

【実験】ターンテーブルによる遠心力の観察（実験書・データ）

【目的】ターンテーブルを使って遠心力が、中心からの距離 r と回転数 n の 2 乗に比例することを検証する。

【準備物】レコードプレーヤー（33 回転・45 回転用）、亚克力パイプ（3cm ϕ × 30cm）、ゴム栓 9 号 2 個、バルサ材（8cm × 30cm 厚さ 16mm）、パイプ止め具（30mm 用）2 個、ねじ 4 個、赤インク、ビー玉、高速連写が可能なカメラ。

【実験の方法】

1 装置の製作

①図のように、バルサ材の中心にターンテーブルのセンターピンに押し込むための穴を開け、パイプ止めを使って、亚克力パイプを固定する。（実験 1 用）

②パイプの前面に目盛を中心と両側の 5 カ所に固定し、パイプ内の水位を測れるようにする。（実験 2 用）

2 実験

【理論】パイプに水を入れ、回転させると水は遠心力を受け周囲の水位が高くなる。遠心力が回転半径に比例するなら、水面は 2 次関数 $y = ar^2$ にしたがうと考えられる。すなわち、中心から距離 r の位置の水にはたらく力は、重力 mg と遠心力 $m\omega^2 r$ だから、その合力の向きが慣性重力の向きになる。接線と水平面のなす角を θ とすると、

$$\tan\theta = dy/dr = m\omega^2 r / mg$$

$$y = \int (dy/dr) dr = \int (\omega^2 r / g) dr = (1/2) (\omega^2 / g) r^2 = (1/2) ((2\pi n)^2 / g) r^2$$

また、二次関数の係数 a は、 $a = (1/2) ((2\pi n)^2 / g)$ となり、回転数 n の 2 乗に比例する。

(1) 実験 1 遠心力の観察

①ビー玉と水を入れ（上部に空気が残るように）、両側からゴム栓をする。ビー玉が真ん中に空気が端に来るようにしてターンテーブル上に乗せる。

②ターンテーブルを回転させ、空気とビー玉の位置がどう変わるかを観察する。

(2) 実験 2 遠心力の式の検証

①ターンテーブルを回転させ、高速連写カメラで撮影する。

②目盛の正面から撮れているフレームを使い、回転の中心からの距離 r と水位 y を読み取る。

③グラフを作り、 $y = ar^2$ になるか、また、係数 a が回転数 n の 2 乗に比例するかを検証する。

【結果】

(1) 実験 1

空気は中心付近に寄り、ビー玉が周辺に移動する。水にも遠心力がはたらいている。

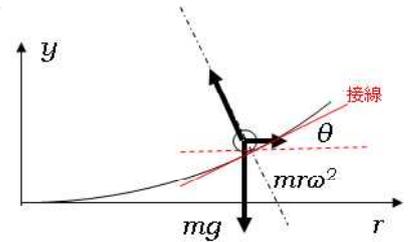
(2) 実験 2

回転	水位の座標 y [cm] 上が原点					
	r [cm]	-11	-6	0	+6	+11
45	- y	1.68	2.60	3.13	2.50	1.20
33	- y	2.15	2.65	2.85	2.50	1.75

【考察】

①遠心力がはたらいているにもかかわらず空気が中心によるのはなぜか。

② $r = 0$ のとき $y = 0$ となるよう座標を取り直し遠心力の式を検証する。角速度 ω の 2 乗に比例するかどうかは、2 次曲線の係数について 33 回転の場合と 45 回転の場合を比較する。



講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

【実験】 ターンテーブルによる遠心力の観察 (データ・レポート)

【目的】 ターンテーブルを使って遠心力が、中心からの距離 r と回転数 n の 2 乗に比例することを検証する。

【実験の方法】

1 装置の製作

- ① 図のような装置を製作する。
- ② パイプの前面に目盛をつけ、パイプ内の水位を測れるようにする。

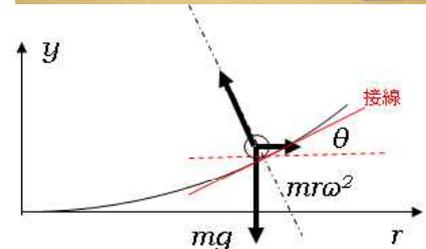
2 実験

【理論】 遠心力が回転半径に比例するなら、水面は 2 次関数 $y = ar^2$ にしたがうと考えられる。すなわち、中心から距離 r の位置の水にはたらく力は、重力 mg と遠心力 $m\omega^2 r$ だから、水平面と接線のなす角 θ は

$$\tan\theta = dy/dr = m\omega^2 r / mg$$

$$y = \int (dy/dr) dr = \int (r\omega^2/g) dr = (1/2) (\omega^2/g) r^2 = (1/2) ((2\pi n)^2/g) r^2$$

また、二次関数の係数 a は、 $a = (1/2) ((2\pi n)^2/g)$ となり、回転数 n の 2 乗に比例すると考えられる。



(1) 実験 1 遠心力の観察

- ① ビー玉と水を入れ (上部に空気が残るように)、両側からゴム栓をしたアクリルパイプをターンテーブル上に乗せて回転させる。

(2) 実験 2 遠心力の式の検証

- ① 高速連写カメラでアクリルパイプを撮影し、目盛の正面から撮れているフレームの写真を使い、回転の中心からの距離 r と水位 y を読み取る。

【結果】

(1) 実験 1

空気は中心付近に寄り、ビー玉が周辺に移動する。

(2) 実験 2

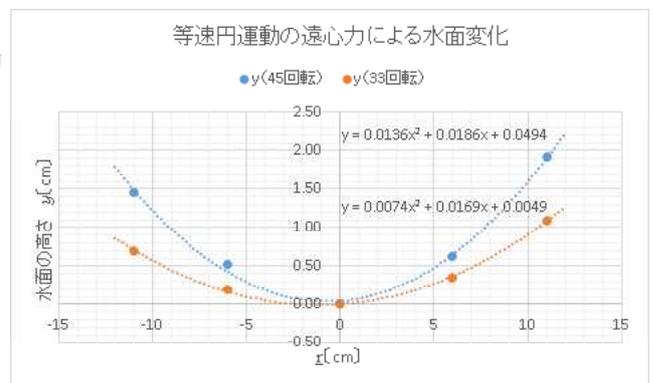
回転	水位の座標 y [cm] 上が原点					
	r [cm]	-11	-6	0	+6	+11
45	$-y$	1.68	2.60	3.13	2.50	1.20
回転	補正	1.45	0.53	0	0.63	1.93
33	$-y$	2.15	2.65	2.85	2.50	1.75
回転	補正	0.70	0.20	0	0.35	1.10

補正は $r = 0$ の位置の水位を $y = 0$ とした。

【考察】

(1) 実験 1 では、水にも遠心力がはたらいっているため、空気が中心に集まると考えられる。(参考; 自動車の中のヘリウムバルーンは、空気にも慣性力がはたらくため、前方に移動する。)
 (2) 水面の形状は 33, 45 回転とも 2 次曲線といえる。遠心力は半径に比例する。

② 遠心力が角速度 ω の 2 乗に比例するならば、33 回転と 45 回転では、水面を表す 2 次関数の係数が、 $(33/45)^2 = 0.538$ 倍になると考えられるが、結果は 0.54 倍となり、 ω^2 に比例することが実証された。



2次曲線

2次関数の係数 a		$y(45$ 回転)	$y(33$ 回転)
理論	回転数 (回/min)	45	33
	角速度 (rad/s)	4.7124	3.4558
	$a = \omega^2 / 2g$	0.0113	0.0061
	$a(33)/a(45)$	1	0.538
実験	係数 a	0.0136	0.0074
	$a(33)/a(45)$	1	0.544

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

【実験】ターンテーブルによる遠心力の観察（実験書・データ）

【目的】ターンテーブルを使って遠心力が、中心からの距離 r と回転数 n の 2 乗に比例することを検証する。

【準備物】レコードプレーヤー（33 回転・45 回転用）、亚克力パイプ（3cm ϕ × 30cm）、ゴム栓 9 号 2 個、バルサ材（8cm × 30cm 厚さ 16mm）、パイプ止め具（30mm 用）2 個、ねじ 4 個、赤インク、ビー玉、高速連写が可能なカメラ。

【実験の方法】

1 装置の製作

- ① 図のように、バルサ材の中心にターンテーブルのセンターピンに押し込むための穴を開け、パイプ止めを使って、亚克力パイプを固定する。（実験 1 用）
- ② パイプの前面に目盛を中心と両側の 5 カ所に固定し、パイプ内の水位を測れるようにする。（実験 2 用）

2 実験

【理論】パイプに水を入れ、回転させると水は遠心力を受け周囲の水位が高くなる。遠心力が回転半径に比例するなら、水面は 2 次関数 $y = ar^2$ にしたがうと考えられる。すなわち、中心から距離 r の位置の水にはたらく力は、重力 mg と遠心力 $m\omega^2 r$ だから、その合力の向きが慣性重力の向きになる。接線と水平面のなす角を θ とすると、

$$\tan\theta = dy/dr = m\omega^2 r / mg$$

$$y = \int (dy/dr) dr = \int (\omega^2 r / g) dr = (1/2) (\omega^2 / g) r^2 = (1/2) ((2\pi n)^2 / g) r^2$$

また、二次関数の係数 a は、 $a = (1/2) ((2\pi n)^2 / g)$ となり、回転数 n の 2 乗に比例する。

(1) 実験 1 遠心力の観察

- ① ビー玉と水を入れ（上部に空気が残るように）、両側からゴム栓をする。ビー玉が真ん中に空気が端に来るようにしてターンテーブル上に乗せる。
- ② ターンテーブルを回転させ、空気とビー玉の位置がどう変わるかを観察する。

(2) 実験 2 遠心力の式の検証

- ① ターンテーブルを回転させ、高速連写カメラで撮影する。
- ② 目盛の正面から撮れているフレームを使い、回転の中心からの距離 r と水位 y を読み取る。
- ③ グラフを作り、 $y = ar^2$ になるか、また、係数 a が回転数 n の 2 乗に比例するかを検証する。

【結果】

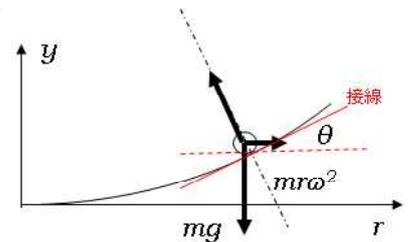
(1) 実験 1

(2) 実験 2

回転	水位の座標 y [cm] 上が原点					
	r [cm]	-11	-6	0	+6	+11
45	$-y$					
33	$-y$					

【考察】

- ① 遠心力がはたらいっているにもかかわらず空気が中心によるのはなぜか。
- ② $r = 0$ のとき $y = 0$ となるよう座標を取り直し遠心力の式を検証する。角速度 ω の 2 乗に比例するかどうかは、2 次曲線の係数について 33 回転の場合と 45 回転の場合を比較する。



講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

【実験】 ターンテーブルによる遠心力の観察（データ・レポート）

【目的】 ターンテーブルを使って遠心力が、中心からの距離 r と回転数 n の 2 乗に比例することを検証する。

【実験の方法】

1 装置の製作

- ① 図のような装置を製作する。
- ② パイプの前面に目盛をつけ、パイプ内の水位を測れるようにする。

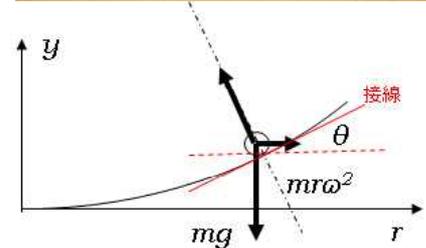
2 実験

【理論】 遠心力が回転半径に比例するなら、水面は 2 次関数 $y = ar^2$ にしたがうと考えられる。すなわち、中心から距離 r の位置の水にはたらく力は、重力 mg と遠心力 $m\omega^2 r$ だから、水平面と接線のなす角 θ は

$$\tan\theta = dy/dr = m\omega^2 r / mg$$

$$y = \int (dy/dr) dr = \int (r\omega^2/g) dr = (1/2) (\omega^2/g) r^2 = (1/2) ((2\pi n)^2/g) r^2$$

また、二次関数の係数 a は、 $a = (1/2) ((2\pi n)^2/g)$ となり、回転数 n の 2 乗に比例すると考えられる。



(1) 実験 1 遠心力の観察

- ① ビー玉と水を入れ（上部に空気が残るように）、両側からゴム栓をしたアクリルパイプをターンテーブル上に乗せて回転させる。

(2) 実験 2 遠心力の式の検証

- ① 高速連写カメラでアクリルパイプを撮影し、目盛の正面から撮れているフレームの写真を使い、回転の中心からの距離 r と水位 y を読み取る。

【結果】

(1) 実験 1

(2) 実験 2

回転	水位の座標 y [cm] 上が原点					
	r [cm]	-11	-6	0	+6	+11
45 回転	$-y$ 補正					
33 回転	$-y$ 補正					

実験 2 のグラフ

【考察】

講座 () () 年 () 組 () 席 名前	共同実験者
() 月 () 日 () 曜 () 限 気温 () °C 気圧 () hPa 湿度 () %	

資料

