

実験問題 測定結果例

実験課題 1の解答用紙 (グラフは別紙)

予備実験	アルミパイプの場合	約 5 秒	銅パイプの場合	約 7 秒
-------------	-----------	-------	---------	-------

課題 1 - 1 .銅製パイプ (肉厚0.5mm)による実験の結果

おもりの状態	空	小 1個	大 1個	小・大各 1個	大 2個
磁石の速さ	(0.454 km/h) 0.126 m/s	(0.704) 0.196	(0.932) 0.259	(1.206) 0.335	(1.464) 0.407
磁石が受ける力	0.0402 N	0.0609	0.0801	0.101	0.12

課題 1 - 2 .アルミ製パイプ (肉厚0.5mm)による実験の結果

おもりの状態	空	小 1個	大 1個	小・大各 1個	大 2個
磁石の速さ	(0.63 km/h) 0.175 m/s	(0.998) 0.277	(1.378) 0.383	(1.766) 0.491	(2.09) 0.581
磁石が受ける力	0.0402 N	0.0609	0.0801	0.101	0.12

課題 1 - 3 .アルミ製パイプ (肉厚1.0mm)による実験の結果

おもりの状態	空	小 1個	大 1個	小・大各 1個	大 2個
磁石の速さ	(0.380 km/h) 0.106 m/s	(0.6) 0.167	(0.8) 0.222	(1.012) 0.281	(1.17) 0.325
磁石が受ける力	0.0402 N	0.0609	0.0801	0.101	0.12

課題 1 - 4 .

	1				
--	---	--	--	--	--

課題 1 - 5 .

	$k(\text{Cu})=$	0.285	$k_1(\text{Al})=$	0.195	
--	-----------------	-------	-------------------	-------	--

	$k_2(\text{Al})=$	0.362			
--	-------------------	-------	--	--	--

課題 1 - 6 .

	$k(\text{Cu})/k_1(\text{Al})=$	1.46	$k_2(\text{Al})/k_1(\text{Al})=$	1.86	
--	--------------------------------	------	----------------------------------	------	--

書ききれない場合はこの解答用紙の裏に書いても良い。

実験の考察 :

次のような項目について論理的に記述できているかを評価する。
 ・磁石の落下によってパイプの中に生じる誘導起電力のようすについて、断面を通る磁束の変化が速度に比例していることを述べる。
 ・パイプの中に流れる誘導電流が、パイプの金属の抵抗率の逆数に比例し、受ける力の大きさは電流と磁場に比例していることについて述べる。
 ・以上のことから、描いたグラフの傾きは金属の抵抗率の逆数の比となっていることについて述べる。等
 (参考)銅の抵抗率 = $1.67 \times 10^{-6} \text{ cm}(20^\circ)$,アルミニウムの抵抗率 = $2.655 \times 10^{-6} \text{ cm}(20^\circ)$

課題 1 - 7 .

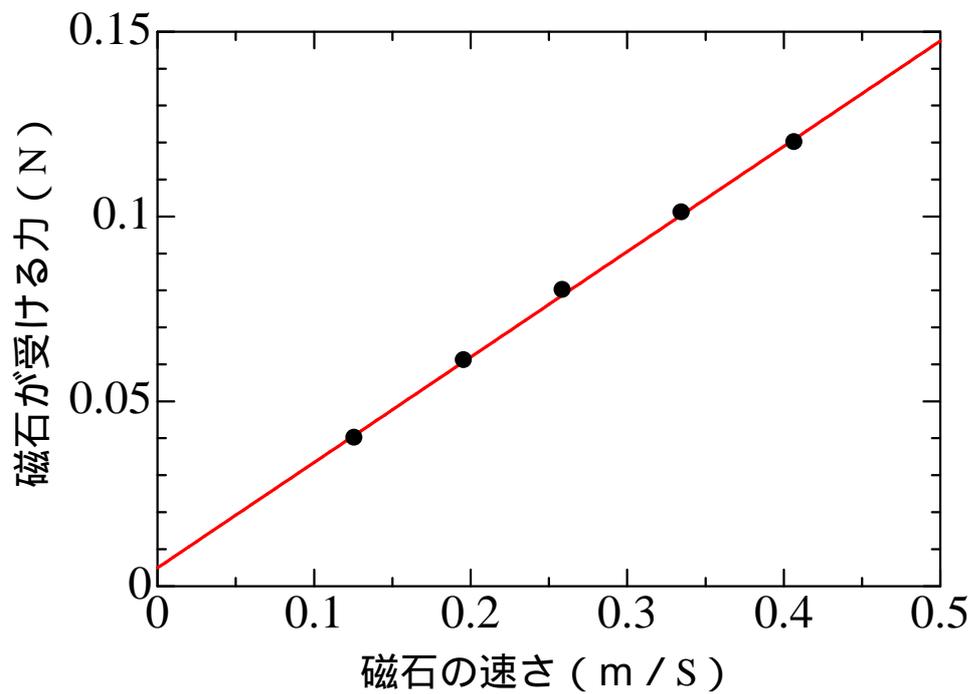
(測定値の平均をどのように得たのかなど、データの処理についての工夫と、摩擦などの測定値に対する影響を小さくする具体的な工夫に対して評価を与える)

(実験の考察：続き)

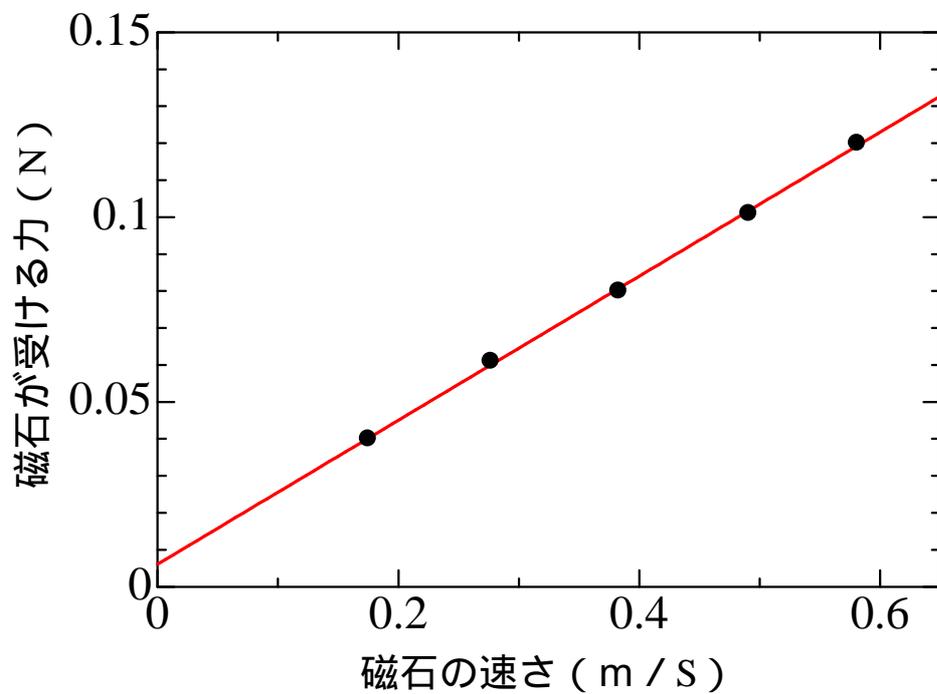
チャレンジ番号	氏名

課題 1 - 1 の測定結果

銅製パイプの中を落下する磁石が受ける力



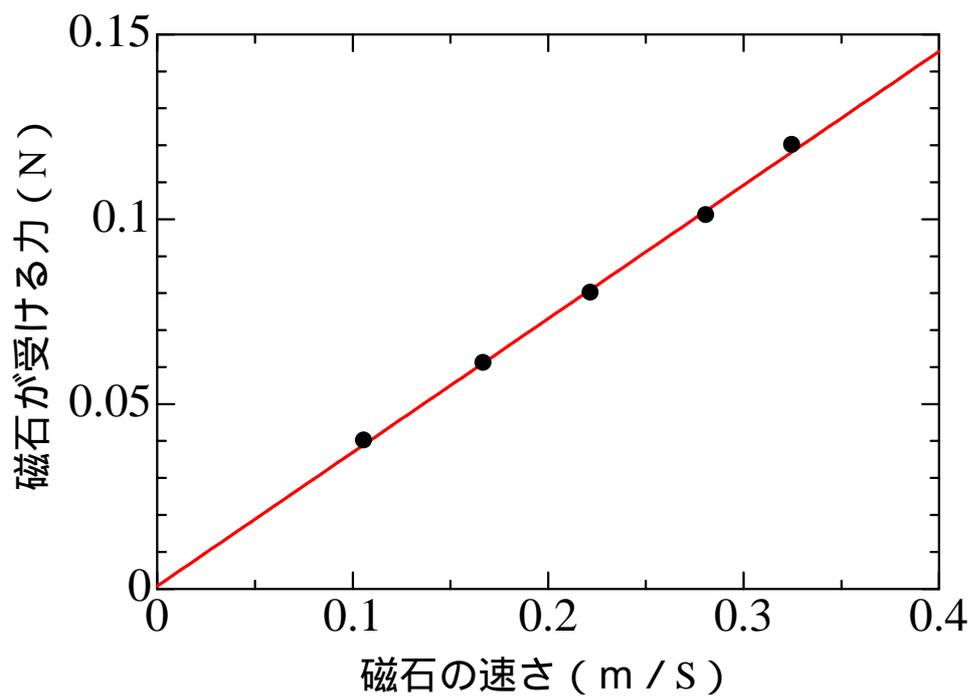
アルミ製パイプの中を落下する磁石が受ける力



チャレンジ番号	氏名

課題 1 - 3 の測定結果

アルミ製パイプの中を落下する磁石が受ける力



実験問題 2 の解答用紙 (両面 3 枚)

チャレンジ番号	氏 名

課題 2 - 1 . 鋼球 3 個による衝突実験

	測定 1	測定 2	測定 3
v_1 [km/h]	1.44	1.53	1.67
v_2 [km/h]	1.09	1.17	1.33

	測定 1	測定 2	測定 3
v_1 [km/h]	6.35	6.56	6.72
v_2 [km/h]	6.34	6.07	6.22

上の について v_2/v_1 を求めると、測定 1 から 3 の順に 0.76, 0.76, 0.80 となる。
 また、同様に について v_2/v_1 を求めると、測定 1 から 3 の順に 1.0, 0.93, 0.93 となる。
 と では比 v_2/v_1 の値が異なり、 の値は 1 に近い傾向にある。

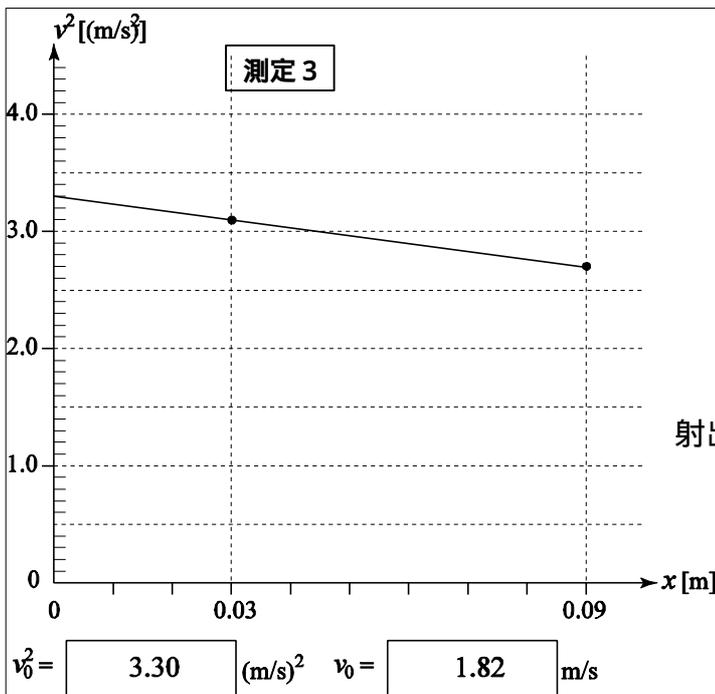
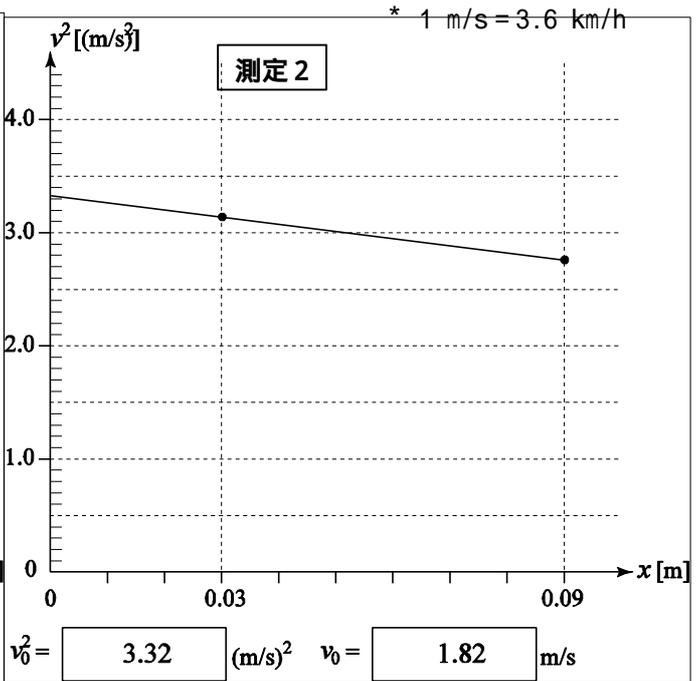
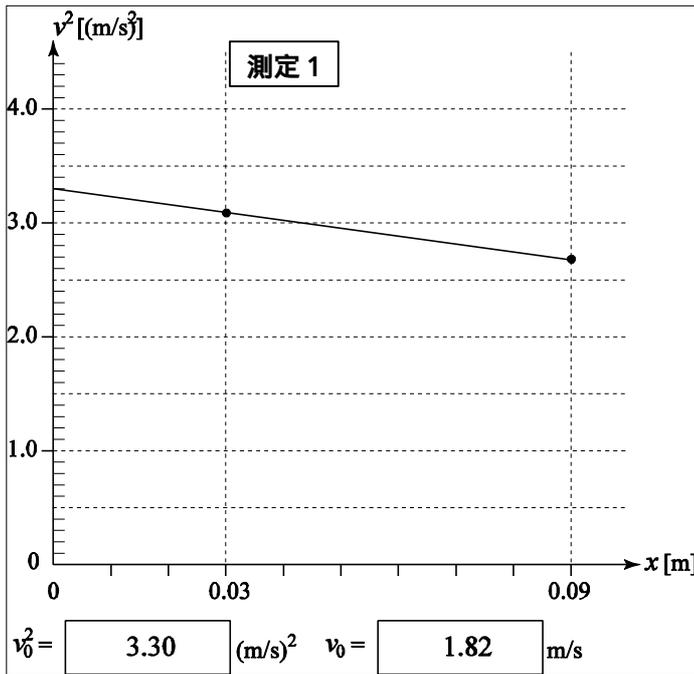
入射球 1 は衝突の際、並進運動の運動エネルギーのみを伝えることができる。 の場合、射出球 2 は低速なので転がり、並進運動と回転運動のエネルギー両方を持つ。一方、 の場合、射出球 2 は高速なのではじめはルール上をすべり、射出直後は回転運動していないと考えられる。鋼球 1 の速度を v_1 , 射出球 2 の速度を v_2 とすれば、力学的エネルギー保存の法則より、それぞれ、

$$: \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 \left[1 + \frac{2}{5} \times \frac{1}{1 - \left(\frac{\Delta}{2R}\right)^2} \right], \quad : \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 \text{ となる。}$$

$R = 5.0 \text{ mm}$, $\Delta = 4.3 \text{ mm}$ とすれば $: \frac{v_2}{v_1} = 0.82$, $: \frac{v_2}{v_1} = 1$ となることが推察できる。

課題 2 - 2 . ガウス加速器の実験

	v_1 [km/h]	v_1 [m/s]	v_1^2 [(m/s) ²]	v_2 [km/h]	v_2 [m/s]	v_2^2 [(m/s) ²]
測定 1	6.33	1.76	3.09	5.90	1.64	2.69
測定 2	6.39	1.78	3.15	5.98	1.66	2.76
測定 3	6.34	1.76	3.10	5.92	1.64	2.70



v_0 の平均値 = 1.82 m/s

射出球 2 の運動量 = 7.4×10^{-3} kg · m/s

チャレンジ番号	氏名

	測定 1	測定 2	測定 3	平均
X [cm]	9.0	9.2	8.3	8.8

	a[cm]	b[cm]	cos	z[cm]	v_1 [km/h]	v_1 [m/s]	v_2 [km/h]	v_2 [m/s]	μ'
1	30	7.2	0.97	10	1.55	0.431	2.19	0.608	0.143
2	30	7.2	0.97	10	1.22	0.339	2.01	0.558	0.137
3	30	7.2	0.97	10	1.64	0.456	2.27	0.631	0.140
								平均	0.140

3 個球の運動量 = 5.9×10^{-3} kg · m/s

射出球の運動量は 7.4×10^{-3} kg · m/s , 3 個球の運動量は 5.9×10^{-3} kg · m/s で , 射出球の運動量がやや多い。この差額は衝突直前の入射球の運動量と考えられる。実験誤差の範囲内で , 衝突前後の運動量は保存されており、妥当な結果である。

なお入射球 1 の速度をほとんど 0 にしてルール上に置いたとき , 磁力によって入射球 1 が加速したとしても , そのとき残りの磁石球と鋼球がやはり磁力により反対向きに加速するので , 衝突直前の運動量の合計は変わらない。これが増加したとすると , 摩擦力により , 残りの磁石球と鋼球の運動が妨げられたからである。

	質量[kg]	速度[m/s]	運動エネルギー[mJ]
射出球 2	4.07	1.82	6.74
3 個球	12.1	0.492	1.46
		合計	8.2

* 1 mJ = 10^{-3} J

【これよりチャレンジ問題】

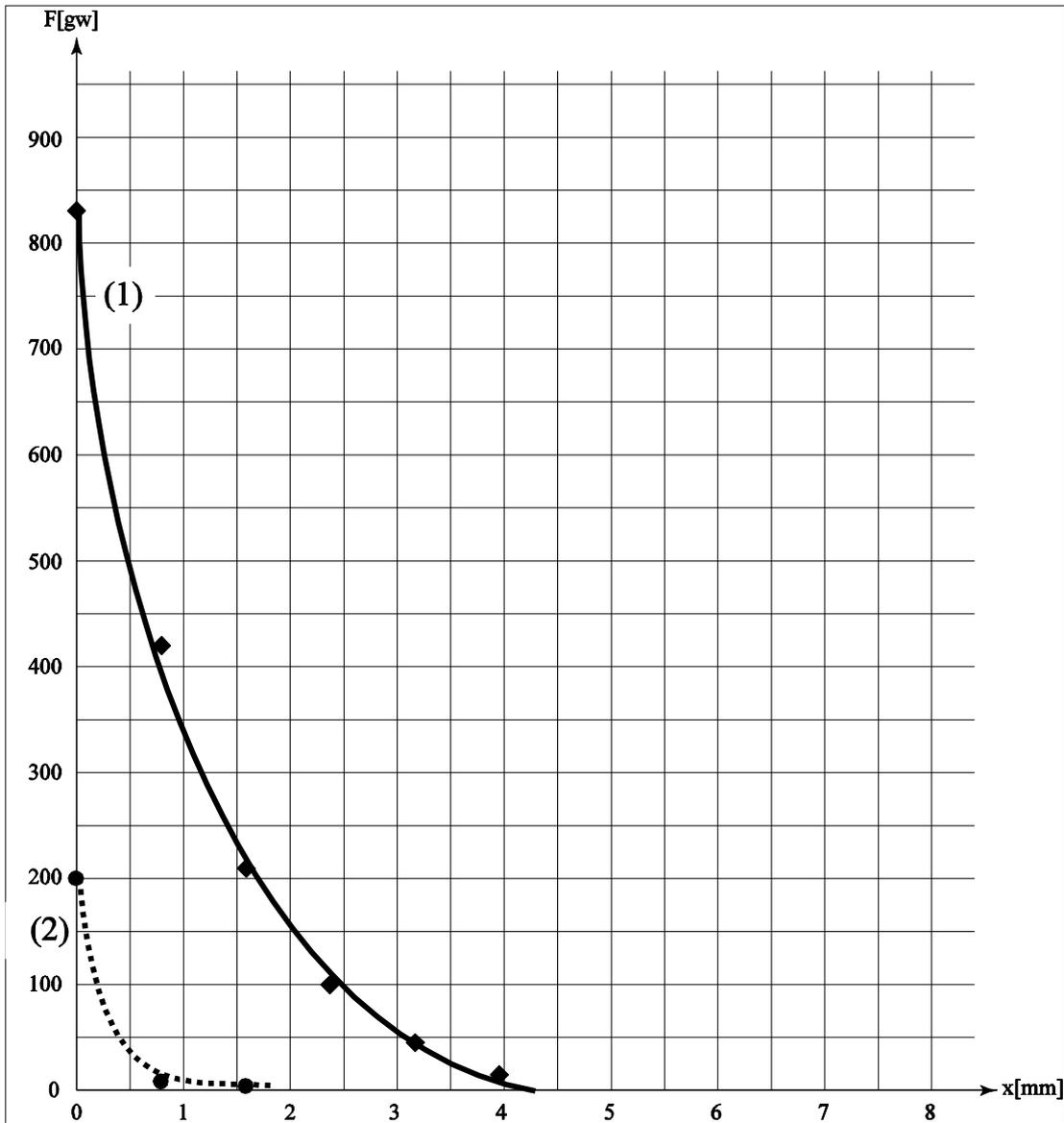
厚紙 枚の厚さは である。

1枚の厚さ =

紙の枚数	距離[mm]	(1) (磁石球 鋼球) 力[gw]	(2) (磁石球・鋼球 鋼球) 力[gw]
0	0	830	200
1	0.79	420	10
2	1.58	210	7
3	2.37	100	
4	3.16	45	
5	3.95	15	
6			
7			
8			
9			
10			

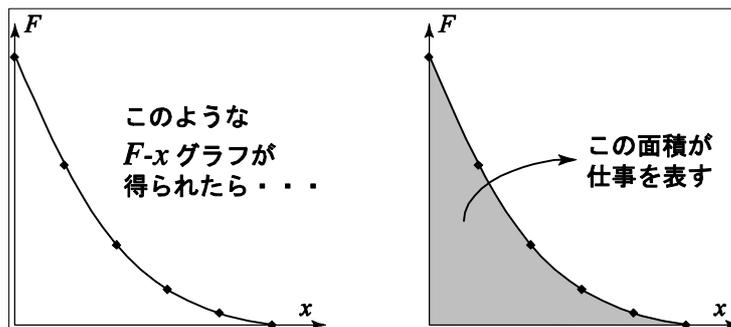
(注) 紙の枚数は測定できるところまででよい。

チャレンジ番号	氏名



(注1) 1 gwは、ばねはかりの値が1 gを指すときの力の大きさで、 9.8×10^{-3} Nである。

(注2)



グラフのマス目 1 個の面積 = $50 \text{ g w} \times 0.5 \text{ mm} = 0.245 \text{ mJ}$

(1) 磁石球 鋼球の場合

マス目の数 = $W_1 =$ mJ

(2) 磁石球・鋼球 鋼球の場合

マス目の数 = $W_2 =$ mJ

上の から $W_1 - W_2 = 8.0 \text{ mJ}$ となるが ,これは で得られた運動エネルギーの増加分 8.2 mJ にきわめて近い値である。

予想通り , 磁力による位置エネルギーが運動エネルギーに転化していると考えられる。

実験問題3の解答用紙(両面1枚)

チャレンジ番号	氏名

課題3 - 1 . 実験1

磁石のN極が上のとき, 磁石は上から見て反時計回りに回転した。
磁石のNSを入れ替えると, 逆向きに回転した。

課題3 - 2 . 考察1

磁石のN極が上のとき, 磁石の中の磁場 B は上向きである。
リード線と磁石の円柱面の接点から円柱の軸へ向かう半径に沿って流れる電流は, 上から見て反時計回りの向きにローレンツ力を受ける。
中心軸に沿って流れる電流は(磁場と平行なので)ローレンツ力を受けない。
磁石内の電流は全体として, 上から見て反時計回りに回転させる力(力のモーメント)を受ける。
これは, 実験1で観測された回転の向きと一致する。

課題3 - 3 . 実験2

釘の先端が電池の - 極に, 磁石の円柱面がリード線の端に触れて電流が流れたとき, 電池とリード線が一体となって, 上から見て時計回りに回転し始めた。
また, 釘の付いた磁石を電池の - 極から磁力でぶら下げ, リード線の端が磁石の円柱面に触れるようにして手を放したら電池とリード線は時計回りに, 磁石は反時計回りに回転した。
磁石に比べ, 電池とリード線がゆっくり回る(回りにくい)のは, 慣性モーメントが大きいためである。

課題 3 - 4 . 実験 3

課題 3 - 1 の配置で、リード線の他端をいろいろなところに触れたときの結果

磁石の回転の様子	リード線の触れた場所
よく回った	磁石の円柱面，上下の底面の縁
ほとんど回らなかった	上下の底面の中心付近，釘，電池の - 極

磁石が回るのは，磁石自身に電流が流れる場合だけであるようだ。

磁石の中心軸に沿って電流が流れても回転しない。

課題 3 - 5 . 考察 2

一周する電流は磁石の位置に，ある方向の磁場 B を作る。

磁石はその $N S$ 軸が磁場 B の向きに平行になるような回転力を受けるが， $N S$ 軸の周りに回転させるような力は受けない。

もし，電流の一周する道筋に磁石自身が含まれていると，磁石内の部分を流れる電流と磁石の間で及ぼし合う力は磁石にとっては内力であり，磁石の運動には寄与しない。

一周する電流全体は磁石を $N S$ 軸の周りに回転させるような力を及ぼさないが，内力になる部分を除いた，磁石以外の部分だけを流れる電流は，磁石を $N S$ 軸の周りに回転させるような力を及ぼすと考えられる。

実際に，課題 3 - 4 で，電流の道筋に磁石自身が含まれていると磁石は $N S$ 軸の周りに回転した。

課題 3 - 6 . 結論

電流の一周する道筋に磁石自身が含まれている場合を考え，電流の道筋のうち，磁石の中の部分を c_1 ，残り（釘・電池・リード線）を c_2 とする。 c_1 と c_2 の部分を流れる電流が磁石をその $N S$ 軸の周りに回そうとする回転力を，それぞれ， T_1' と T_2' とすると， T_1' は磁石内の c_1 を流れる電流が磁石から受ける回転力 T_1 の反作用となっている。

作用と反作用の関係から， $T_1 + T_1' = 0$

一周する電流は $N S$ 軸の周りに回転させる回転力を及ぼさないから， $T_1' + T_2' = 0$

したがって， $T_2' = T_1$

すなわち，磁石以外の部分 c_2 を流れる電流が磁石を $N S$ 軸の周りに回そうとする回転力 T_2' を及ぼし，その大きさと向きは磁石内の部分 c_1 を流れる電流が磁石から（内力として）受ける回転力 T_1 に等しい。