**Moment bezwładności** jest wielkością charakteryzującą rozmieszczenie masy wokół osi obrotu. Rozważamy bryłę sztywną, która jest zbiorem punktów materialnych o masach m1, m2, m3, … mn, znajdujących się odpowiednio w odległościach r1, r2, r3, … rn od osi obrotu. Dla takiego ciała możemy wyznaczyć moment bezwładności (I).

Moment bezwładności wyraża się wzorem:

Dla ciał o ciągłym rozkładzie masy wielkość ta wyrażona jest wzorem:

Przy wykorzystaniu sprzętu laboratoryjnego składającego się z:

* obrotowej rury ułożyskowanej w połowie długości
* dwóch masywnych dysków umieszczonych wzdłuż rury z możliwością zmiany ich położenia
* odważnika zawieszonego na nici przerzuconej przez bloczek
* szpuli umieszczonej na osi obrotu rury
* podziałki milimetrowej umożliwiającej ustalenie położenia odważnika

zadaniem było:

* wyznaczenie momentu bezwładności I0 nieobciążonej rury
* znalezienie momentu bezwładności IM dwóch dysków w odległości R1 i R2 od osi obrotu
* obliczenie niepewności pomiaru wyznaczonego IM
* wyznaczenie wartości teoretycznej IM dla obu wartości R

**Przebieg pomiarów**

1. Pomiar początkowej wysokości h0, na której znajduje się odważnik przy w pełni rozwiniętej nici.
2. Obrót konstrukcji o n obrotów.
3. Pomiar nowej wysokości odważnika h1.
4. Puszczenie rury, na wskutek czego ciężarek zaczyna opadać wprawiając szpulę i rurę w ruch, przy jednoczesnym uruchomieniu stopera.
5. Przy osiągnięciu przez odważnik wysokości h0 zatrzymanie stopera.
6. Po osiągnięciu przez odważnik wysokości h0, zaczyna się on poruszać do góry aż do uzyskania położenia na wysokości h2 i chwilowego zatrzymania. W tym momencie układ zostaje zatrzymany w celu zapobiegnięcia opadnięcia ciężarka.
7. Pomiar wysokości h2.

Wg. tego schematu pomiary zostały wykonane dla trzech konfiguracji układu:

1. nieobciążona rura
2. rura obciążona dwoma dyskami, każdy ustawiony w odległości R1 od osi obrotu
3. rura obciążona dwoma dyskami, każdy ustawiony w odległości R2 od osi obrotu

Dla każdej z trzech konfiguracji pomiary zostały wykonane dla trzech różnych wartości n {2, 3, 4}.

**Niepewności pomiarowe**

Rozdzielczość stopera znajdującego się na stanowisku laboratoryjnym wynosi 1ms. Uwzględniając czas reakcji człowieka niepewność pomiaru czasu została przyjęta ∆t=0,15s.

Uwzględniając niedokładność przy ustaleniu dokładnego momentu wykonania n-tego obrotu przyjmujemy ∆n=2%.

Podziałka znajdująca się na stanowisku pomiarowym służąca do pomiaru wysokości odważnika, a także odległości dysków od osi obrotu posiada podziałkę co 1mm. Niepewności pomiaru wysokości odważnika i odległości dysków od osi obrotu wynoszą ∆h=∆R=0,001m.

Niepewność w oznaczeniu mas przyjmujemy jako ∆m=1%, zgodnie z instrukcją laboratoryjną.

Wartość przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Ziemi jaka została przyjęta jest równa g=9,8m/s2 zgodnie z wartością znajdującą się w podręczniku Podstawy fizyki. Tom 1.

**Wyniki pomiarów i obliczenia**

* Nieobciążona rura

Wartości hśr i I0 zostały policzone wg wzorów:

Dla n=2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | I0 [kg\*m2] |
| 1 | 16,40 | 10,40 | 4,85 | 0,13 | 0,14608 |
| 2 | 16,50 | 10,60 | 4,75 | 0,14 | 0,14209 |
| 3 | 16,50 | 10,60 | 5,12 | 0,14 | 0,16509 |

Dla n=3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | I0 [kg\*m2] |
| 1 | 25,70 | 17,00 | 6,13 | 0,21 | 0,16675 |
| 2 | 25,70 | 17,10 | 6,18 | 0,21 | 0,17008 |
| 3 | 25,70 | 17,00 | 6,40 | 0,21 | 0,18176 |

Dla n=4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | I0 [kg\*m2] |
| 1 | 35,10 | 23,30 | 7,34 | 0,29 | 0,18406 |
| 2 | 35,00 | 23,20 | 7,13 | 0,29 | 0,17303 |
| 3 | 35,00 | 23,50 | 7,35 | 0,29 | 0,18530 |

Niepewności pomiaru momentu bezwładności zostały policzone zgodnie ze wzorem

Moment bezwładności dla kolejnych wartości n wyszedł kolejno równy:

dla n=2 – I0śr= 0,15109 ± 0,01037 kg\*m2

dla n=3 – I0śr= 0,17286 ± 0,01029 kg\*m2

dla n=4 – I0śr= 0,18079 ± 0,01029 kg\*m2

**Uśredniając wyniki otrzymujemy średni moment bezwładności**

* Rura obciążona dyskami w odległości R1=14,8cm

Wartości hśr i IC1 zostały policzone wg wzorów:

Dla n=2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | IC1 [kg\*m2] |
| 1 | 16,6 | 10,2 | 9,22 | 0,13 | 0,52409 |
| 2 | 16,6 | 9,5 | 9,47 | 0,13 | 0,52876 |
| 3 | 16,5 | 9,1 | 9,71 | 0,13 | 0,53963 |

Dla n=3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | IC1 [kg\*m2] |
| 1 | 26,2 | 14,6 | 12,03 | 0,20 | 0,58845 |
| 2 | 26,3 | 14,5 | 11,91 | 0,20 | 0,57501 |
| 3 | 26,2 | 14,1 | 11,72 | 0,20 | 0,54608 |

Dla n=4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | IC1 [kg\*m2] |
| 1 | 35 | 20,1 | 13,9 | 0,28 | 0,60180 |
| 2 | 34,9 | 19,8 | 14 | 0,27 | 0,60404 |
| 3 | 35 | 19,5 | 14,03 | 0,27 | 0,60135 |

Średni moment bezwładności dla kolejnych wartości n wyszedł kolejno równy:

dla n=2 – IC1śr= 0,53083 ± 0,02097 kg\*m2

dla n=3 – IC1śr= 0,56985 ± 0,02104 kg\*m2

dla n=4 – IC1śr= 0,60240 ± 0,02120 kg\*m2

Uśredniając wyniki otrzymujemy średni moment bezwładności

Wartość IMR1 otrzymujemy odejmując od IC1 wartość I0

**Otrzymujemy moment bezwładności równy**

* Rura obciążona dyskami w odległości R2=28,5cm

Wartości hśr i IC2 zostały policzone wg wzorów:

Dla n=2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | IC2 [kg\*m2] |
| 1 | 16,4 | 8,2 | 16,19 | 0,12 | 1,39825 |
| 2 | 16,4 | 8,3 | 15,97 | 0,12 | 1,37153 |
| 3 | 16,4 | 8,4 | 15,63 | 0,12 | 1,32422 |

Dla n=3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | IC2 [kg\*m2] |
| 1 | 25,7 | 13,8 | 19,91 | 0,20 | 1,54363 |
| 2 | 25,7 | 13,7 | 19,34 | 0,20 | 1,44963 |
| 3 | 25,7 | 13,7 | 19,66 | 0,20 | 1,49800 |

Dla n=4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pomiar | h1 [cm] | h2 [cm] | t [s] | hśr [m] | IC2 [kg\*m2] |
| 1 | 35 | 18,8 | 22,9 | 0,27 | 1,56467 |
| 2 | 35 | 19 | 22,81 | 0,27 | 1,56310 |
| 3 | 35 | 18,9 | 22,66 | 0,27 | 1,53734 |

Średni moment bezwładności dla kolejnych wartości n wyszedł kolejno równy:

dla n=2 – IC2śr= 1,36466 ± 0,03700 kg\*m2

dla n=3 – IC2śr= 1,49709 ± 0,04061 kg\*m2

dla n=4 – IC2śr= 1,55504 ± 0,04192 kg\*m2

Uśredniając wyniki otrzymujemy średni moment bezwładności

Wartość IMR1 otrzymujemy odejmując od IC2 wartość I0

**Otrzymujemy moment bezwładności równy**

**Wartości teoretyczne IMR1 i IMR2**

Aby obliczyć wartości teoretyczne IMR1 i IMR2 podstawiamy wartości M i R do wzoru:

Otrzymujemy:

Dla R1

IM = 0,1358 [kg \* m2]

Dla R2

IM = 0,5036 [kg \* m2]

**Literatura**

*Fizyka - krótki kurs*

*Czesław Bobrowski*

*2016 | Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN*

*Podstawy fizyki. Tom 1*

*Robert Resnick ; Jearl Walker ; David Halliday*

*2015 | Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN*

*Instrukcja do zadania laboratoryjnego*