本 2023

前期日程

令和５年度入学試験（前期日程）

物　理

（理　工　学　部）

―――― 解答上の注意事項 ――――

1. 「解答始め」の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で8ページあります。落丁，乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら，手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙４枚と計算紙1枚は，糊付けされています。「解答始め」の合図があったら，初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は $\boxed{1}$ から $\boxed{4}$ まで4問あります。解答のみを，解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも，解答紙４枚すべてを提出しなさい。
6. 試験終了後，問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

$\boxed{1}$　質量mのロケットが，地球を中心とする半径r_1の円軌道を速さvで等速円運動している。地球を質量Mの球とし，万有引力定数をGとして以下の問いに答えよ。ロケットの大きさ，地球の自転や公転の影響は無視できるとする。

(1)　ロケットが従う半径方向の運動方程式をかけ。

(2)　ロケットの円運動の周期Tを，G，M，vで表せ。

(3)　ロケットが図の点Aに来たときに，ロケットに対して相対速度の大きさuで進行方向の後方に質量$\frac{1}{7}m$の物体を一瞬で放出して，ロケットの速さがvから$\frac{4}{3}v$に増加した。uはvの何倍か。

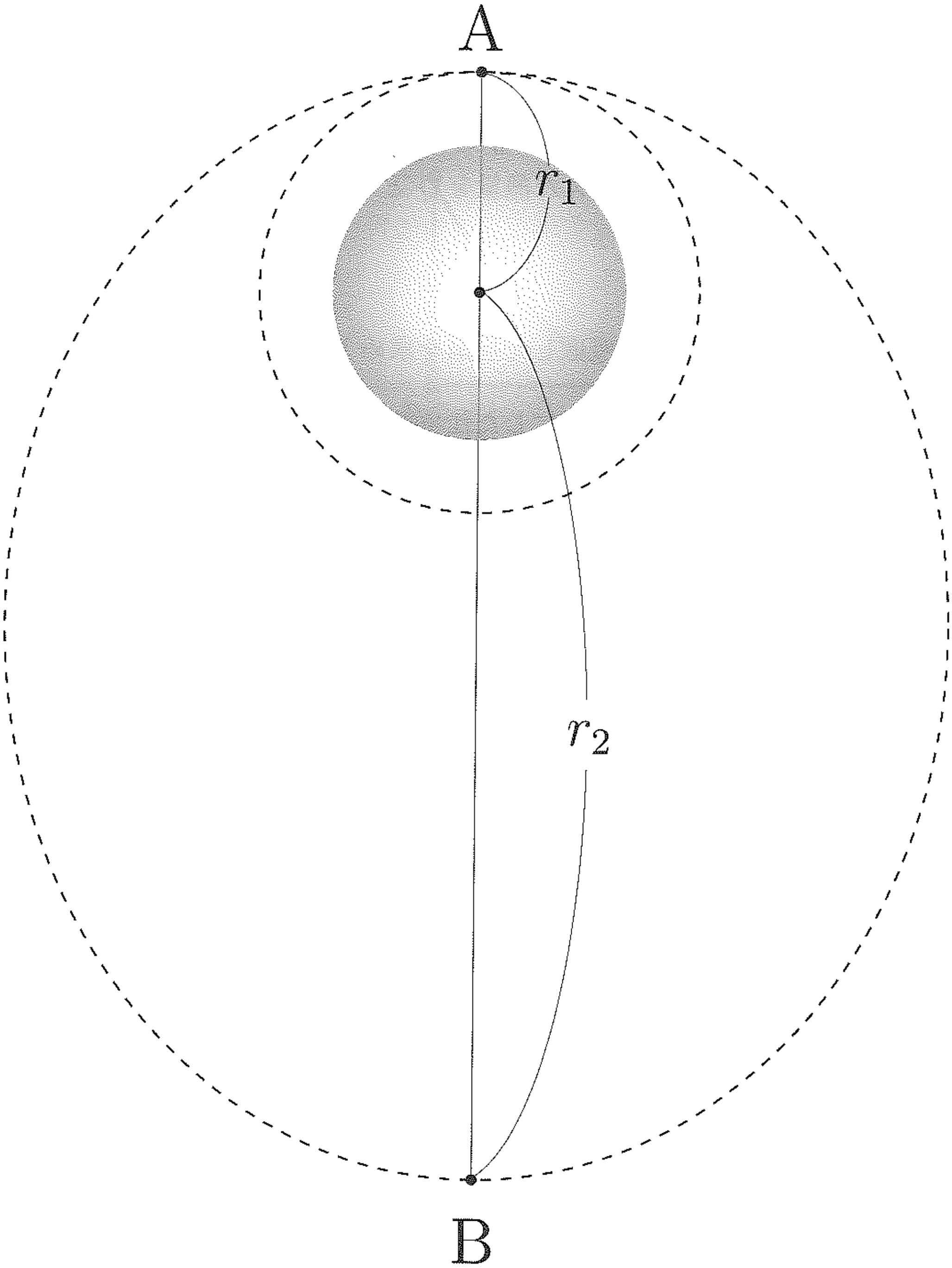
(3)の加速の後，質量が$\frac{6}{7}m$になったロケットは地球の中心を焦点の1つとする楕円軌道に移る。この楕円運動について以下の問いに答えよ。ただし，万有引力による位置エネルギーは無限遠点で0とする。

(4)　点Aでのロケットの力学的エネルギーをm，vで表せ。

(5)　地球の中心から最も遠い点Bまでの距離をr_2，点Bでのロケットの速さをv_2とする。積r_2v_2をr_1とvで表せ。

(6)　点Bにおけるロケットの力学的エネルギーをm，v，v_2で表せ。

(7)　(4)，(5)，(6)を組み合わせることで，v_2はvの$\boxed{\text{(i)}}$倍，r_2はr_1の$\boxed{\text{(ii)}}$倍となる。(i)と(ii)に該当する数をかけ。


A
r_1
r_2
B

2 物質量nの単原子分子理想気体の圧力pと体積Vを図1のように状態Aから，A→B→C→Aのように変化させる。状態A，B，Cの圧力はそれぞれp_0，$2p_0$，p_0であり，体積はそれぞれV_0，V_0，$2V_0$である。ここで，B→Cの過程は等温変化であり，この過程において加えた熱量をQとする。気体定数をRとして，以下の問いに答えよ。

(1) A→Bの過程で気体が吸収した熱量を求めよ。

(2) B→Cの過程で気体が外部にした仕事WとQの関係を式で表せ。

(3) C→Aの過程で気体が放出した熱量を求めよ。

(4) A→B→C→Aのサイクルの熱効率をQ，p_0，V_0を用いて表せ。

次に，状態Bから断熱変化により，体積をV_0から$2V_0$へ変化させることを考える。

(5) このとき，温度の変化として正しいものを以下の（ア）～（ウ）から選べ。

（ア）下がる　　（イ）変わらない　　（ウ）上がる

(6) 体積が$2V_0$となった際，気体は図2の中のC，D，Eのうちどの状態になるか記号で答えよ。ただし，状態C，D，Eの圧力はそれぞれp_0，p_D，p_Eであり，$p_E < p_0 < p_D$とする。

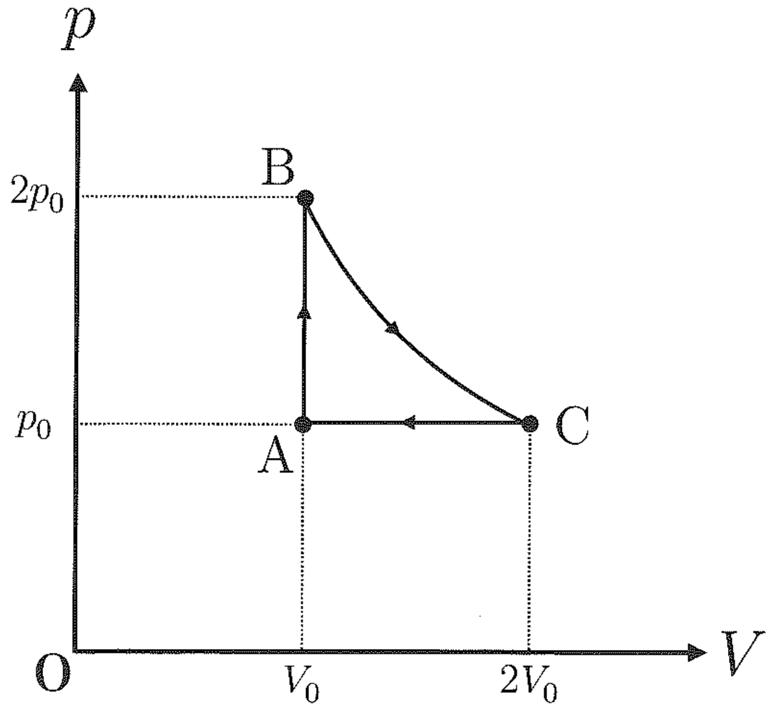


図1

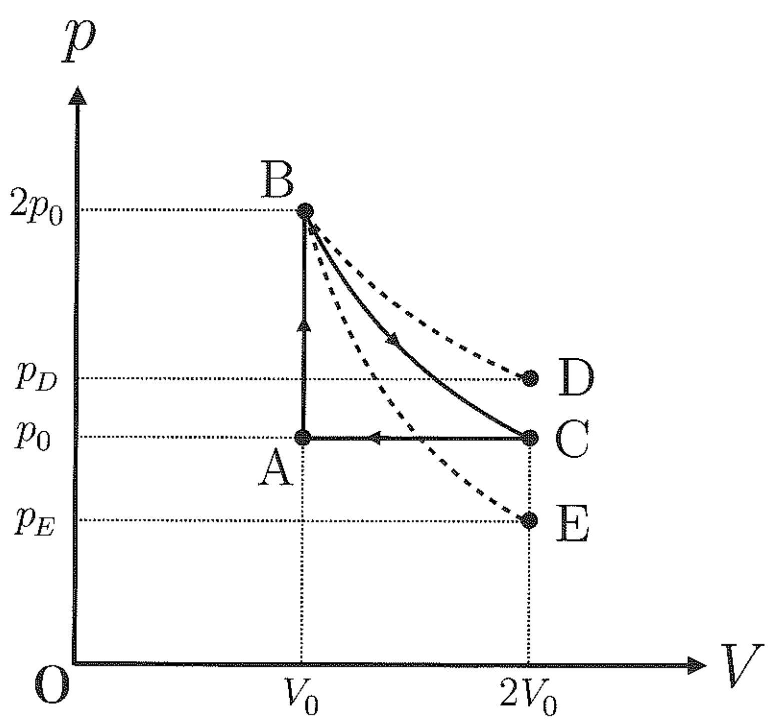


図2

3 図1のように，自己インダクタンス L [H] のコイル，抵抗値 4.0 Ω の抵抗，抵抗値 2.0 Ω の抵抗，内部抵抗が無視できる起電力 3.0 V の電池，およびスイッチを接続した。初め，スイッチは切れている。時刻 2.0 s でスイッチを入れたところ，コイルを流れる電流は図2の実線のように変化した。以下の問いに答えよ。ただし，(1)~(4) および (6) は有効数字2桁で答えること。

(1) スイッチを入れた直後に 2.0 Ω の抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。

(2) スイッチを入れた直後に 4.0 Ω の抵抗の両端に生じる電圧の大きさを求めよ。

(3) スイッチを入れて十分に時間が経過したとき，コイルを流れる電流の大きさ（図2の I_a）を求めよ。

(4) 図2の直線Aは，スイッチを入れた直後の実線の接線である。L を求めよ。

スイッチを入れて十分に時間が経過してから，スイッチを切った。

(5) コイルの自己誘導起電力の時間変化の概形として正しいものを，図3の (ア)~(カ) から1つ選べ。ただし，スイッチを入れた直後にコイルを流れる電流と同じ向きを，自己誘導起電力の正の向きとする。

(6) スイッチを切った直後に 2.0 Ω の抵抗の両端に生じる電圧の大きさを求めよ。

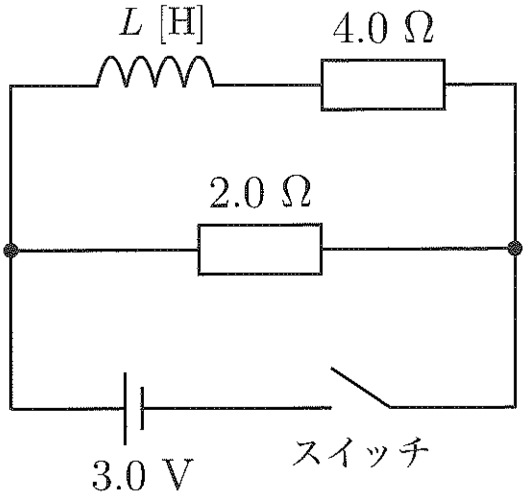


図1

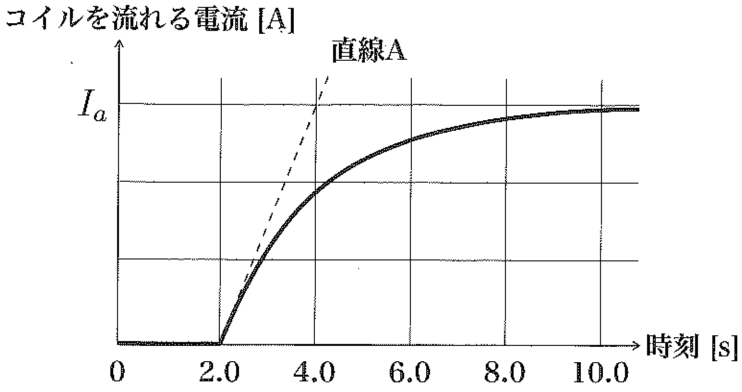


図2

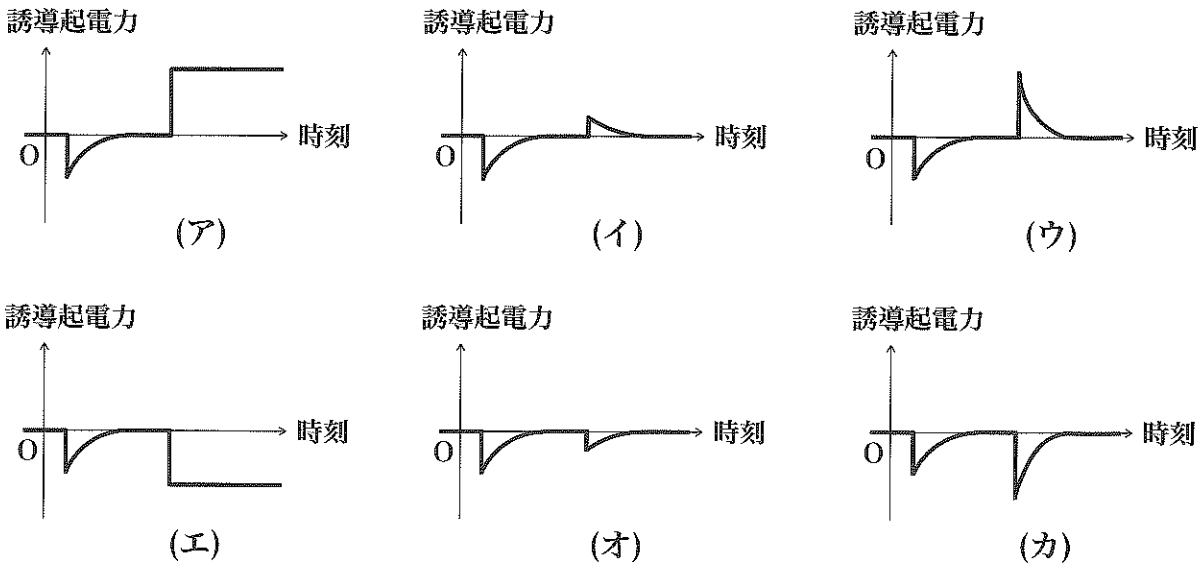


図3

4

図1のように，2枚の平面ガラスを重ねて一端に薄い紙をはさみ，真上から単色光を当て上から見ると，明暗の縞模様が見える。これは，上のガラスの下面で反射する光aと，下のガラスの上面で反射する光bの干渉によるものである。光aは反射によって位相が変わらないが，光bは反射によって位相がπだけ（半波長分）変化する。

図2のように，ガラスが接している点Oと薄い紙の距離をL，紙の厚さをDとする。また，点Oから距離x離れた点Pでの空気層の厚さをdとする。入射光の波長をλ，空気の屈折率を1として，以下の問いに答えよ。

(1)　図2の点Pで暗線になるための条件式を，dとλを用いて表せ。0以上の整数$m = 0, 1, 2, \cdots$を用いてもよい。

(2)　ガラスの下から見ても明暗の縞模様が見える。これは，図1での，反射せずに透過した光eと，上下のガラスで反射して透過した光fの干渉によるものである。図2の点Pで暗線になるための条件式を，dとλを用いて表せ。0以上の整数$m = 0, 1, 2, \cdots$を用いてもよい。

(3)　点Pでの(1)の上から見た光と(2)の下から見た光の明るさについての正しい文を，次の(ア)，(イ)，(ウ)より選べ。

(ア)　上から見た光が明るいとき下から見た光は暗くなる。

(イ)　上から見た光が明るいとき下から見た光も明るくなる。

(ウ)　上から見た光が明るいとき下から見える光は，明るいときも暗いときもある。

(4)　暗線の間隔を，λ，L，Dを用いて表せ。ただし，暗線の間隔とは，上からまたは下から見たときの，隣り合う暗線の位置xの差のことである。

次に，2枚のガラスの間を屈折率nの液体で満たしたときを考える。ただし，nは1より大きくガラスの屈折率より小さいとする。また，液体を入れたことで紙の厚さDは変わらないとする。

(5)　暗線の間隔は，液体がない場合の何倍になるか。

(6)　液体の屈折率nが1.3，距離Lが4.0×10^{-1} m，単色光の波長λが5.9×10^{-7} mのとき，暗線の間隔は1.0 mmであった。このときの紙の厚さDを，有効数字2桁で求めよ。ただし，ガラスの屈折率は1.3より大きい。

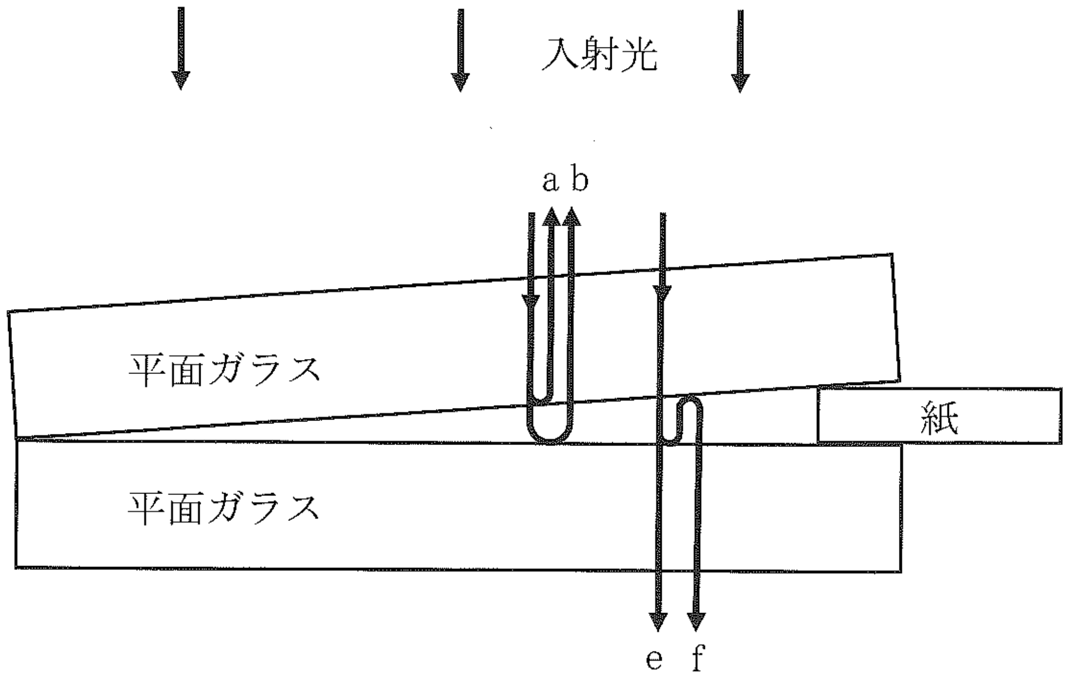


図1

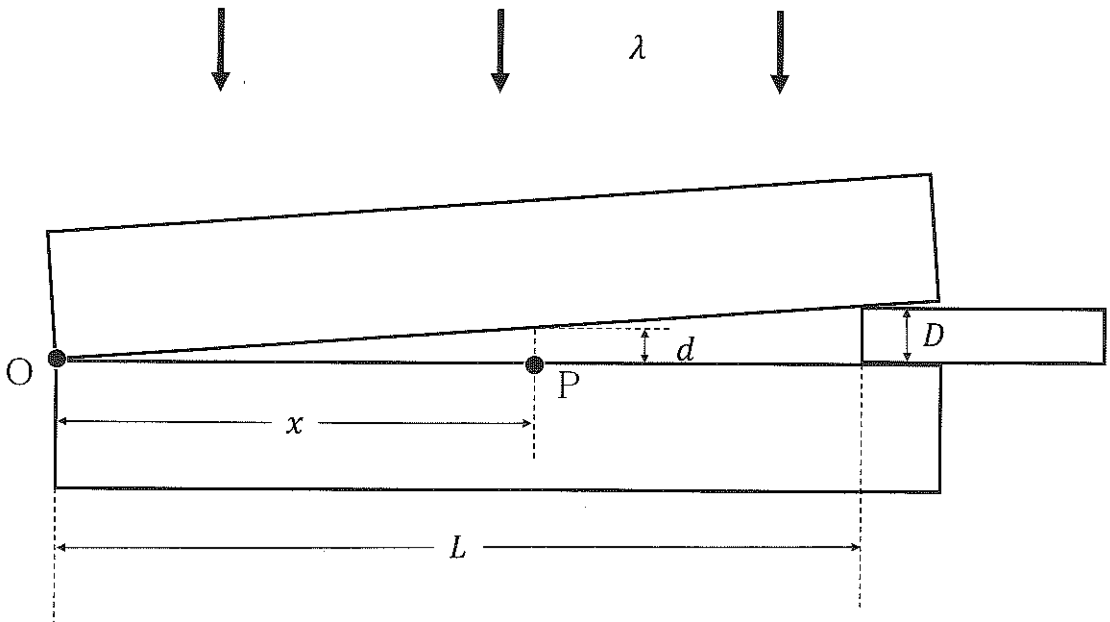


図2