

平成 26 年度入学試験問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があつたら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

	問 題 冊 子	解 答 紙	
科 目	ペ ー ジ	解 答 紙 番 号	枚 数
物理 I ・ 物理 II	1 ~ 12	20 ~ 24	5
化学 I ・ 化学 II	13 ~ 28	25 ~ 30	6
生物 I ・ 生物 II	29 ~ 52	31 ~ 36	6
地学 I ・ 地学 II	53 ~ 63	37 ~ 41	5

4. 各解答紙の 2箇所に受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2科目 250 点満点(1科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2科目 100 点満点に換算します。

物理 I・物理 II (上) は、物理の基礎知識を主とした教科書である。物理の基礎知識を学ぶうえで、実験や観察を通じて、物理現象の本質を理解するための手がかりとなるように、各章ごとに実験問題が付されている。また、各章ごとに問題を解くための参考問題が付されている。

物 理 I・物 理 II



图 1

图 1 の装置で、物体 A を右に回転させたとき、物体 A の運動の角速度は、(1) $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (2) $\omega = \frac{\theta}{t}$ (3) $\omega = \frac{v}{r}$ (4) $\omega = \frac{F}{m}$ のうちのどれかである。ただし、 T は回転運動の周期である。

図 2 の装置で、物体 A を右に回転させたとき、物体 A の運動の角速度は、(1) $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (2) $\omega = \frac{\theta}{t}$ (3) $\omega = \frac{v}{r}$ (4) $\omega = \frac{F}{m}$ のうちのどれかである。

図 3 の装置で、物体 A を右に回転させたとき、物体 A の運動の角速度は、(1) $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (2) $\omega = \frac{\theta}{t}$ (3) $\omega = \frac{v}{r}$ (4) $\omega = \frac{F}{m}$ のうちのどれかである。ただし、 T は回転運動の周期である。

[1] 以下の問いに答えよ。(45点)

図1(a)のように、水平方向に移動できる角度 30° の斜面を持った台の上で、ばね定数 k のばねの一端が斜面上の壁に固定されており、他端に質量 m の板 A が取り付けられている。ばねが自然長のときの板 A の位置を原点 O として、斜面上向きに x 軸をとる。斜面の上端は $x = L$ の位置にある。また、質量 M の球 B があり、板 A と球 B は斜面上を摩擦無しで運動するものとし、空気抵抗も無いものとする。板 A、球 B の大きさおよびばねの質量は無視でき、重力加速度の大きさを g とする。

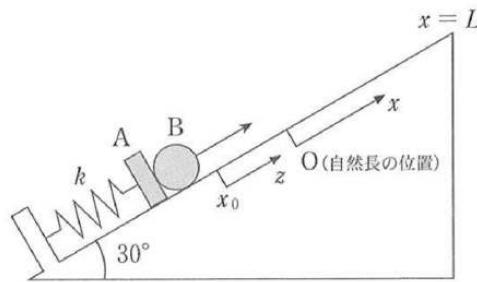


図1(a)

はじめ、台は動かないように支えられている。

問 1. 斜面上でばねと板 A がつり合っているものとする。つり合いの位置の板 A の x 座標 x_0 を求めよ。

球 B を板 A に接触させて、 $x = -d$ ($d > 0$) の位置までばねを縮めて静かに離す。ただし、 $(kd > g(m + M))$ の関係にある。

問 2. 板 A と球 B が接触している間の運動を考える。板 A、球 B の加速度を a 、板 A と球 B が押し合う力の大きさを F とする。座標 x における板 A、球 B の運動方程式を m , M , k , g , F , a , x のうち必要なものを用いて表せ。また、運動方程式より a , F を求めよ。

- 問 3. 板 A と球 B は接触して運動した後に離れる。
- (1) 板 A, 球 B が離れる瞬間の x 座標, およびそのときの x 方向の速度 v を求めよ。
 - (2) 板 A, 球 B が離れた後に球 B は斜面上で最高到達点に達して戻ってくる。最高到達点の x 座標を求めよ。

- 問 4. 板 A, 球 B が離れた後の板 A の運動を考える。
- (1) 板 A の加速度を a_A とし, 板 A の運動方程式を m, g, k, a_A, x のうち必要なものを用いて表せ。
 - (2) 問 4(1)の運動方程式を, 座標 x の代わりに, つり合いの位置からの座標 z を用いて書き直せ。
 - (3) 板 A, 球 B が離れた後, 板 A が何往復か振動した後に, 板 A と斜面から戻ってくる球 B は衝突する。板 A が衝突前に行う単振動の周期 T を求めよ。

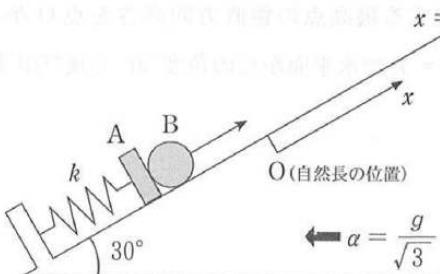


図 1 (b)

次に, 球 B を板 A に接触させ, $x = -d$ ($d > 0$) の位置までばねを縮ませた状態で台に力を加え, 図 1(b)のように台を水平方向左向きに $\alpha = \frac{g}{\sqrt{3}}$ の加速度で動かし, 板 A, 球 B を静かに離す。

問 5. 板 A と球 B が接触している間の運動を考える。

- (1) 台上の観測者から見たときの板 A, 球 B の x 方向の加速度を a' , 板 A と球 B が押し合う力の大きさを F' とする。台上の観測者から見たときの板 A, 球 B の運動方程式を m, M, k, F', g, a', x のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 問 5(1)で求めた板 A, 球 B の運動方程式から F' を消去し, 板 A, 球 B を一体とみなしたときの台上の観測者から見たときの運動方程式を m, M, k, g, a', x のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 点 O を通過するときの時刻を $t = 0$ とした場合, 時刻 $t(t \leq 0)$ のときの台上の観測者から見たときの板 A, 球 B の座標 x と x 方向の速度 v' を求めよ。

問 6. 板 A, 球 B が離れる瞬間の x 座標, および台上的観測者から見たときの x 方向の速度を求めよ。

問 7. 球 B が到達する最高点の鉛直方向高さを点 O からの高さで表せ。ただし, 球 B は $x = L$ で水平面からの角度 30° で飛び出すものとする。



[2] 図2(a)に示すように、直流電源に一つのコイル、二つのコンデンサー、三つのスイッチが接続された電気回路がある。最初、コンデンサーAとコンデンサーBの極板間は真空中で、静電容量はそれぞれ $C_1[F]$ 、 $C_2[F]$ であり、自己インダクタンスは $L[H]$ である。直流電源の電圧(起電力)は $E[V]$ でその内部抵抗の値は $r[\Omega]$ である。ここで、導線の抵抗は無視できるものとする。

最初、二つのコンデンサーには電荷がたくわえられておらず、三つのスイッチは全て開いているものとして、以下の問いに答えよ。(40点)

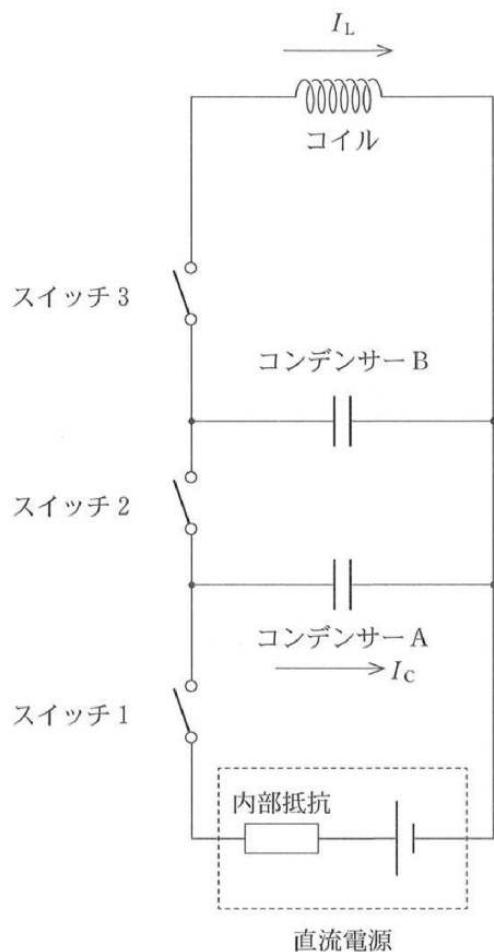


図2(a)

問 1. 時刻 $t = t_1$ [s]においてスイッチ1を閉じたところ、コンデンサーAの極板間電圧 V_c [V]が図 2(b)に示すように変化し、電流 I_c [A]がコンデンサーAに流れた(ただし、図 2(a)における I_c の矢印を電流の正の向きとする)。

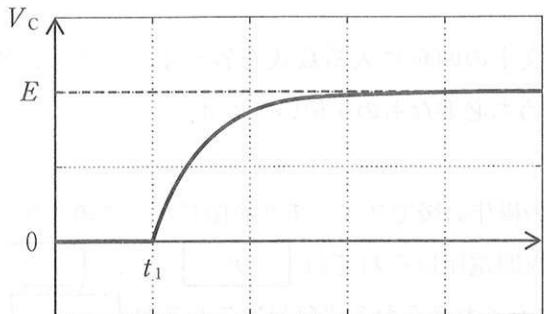


図 2(b)

電流 I_c は、スイッチ1を閉じた直後に最大となり、その値 I_{CM} [A]は
 (ア) [A]と表される。また、スイッチ1を閉じた後、コンデンサーA
 に電流 I_c が流れている時、コンデンサーAにたくわえられる電気量は
 (イ) [C]と表される。

上の文中の四角に入る数式を答えよ。ただし、数式は I_c , C_1 , C_2 , E , r , L
 のうち必要なものを用いて表せ。

問 2. 問 1 の操作を行った際、コンデンサーAに流れる電流 I_c [A]はどのように時間変化するか。解答紙にその概形を描け。

問 3. 直流電源の内部抵抗の値 r [Ω]が高い場合と低い場合とでは、コンデンサーAの極板間電圧 V_c [V]が電源電圧 E [V]の半分の値(すなわち $0.5E$ [V])に等しくなるまでに要する時間が長くなるのはどちらか。解答紙に記載されている選択肢から正解を選び、その記号に○印をつけよ。またその理由を 150 字以内で述べよ(句読点は一文字と数える)。

問 4. スイッチ 1 を閉じてコンデンサー A の極板間電圧 V_C [V] が電源電圧 E [V] に等しくなった後にスイッチ 1 を開き、コンデンサー A の極板間に比誘電率 ϵ_r の誘電体を挿入した。その結果、コンデンサー A の静電容量は (ウ) 倍、極板間電圧は (エ) 倍、静電エネルギーは (オ) 倍になる。

上の文中の四角に入る数式を答えよ。ただし、数式は C_1 , C_2 , E , ϵ_r , r , L のうち必要なものを用いて表せ。

問 5. 問 4 の操作の後でスイッチ 2 を閉じた。この操作の後でコンデンサー A, B の極板間電圧はそれぞれ (カ) [V], (キ) [V], コンデンサー A, B にたくわえられる電気量はそれぞれ (ク) [C], (ケ) [C] と表される。

上の文中の四角に入る数式を答えよ。ただし、数式は C_1 , C_2 , E , ϵ_r , r , L のうち必要なものを用いて表せ。

問 6. 問 5 の操作の後で時刻 $t = t_2$ [s]においてスイッチ 3 を閉じたところ、コイルに一定周期で振動する電流 I_L [A] が流れた。その波形として最も適するものを、解答紙に記載された(a)から(d)の中から選び、その記号に○印をつけよ。ただし、これらの図では、時刻 $t = t_2$ [s] から三周期経過した時刻 $t = t_3$ [s]までの波形を描いてあり、図 2(a)における I_L の矢印を電流の正の向きとする。

問 7. 問 6 で選択した電流波形の周波数は (コ) [Hz], 最大値は (サ) [A] と表される。

上の文中の四角に入る数式を答えよ。ただし、数式は C_1 , C_2 , E , ϵ_r , r , L のうち必要なものを用いて表せ。

問 8. 問 6 の操作の後で、時刻 $t = t_3$ [s]においてコイルに抵抗を直列に接続したところ、電流振動の様子が変化した。問 6 で選択した波形に時刻 $t = t_3$ [s]以降の変化の概形を三周期分続けて描け。

[3] 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えよ。(40 点)

1 モルの单原子分子理想気体が、気密を保ちながら、なめらかに動くピストンをもつシリンダー内に閉じ込められている。この気体の圧力 p と体積 V の関係を図 3 に示す。状態 O の気体の圧力は p_0 、体積は V_0 であり、その温度を T_0 とする。気体定数は R で表す。この気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ 、定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ である。なお気体がした仕事は、気体が外部に対して仕事をした場合を正とし、気体が得た熱量は、気体が外部から熱を与えられた場合を正とする。

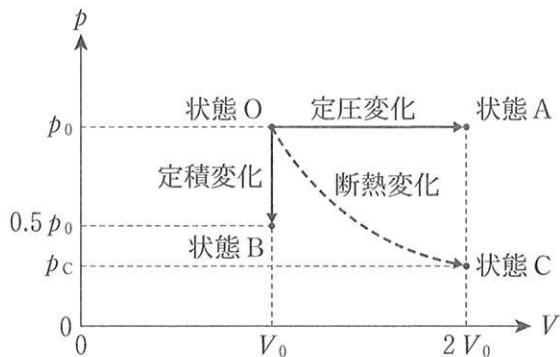


図 3

最初、気体を状態 O から圧力を p_0 に保ったまま、体積を $2V_0$ までゆっくりと変化させた。この状態を状態 A とする。

問 1. 状態 A の温度 T_A を T_0 を用いて表せ。

問 2. 状態 O→状態 A の定圧変化の間に気体がした仕事 W_{OA} と、気体が得た熱量 Q_{OA} をそれぞれ R と T_0 を用いて表せ。

次に、気体を一度状態 O に戻した。そして、状態 O から体積を V_0 に保ったまま、圧力を $0.5p_0$ までゆっくりと変化させた。この状態を状態 B とする。

問 3. 状態 B の温度 T_B を T_0 を用いて表せ。

問 4. 状態 O→状態 B の定積変化の間に生じた気体の内部エネルギーの変化 ΔU_{OB} を R と T_0 を用いて表せ。

その後、再び気体を状態 O に戻した。そして、今度は状態 O から断熱状態を保ったまま、体積をゆっくりと $2V_0$ まで変化させた。この状態を状態 C とする。单原子分子理想気体の断熱変化では、 $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ の関係が成立する。以下の問い合わせでは数値は小数第 2 位まで求めよ。必要であれば $2^{-\frac{5}{3}} = 0.315$ を用いてよい。

問 5. 状態 C の圧力 p_C を p_0 を用いて表せ。

問 6. 状態 C の温度 T_C を T_0 を用いて表せ。

問 7. 状態 O→状態 C の断熱変化の間に生じた気体の内部エネルギーの変化 ΔU_{OC} と、気体がした仕事 W_{OC} をそれぞれ R と T_0 を用いて表せ。

問 8. 気体の温度 T を縦軸に、気体の体積 V を横軸にとって状態変化を描いた図を $T-V$ 図という。上に述べた状態 O→状態 A の定圧変化、状態 O→状態 B の定積変化、状態 O→状態 C の断熱変化を解答紙の $T-V$ 図に描け。状態 A、状態 B、状態 C を図中に状態 O のように黒丸で記入し、状態 O からそれぞれの状態までの変化が直線の場合は実線で、曲線の場合は破線で示せ。曲線の場合は正確な関数形を描く必要はないが、上に凸の変化であるか、下に凸の変化であるかをはっきりと示すこと。

最後に、気体を状態 O→状態 A→状態 C→状態 O とゆっくり変化させるサイクルを考える。ここで、状態 O→状態 A は定圧変化、状態 A→状態 C は定積変化、状態 C→状態 O は断熱変化である。

問 9. 状態 A→状態 C の定積変化の間に気体が得た熱量 Q_{AC} を R と T_0 を用いて表せ。

問10. このサイクルの熱効率 e を求めよ。

