

令和 8 年度 「物理基礎＋物理」 (04プラス)

試験開始の合図があるまでに、次の注意をよく読んで、間違いないように受験してください。

1. 試験開始の合図があるまで冊子を開かないでください。
2. この冊子は問題 4 ページです。別に、解答用紙(第 1 問)・(第 2 問) 2 枚と計算用紙 1 枚をセットで配付します。
3. 試験開始の合図があったら、問題のページ数を確認し、解答用紙(第 1 問)・(第 2 問)と計算用紙をミシン目で折ってていねいに切り離し、すべての用紙に受験番号を記入してください。
4. 問題・解答用紙に落丁、乱丁、印刷不鮮明などの箇所がある場合には申し出てください。
5. 解答の記入は黒鉛筆(シャープペンシル可)に限ります。
6. 文字ははっきり、ていねいに書いてください。
7. 計算・下書きには計算用紙と問題冊子の余白を使ってください。
8. 解答用紙の点数欄には何も記入しないでください。
9. 使用していない解答用紙は、机の上に裏返しにしておいてください。
10. 計算用紙は提出せず持ち帰ってください。

受験 番号				
----------	--	--	--	--

(a)

第 1 問小計

(b)

(a) 評 点	
---------------	--

(c)

(b) 評 点	
---------------	--

(d)

(c) 評 点	
---------------	--

(d) 評 点	
---------------	--



受験番号				
------	--	--	--	--

(a)

第2問小計

(b)

(a) 評点	
-----------	--

(c)

(b) 評点	
-----------	--

(d)

(c) 評点	
-----------	--

(e)

(d) 評点	
-----------	--

(f)

(e) 評点	
-----------	--

(g)

(f) 評点	
-----------	--

(g) 評点	
-----------	--



受験番号				
------	--	--	--	--

この用紙は提出しないでください。

問題は次のページより始まります。

第1問 (80点)

物理量を数値化するのに、単位系が用いられる。力学に関する物理量の単位は、3つの基本単位：メートル (m)、キログラム (kg)、秒 (s) を組み合わせて、 $m^a \cdot kg^b \cdot s^c$ という形に書ける。例えば、速度の単位は $m^1 \cdot kg^0 \cdot s^{-1}$ である。電磁気学では、これらに電流の単位であるアンペア (A) を追加して物理量の単位を構成する。つまり、電磁気学的な物理量の単位は、4つの基本単位を用いて一般的に $m^a \cdot kg^b \cdot s^c \cdot A^d$ という形に書ける。

以下では、よく用いられる単位が基本単位のどのような組み合わせとして書けているかを見たあと、力学的な測定を通して、電磁気学的な物理量である電気抵抗の測定を行う方法について考える。

- (a) 力の単位であるニュートン (N) と、電圧の単位であるボルト (V) を、それぞれ基本単位 m, kg, s, A の組み合わせで表せ。
- (b) 2つの極板間に電圧を印加した際に生じる力の測定から、電圧が測定できる。具体的な測定装置および測定方法を、図や式を用いて説明せよ。
- (c) 磁場中に置かれた導線に電流が流れた際に生じる力の測定から、電流が測定できる。具体的な測定装置および測定方法を、図や式を用いて説明せよ。
- (d) ある導体の電気抵抗を知りたいとする。問(b)の電圧計、問(c)の電流計、起電力が未知の電池を組み合わせて、導体の電気抵抗を測定するための回路を構成せよ。また、測定方法を図や式を用いて説明せよ。

第2問 (70点)

答案には、結果だけでなく、考えのすじ道も書きなさい。問題に与えられていない記号が必要なときは、定義してから用いなさい。

図1のように、半径 r の電気を通さない薄い木製の円板を、円板が常に水平になるように糸で吊るし、軽くて滑らかに回転する定滑車に掛けた。糸のもう一方の端には重りを載せるための籠^{かご}を吊るした。円板の境界の円周に沿って1本の導線が巻かれており、導線は円周上をちょうど n 周している。ただし、 n はある自然数とする。円板と導線の合計の質量、籠の質量はともに m である。

円板と籠は最初同じ高さで釣り合っていた。この状態の円板の中心を原点とし、水平方向に x, y 軸を、鉛直上向きに z 軸をとる。円板の上下には、図1, 2のように筒状の永久磁石のペアが、S 極どうしが向かい合うように空間に固定されている。図2, 3に示すように、永久磁石のペアは $z = 0$ の水平面内に原点に関して放射状の磁場を作る。特に、円板が $z = 0$ の位置にあるとき、円板の境界の円周上で、磁束密度は円板の中心に向う方向を向いており、その大きさは円周上で一定値 B をとるとする。

以上の装置は真空中に置かれており、糸と滑車の質量は無視できる。円板の位置は、円板を含む水平面の z の値で表す。この装置を用いて、以下の実験 A, B, C の3種類の実験を行う。これらの実験を通して、円板および籠は水平を保ったまま鉛直方向にしか運動しない。また、滑車の糸が伸び縮みしたり弛^{たる}んだりすることなく、円板が永久磁石にぶつかることもないとする。重力加速度の大きさを g とする。

(実験 A) 籠に質量 M の重りを載せ、円板を $z = -d$ ($d > 0$) の位置まで引っ張って、円板が静止するように支えた。時刻 $t = 0$ において静かに支えを外すと滑車は運動を始め、時刻 $t = t_0$ において、円板は $z = 0$ の位置まで上昇した。導線の両端は開放してあり、磁場は運動に影響をあたえないとする。

(a) 円板は一定の加速度で上昇する。加速度の大きさ a を m, M, g を用いて表せ。

(b) 滑車が運動している間に糸に掛かる張力を m, M, g を用いて表せ。

(c) 円板が上昇するのにかかった時間 t_0 を d, m, M, g を用いて表せ。

(実験 B) 円板に巻いた導線の両端を外部の電圧計に接続し、電圧を測定できるようにした。また、レーザー距離計を用いて、各時刻における円板の位置を測定できるようにした。それらのことを除いては、実験 A と同じ操作を行った。

実験 A と同様に、時刻 $t = 0$ において $z = -d$ の位置に静止させた円板から支えを外すと、円板は上昇しはじめ、時刻 $t = t_0$ において円板は $z = 0$ の位置に達した。円板が $z = 0$ の位置に達したときの円板の速さは v であった。

(d) 時刻 $t = t_0$ において、導線の両端にかかる起電力の大きさ V を r, n, B, v を用いて表せ。

(実験 C) 円板に巻いてある導線の両端を回路に接続し、導線に流れる電流を制御できるようにした。籠に質量 M の重りを載せ、円板が $z = 0$ の位置で静止するように円板を支えた。導線に大きさ I の定常的な電流を流したとき、支えを外しても滑車は釣り合いを保っていた。

(e) 滑車が釣り合うためには、電流はどの向きでなければならないか。円板を上から見たとき、時計回りか反時計回りのどちらでなければならないかを答えよ。

(f) 電流の大きさ I を r, n, B, M, g を用いて表せ。

重力加速度の大きさ g の値がすでにわかっているとすれば、実験 B の測定値 V, v と実験 C の測定値 I から、重りの質量 M を知ることができる。

(g) 質量 M を g, V, v, I を用いて表せ。

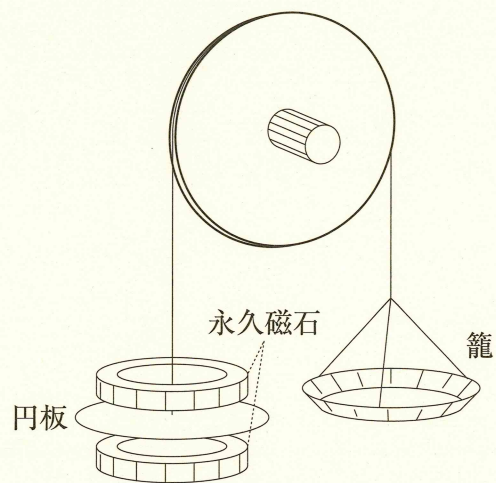


図 1

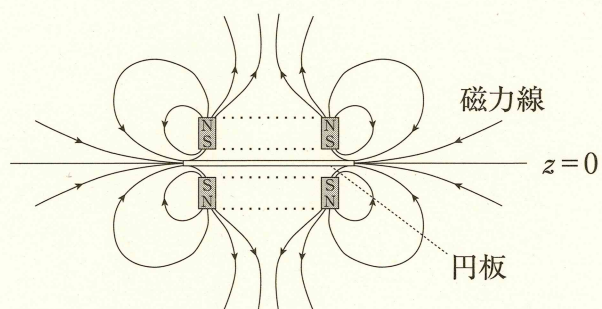


図 2

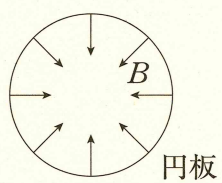


図 3