواسته‌ها

- شتاب دورانی مراحل اول و سوم را تعیین کنید.



- در صورتیکه گشتاور اصطکاکی بصورت خطی با افزایش بار برروی محور زیاد گردد، منحنی α_1 (شتاب دورانی مرحله اول) را بر حسب $MgR(1 - \frac{R\alpha_1}{g})$ را بدست آورید.
- با استفاده از مقدار محاسبه شده برای I مقادیر گشتاورهای ناشی از سقوط جرم M و اصطکاک (T_f, T) را محاسبه کنید.
- در مورد عوامل ایجاد خطا در نتایج بحث نمایید.