Semester I

EXPERIMENT 1

Object : To determine the moment of inertia of a flywheel about its own axis of rotation.

Apparatus used: A flywheel, set of weights, a strong and thin thread, stopwatch, metre scale, vernier callipers and a pan (or hook).

Formula used : Moment of inertia of flywheel is given by

$$I = \frac{mr\left(\frac{gt^2 n_1}{4\pi n_2^2} - r\right)}{(1 + n_1/n_2)}$$

where m = mass suspended at the end of the thread

r = radius of the axle of flywheel

g = accelaration due to gravity

n_1 = number of revolutions made by the wheel before the mass is detached from wheel (which is equal to the number of turns of thread wound on axle)

n_2 = number of revolutions made by the wheel to come to rest after the mass is detached

t = time taken by wheel in n_2 revolutions

Description of Apparatus

As illustrated in Fig., flywheel is simply a heavy wheel usually made thick at the rim, having a long axle. The centre of gravity of wheel lies on axis of rotation, thus when properly supported in bearings, it may remain at rest in any position. To count the number of revolutions, a line is marked on circumference of wheel, sometimes a counter in also attached to the axle with reset facility.

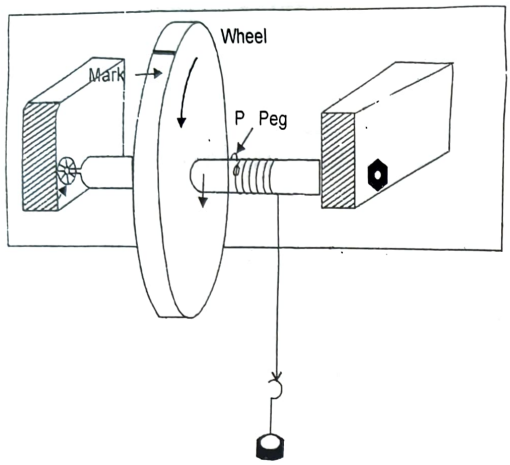

Fig.

Procedure

(*i*) A thread with a loop at one of its end is fastened to the peg (p) at the axle of flywheel and the thread is wound uniformly round the axle. The number of turns are counted (say n_1).

(*ii*) On the other end of the thread a mass m is hanged with a hook or pan. The length of thread is less than the height of the axle from the floor.

(*iii*) The mass is released from rest such that the flywheel starts rotating. The stopwatch is started as soon as the thread is detached from axle. Count the number of revolutions n_2 and time taken t for which flywheel rotates before it comes to rest.

(*iv*) Repeat the observations with three or four different masses.

(*v*) Measure the diameter of the axle at different points with vernier callipers, half of which gives the value of "r".

(*vi*) Calculate I of flywheel for each set of observations separately and finally find out their mean value.

प्रयोग विधि

(*i*) एक पतले और मजबूत धागे के एक सिरे पर छल्ला बनाकर उसे चक्र की धुरी पर लगी कील (*p*) में फँसा देते हैं और धागे को एक समान रूप से धुरी पर लपेट कर, लपेटे गये चक्रों की संख्या n_1 ज्ञात कर लेते हैं। n_1 का मान पूरे प्रयोग में समान रखते हैं।

(*ii*) धागे के दूसरे सिरे पर एक हुक या पलड़े की सहायता से एक द्रव्यमान m लटका देते हैं, धागे की कुल लंबाई पृथ्वी के तल से धुरी की ऊँचाई से कम रखते हैं।

(*iii*) द्रव्यमान को विराम से गिरने देते हैं जिससे चक्र घूमना प्रारंभ करता है, जैसे ही धागा चक्र की कील से छूटता है विराम घड़ी चालू करते हैं। चक्र के रुकने तक किये गये दोलनों की संख्या (n_2) तथा इसमें लगा समय t नोट कर लेते हैं।

(*iv*) तीन या चार अलग-अलग द्रव्यमानों के साथ इसी प्रकार प्रेक्षण लेते हैं।

(*v*) वर्नियर कैलीपर्स की सहायता से धुरी का व्यास कई जगह परस्पर लगभग् दिशाओं में निकालकर उनका औसत व्यास ज्ञात करते हैं जिसका आधा करने पर धुरी की त्रिज्या "r" प्राप्त होती है।

(*vi*) प्रत्येक प्रेक्षण से जड़त्व आघूर्ण I का मान अलग-अलग निकालकर अंत में उनका माध्य ज्ञात करते हैं।

Observations

1. Table for determination of n_1, n_2 and t

S.No.	Total load applied m kg.	No. of revolutions of fly wheel before mass detaches n_1	No. of revolutions of wheel to come to rest after mass detaches n_2	Time taken for n_2 revolutions t
1.	—	—	—	—
2.	—	—	—	—
3.	—	—	—	—
4.	—	—	—	—

2. Table for determination of radius of axle

Least count of vernier callipers = ... cm. Zero error of vernier callipers = ... cm.

S.No.	Reading along any direction (—)			Reading along a perpendicular diarection (|)			Diameter uncorrected $(X+Y)/2$	Mean uncorrected diameter cm.	Mean corrected diamter cm.	Mean Radius $r = D/2$ cm.
	M.S. Reading	V.S. Reading	Total X cm.	M.S. Reading	V.S. Reading	Total X cm.				
1.							—	—	—	—
2.										
3.										

Calculations

Mean corrected radius of the axle $r = \dfrac{D}{2}$ = ... cm.

The moment of inertia $I = \dfrac{mr\left[\dfrac{gt^2 n_1}{4\pi n_2^2} - r\right]}{[1 + n_1/n_2]}$ = ... kg m^2

Make similar calculations for I from other sets of observations and finally find their mean.

Results : The moment of inertia of flywheel about its own axis of rotation = ... kg. m^2

Precautions

(*i*) Thread should be uniformly wounded on axle and loops should not be tight.
(*ii*) The string or thread used should be thin as compared to diameter of axle.
(*iii*) Mass should gently be relaxed from rest and not to be pushed by hand.
(*iv*) The friction should be minimized by greasing the ball bearing.

QUESTIONS

Q.1 फ्लायव्हील (flywheel) क्या है?

Ans. एक ठोस भारी पहिया जो लम्बे अक्ष पर घूर्णन रहित बाल बेरिंग पर चढ़ा होता है फ्लायव्हील कहलाता है। इसका गुरुत्व केन्द्र घूर्णन अक्ष पर होने के कारण यह किसी भी स्थिति में रुक सकता है।

Q.2 यह साधारण पुली से किस प्रकार अलग है?

Ans. किसी साधारण पुली में उसका द्रव्यमान पूरे वृत्तीय क्षेत्र में वितरित होता है जबकि फ्लायव्हील में इसका सम्पूर्ण द्रव्यमान इसके रिम पर होता है।

Q.3 फ्लायव्हील का उपयोग बताइये।

Ans. इसका उपयोग किसी स्थैतिक इंजन की गति को लगातार एक समान बनाये रखने के लिए किया जाता है।

Q.4 फ्लायव्हील का द्रव्यमान रिम पर क्यों केन्द्रित रहना चाहिए?

Ans. द्रव्यमान रिम पर रहने से घूर्णन त्रिज्या (radius of gyration) बढ़ जाती है। अत: फ्लायव्हील का जड़त्व आघूर्ण बढ़ जाता है।

Q.5 फ्लायव्हील घूर्णन करना कब शुरू करता है?

Ans. जब कोई भार अक्ष के निकट लटकाते हैं तब इसकी कुछ स्थतिज ऊर्जा (potential energy) होती है। जैसे ही यह छोड़ा जाता है। यह नीचे गिरने लगता है तब इसकी स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में बदलने लगती है। इस गतिज ऊर्जा से अक्ष व बेरिंग के बीच घर्षण बल समाप्त हो जाता है और फ्लायव्हील घूर्णन करने लगता है।

Q.6 प्रयोग में प्रयुक्त धागा कैसा होना चाहिए?

Ans. धागा फ्लायव्हील की अक्ष की तुलना में काफी पतला होना चाहिए, अन्यथा इसकी त्रिज्या अक्ष की त्रिज्या में जोड़नी होगी तथा सूत्र में 'r' का मान बढ़ जायेगा।

Q.7 क्या धागे के स्थान पर पतला तार प्रयोग किया जा सकता है?

Ans. नहीं, क्योंकि धातु कठोर होती है इसको सीधा करने में कुछ कार्य अलग से करना होगा। यह कार्य सूत्र को निगमित करते समय प्रेक्षण में नहीं लिया गया है। अत: परिणाम गलत प्राप्त होगें।

Q.8 भार नीचे गिरते समय स्थितिज ऊर्जा में होने वाली कमी का उपयोग कहाँ होता है।

Ans. इसका उपयोग निम्न प्रकार मे होता है-

1. घूमते फ्लायव्हील को गतिज ऊर्जा प्रदान करने में।
2. गिरते हुए द्रव्यमान को गतिज ऊर्जा देने में।
3. बेरिंग व हवा के घर्षण के विरुद्ध कार्य करने में।

Q.9 घर्षण बल के मान का वेग से क्या सम्बन्ध है?

Ans. अधिक वेग पर घर्षण बल कम हो जाता है।

Q.10 फ्लायव्हील की अक्ष पर धागा लपेटते समय उसके लूप एक दूसरे के ऊपर चढ़ने का क्या कोई दुष्प्रभाव होता है?

Ans. धागे में लूप एक दूसरे पर चढ़ने से सूत्र में प्रयुक्त अक्ष की त्रिज्या 'r' बदल जायेगी और सही परिणाम प्राप्त नहीं होगा।