

令和4年度入学試験問題（前期日程）

理 科
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	7 ページまで
化 学	8 ページから	11 ページまで
生 物	12 ページから	15 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所または2か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

物 理

1 以下の文章中の ① ~ ⑩ に最も適切な数値、数式、文字、または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問1 図1—Iのように、惑星が太陽のまわりをだ円軌道を描いて公転運動をしている。太陽は静止しているとみなすことができ、惑星は太陽との間の万有引力のみを受けているとする。だ円軌道上の点AとBは、それぞれ、惑星が太陽に最も近づく点(近日点)と最も遠ざかる点(遠日点)である。点AとBにおける惑星の運動の速さ v_A , v_B および、太陽と惑星を結ぶ線分が単位時間あたりに描く面積(面積速度)の大きさ S_A , S_B の関係として正しいのは、下記の選択肢(ア)~(カ)のうち、① である。

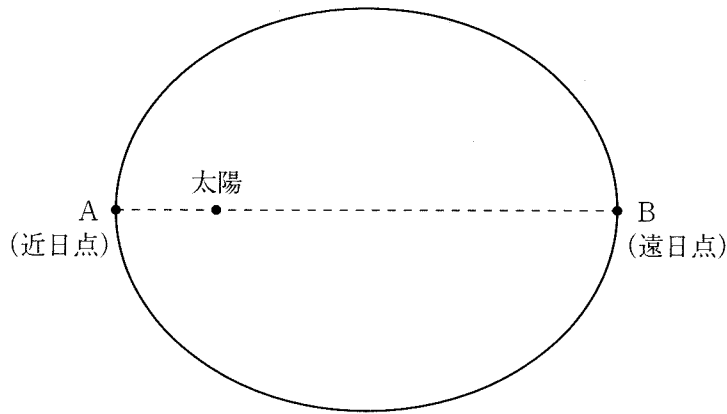


図1—I

- 選択肢 —

 - (ア) $v_A = v_B, S_A = S_B$
 - (イ) $v_A = v_B, S_A > S_B$
 - (ウ) $v_A = v_B, S_A < S_B$
 - (エ) $v_A > v_B, S_A = S_B$
 - (オ) $v_A > v_B, S_A > S_B$
 - (カ) $v_A < v_B, S_A < S_B$

問2 距離 r だけ離れた質量 m_1, m_2 の2つの物体の間の万有引力の大きさ F は、万有引力定数を G として、

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

と表される。図1—IIにおいて地球の半径を R 、質量を M とする。地表にある質量 m の質点は地球からの万有引力のみを受け、地球の全質量は中心 O に集中しているとする。自転の影響を考えないとすると、地表の重力が地球と質点の間の万有引力に等しいので、地表の重力加速度 g は G, M, R を用いて $g = \boxed{\text{②}}$ となる。

この質点が速さ v で地表面上から打ち上げられた時の全力学的エネルギー E は、

$$E = \frac{1}{2} m v^2 - G \frac{M m}{R}$$

となる。地球の引力を振り切って無限遠に飛び去るのに必要な最小の打ち上げの速さ v_0 は G, M, R を用いて $v_0 = \boxed{\text{③}}$ と表される。

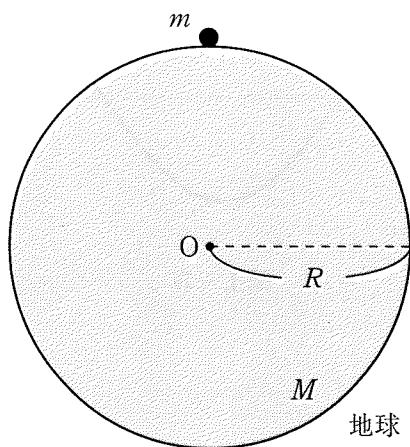


図1—II

問3 容器の中に1 molの理想気体が入っている。図1—IIIにしたがって、気体の状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ と変化させる。まず温度 T_A の状態Aから圧力と体積の比を一定に保って、温度 T_B の状態Bにした。次に、状態Bから温度 T_C の状態Cに断熱的にゆっくり膨張させた。最後に、圧力を一定のまま、元の状態Aに戻した。気体定数を R [J/(mol·K)], 定積モル比熱を C_V [J/(mol·K)] とする。

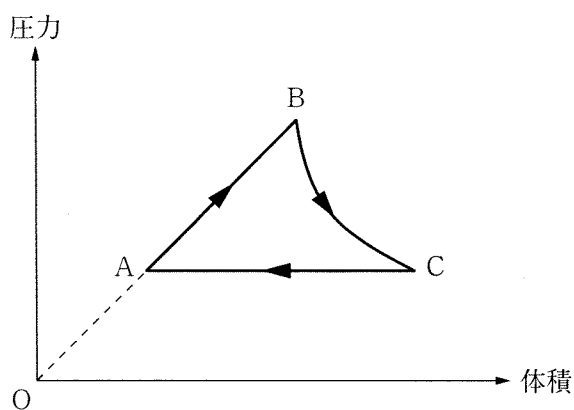


図1—III

以下の仕事について、 T_A, T_B, T_C, R, C_V の中から必要なものを用いて表せ。

- (1) 状態 $B \rightarrow C$ において気体のした仕事を求めると、 $\boxed{\text{④}}$ [J]となる。
- (2) 状態 $A \rightarrow B$ において気体のした仕事を求めると、 $\boxed{\text{⑤}}$ [J]となる。

問4 図1—IV(a)の実線は、 x 軸の正方向に進む縦波の時刻 $t = 0$ sにおける x 軸上の各点の変位を y 軸にとって表したものである。また、実線の波が進行して、初めて点線の波になるのにかかった時間は0.50 sであった。ただし、 x 軸の正方向の変位を y 軸の正方向の変位に置き換えている。

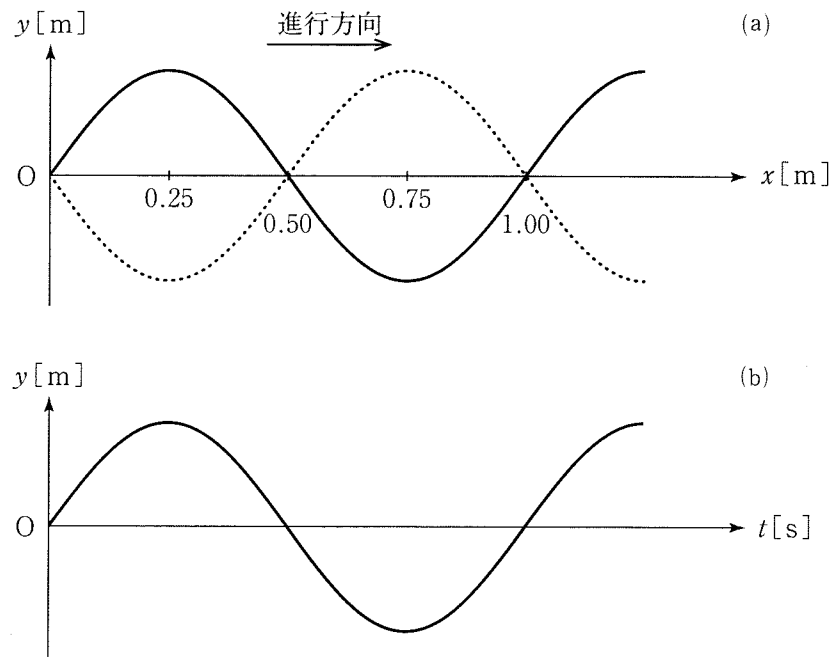


図1—IV

(1) この波の周期は sである。

(2) 図1—VI(b)は、 x 軸上のある点の変位 y [m]を時間の関数として表したものである。このような変位をする x 軸上の点は、 mのところである。ただし、0 m 以上1.00 m 未満の範囲で選べ。

問5 金属の表面に光(紫外線や可視光線)をあてると、その表面から電子が放出される現象を光電効果という。アインシュタインは光電効果を説明するために、波長が λ の光は、プランク定数を h 、光の速度を c とすると、エネルギー $E =$ をもつ多数の粒子(この粒子を という)からできていて、その中の1個の粒子が金属内の自由電子と衝突して、エネルギーのすべてを与えて消えてしまうと考えた。金属内の電子を金属の外に取り出すのに必要なエネルギーは、その金属の仕事関数 W と呼ばれ、放出される電子の質量 m 、最大速度 v 、エネルギー E を用いて表すと、 $W =$ という関係式が成り立つ。

2 以下のA, Bの各問に答えよ。ただし, 重力加速度の大きさを g とし, 空気による抵抗は無視するものとする。(15点)

A 図2-Iのように, 水平面上の点Qにおいて質量 M の物体を鉛直上方に初速度 V で投げ上げ, それと同時に点Qから距離 L だけ離れた点Pにおいて質量 m の小球を水平面から仰角 θ , 初速度 v_0 で投げ上げた。

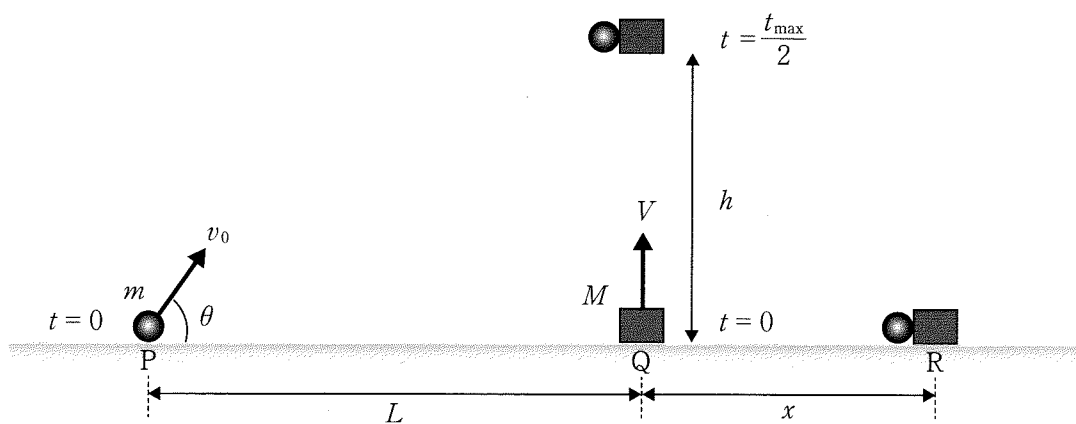


図2-I

問1 質量 M の物体が小球と衝突しないとき, その物体が最高点に達する時刻 t_{\max} を求めよ。ただし, 物体を投げ上げるときを時刻 $t = 0$ とする。

次に, L, v_0, θ の大きさを変えて, 時刻 $t = \frac{t_{\max}}{2}$ のときに小球と物体が水平面からの高さ h で衝突するようにした。衝突後, 小球と物体は一体となって進み, 水平面上の点Rに落下した。ただし, 衝突は短い時間で起こるものとする。

問2 小球と物体の衝突直後の速度について, その大きさを求めよ。

問3 QR間の距離 x を g, m, M, v_0, V, θ を用いて表せ。

B 図2—IIのように、長さ R の軽い糸の一端に質量 m の小球をつけ、最高点 A において水平左向きに初速度 v_0 を与えた。その後、小球は鉛直面内で中心 O のまわりを円運動した。

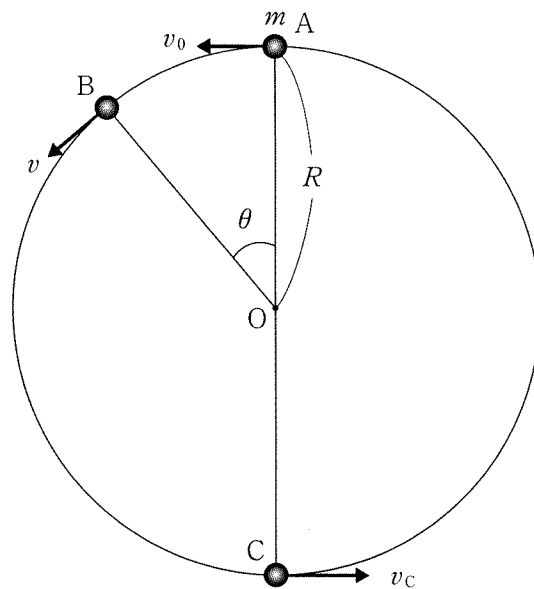


図2—II

問4 糸が鉛直方向から θ だけ回転した位置を点 B とし、その点での小球の速さを v とする。小球が点 B を通る瞬間における糸の張力の大きさ S を g , m , R , v , θ を用いて表せ。

問5 次に、最高点 A において、小球に与える v_0 を少しずつ大きくして円運動をさせた。 v_0 をある値にすると、小球が最下点 C に達した瞬間に糸が切れた。最高点 A において小球に与えた v_0 を求めよ。ただし、この糸は質量 $10m$ の物体を静かにつるすとちょうど切れるものとする。

3 以下の各問に答えよ。(15点)

図3-Iのように、内部抵抗の無視できる起電力 E の電池、抵抗値 R の抵抗、電気容量 C のコンデンサー、スイッチ S からなる回路を水平面上に配置した。この回路の点 B と点 C に質量 m 、長さ l 、抵抗値 $2R$ の導体棒を軽い導線で水平につるした。はじめに、スイッチ S は開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていないものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

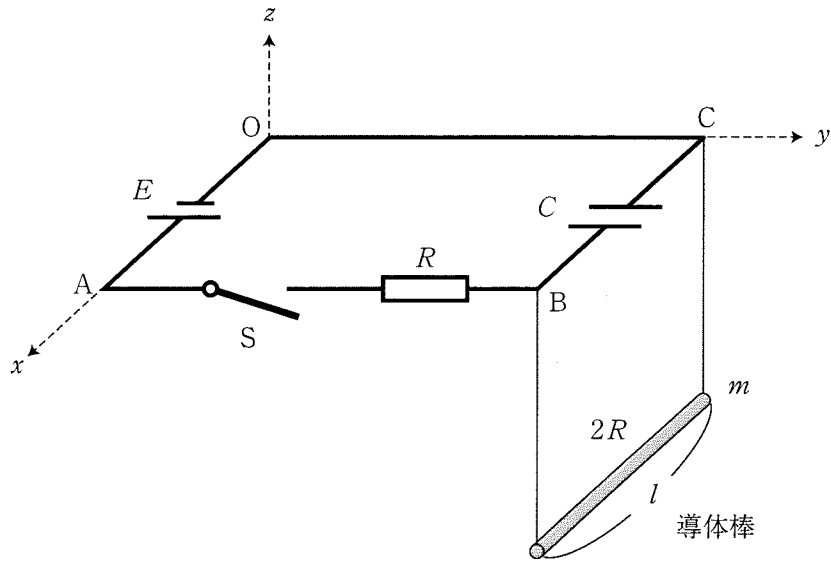


図3-I

問1 $t = 0$ でスイッチ S を閉じた。その直後にコンデンサーに流れこむ電流 I の大きさを求めよ。

問2 AB間とBC間の電圧の大きさの時間変化を最も正しく表すグラフを図3-IIの(ア)~(カ)の中からそれぞれ選び、その記号で答えよ。

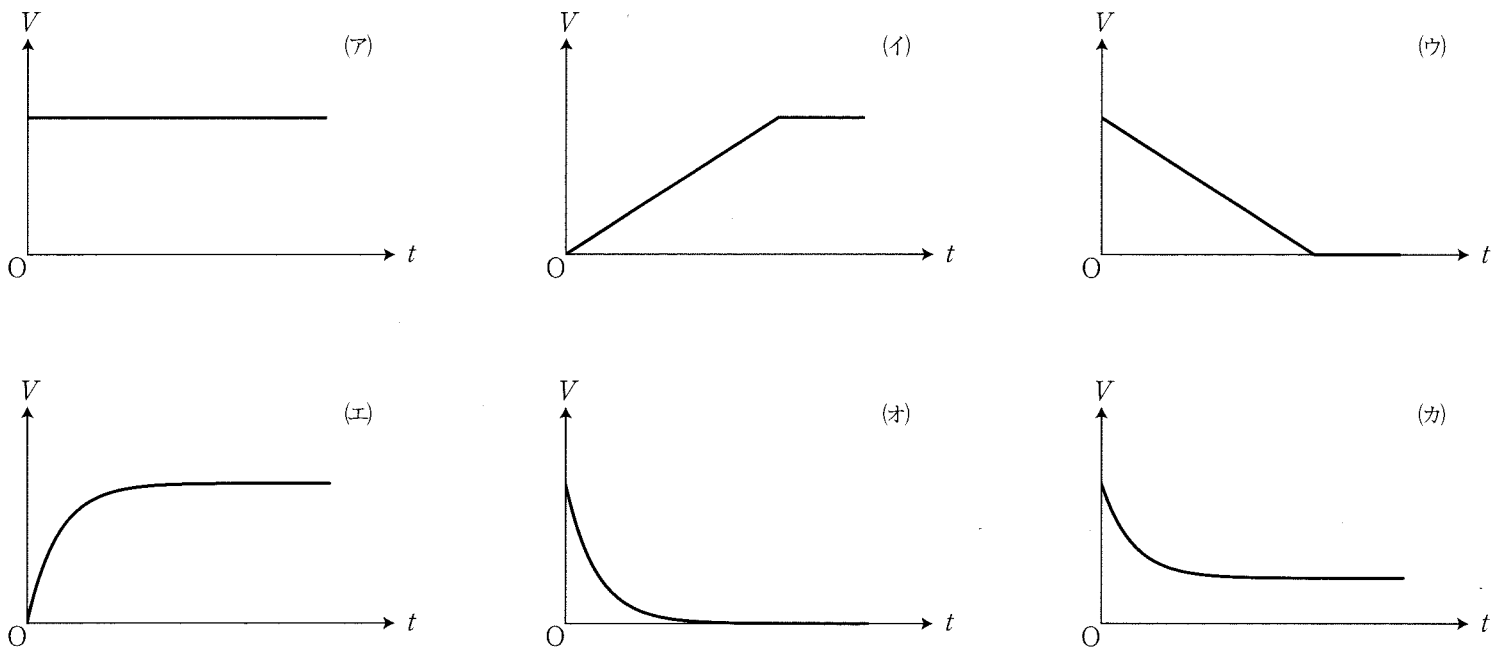


図3-II

問3 スイッチ S を閉じて十分に時間が経過した。コンデンサーに蓄えられた電荷 Q を求めよ。

次に、回路全体に磁束密度 B の一様な磁場(磁界)を加えたところ、図3—Ⅲのように、導線は鉛直方向から角度 θ だけ傾いて静止した。回路 ABCO は固定されており、動くことはないものとする。

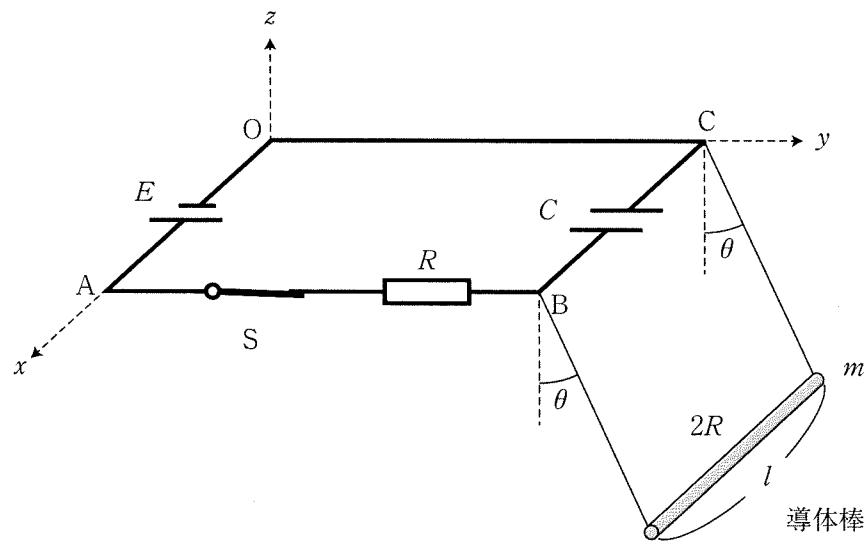


図3—Ⅲ

問4 加えた磁場(磁界)の向きを下記の選択肢(ア)~(カ)の中から1つ選び、その記号で答えよ。

- | | | |
|----------------|----------------|-----------------------|
| (ア) x 軸の正の向き | (イ) y 軸の正の向き | (ウ) z 軸の正の向き(鉛直上向き) |
| (エ) x 軸の負の向き | (オ) y 軸の負の向き | (カ) z 軸の負の向き(鉛直下向き) |

問5 磁束密度 B の大きさを求めよ。