

2020年度

I a 物 理 問 題

注 意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は12ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI・IIとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

(3と解答する場合)

I. 次の文A～Gの空所 ～ それぞれにあてはまる数式または数値を解答用紙の所定欄にしるせ。

A. 空気抵抗を無視して、惑星の地表面すれすれの円軌道を周回する衛星の速さを第1宇宙速度と呼ぶ。火星の質量は地球の質量のおよそ0.11倍、火星の半径は地球の半径のおよそ0.53倍である。火星の第1宇宙速度が地球の第1宇宙速度のX倍であるとすると、Xにもっとも近い値は、次の6つの値のうち である。

0.058

0.21

0.46

2.2

4.8

17

B. 図1のように、同じ質量 M を持つ4つの星が互いの万有引力によって、1つの平面内で正方形の頂点の位置を保ちながら、原点 O を中心とした半径 r の円周上を、同じ向きに等しい角速度で等速円運動をしている。万有引力定数を G とすると、その角速度は である。

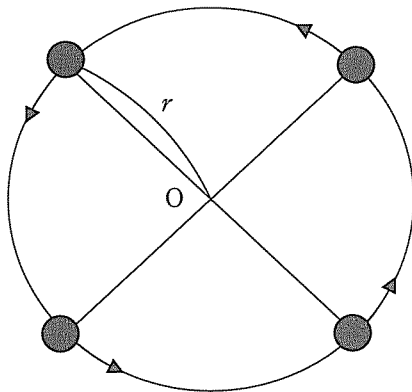


図1

C. 図2のように鉛直上向きの磁束密度の大きさ B の一様な磁場中に、間隔 L で平行な金属レールを水平面内に設置し、それらを抵抗値 R の抵抗と電気容量 C のコンデンサーで接続する。この上に長さ L 、質量 m の金属棒をレールに垂直にのせる。金属棒に力を加え、図2のようにレールに対して垂直に保ったまま一定の速さ v で動かした。充分な時間が経過し、コンデンサーに蓄えられた電荷が一定値とみなせるようになった後を考える。ただし、この回路の自己インダクタンス及びレールと金属棒の間の摩擦は無視できるものとする。また、レールと金属棒の抵抗は無視できるものとする。このとき、金属棒の両端にあらわれる起電力の大きさは であり、コンデンサーに蓄えられた電荷の大きさは である。また、この運動を保つためには金属棒が図2のように動く方向を正として の力を金属棒に加え続ける必要がある。

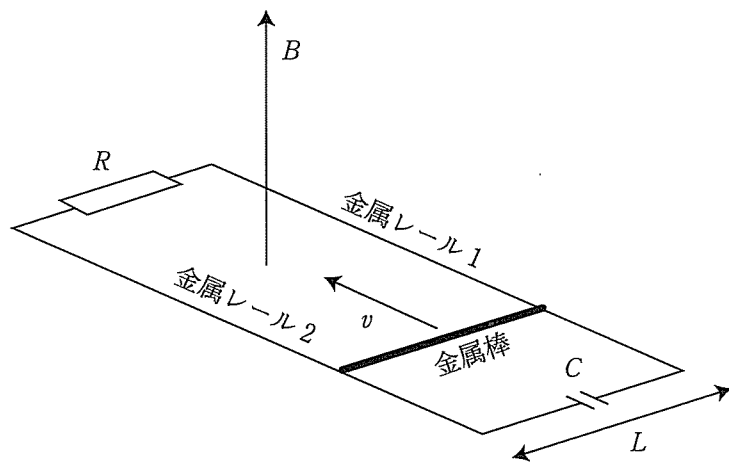


図2

D. 一辺の長さが a の正方形の 4 つの頂点にそれぞれ電気量 Q の点電荷が固定されている。正方形の同一平面上で 4 つの頂点から等距離にある点を C とする。クーロンの法則の比例定数を k とする。無限速で静止している電気量 q の点電荷を C までゆっくり移動させて静止させるのに必要な仕事は である。

E. 物体 A にはある時刻 $t = 0$ において ^{134}Cs と ^{137}Cs が同数含まれていたことが分かっている。 ^{134}Cs の半減期を T_1 , ^{137}Cs の半減期を T_2 とする。その後、物体 A 中の ^{134}Cs に対する ^{137}Cs の個数比が r となる時刻は である。ただし、 $T_1 < T_2$, $r > 1$ とする。

F. 図3のように、長さ $1.0 \times 10^2 \text{ mm}$ の2枚の平らなガラス板を重ね、一端に薄い紙を挟んだ。真上から波長 $5.0 \times 10^2 \text{ nm}$ の単色光をあてて真上から観察すると、くさび形の空気層を挟んで下のガラス板の上面で反射した光と上のガラス板の下面で反射した光が干渉して等間隔の干渉縞が見えた。干渉縞の間隔は $4.0 \times 10^{-1} \text{ mm}$ であった。空気の屈折率を 1.0 とすると、紙の厚さは mm である。(解答は有効数字2桁でしるせ。)

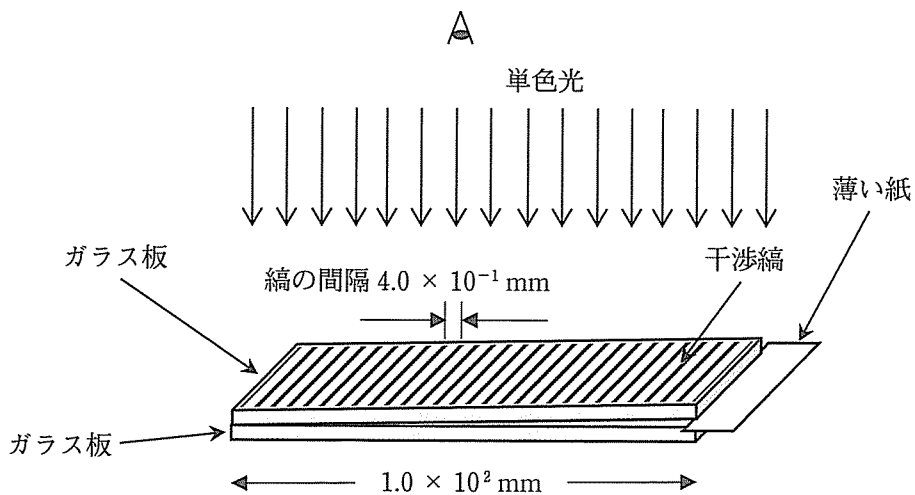


図3

G. 単原子分子理想気体が圧力 P と体積 V の間に $P = \frac{P_0}{V_0} (V - V_0) + 2P_0$ という関係を満たしながら $V = V_0$ から $V = 2V_0$ まで膨張した。このとき、気体が外部にした仕事は である。

II. 次の文を読み、下記の設問 1～4 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

一様な重力場での質量 m の小球の運動を考える。鉛直上方に z 座標をとり、地面を原点とする。小球は z 軸上を運動するものとする。小球を高さ z_1 から初速度 0 で自由落下させた。小球は高さ z_2 に達した後、重力に加えて上向きの一定の外力 F を受けて減速し、ちょうど速度が 0 になったときに地面に到達した。時刻 $t = 0$ に小球が自由落下を始めたとし、重力加速度の大きさを g とする。

1. 高さ z_2 に達したときの小球の速度を m, z_1, z_2, g のうち必要なものを用いて表せ。
2. 外力 F を受けながら落下しているときの小球の加速度を m, z_1, z_2, g のうち必要なものを用いて表せ。
3. 外力 F が小球にした仕事を m, z_1, z_2, g のうち必要なものを用いて表せ。
4. 小球が高さ z_2 及び地面に到達した時刻をそれぞれ t_1, t_2 とする。 t_1, t_2 を、 m, z_1, z_2, g のうち必要なものを用いて表せ。

【以下余白】

