力学

测量技术

转动惯量

测定增加额外重量之后的水平杆的转动惯量。

- 确定耦合弹簧的扭转系数 Dr。
- 确定转动惯量 J 与附加砝码到旋转轴的距离 r 的函数关系。
- 确定转动惯量 J 与附加砝码质量 m 之间的函数关系。

UE104020
08/08 JS

基本原理

与刚体围绕固定轴进行旋转的运动变化相对抗的刚体惯性称为转动惯量 J。 J 由相对于旋转轴的重量分布决定。物体与旋转轴的距离越远，那么其产生的转动惯量也就越大。

在实验中，使用配备有一根水平杆的旋转盘进行研究。同时，在水平杆上，对称于旋转轴增加两个额外重量 m。在这个系统中，转动惯量为：

（1） $J = J_0 + 2 \cdot m \cdot r^2$

Jo：未增加额外重量的转动惯量

如果旋转盘通过弹簧与刚性支架连接，可通过盘相对于静止位置的扭转振动周期测定转动惯量。关系式如下：

（2） $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D_r}}$

Dr ： 弹簧的扭转系数

从这可以看出，连接有水平杆的盘的转动惯量 J（由重量 m 和距离 r 决定）越大，振动周期 T 也就越长。

图 1：采用扭转振荡法确定转动惯量的实验装置

所需仪器

1 位于气床上的旋转系统（230 V，50/60 Hz)U8405680-230 或
位于气床上的旋转系统（115 V，50/60 Hz） U8405680-115
1 适用于位于气床上的旋转系统的辅助工具包 U8405690
1 激光反射传感器 U8533380
1 数字计数器（230 V，50/60 Hz） U8533341-230 或
数字计数器（115 V，50/60 Hz） U8533341-115

装置安装

• 按照指示表中所列方式安装“气垫上的旋转系统”，并将其水平放置。

• 在系统上放置带水平杆的旋转盘，并在上面固定好带刻度的滑轮。

• 在启动/关闭单元装置的侧架上布置激光反射传感器，并将其连接到数字计数器的“启动”输入端。

• 打开鼓风机并移动启动/关闭单元装置，从而使其指针触碰到旋转盘的边缘，并避免其任意转动。

• 使盘进行旋转，直至指针指向零度（0°）位置。

• 确定激光反射传感器的位置，从而使光束在旋转盘的 0° 标记位置穿过小孔。

• 把辅助工具组中供旋转系统使用的直角支架安装在系统基管上，并把通用卡箍固定在其活动端。

• 把 5 N 耦合弹簧安装在通用卡箍上，并使用永久性磁铁把它与带刻度的滑轮相连。

• 把数字计数器的功能选择开关移动到 TA /位置。

实验程序

a）不增加砝码进行测量

• 推动圆盘，使其发生扭转振荡，并按下计数器的启动按钮。

• 读取振荡周期的读数，重复进行数次测量，在表 1 的第 1 行填入测量平均值 T。

b）增加砝码进行测量

• 将两个附加砝码（每个的质量为 m = 50g）对称悬挂在水平杆上，与旋转轴的距离为 r = 30mm。

• 取数次测量值的平均值，作为振荡周期，并填入表 1 中。

• 以 20mm 的间隔增加距离 r， 测定各种情况下的振荡周期 T，并把结果填入表 1 中。

• 使用 25g 和 12.5g 重的砝码进行两次类似的测量，并把结果填入表 1 中。

示例测量

表 1：实验数据

m/g	r/cm	r^2 /cm^2	T/s	T^2 /s^2	J/gm^2
	0	0	6.002	36.02	0.89
50	3	9	6.310	39.81	0.98
50	5	25	6.807	46.34	1.14
50	7	49	7.485	56.02	1.38
50	9	81	8.320	69.22	1.70
50	11	121	9.237	85.32	2.10
50	13	169	10.238	104.81	2.58
50	15	225	11.294	127.54	3.14
50	17	289	12.402	153.81	3.78
50	19	361	13.538	183.26	4.51
50	21	441	14.683	215.59	5.30
25	3	9	6.149	37.81	0.93
25	5	25	6.411	41.10	1.01
25	7	49	6.770	45.83	1.13
25	9	81	7.230	52.28	1.29
25	11	121	7.772	60.40	1.48
25	13	169	8.365	69.97	1.72
25	15	225	9.009	81.15	2.00
25	17	289	9.711	94.29	2.32
25	19	361	10.423	108.64	2.67
25	21	441	11.174	124.87	3.07
12.5	3	9	6.074	36.90	0.91
12.5	5	25	6.203	38.48	0.95
12.5	7	49	6.399	40.95	1.01
12.5	9	81	6.653	44.27	1.09
12.5	11	121	6.950	48.30	1.19
12.5	13	169	7.303	53.33	1.31
12.5	15	225	7.673	58.88	1.45
12.5	17	289	8.078	65.25	1.60
12.5	19	361	8.522	72.62	1.79
12.5	21	441	8.995	80.91	1.99

评价

从（2）可以得到以下计算转动惯量的方程：

$$J = D_r \cdot \frac{T^2}{4\pi^2}$$

但是，首先 Dr 是未知的。其数值可使用以下所列公式进行计算：

$$D_r \cdot \frac{T^2 - T_0^2}{4\pi^2} = J - J_0 = 2 \cdot m \cdot r^2$$

可进行如下重新排列，随后填入表 1 中的红色数值：

$$D_r = 2 \cdot m \cdot r^2 \cdot \frac{4\pi^2}{T^2 - T_0^2}$$

$$= 2 \cdot 50g \cdot 441cm^2 \cdot \frac{4\pi^2}{215.59s^2 - 36.02s^2} = 970 \frac{mN \cdot mm}{rad}$$

使用该 Dr 数值来替代上述 J 数值，如此可计算出表 1 最后一列的数值。

在图 2 中，以上所计算出的转动惯量的数值对应于附加砝码与旋转轴之间的距离 r 的平方数值绘制曲线。

穿过数据点的直线的斜率为 2 × 50g, 2 × 25g 和 2 × 12.5g。

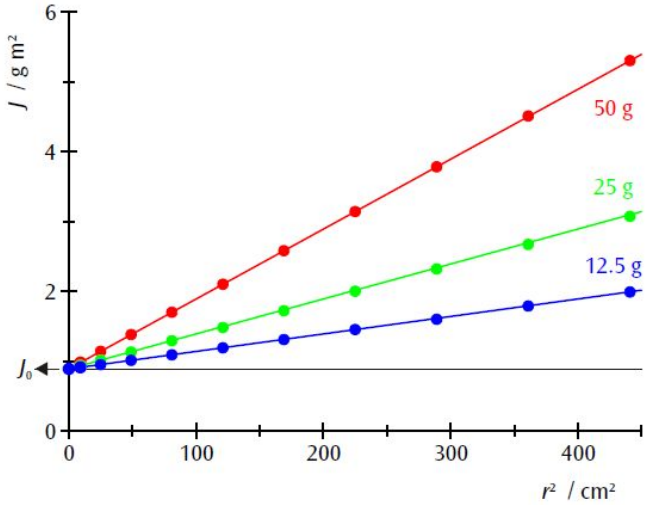

图 2: 分别添加三个不同额外重量 m 时，带水平杆的旋转盘的转动惯量 J，这里转动惯量 J 是从旋转轴到额外重量之间的距离的平方的函数。

3B Scientific GmbH, Rudorffweg 8, 21031 Hamburg, Germany, www.3bscientific.com
© Copyright 2008 3B Scientific GmbH