

平成28年度 鹿児島大学理学部物理科学科 AO 入試問題

【注意事項】

1. 解答開始の合図の後、以下の配布物があるか、確認せよ。
 - (1) 本冊子 1 部 (9枚)
 - (2) AO 入試提出レポート 表紙 (1枚)
 - (3) 表1、表2の解答用紙 (1枚)
 - (4) レポート用紙 (3枚)
 - (5) グラフ用紙 (3枚)
 - (6) 下書き用紙 (1枚)
 - (7) 電卓 (1台)
 - (8) ものさし (1本)
2. 上記(2)、(3)、(4)、(5)を合わせて、答案レポートとせよ。
3. 解答中に、レポート用紙、グラフ用紙、下書き用紙の不足、電卓の不具合、などの場合には、無言で挙手せよ。

課題

ネオジム磁石を落下させて、巻き数が異なる 2 種類のコイルそれぞれの中を通過させる実験を行った。得られた実験データを解析し、レポートを完成させよ。

【実験で用意したものと使い方】 写真 A-1、A-2 を参照のこと。

A) プラスチック製パイプ 2 本

長さ 1.0 m、外径 21 mm、内径 18 mm のプラスチック製パイプ（以下、パイプと呼ぶ）を鉛直に立てて使用した。

B) コイル 2 個

上記のパイプ 1 本には導線を 10 回巻いたコイル（以下、コイル 1 と呼ぶ）を作り、もう 1 本のパイプには 20 回巻いたコイル（以下、コイル 2 と呼ぶ）を作った。パイプの端から約 10 cm の位置に導線を巻き、コイル側を下にしてパイプを使用した。

C) ネオジム磁石（以下、磁石と呼ぶ）

高さ 9.0 mm、底面の直径 9.0 mm の円柱状の磁石を使った。底面が S 極、他方の面が N 極になっており、N 極側に長さ 1.5 m の軽い糸を取り付けた。

D) オシロスコープ

電気信号を目で見える形で観察できるようにする装置。コイルの両端をオシロスコープの信号入力端子の両極に接続した。横軸を時間、縦軸を電圧にとった波形を表示するようにした。

【実験の手順】

- 1) コイル中心を原点にとり、原点からの距離が分かるように、パイプに 10 cm 刻みで目印を付けた。
- 2) コイル 1 の両端を、オシロスコープの信号入力端子に接続した。
- 3) パイプを鉛直に立てて、S 極が鉛直下向きになるように磁石をパイプに入れ、コイル中心から高さ 10 cm（コイルまでの落下距離）の位置で、糸で磁石をつり上げて静止させた。
- 4) 磁石が付いた糸を静かに切り離して、磁石をパイプの中で静かに落下させた。磁石は、S 極が常に下になるように、コイルのついたパイプ中を落下した。
- 5) 磁石がコイルを通過するとき、コイル両端に発生する電圧の時間変化を、オシロスコープで記録した。
- 6) コイルまでの落下距離を 30 cm、50 cm、70 cm、90 cm と変えて、上記 4)、5) と同様の手順で、繰り返し実験を行った。それぞれの位置から磁石を落下させたときのオシロスコープの記録画面を、図 B-1～B-5 に示す。
- 7) コイル 2 を使って手順 4)、5)、6) を繰り返した。そのときに記録したオシロスコープの表示画面を、図 C-1～C-5 に示す。

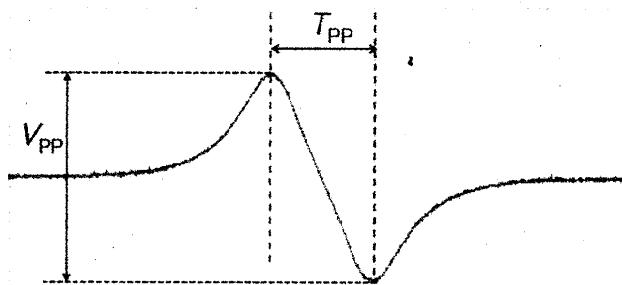
〈レポートの作成〉

実験レポートは一般に、(1)目的、(2)方法、(3)結果、(4)考察、(5)結論の節に分けて記述する。(1)と(2)はレポート表紙に示したので、(3)、(4)、(5)をレポート用紙に記述し、レポートを完成させよ。ただし、表やグラフを作成するときは、それぞれ題目を付けよ。また、各物理量については単位を明記せよ。

【レポートに書くべき内容】

(3) 結果

- (3-a) コイル1について、コイルまでの落下距離 x ごとに、電圧の最大値と最小値の差 V_{pp} と、それらを記録した時間の間隔 T_{pp} を、図B-1～B-5より読み取り、表1にまとめよ。ただし、 V_{pp} と T_{pp} は図D-1で定義される。
- (3-b) コイル2について、図C-1～C-5より、コイルまでの落下距離 x ごとに、 V_{pp} と T_{pp} を表2にまとめよ。
- (3-c) コイル1と2について、コイルまでの落下距離 x と V_{pp} との関係を図1として、1枚のグラフ用紙に作成せよ。
- (3-d) コイル1と2について、コイルまでの落下距離 x と T_{pp} との関係を図2として、1枚のグラフ用紙に作成せよ。



V_{pp} : 電圧の最大値と最小値との差

T_{pp} : 電圧の最大値と最小値との時間間隔

図 D-1 V_{pp} と T_{pp} の定義

(4) 考察

- (4-a) 図1のグラフから、コイルまでの落下距離 x と V_{pp} との関係について考察せよ。コイル1と2を用いて得られた実験結果を比較せよ。
- (4-b) 同様に図2のグラフから、コイルまでの落下距離 x と T_{pp} との関係について考察せよ。
- (4-c) 今回の実験結果で、その他に気づいたことがあれば、それを考察せよ。必要ならば、表1と表2の余った列や、予備のグラフ用紙を使用しても良い。

(5) 結論

今回の実験で、何を実行して、何が分かったのかを、簡潔に記述せよ。

※図A-1、A-2、B-1～B-5、C-1～C-5は、レポートの一部として提出する必要はありません。



写真 A-1 実験の全体風景

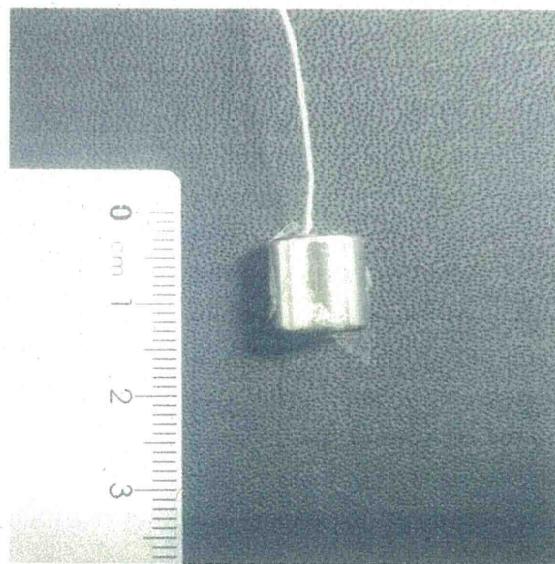


写真 A-2 落下させたネオジム磁石

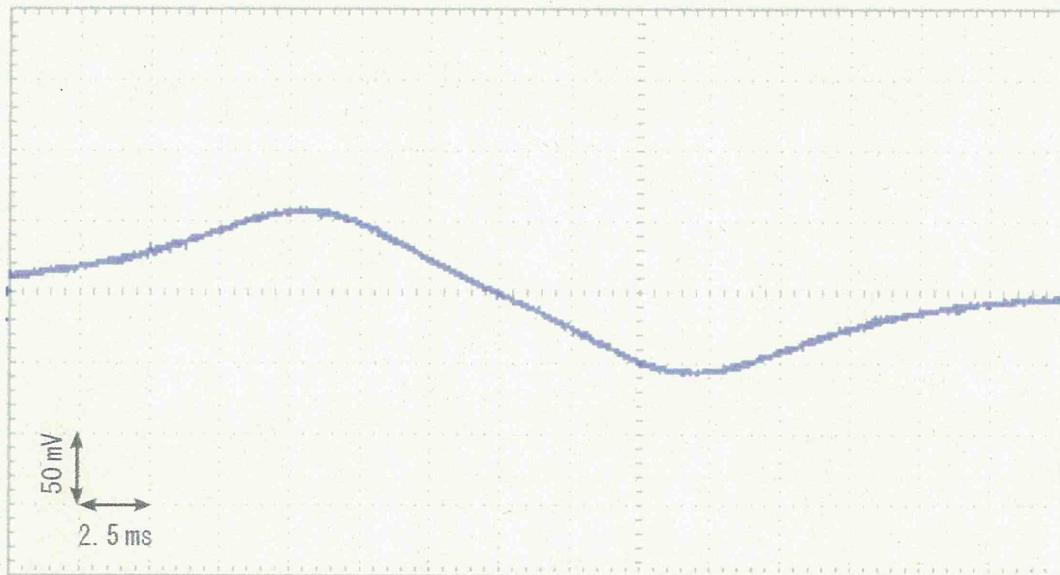


図 B-1 10巻き、コイルまでの落下距離10cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

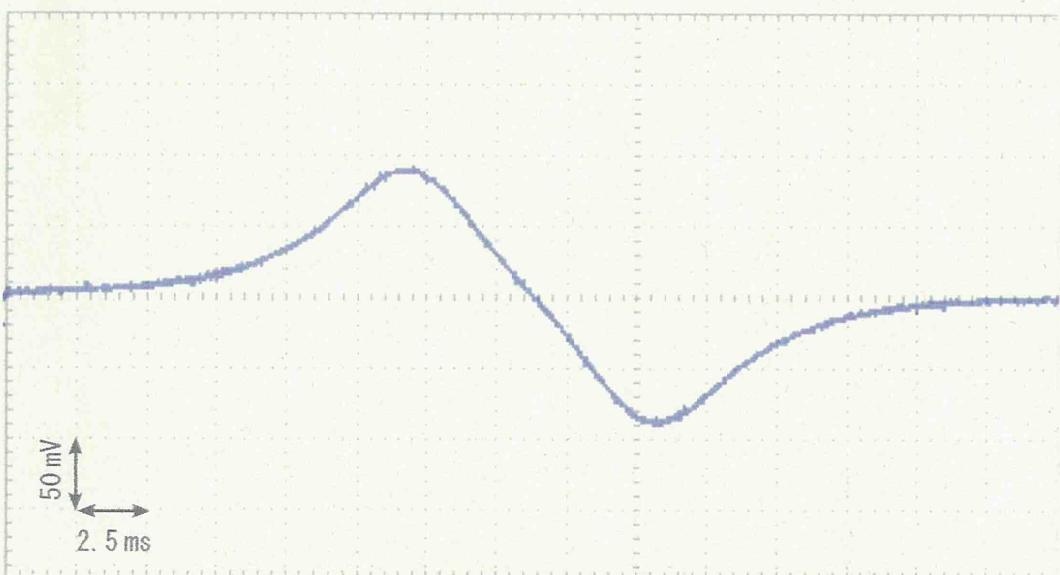


図 B-2 10巻き、コイルまでの落下距離30cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

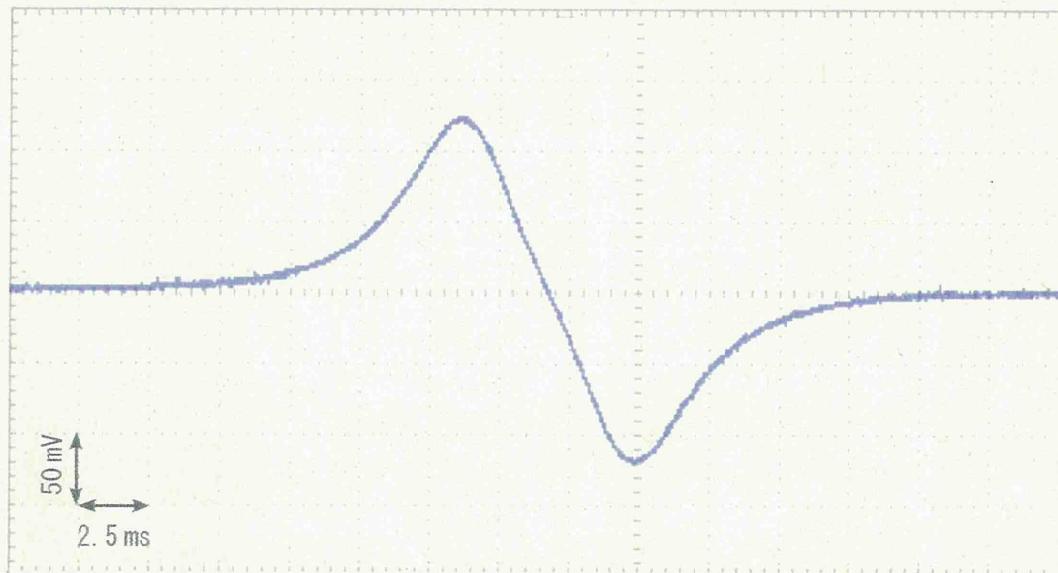


図 B-3 10巻き、コイルまでの落下距離50cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

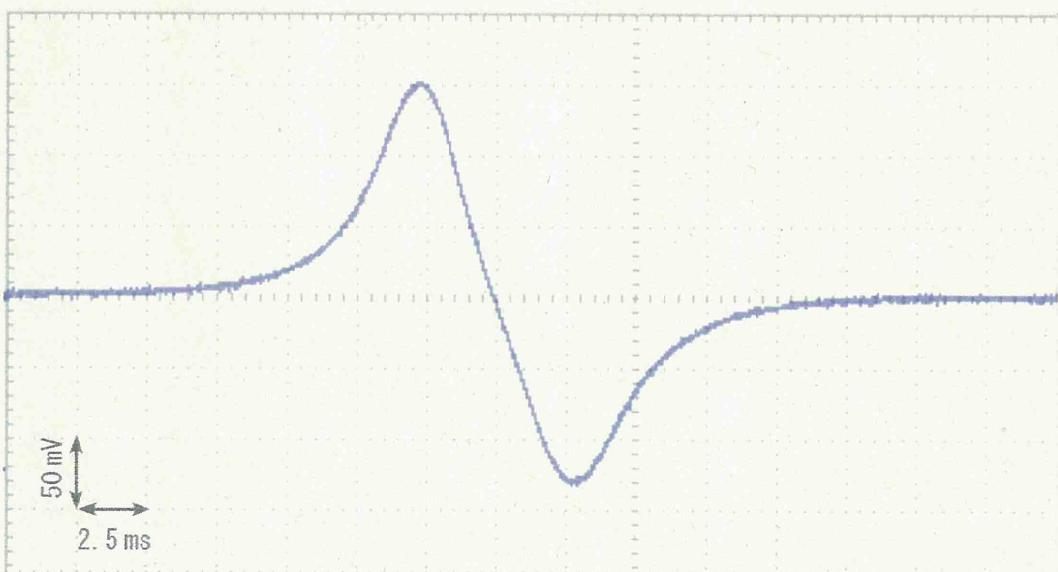


図 B-4 10巻き、コイルまでの落下距離70cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

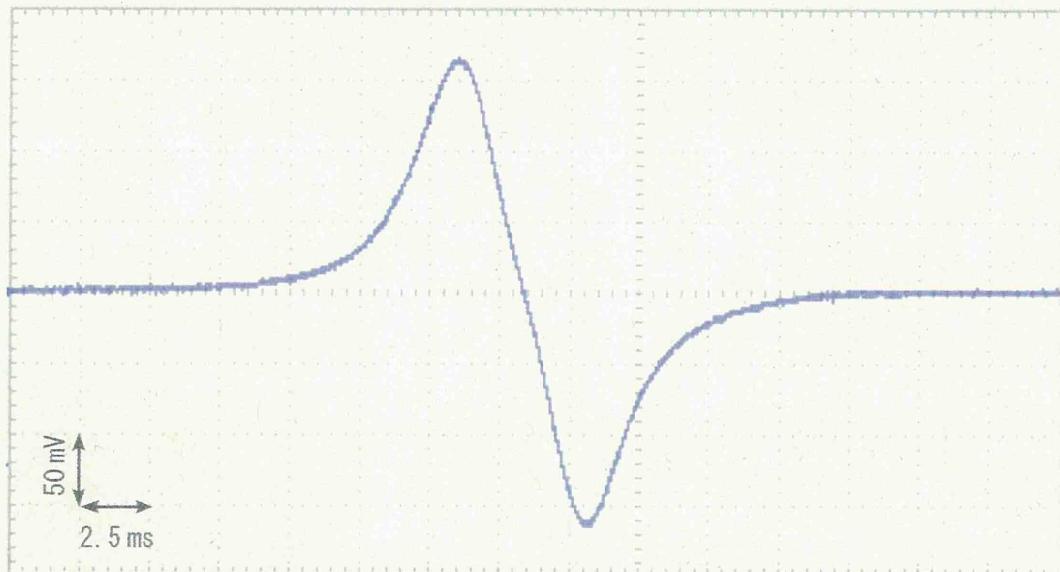


図 B-5 10巻き、コイルまでの落下距離90cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

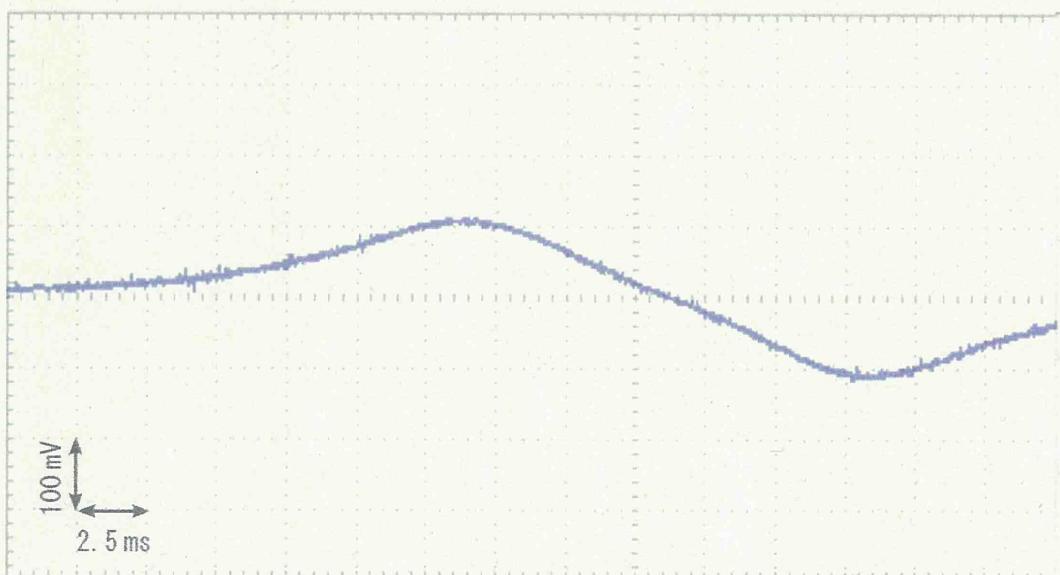


図 C-1 20巻き、コイルまでの落下距離10cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

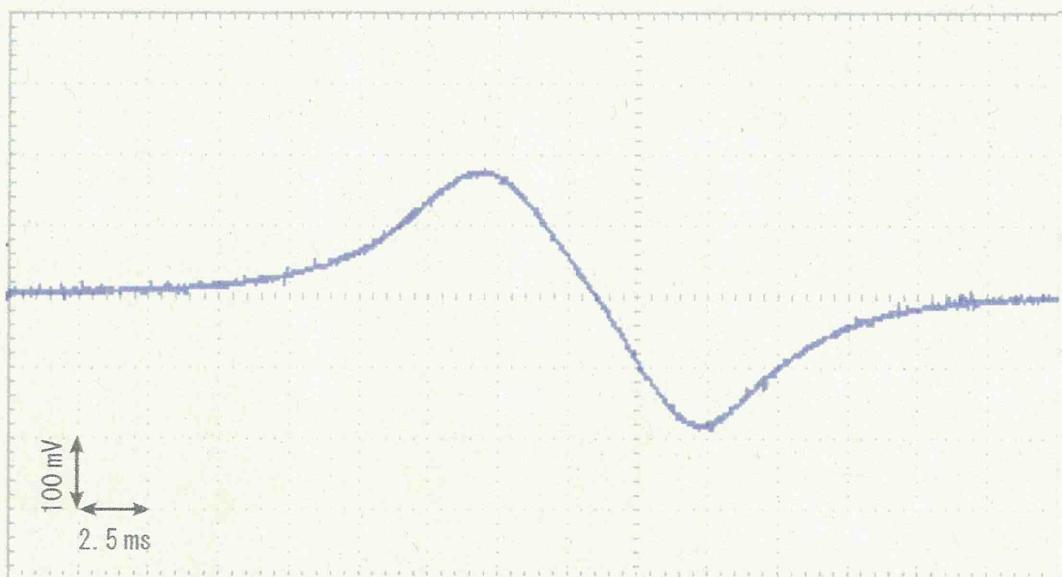


図 C-2 20巻き、コイルまでの落下距離30cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸:時間 縦軸:電圧)

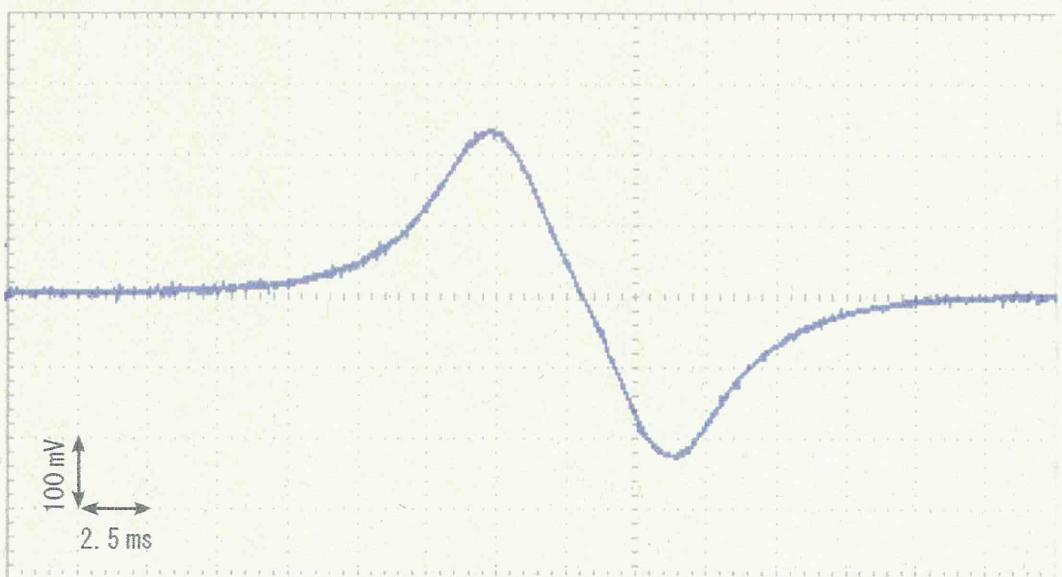


図 C-3 20巻き、コイルまでの落下距離50cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸:時間 縦軸:電圧)

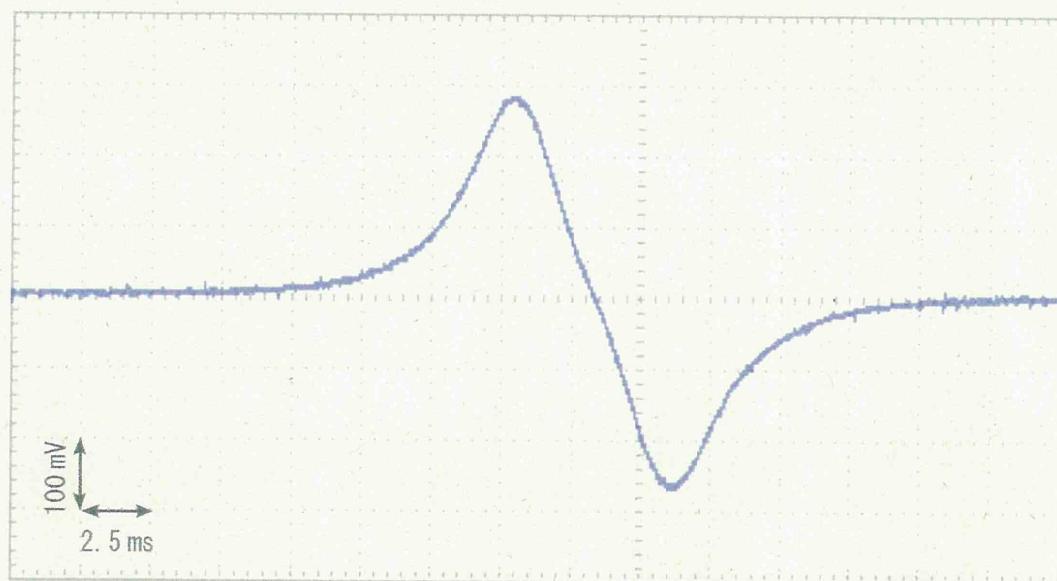


図 C-4 20巻き、コイルまでの落下距離70 cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

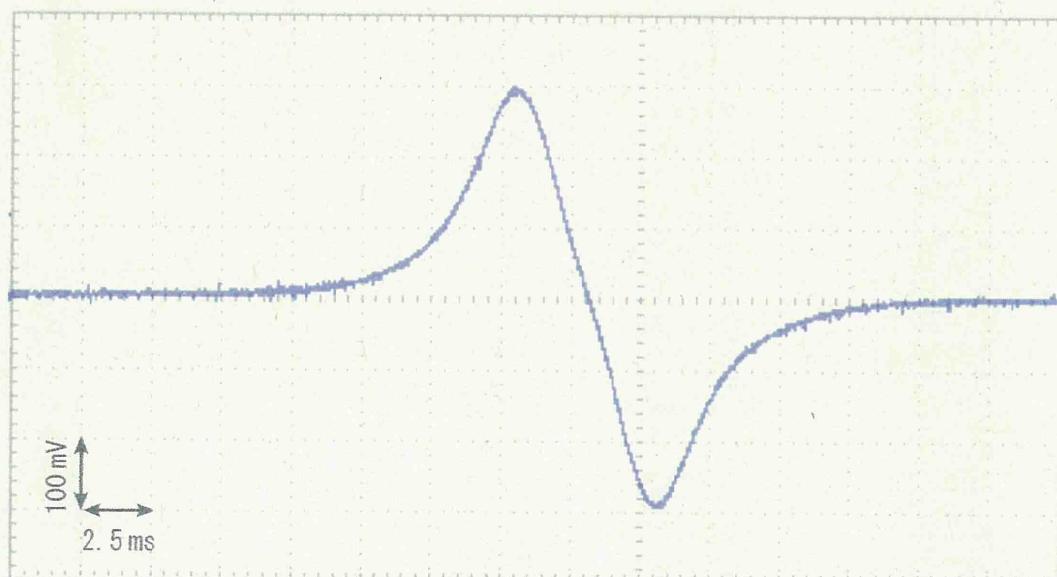


図 C-5 20巻き、コイルまでの落下距離90 cmのときのコイル両端にかかる電圧の時間変化(横軸: 時間、縦軸: 電圧)

平成28年度 鹿児島大学理学部物理科学科

AO入試提出レポート 表紙

受験番号 _____

氏名 _____

(1) 目的

コイルが巻かれたプラスチック製パイプ（パイプ）を鉛直に立てて、コイルの中を、ネオジム磁石（磁石）を落下させる。このとき発生する電圧が、磁石のコイルまでの落下距離や、コイルの巻数によってどのように変化するかを明らかにする。

(2) 方法

(2-1) 用意したもの

- A) 長さ 1.0 m、外径 21 mm、内径 18 mm のパイプ 2 本。
- B) パイプの 1 本に導線を 10 回巻いたコイル（コイル 1）、もう 1 本のパイプに 20 回巻いたコイル（コイル 2）を作成した。
- C) 高さ 9.0 mm、底面の直径 9.0 mm の円柱状の磁石を用意し、N 極側に長さ 1.5 m の軽い糸を取り付けた。
- D) オシロスコープ。

(2-2) 実験の手順

- 1) パイプの底から約 10 cm の位置に、導線を 10 回巻き付けてコイルを作成した。
- 2) コイル中心を原点にとり、原点からの距離が分かるように、パイプに 10 cm 刻みで目印を付けた。
- 3) コイル 1 の両端を、オシロスコープの信号入力端子に接続した。
- 4) パイプを鉛直に立てて、S 極が鉛直下向きになるように磁石をパイプに入れ、コイル中心から高さ 10 cm（コイルまでの落下距離）の位置で、糸で磁石をつり上げて静止させた。
- 5) 磁石が付いた糸を静かに切り離して、磁石をパイプの中で静かに落下させた。
- 6) 磁石が落下して、コイルを通過するとき、コイル両端に発生する電圧の時間変化を、オシロスコープで記録した。
- 7) コイルまでの落下距離を 30 cm、50 cm、70 cm、90 cm と変えて、上記 5)、6) と同様の手順で、繰り返し実験を行った。それぞれの位置から磁石を落下させたときのオシロスコープの記録画面を、図 B-1～B-5 に示す。
- 8) コイル 2 を取り付けたパイプを使って、手順 4)～7) を繰り返した。そのときのオシロスコープの記録画面を、図 C-1～C-5 に示す。

～これ以降をレポート用紙、表、グラフ用紙にまとめなさい。～

表1、表2の解答用紙

表 1 :

項目	コイルまでの 落下距離 x	電圧の最大値と 最小値の差 V_{pp}	電圧の最大値と 最小値との時間 間隔 T_{pp}	
単位				

表2：

項目	コイルまでの 落下距離 x	電圧の最大値と 最小値の差 V_{pp}	電圧の最大値と 最小値との時間 間隔 T_{pp}	
単位				

表1、表2の解答用紙

～解答例(3), (4), (5)～

表1：10回巻きコイルにおけるコイルまでの落下距離 x と V_{pp} 及び T_{pp} の関係

項目	コイルまでの落 下距離 x	電圧の最大値と最 小値の差 V_{pp}	電圧の最大値と最小 値との時間間隔 T_{pp}	
単位	[m]	[mV]	[ms]	
	0.1	107	13.40	
	0.3	174	8.13	
	0.5	223	5.88	
	0.7	268	5.13	
	0.9	310	4.38	

表2：20回巻きコイルにおけるコイルまでの落下距離 x と V_{pp} 及び T_{pp} の関係

項目	コイルまでの落 下距離 x	電圧の最大値と最 小値の差 V_{pp}	電圧の最大値と最小 値との時間間隔 T_{pp}	
単位	[m]	[mV]	[ms]	
	0.1	215	13.50	
	0.3	330	7.50	
	0.5	430	6.13	
	0.7	525	5.25	
	0.9	565	4.78	

(3) 実験結果

(3-a) および(3-b)

表1および2にオシロスコープの波形から読み取った10回巻き及び20回巻きコイルを使用し実験した場合の、コイルまでの落下距離 x と電圧 V_{pp} と時間 T_{pp} の関係を示す。

(3-c) および(3-d)

この表1および2に見られる落下距離 x と V_{pp} 及び T_{pp} の関係を、それぞれ図1、図2に示す。

(4) 考察

この実験では、磁石がコイルの中を通過する際にコイルの内部に磁場の時間変化を作り出す。従って、そのときに電磁誘導が起き、コイルの両端に電圧が生じると期待される。電磁誘導の法則では、コイルを貫く磁束の時間変化に比例した電圧が発生する。また、発生電圧はコイルの巻き数に比例する。実際にそのような現象が起きているのか、ここで考察する。

(4-a)

図1から、10回巻き、20回巻きのいずれのコイルを使用した実験においても、 V_{pp} は落下距離に対して単調増加していることがわかる。落下距離が大きいほどコイルの中を速く通過するので、この V_{pp} の単純増加を説明できる。

ここで、表3に10回巻きコイルと20回巻きコイルを使用した実験におけるそれぞれの V_{pp} とその比を示す。10回巻きと20回巻きコイルにおいては、 V_{pp} がほぼ2倍になっている。これらのことから、コイルの巻数の増加に伴い、発生電圧が増加することがわかった。以上のように、発生した電圧 V_{pp} は電磁誘導の法則によって説明することができる。

表3. 落下距離とそれぞれの巻き数のコイルで発生した電圧 V_{pp} 及びその比

落下距離 [m]	10回巻きコイルの V_{pp} [mV]	20回巻きコイルの V_{pp} [mV]	発生した電圧比
0.1	107	215	2.0
0.3	174	330	1.9
0.5	223	430	1.9
0.7	268	525	2.0
0.9	310	565	1.8

(4-b)

図2では、10回巻き、20回巻きいずれのコイルを使用した実験においても、 T_{pp} は落下距離に対して単調減少していることがわかる。

また、 T_{pp} はコイルの巻き数には依存せず、落下距離にだけ依存していることがわかる。

(4-c)

(省略)

(5) 結論

パイプにコイルを取り付け、ネオジム磁石を落下させる実験を行った。コイルを磁石が通過する際、コイル両端に電圧が生じる様子を観測できた。落下距離が長くなるほど、 V_{pp} は増大し、 T_{pp} は短くなった。コイル2における発生電圧はコイル1の発生電圧の約2倍になった。コイルの巻き数と V_{pp} 、落下距離 x と V_{pp} の関係は、電磁誘導の法則と矛盾しないことがわかった。