

(前期日程)

平成30年度 理科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

各受験コースで指定された科目を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

機械工学科，電気電子工学科を受験する者は，物理基礎・物理(物理)を解答すること。

環境建設工学科，機能材料工学科，応用化学科，情報工学科を受験する者は，届け出た1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは，下表のとおりです。

出題科目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～11
化学基礎・化学(化学)	12～26

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

物理基礎・物理（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部の受験者は，1～4を解答すること。
医学部の受験者は，1，2を解答すること。

1 次の文章を読み、以下の設問に答えなさい。

地球を質量 M の球体と仮定し、軌道半径(地球中心からの距離) r_0 で地球のまわりを等速円運動する人工衛星を考える。人工衛星は質点と見なし、その質量を m 、最初の速度の大きさを v_0 とする。ただし、万有引力定数を G とする。空気抵抗、地球の自転、および地球以外の天体による影響は無視できるものとする。円周率は π で表しなさい。

問 1

- (1) 人工衛星の角速度と円運動の周期を、それぞれ v_0 、 r_0 を用いて表しなさい。
- (2) 人工衛星の円運動に対する運動方程式から、 v_0 を G 、 M 、 r_0 を用いて表しなさい。
- (3) 人工衛星にはたらく重力加速度の大きさは、地表における重力加速度の大きさの 25 % であった。地球の半径を 6.4×10^3 km とするとき、人工衛星の地表からの高さは何 km になるか、有効数字 2 桁で求めなさい。
- (4) この人工衛星が、前方を運動する質量 $2m$ の物体(質点と見なす)と衝突して一体となり、速度の大きさは $\frac{1}{2}v_0$ となった。衝突の直前、人工衛星と物体は一直線上で同じ向き of 速度を持っていたとする。衝突前の物体の速度の大きさを v_0 を用いて表しなさい。
- (5) (4)の人工衛星の軌道半径を変えて、衝突後の速度の大きさを保ったまま新たな等速円運動の軌道に投入した。このときの軌道半径 r_1 を r_0 を用いて表しなさい。

問 2 この人工衛星(問 1 で物体と衝突後、質量は $3m$ となっていることに注意)を徐々に減速させながら、地球中心からの距離 r_2 の A 地点へと移動させた。A 地点で人工衛星の速度が 0 になった瞬間、地球中心から遠ざかる方向へ一定の推進力を与えて、地球中心からの距離 $2r_2$ にある B 地点までさらに移動させた。

- (6) B 地点で人工衛星が持つ万有引力による位置エネルギーを、 G, M, m, r_2 を用いて表しなさい。ただし、位置エネルギーの基準は無限遠とする。
- (7) A 地点から B 地点への移動中、地球中心からの距離 r ($r_2 < r < 2r_2$) の地点において、人工衛星が持つ加速度は地球中心から遠ざかる向きに $GM\left(\frac{c}{r_2^2} - \frac{1}{r^2}\right)$ と計測された。 c は 1 より大きい定数である。推進力の大きさを G, M, m, r_2, c を用いて表しなさい。
- (8) B 地点において人工衛星が持つ速度の大きさ v_1 は、

$$v_1 = \sqrt{X \frac{GM}{r_2}}$$

となる。 X に当てはまる式を、 c を用いて表しなさい。

- (9) B 地点で推進力を 0 にするとき、人工衛星がそのまま無限遠に到達するための v_1 の最小値を、 G, M, r_2 を用いて表しなさい。

2 次の文章を読み、以下の設問に答えなさい。

問 1 以下の文章中の空欄 (ア) から (カ) に、適切な数式または数値を入れなさい。答えの中に平方根を残したままでも構わない。ただし、真空中の点電荷の間にはたらく静電気力に対するクーロンの法則の比例定数を、 $k(\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)$ とし、電位の基準の位置を無限遠にとることとする。重力は考えないものとする。

- (1) 真空中の平面内に図 1 のように座標をとる。点 A, B, C, D を頂点とした四角形は、一辺の長さが 2 m の正方形である。点 A に $q(\text{C})$ の点電荷を固定したとき、原点 O における電場の強さは、(ア) $[\text{V}/\text{m}]$ であり、原点 O の電位は、(イ) $[\text{V}]$ である。
- (2) (1)の状態から、さらに点 B, 点 C, および点 D のそれぞれに、 $q(\text{C})$ の点電荷を固定した。これにより原点 O における電場の強さは、(ウ) $[\text{V}/\text{m}]$ であり、原点 O の電位は、(エ) $[\text{V}]$ である。
- (3) (2)の状態では、それぞれの点電荷にはたらく静電気力の大きさは等しく、その大きさは、(オ) $[\text{N}]$ である。
- (4) (2)の状態から、原点 O に $Q(\text{C})$ の点電荷を置いたときに、それぞれの点電荷にはたらく静電気力が釣り合った。このときの点電荷 Q は、(カ) $[\text{C}]$ である。

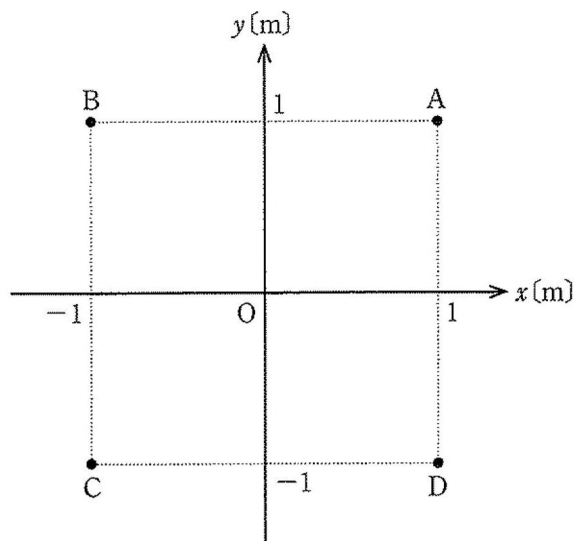


図 1

問 2 図 2 のように、電気抵抗 $R = 5.0 \Omega$ の抵抗器、自己インダクタンス $L = 1.0 \times 10^{-3} \text{ H}$ のコイル、電気容量 $C = 1.0 \times 10^{-5} \text{ F}$ のコンデンサー、交流の角周波数 ω [rad/s] を変えることのできる電源、およびスイッチからなる電気回路がある。回路全体に加わる正弦波交流電圧の実効値 V は 100 V である。以下の設問に答えなさい。答えの中に平方根を残したままでも構わない。ただし、コイル内の抵抗は無視できるものとする。

- (1) 回路全体に加わる交流電圧の最大値を答えなさい。
- (2) この回路で、抵抗器に加わる交流電圧 V_R とコイルに加わる交流電圧 V_L の位相差の大きさはいくらか。弧度法で答えなさい。
- (3) スイッチを閉じることで、コンデンサーに加わる交流電圧 V_C の大きさが常に 0 V となるようにした。この状態で、交流の角周波数 ω を $5.0 \times 10^3 \text{ rad/s}$ に固定すると、 V_R と V_L の実効値が等しくなった。このときの V_R と V_L の実効値を答えなさい。
- (4) (3) の状態で、回路に流れる交流電流の実効値を答えなさい。
- (5) (3) の状態から、スイッチを開いて、電源の角周波数を調整することにより回路を共振させた。このときの角周波数 (共振角周波数) の値を答えなさい。
- (6) (5) の状態で、回路に流れる交流電流の実効値を答えなさい。
- (7) (5) の状態における、 V_L の実効値を答えなさい。

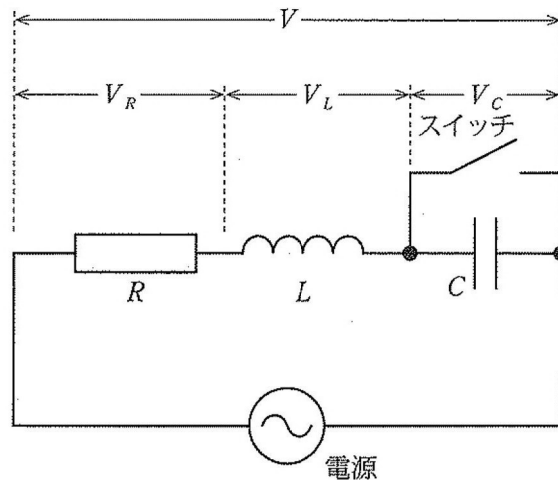


図 2

3 次の文章を読み、以下の設問に答えなさい。

図1のSは振動数 f_0 の単色のレーザー光を発生する光源、Hは光の半分を通し、残り半分を反射する厚さの無視できる半透明鏡、MとXは平面鏡である。Sから出た光線は、Hで次の2つの光路に分かれる。

(光路1) Hを透過して、Xで反射した後に、さらにHで反射して光検出器Dに到達する。

(光路2) Hで反射した後に、Mで再び反射してから、Hを透過してDに到達する。

Dでは、光源Sから出た光線の光路1と光路2の間の干渉が観察される。ここで、Xは原点($x=0$)から x 軸に沿って移動できるものとする。なお、光路1と2は真空中(光速は c_0)を通る経路である。必要であれば、 f_0 と c_0 を用いて答えてよい。

問1 Xが $x=0$ で静止している。

- (1) 光源から発生する光の波長を求めなさい。
- (2) Xをゆっくり正方向に動かしていき、 $x=+L$ の位置で止めたとき、最も強い光が光検出器Dで観察された。ここから、さらに Δx だけ正方向に移動させて静止すると、再び最も強い光が観察された。このときの Δx を求めなさい。
- (3) 屈折率 n の媒質の中をこのレーザー光が進むとき、この媒質中における光の速さ、振動数、波長を求めなさい。
- (4) HとMの間に屈折率が n で厚さが d_1 の薄膜を光線に垂直に入れた。このとき、光検出器Dで観察される光が最も弱くなった。薄膜の厚さを徐々に増やしていき、 d_2 のときに初めて最も強くなる光を観察した。 n を d_1 と d_2 を用いて表しなさい。ただし、薄膜での光の反射は考えなくてよい。

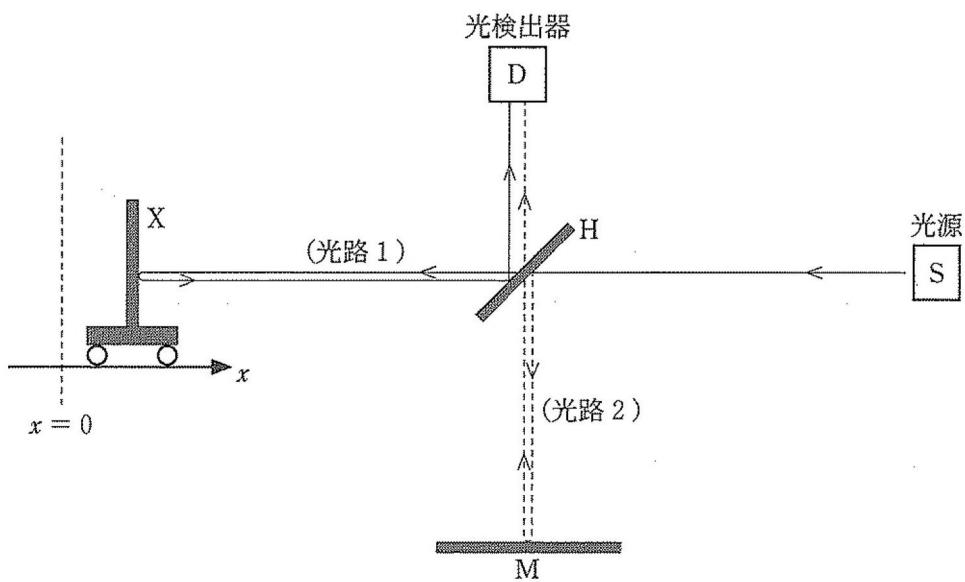


图 1

4 次の文章を読んで、以下の設問に答えなさい。

長さ L 、断面積 S の密閉された円筒容器内に空気が閉じこめられ、厚みを無視できる質量 M の仕切りがある。ただし、円筒容器や仕切りの熱膨張は考えない。また、仕切りは容器内を滑らかに移動できるが、仕切りによって隔てられた空気がもれることはない。円筒内の空気の温度は円筒外の温度と常に平衡しているとする。空気は理想気体と見なしてよい。

問 1 図 1 に示したように、絶対温度 T のもとで、この円筒容器が水平に置かれている。仕切りの位置は円筒の中央にある。A 側、B 側の空気の圧力はともに p_0 であった。

(1) 外力により、仕切りを現在の位置から l だけ B 側にずらしたとき、A 側の空気圧が Δp だけ変化する。 Δp を p_0 、 L と l を使って表しなさい。ただし、 $l\Delta p$ は小さいものとして無視してよい。

(2) 次に外力と取り去ると、仕切りは円筒の中央位置のまわりで単振動した。このときの振動数を求めなさい。空気の温度は常に T に保たれていると考えなさい。ただし、 l は使わずに答えなさい。円周率は π で表しなさい。

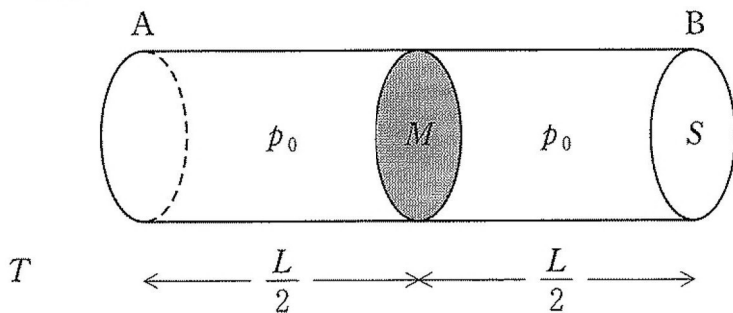


図 1

問 2

- (3) 次に、絶対温度 T のもとで、この円筒容器を図 2 のようにゆっくりと垂直に立てたところ、仕切りが移動し、A 側の空気の体積 V_A と B 側の空気の体積 V_B の比が $V_A : V_B = 1 : 2$ となる位置で静止した。鉛直下向きの重力加速度の大きさを g として、最初の空気の圧力 p_0 を求めなさい。

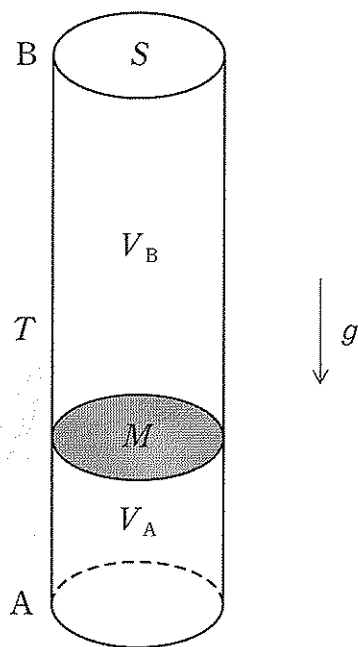


図 2

問 3

- (4) 再び、円筒容器を水平に保った状況に戻した。温度は T に保たれたままである。図 3 に示したように回転軸に円筒の A 側の端面を固定し、角速度 ω で回転させたところ、仕切りが移動し、A 側の空気の体積 V_A と B 側の空気の体積 V_B の比が $V_A : V_B = 2 : 1$ となる位置でつり合った。このときの角速度 ω を g と L を使って表しなさい。空気は一様だと考えなさい。また、仕切りの質量は仕切りの中央に集中していると考えなさい。

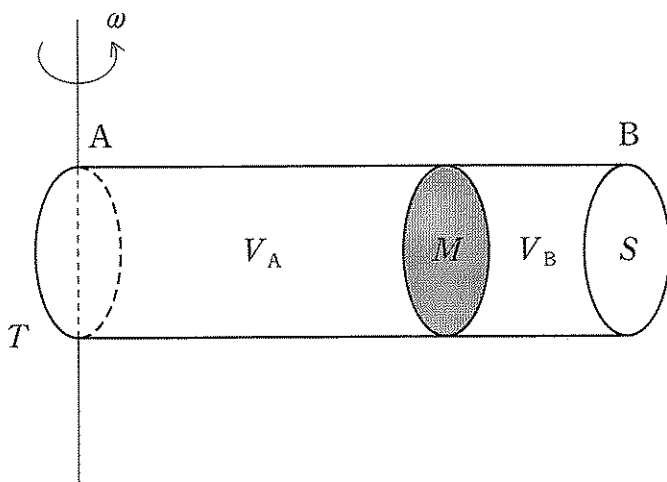


図 3

問 4

- (5) 円筒を回転軸から取り外し，図 2 に示した状況に再び戻した。円筒外の温度を変化させ，仕切りを A 側の端面から $\frac{2}{5}L$ の高さに持ち上げるときの温度を， T を用いて表しなさい。円筒内の空気の温度は常に円筒外の温度と平衡していると考えなさい。

