福井大学

平成30年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理　　科

（医学部　医学科）

科目	頁数
物理基礎・物理	2 頁 ～ 8 頁
化学基礎・化学	10 頁 ～ 14 頁
生物基礎・生物	16 頁 ～ 23 頁

注意事項 I

この冊子には物理，化学，生物の問題がのっている。そこから２科目を選択し，解答すること。

注意事項 II

1　試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。

2　試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。

3　解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。

4　解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。

5　問題冊子は持ち帰ってよい。

◇M12(236—136)

問　題　訂　正

科目名（　理科（物理基礎・物理）　）

問題冊子

Ｐ．４　　７行目

問５　<u>コイルに生じる</u>力のモーメント・・・。

を

問５　<u>磁場によってコイルが受ける</u>力のモーメント・・・。

に訂正

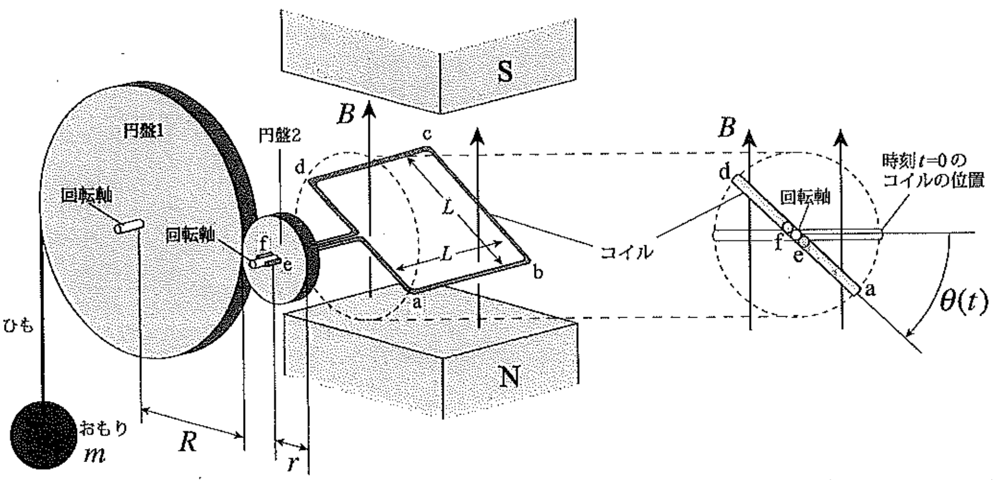
物理基礎・物理

1 図1は，おもりの落下を用いた発電装置の概略を示している。装置は二つの円盤，コイル，磁石，おもりから構成されており，以下のように動作する。

- 円盤は固定された回転軸のまわりをなめらかに回転することができる。
- 半径 R〔m〕の円盤1にはひもが巻きつけられており，ひもの先端には質量 m〔kg〕のおもりが取りつけられている。円盤1は，おもりの落下にともなって回転する。
- 半径 r〔m〕の円盤2にはコイルが取り付けられており，円盤2は円盤1の回転とともに滑らずに回転する。コイルは，鉛直上向きで磁束密度の大きさ B〔T〕の磁場中を，磁場と垂直な回転軸のまわりに回転する。コイルには誘導起電力が生じ，コイルの両端(e と f)から電力を得ることができる。

図1(b)に示すように，時刻 t〔s〕でのコイルの角度 $\theta(t)$〔rad〕は，水平方向をゼロとして，時計まわりに測るものとし，$\theta(0) = 0$ とする。また，a→b→c→d の向きに流れる電流を正の向きの電流とする。図2に示すように，コイルは一辺 L〔m〕の正方形で，導線が n 回巻かれている。なお，誘導起電力はコイル abcd 内の磁束変化によるものだけを考えるものとする。

コイルの両端 e と f には一定の大きさの電気抵抗が接続されており，おもりが落下を始めると，十分短い時間で，落下速度と円盤の角速度は一定の値に近づく。以下の設問において，コイルは一定の角速度 ω〔rad/s〕で円盤側から見て時計まわりに回転するものとする。ef 間の電位差の最大値を V_0〔V〕，コイルに流れる電流の最大値を I_0〔A〕，コイルの回転周期を $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$〔s〕とする。また，ひもおよびコイルの質量と太さは無視できるものとし，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，円周率を π として，以下の問いに答えよ。



(a)発電装置の回転部　　(b)コイルを円盤側から見た図

図1

問 1　辺 ab および cd に流れる電流の向きを，4 つの場合

$$0 < \theta(t) < \frac{\pi}{2},\quad \frac{\pi}{2} < \theta(t) < \pi,\quad \pi < \theta(t) < \frac{3\pi}{2},\quad \frac{3\pi}{2} < \theta(t) < 2\pi$$

について，図 3 の例にしたがって解答用紙の図(コイルを円盤側から見たもの)に記入せよ。なお，電流が流れない場合は「ゼロ」と表記せよ。角度 $\theta(t)$ は時計まわりに測っていることに注意せよ。

問 2　コイルに流れる電流 $I(t)$〔A〕とコイルの両端に生じる電位差 $V(t)$〔V〕の時間変化はどのようになるか。図 4 の中から最も適切なものを選び①～⑧の番号で答えよ。ただし，コイルに流れる電流が正の向きのとき，コイル両端の電位差の符号は正であるとする。

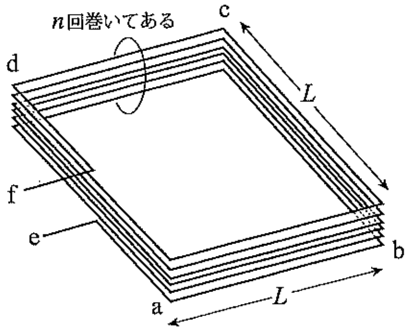


図 2

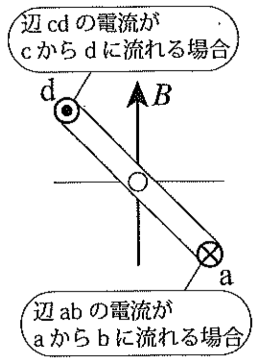


図 3 ：解答用紙への記入例

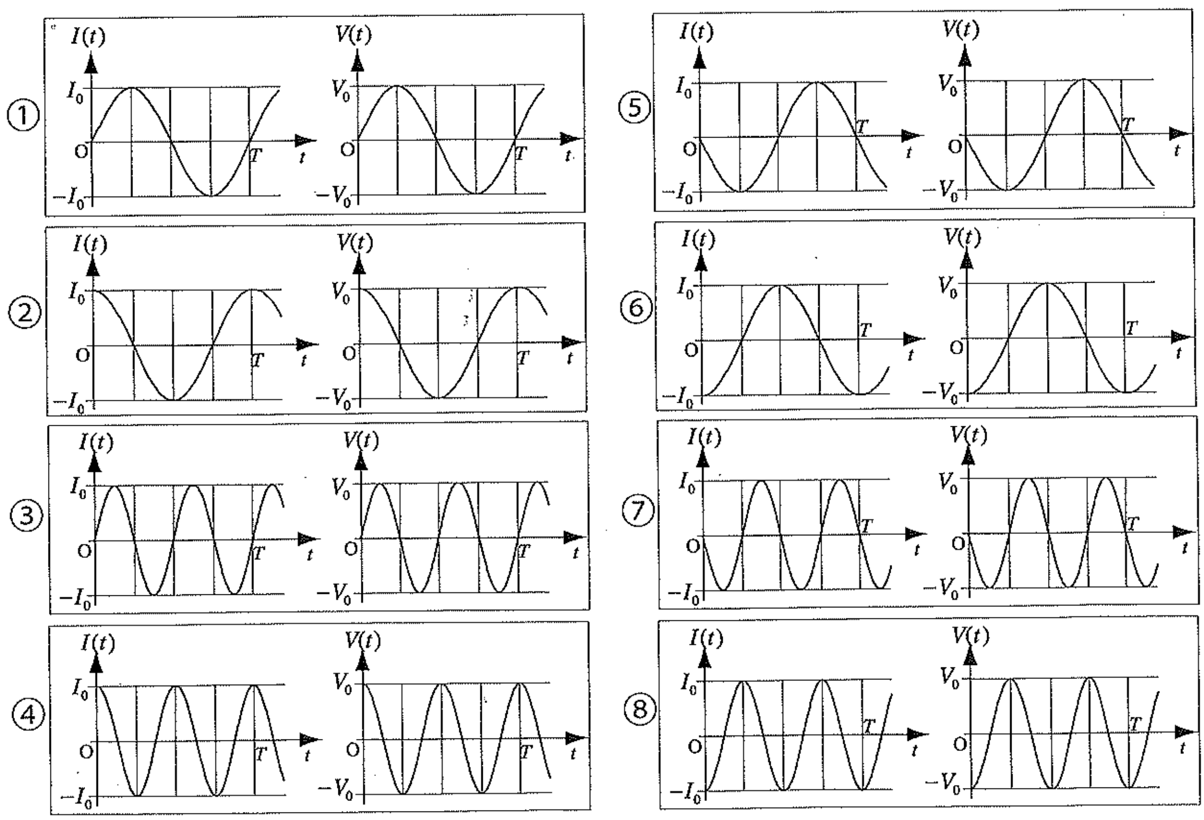


図 4

◇M12(236—139)

問 3　誘導起電力の最大値 V_0 として適切な式を，以下の選択肢の中から選び番号で答えよ。

① $V_0 = nBL^2\omega$　② $V_0 = nBL\omega^2$　③ $V_0 = nBL^2\omega^2$

④ $V_0 = \dfrac{nB\omega}{L^2}$　⑤ $V_0 = \dfrac{nB\omega}{L}$

問 4　辺 ab および cd が磁場から受ける力の向きを，**図 5** の例にしたがって，**問 1** と同じ 4 つの場合について解答用紙の図(コイルを円盤側から見たもの)に記入せよ。なお，力が働かない場合は「ゼロ」と表記せよ。角度 $\theta(t)$ は時計まわりに測っていることに注意せよ。

問 5　コイルに生じる力のモーメントの大きさ $N(t)$〔N・m〕の時間変化はどのようになるか。**図 6** の中から最も適切なものを選び①～⑧の番号で答えよ。ただし，N_0〔N・m〕は力のモーメントの大きさの最大値を表す。

問 6　力のモーメントの大きさ $N(t)$ の最大値 N_0 として適切な式を，以下の選択肢の中から選び番号で答えよ。

① $N_0 = nI_0BL^2$　② $N_0 = nI_0BL$　③ $N_0 = nI_0{}^2BL$

④ $N_0 = \dfrac{nI_0B}{L^2}$　⑤ $N_0 = \dfrac{nI_0B}{L}$

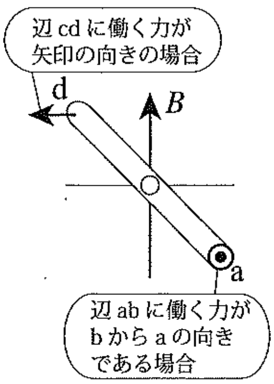


図 5：解答用紙への記入例

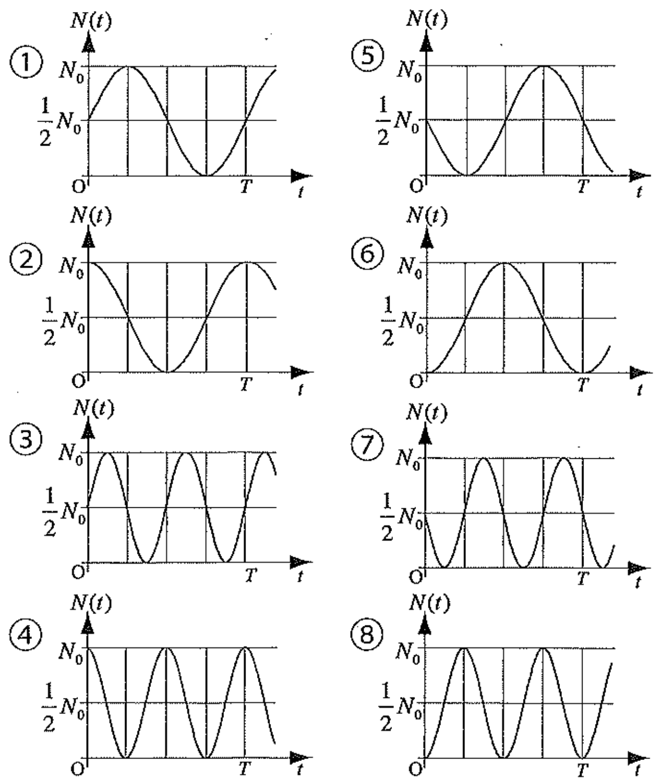


図 6

以下の問７～問10では，下の(1)～(3)を前提として考えよ。

(1) 一定の角速度で回転している「円盤１」に働く力のモーメントの合計はゼロである。

(2) 一定の角速度で回転している「円盤２とコイルからなる物体」に働く力のモーメントの合計はゼロである。

(3) この問題で考察している発電装置の場合，コイルは高速で回転するので，磁場によってコイルが受ける力のモーメントの大きさは，時間的に平均した値 $\frac{N_0}{2}$ としてよい。

問７ 磁場によってコイルが受ける力のモーメントの大きさの平均値 $\frac{N_0}{2}$ とおもりに働く重力の大きさ mg の関係を表す式として適切なものを，以下の選択肢の中から選び番号で答えよ。

① $\frac{N_0}{2} = mg\frac{r^2}{R}$　② $\frac{N_0}{2} = mgr$　③ $\frac{N_0}{2} = mgR$

④ $\frac{N_0}{2} = mg\frac{R^2}{r}$　⑤ $\frac{N_0}{2} = mgL$

問８ 円盤１の角速度 Ω〔rad/s〕とコイルの角速度 ω の関係として適切な式を，以下の選択肢の中から選び番号で答えよ。

① $\Omega = \left(\frac{r}{R}\right)^2\omega$　② $\Omega = \frac{r}{R}\omega$　③ $\Omega = \frac{r}{L}\omega$

④ $\Omega = \frac{L}{R}\omega$　⑤ $\Omega = \frac{R}{r}\omega$

以下の問９と問10において，

$V_0 = 10\,\mathrm{V}$，$I_0 = 100\,\mathrm{mA}$，$m = 1\,\mathrm{kg}$，$r = 1\,\mathrm{mm}$，$R = 10\,\mathrm{cm}$，$B = 0.1\,\mathrm{T}$，$L = 2\,\mathrm{cm}$

であるとする。なお，簡単のために，重力加速度の大きさは $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$ とする。

問９ コイルの巻数 n として最も適切な値を以下の選択肢の中から選び番号で答え，計算過程も説明せよ。

① 50　② 250　③ 5000　④ 100000　⑤ 500000

問10 円盤１の角速度 Ω として最も適切な値を以下の選択肢の中から選び番号で答え，計算過程も説明せよ。

① 0.1 rad/s　② 0.5 rad/s　③ 1 rad/s　④ 5 rad/s　⑤ 50 rad/s

2 なめらかに上下移動できるピストンのついた容器の内部に1 molの理想気体が封入され，この容器は圧力p_0〔Pa〕の大気中に置かれている。このピストンの質量は十分小さく無視できるものとする。容器の底面には温度が一定に保たれる熱源を設置することができ，容器の底面が熱源に接しているとき容器内の気体はこの熱源のみと熱のやりとりを行い，このとき以外に容器内の気体は外部と熱のやりとりを行わないものとする。また，容器は常に密封されており気体の出入りはなく，容器とピストンの熱容量は無視する。気体定数はR〔J/(mol・K)〕とする。

容器の底面が温度T_A〔K〕の熱源と接している状態でピストンに下向きの力を加えた。十分長い時間が経過したのち，容器内の気体の圧力は$3p_0$，体積はV_0〔m^3〕，温度はT_Aとなった。このときの容器内の気体の状態を**状態1**とし，以下に示す**過程A**〜**過程D**の4つの過程からなるサイクルを考える。**過程A**〜**過程D**の様子を**図7**に示す。なお，図中の下向き矢印はピストンに加える力を表したものである。

過程A　状態1において，容器の底面が温度T_Aの熱源と接した状態で，容器内の気体の温度をT_Aに保ちながら，ピストンに加える力をゆっくり減少させることでピストンを上に移動させ，容器内の気体の体積が$2V_0$になったところでピストンの移動を止めた。このときの容器内の気体の状態を**状態2**とする。

過程B　状態2において，容器の底面から熱源を取り外し，外部との熱のやりとりがない状態で，ピストンに加える力をゆっくり減少させることでピストンを上に移動させた。この力がゼロになったときピストンの移動が止まり，容器内の気体の温度はT_B〔K〕となった。このときの容器内の気体の状態を**状態3**とする。

過程C　状態3において，容器の底面に温度T_Bの熱源を接触させ，容器内の気体の温度をT_Bに保ちながら，ピストンに加える力をゆっくり増加させることでピストンを下に移動させ，容器内の気体がある体積になったところでピストンの移動を止めた。このときの容器内の気体の状態を**状態4**とする。

過程D　状態4において，容器の底面から熱源を取り外し，外部との熱のやりとりがない状態で，ピストンに加える力をゆっくり増加させることでピストンを下に移動させ，容器内の気体の体積がV_0になったところでピストンの移動を止めた。このとき容器内の気体の圧力は$3p_0$，温度はT_Aとなり，容器内の気体の状態は**状態1**に戻った。

以下の問いに答えよ。なお，理想気体の断熱過程では，圧力p〔Pa〕と体積V〔m^3〕の間に$pV^{\gamma}=$一定（γは比熱比，$\gamma>1$）の関係が成り立つ。

問 1．T_A と T_B の大小関係を不等号を用いて表せ。

問 2　状態 2 における容器内の気体の圧力を p_0 を用いて表せ。

問 3　状態 3 における容器内の気体の圧力を p_0 を用いて表せ。また，このときの体積を V_0 と γ を用いて表せ。

問 4　理想気体の断熱過程において，温度 T〔K〕と体積 V の関係は，ある定数 α を用いて TV^{α} = 一定と表すことができる。α を γ を用いて表せ。

問 5　過程 B と過程 D では問 4 で求めた T と V の関係が成り立つことを用いて，状態 4 における容器内の気体の体積を V_0 と γ を用いて表せ。

問 6　状態 4 における容器内の気体の圧力を p_0 を用いて表せ。

問 7　T_A および T_B を p_0，V_0，γ，R の中から必要なものを用いて表せ。

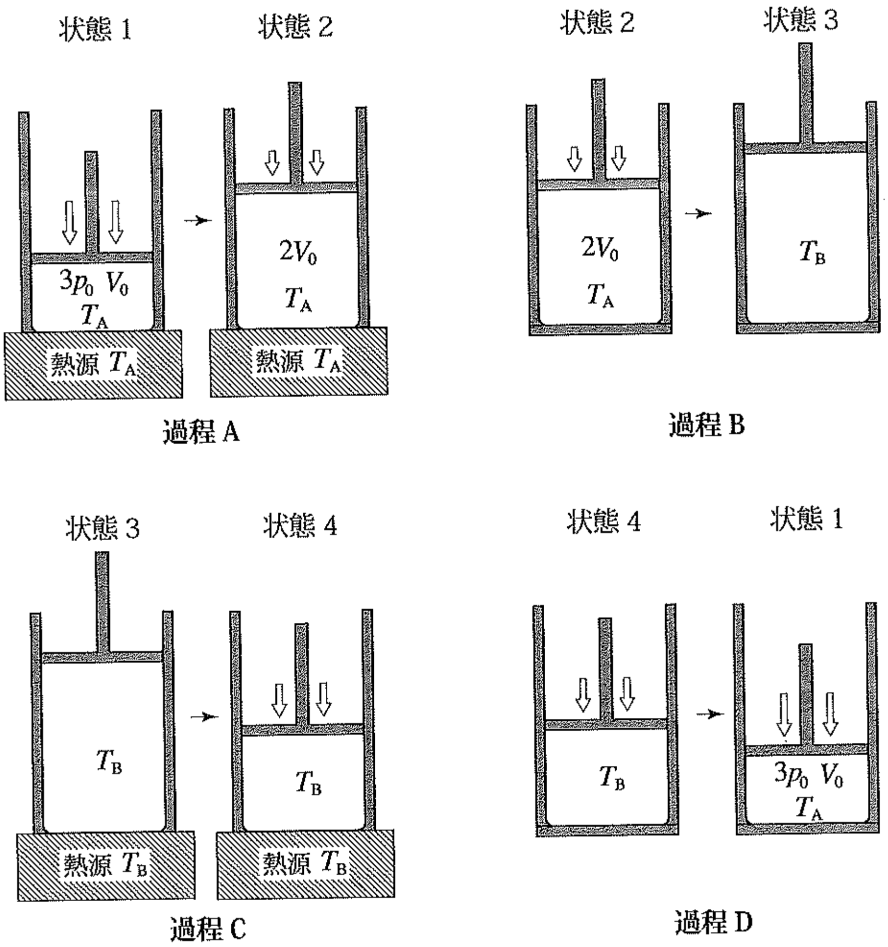


図 7

◇M12(236—143)

過程A～**過程D**の1サイクルにおいて，容器内の気体が**過程A**で温度 T_A の熱源から吸収した熱量を Q_A〔J〕，**過程C**で温度 T_B の熱源に放出した熱量を Q_C〔J〕とする。

問 8　このサイクルにおいて容器内の気体が外部にした仕事を求めよ。

問 9　このサイクルでは $\dfrac{Q_A}{Q_C}=\dfrac{T_A}{T_B}$ の関係が成り立つ。このサイクルを熱機関とみなしたときの熱効率を γ を用いて表せ。