

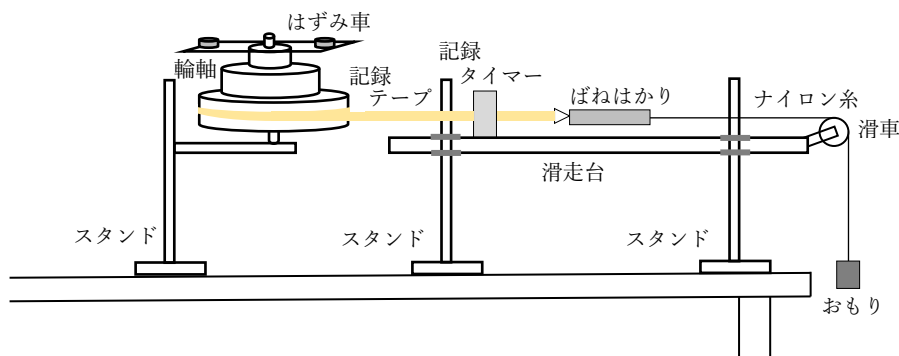
#### 4 (1) 「個体の回転運動」

〔ねらい〕 個体に加える力のモーメントと回転の角加速度との関係を調べる。

- I 輪軸の3つの輪に、順次一定の力を加え、輪軸に生ずる角加速度を求め、輪の半径  $r$  と角加速度  $\beta$  との関係調べる。
- II ある半径の輪に、いろいろな大きさの力を加えたとき、生ずる角加速度を求め、力  $F$  と角加速度  $\beta$  との関係調べる。

〔準備〕 輪軸（はずみ車付き）、滑走台、スタンド（3個）、水準器、おもりの容器（ポリエチレン製）と鉛玉、ばねはかり、ナイロン糸（テグス）、記録タイマー、C型クランプ、記録テープ、画紙、巻き尺（2個）、方眼紙

〔装置〕 装置を下図のように組み立てる。滑走台は実験台から約40cmの高さに、水準器を用いて水平に支える。



〔方法〕

- I  $F$  を一定にして  $r$  と  $\beta$  との関係調べる。
  - (1) 鉛玉をポリエチレン製の容器に適量入れておもりとし、ばねはかりにつなぎ、ばねはかりの他端には記録テープをつける。

テープは記録タイマーを通してから、その端を半径が最小(1.50cm)の輪にセロテープで固定し、輪を静かに回して記録テープを巻き付ける。
  - (2) 記録タイマーのスイッチを OFF にしたまま、輪軸とばねはかりを支えていた手を離すと、輪に巻き付けたテープがほどけ、おもりが落下する。このとき、ばねはかりが示す力  $F$  を読み取る。
  - (3) 記録タイマーのスイッチを ON にし、輪軸とばねはかりを支えていた手を同時に離し、おもりの落下運動を記録する。
  - (4) 次に輪の半径が2番目の大きさ(2.90cm)の輪に記録テープを付けて、(2)、(3)と同様の操作により、おもりの落下運動を記録する。ただし一定の力  $F$  を輪軸に加えるためには、(2)のときよりおもりの重さを少し大きくしなければならない。
  - (5) 半径が最大(5.90cm)の輪についても、おもりの重さを調整して、加える力が一定になるようにし、運動を記録する。
  - (6) テープの記録から、打点の座標を読み取り、 $v$ - $t$  グラフ(直線)を描き、直線の傾きから加速度  $a$  を求め、 $a$  を輪の半径  $r$  で除して角加速度  $\beta$  を算出する。
  - (7)  $r$  と  $\beta$  との関係をグラフに描く。

II  $r$  を一定にして  $F$  と  $\beta$  との関係調べ。

(8) 半径が最小 (1.50cm) の輪に記録テープ、ばねはかり、おもりを付けて、おもりを落下させる。  
おもりの重さは (2) の場合と異なる値にする。

テープの記録から、 $v-t$  グラフを描き、加速度  $a$ 、角加速度  $\beta$  を求める。

(9)  $F$  のいろいろな値について  $\beta$  を求め、 $F$  と  $\beta$  との関係をグラフに描く。

[参考]

(1) 記録テープを輪に巻き付けるときは、記録テープにゆるみができないよう、ややきつめに巻くようにすると、打点の不規則さが少なくなる。

(2) おもりが床に届くと (或いはばねはかりが滑車に当たると)、輪軸にはたらく力がなくなるが、輪軸はそのまま回転を続け、打点済みの記録テープを巻き戻すことがある。記録タイマーが作動していれば不必要な点が重なって記録されるおそれがあるので、輪軸に対する力がはたらかなくなったときは、すばやく輪軸の回転を手で止め、タイマーのスイッチを OFF にする。

(3) 記録テープから打点を選び出すとき、5 打点間隔 (0.10 秒ごと) にするとよい。また打点があま  
り接近しているところは用いないようにする。

(4) I の測定から  $\beta \propto r$ 、II の測定から  $\beta \propto F$  であることがわかるから、比例定数を I として

$$I\beta = Fr$$

の式が成り立つことがわかる。I を慣性モーメントという。

〔測定値の例〕

I r と  $\beta$  との関係 (加える力 F=100gw)

テープの番号		1			2			3		
輪の半径 r		1.50cm			2.90cm			5.90cm		
おもりの重さ		110gw			120gw			130gw		
打点番号	時刻(s)	選んだ点の座標(cm)	間隔(cm)	平均の速さ(cm/s)	選んだ点の座標(cm)	間隔(cm)	平均の速さ(cm/s)	選んだ点の座標(cm)	間隔(cm)	平均の速さ(cm/s)
0	0.00	24.90			8.82			13.72		
			2.92	29.2		3.56	35.6		4.96	49.6
1	0.10	27.82			12.38			18.68		
			3.06	30.6		4.36	43.6		7.56	75.6
2	0.20	30.88			16.74			26.24		
			3.34	33.4		5.17	51.7		10.20	102.0
3	0.30	34.22			21.91			36.44		
			3.52	35.2		5.93	59.3		12.69	126.9
4	0.40	37.74			27.84			49.13		
			3.74	37.4		6.66	66.6		15.15	151.5
5	0.50	41.48			34.50			64.28		
			3.94	39.4		7.33	73.3		17.70	177.0
6	0.60	45.42			41.83			81.98		
			4.25	42.5		8.09	80.9		20.06	200.6
7	0.70	49.67			49.92			102.04		
			4.39	43.9		8.76	87.6			
8	0.80	54.06			58.68					
			4.62	46.2						
9	0.90	58.68								
加速度 (グラフより)		23.1cm/s <sup>2</sup>			76.0cm/s <sup>2</sup>			251cm/s <sup>2</sup>		
角加速度		15.4rad/s <sup>2</sup>			26.2rad/s <sup>2</sup>			42.5rad/s <sup>2</sup>		

F=100gw

テープの番号	r (cm)	$\beta$ (rad/s <sup>2</sup> )
1	1.50	15.4
2	2.90	26.2
3	5.90	42.5

II Fと $\beta$ との関係 (輪の半径  $r=1.50\text{cm}$ )

テープの番号		4			5			6		
加える力 F		145gw			170gw			70gw		
おもりの重さ		165gw			190gw			80gw		
打点番号	時刻(s)	選んだ点の座標(cm)	間隔(cm)	平均の速さ (cm/s)	選んだ点の座標(cm)	間隔(cm)	平均の速さ (cm/s)	選んだ点の座標(cm)	間隔(cm)	平均の速さ (cm/s)
0	0.00	31.44			23.92			16.30		
			4.22	42.2		3.84	38.4		2.57	25.7
1	0.10	35.66			27.76			18.87		
			3.48	34.8		5.26	52.6		2.69	26.9
2	0.20	39.14			32.02			21.56		
			4.41	44.1		4.66	46.6		2.81	28.1
3	0.30	43.55			36.68			24.37		
			4.62	46.2		5.07	50.7		2.93	29.3
4	0.40	48.17			41.75			27.30		
			4.95	49.5		5.95	59.5		3.12	31.2
5	0.50	53.12			47.70			30.42		
			5.24	52.4		5.33	53.3		3.18	31.8
6	0.60	58.36			53.03			33.60		
			5.58	55.8		6.21	62.1		3.30	33.0
7	0.70	63.94			59.24			36.90		
			5.80	58.0		6.57	65.7		3.44	34.4
8	0.80	69.74			65.81			40.34		
			6.13	61.3		6.92	69.2		3.56	35.6
9	0.90	75.87			72.73			43.90		
加速度 (グラフより)		29.1cm/s <sup>2</sup>			42.5cm/s <sup>2</sup>			11.8cm/s <sup>2</sup>		
角加速度		19.4rad/s <sup>2</sup>			28.3rad/s <sup>2</sup>			7.87rad/s <sup>2</sup>		

$r=1.50\text{cm}$

テープの番号	F(gw)	$\beta$ (rad/s <sup>2</sup> )
4	145	19.4
5	170	28.3
6	70	7.87
1	100	15.4

参考

網掛けのデータが明らかにおかしいことに気づくと思う。原因は、ばねはかりの振動と考えられる。おもりの重さと引くときの力の大きさの差が大きい程、振動は起こりやすくなる。

実験するときは、できるだけリアルタイムでデータ処理を行い (時間をおいてから再実験すると、条件がずれてくる)、仮説と異なる結果が出ているときは、方法を検討し再度データを取り直すといよい。

この実験の場合は、「引いているときの力に合わせて、ナイロン糸とばねはかりを押さえ、同時に手を離す」と振動を小さくすることができる。それでも振動が生じているときは、減衰した後のデータを用いて直線を引く。(振動状態が見えてくるので興味深い)