

物理学II-B 2019年度期末試験

(2020年1月30日実施)

注意

1. 開始の合図があるまで、問題・解答用紙を開いてはいけません。
2. 問題・解答用紙は全部で3枚です。問題は表紙の裏から始まり[1]～[17]の5ページあります。試験開始後に確認して下さい。
3. 下の記入欄に学生番号と名前を忘れずに記入して下さい。
4. 試験開始後30分経てば退室してもかまいません。
5. 机の上に置けるものは、鉛筆(シャープペン)、消しゴム、学生証です。定規は置いてもいいですが無くても問題ありません。
6. スマホ・携帯電話の電源は切して下さい。(時計としての使用は不可)
7. 数値で答える問題は単位をつけて答えて下さい。
8. 答えが合っていれば満点ですが、答えが間違っている場合でも余白や [求め方] の欄に求め方が書いてあると、部分点がつく場合があります。説明や解き方を問う問題では、その指示に従って下さい。

学生番号: _____

氏名: _____

[1a] 面積が 0.25 m^2 の正方形の導線が ($R = 5.0 \Omega$) が $B = 0.30 \text{ T}$ の磁場に垂直に置いてある。この導線を貫く磁束はいくらか。

$$\Phi_B = BA = 0.30 \times 0.25 = 0.075$$

1

答: 0.075 Wb ($\text{T} \cdot \text{m}^2$)

[1b] この磁場が 0.01 s の間に 0 になった。この間に生じる平均誘導起電力の大きさを求めよ。また平均電流の大きさも求めよ。

$$V_i = \Delta\Phi_B / \Delta t = 0.075 / 0.01 = 7.5 \quad \langle I \rangle = V_i / 5.0 = 1.5$$

1

1

答: 7.5 V

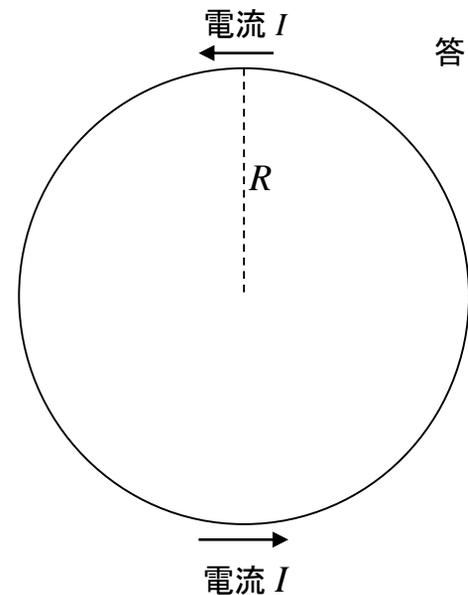
1.5 A

[2] 図のように半径 R の円形の超伝導の導線に電流 I が流れている。ビオ-サバールの法則

を用いて円の中心における磁場の強さ(絶対値)を求めよ。導き方も示せ。

$$\Delta B = \frac{\mu_0 I \Delta s \times r}{4\pi r^3}$$

$$\Delta B = \frac{\mu_0 I \Delta s \sin\theta}{4\pi r^2}$$



答:[導き方]

1

$$\begin{aligned} & \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \Sigma \Delta s \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \times 2\pi R \end{aligned}$$

磁場の大きさ: $\frac{\mu_0 I}{2R}$ 1

[3a] 富山(西日本)の家庭用の一般的な電源(コンセント)の周波数は何Hzか。西日本と東日本で異なるが東日本の値でも6割の点数が与えられる。

1

答: 60 Hz

[3b] 上の電源の電圧の実効値は 100 V だが、最大値はいくらか。有効桁3桁で答えよ。

1

答: 141 V

[3c] この電源に接続された電球の消費電力(の平均値)は 40 W である。この電球を流れる電流の実効値はいくらか。

答: 0.4 A

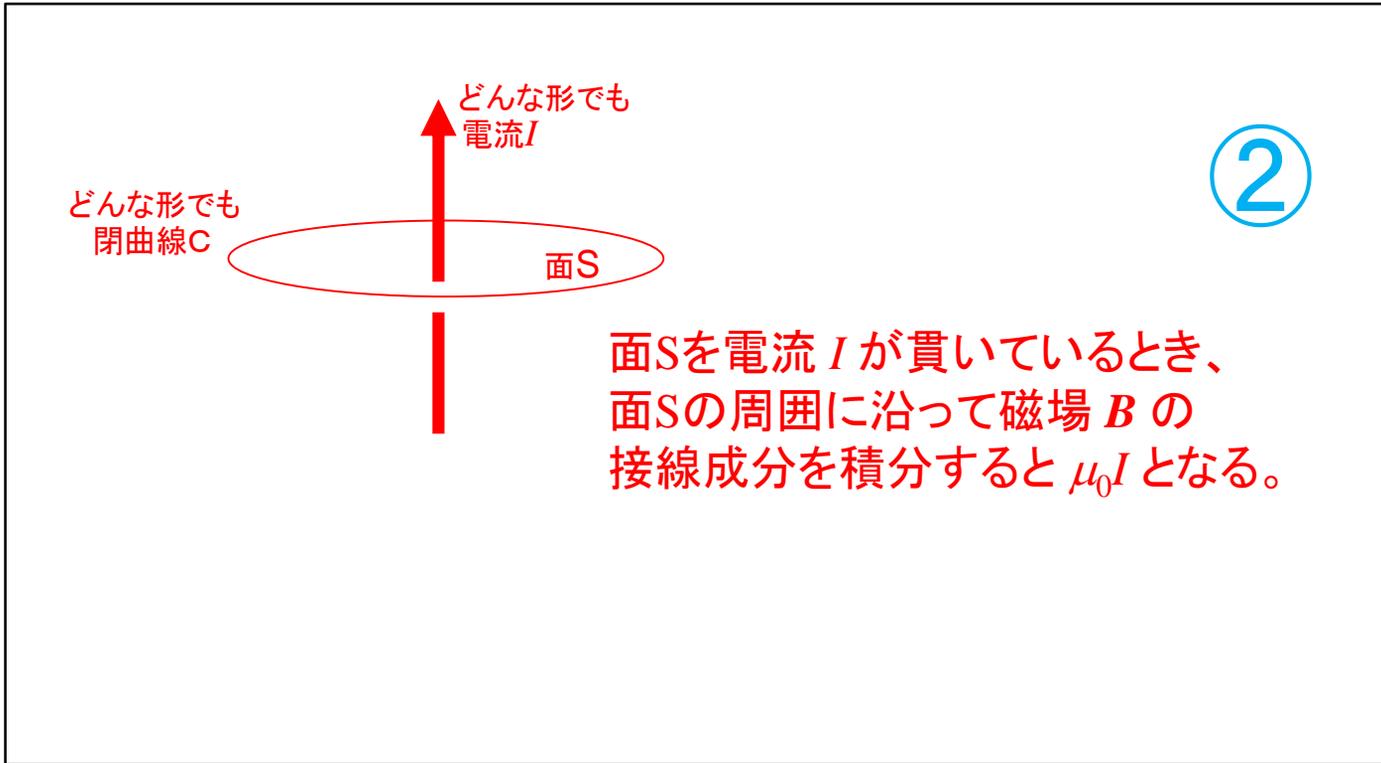
[4] 単体で強磁性体である元素を2つ挙げよ。

答: _____

[5] 常磁性体と反磁性体の例を挙げよ。(ヒント、授業で見た動画を思い出せ。)

答: 常磁性体 **例: 液体酸素** , 反磁性体: **例: 水**

[6] アンペールの法則 $\oint B_t ds = \mu_0 I$ とはどのような法則か図を用いて説明せよ。



どんな形でも電流 I

どんな形でも閉曲線 C

面 S

②

面 S を電流 I が貫いているとき、面 S の周囲に沿って磁場 B の接線成分を積分すると $\mu_0 I$ となる。

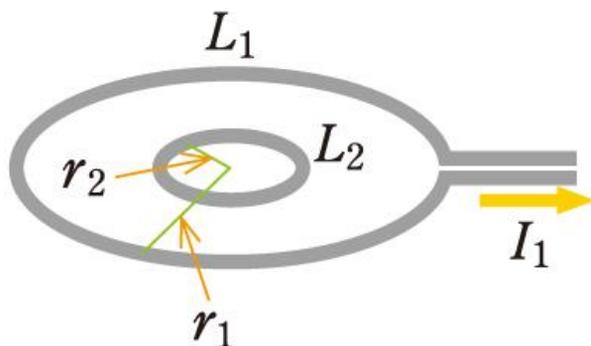
[7] 永久磁石はどうすれば作ることができるか説明せよ。授業で実際にやって見せました。

強磁性体を強い磁場中に置き、磁場を取り除くとできる。(残留磁場)

②

授業では、六角レンチ(鉄製)をネオジウム磁石にくっつけて、離すとできることを確認した。

[8] 図のような2つの同心の1巻きの円形のコイル L_1 、 L_2 がある。この2つのコイルの相互インダクタンスを求めよ。ただし、 r_2 は r_1 より十分に小さいとする。



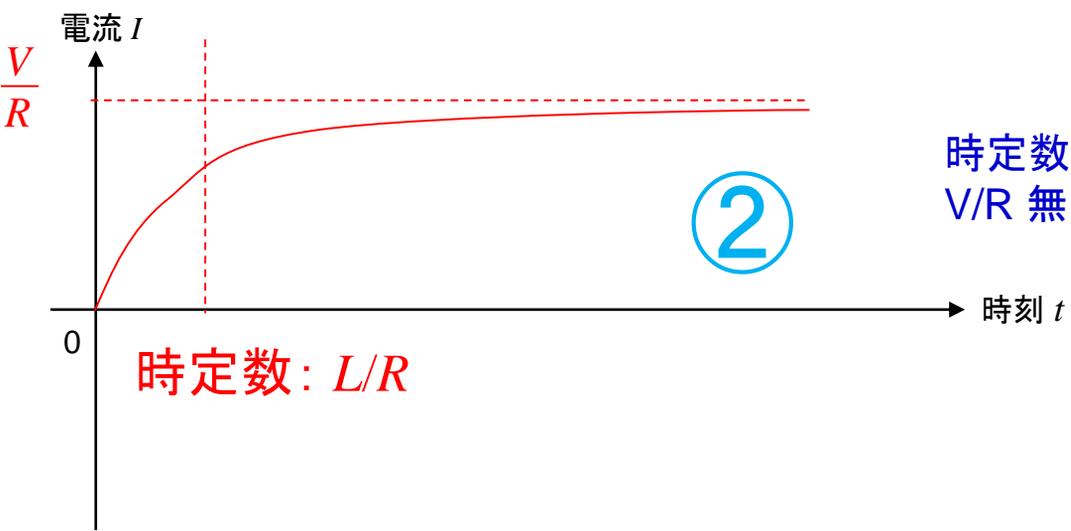
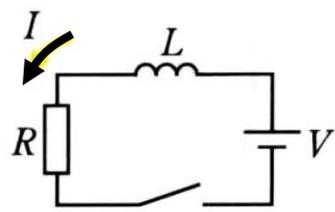
答: _____

[9] 磁化電流とは何か説明せよ。図を用いてよい。



[10] 右の図の回路のスイッチを時刻 $t = 0$ に閉じた(入れた)。

[a] 電流の変化の概要を下のグラフに書け。関数の具体的な記載がなくても関数の形状が合っており、時定数等のグラフの縦軸と横軸の大きさを示す値の記載があれば満点である。



時定数無し: -0.5
 V/R 無し: -0.3

[b] スイッチを閉じた後の V, L, R, I の関係式(すべての変数や定数が入った式)を書け。微分や積分を用いてもよい。

答:
$$\textcircled{1} \quad V - L \frac{dI}{dt} = RI$$

[c] 十分時間が経ったとき、コイルに蓄えられているエネルギーはいくらか。
 L, R, V を用いて答えよ。

答:
$$\frac{1}{2} LI^2$$

 $\frac{1}{2}$ なし: 0.2 答:
$$\frac{1}{2} LV^2/R^2 \quad \textcircled{1}$$

[11] 自己インダクタンスが 0.1 H のコイルと 0.15 H のコイルを直列に接続した。全体を1つのコイルと考えると、このコイルの自己インダクタンスはいくらか？

[求め方] 答:
$$\textcircled{1} \quad 0.25 \text{ H}$$

合計 $\textcircled{7}$

[12] 交流回路におけるインピーダンス Z とは何か説明せよ。RLC回路の場合の具体的な式だけを書いても、部分点はあまりありません。

回路を流れる電流を I_e
回路に加えられ電圧を V_e とすると
インピーダンス Z は V_e/I_e である。

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

式のみ0.5

②

[13] 磁場 B 中の直線の導線(磁場に垂直)に電流 I が流れている場合、この導線の長さ L の部分に作用する磁気力の大きさは IBL となることを導線中の自由電子に作用するローレンツ力から導け。

電子1個に働くローレンツ力の大きさ: $F = evB$

導線の断面積を A とすると長さ L の導線の体積は、 LA

導線中の自由電子の密度を n 個/ m^3 とすると
長さ L の導線中には nLA 個の自由電子がある。

nLA 個の自由電子に働く力の大きさは
 $F = (nLA)(evB) = \frac{(envA)(BL)}{\text{電流 } I} = IBL$

②

[14] 以下のA~Cのうち、1つを選んで答えよ。図を用いてよい。
A:トランス(変圧器)の鉄心が積層構造になっている理由を説明せよ。
B:オーロラが磁極付近で観測される理由を説明せよ。
C:キュリーエンジンの動作原理を説明せよ。

選んだもの: _____

②

[15] 右の図のRLC回路について以下の問に答えよ。図中の記号を用いてよい。

[a] 共振周波数はいくらか。

①

$2\pi \times 0.3$

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

答: _____

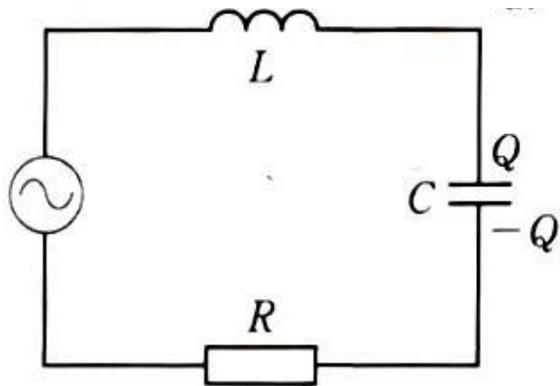
[b] 交流電源の周波数が [a] で求めた共振周波数のときの回路のインピーダンス Z はいくらか。

①

R

答: _____

V_e



[c] [b] のとき、回路の消費電力 P はいくらか。

①

$$\frac{V_e^2}{R}$$

答: _____

[d] [b] のときの力率を求めよ。

①

1

答: _____

[16] 比透磁率について説明せよ。強磁性体、常磁性体、反磁性体が概ねどの程度の値なのかも述べよ。

[17] 真性半導体、p型半導体、n型半導体において何が電流を担っているかを説明せよ。