

S_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の空所 にあてはまる語句を解答用紙の所定欄にするせ。また、次の文A～H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するせ。ただし、数値が整数ではない場合は有効数字2桁でしるせ。

A. 図1のように、ヘリウムガスを詰めた風船をひもに結びつけて自動車の床に固定する。この自動車が一定の加速度 a (> 0) で加速しているとき、車内の人から見て、風船は自動車の進行方向と 向きに傾いて静止した。このとき、ひもが鉛直方向に対してなす角の大きさを θ とすると、 $\tan \theta =$ である。ただし、重力加速度の大きさを g とせよ。



図1

B. 半径 5.0 km の円軌道を 1 時間かけて 1 周する電車がある。電車の運動を等速円運動とすると、その角速度は rad/s であり、この電車に乗っている人にはたらく遠心力の大きさは重力の % である。ただし、重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 とせよ。

C. 図2のような内半径 R_1 , 外半径 R_2 の球殻に, 単位体積あたり ρ の電荷が一様に分布している。この球殻の外側の電場の強さ E を, 球殻の中心からの距離 r の関数として表すと, $E(r) = \boxed{\text{お}}$ となる。ただし, 静電気力に関するクーロンの法則の比例定数を k_0 とせよ。

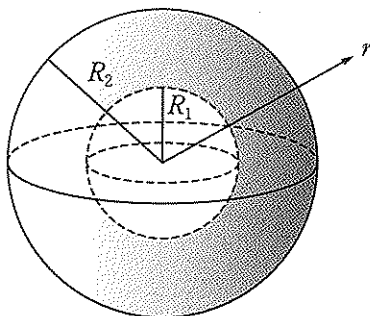


図 2

D. 図3のように、 $x \geq 0$ の領域に紙面に垂直に磁束密度 B の一様な磁場が存在する。抵抗値 R の抵抗がついた1辺の長さが a である正三角形の回路が、磁場のない領域から一定の速さ v で x 軸方向に運動して、磁場が存在する領域に進入した。このとき、回路には時間的に変動する電流が流れるが、その最大値は か である。ただし、正三角形は常に xy 平面内にあり、その一辺は x 軸に平行であるとする。

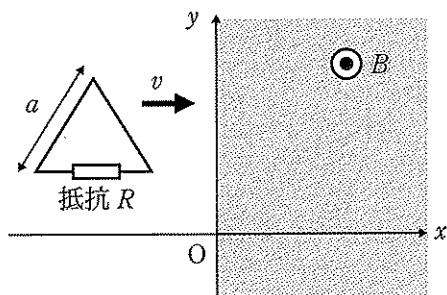


図3

E. n mol の単原子分子理想気体を、 P_0 と V_0 を定数として $T = \frac{P}{nR} \left(3V_0 - \frac{P}{P_0} V_0 \right)$ で与えられる温度 T と圧力 P の関係を保ちながら、圧力を $P = 2P_0$ から $P = P_0$ まで変化させた。このとき、気体が外部にした仕事は き である。ただし、 R を気体定数とする。

F. 超音波のドップラー効果を用いて物体の速度を計測することができる。今、ある物体が静止している観測者に向かって運動している。この物体に対して観測者は振動数 1.0×10^2 kHz の超音波を発し、反射された超音波の振動数を測定したところ、元の振動数と比べて 1.0 kHz 大きかった。物体は観測者と結ぶ直線上を速さ V で等速直線運動をしているとすると $V =$ く m/s である。ただし、音速を 3.4×10^2 m/s とする。

G. 内部抵抗が無視できる起電力 V の電池，電気容量 C のコンデンサー，抵抗値 R の抵抗とスイッチが直列に接続された回路がある。最初スイッチは開いていてコンデンサーには電荷が蓄えられていないものとする。スイッチを閉じて充分時間が経ち，コンデンサーが充電された。この間に電池は の仕事をし，抵抗で熱として消費されたエネルギーは である。

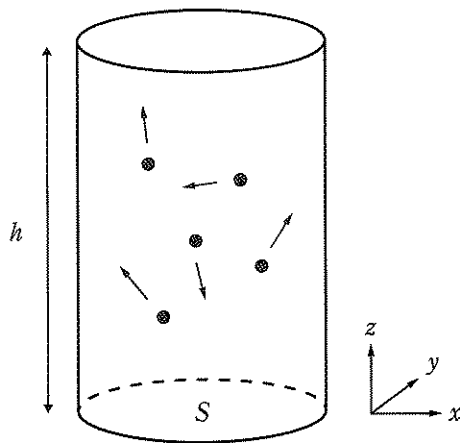
H. ${}^{235}_{92}\text{U}$ (ウラン) は α 崩壊を 回， β 崩壊を 回行って，最終的には安定な ${}^{207}_{82}\text{Pb}$ (鉛) になる。

【必要があれば、このページは計算用紙に使用してよい】

II. 次の文の空所 ~ それぞれにあてはまる数式を、解答用紙の所定欄にしるせ。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

図のような高さ h 、底面の面積 S の円筒状の容器に、質量 m の単原子分子 N 個からなる気体を入れる。底面に平行な面内に x 軸と y 軸をとり、円筒の中心軸に平行に z 軸をとる。以下の計算では、分子同士の衝突および分子自身の大きさは無視できるものとする。また、分子は壁と常に弾性衝突するものとする。

まずは簡単のために、重力の影響は無視できるものとする。ある1個の分子の容器上面に衝突する直前の速度を $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ とすると、この分子が容器上面に衝突したときにおよぼす力積の大きさは である。分子が往復し、再び上面に衝突するのに要する時間を t とすると、 $t =$ であり、分子は単位時間あたり $1/t$ 回上面に衝突する。したがって、上面が1個の分子から受ける力の大きさを時間的に平均した値は となる。 N 個の分子の v_x^2, v_y^2, v_z^2 の平均をそれぞれ $\overline{v_x^2}, \overline{v_y^2}, \overline{v_z^2}$ 、 $v^2 = |\vec{v}|^2$ の平均を $\overline{v^2}$ と表すと、分子は方向に関係なくランダムに運動しているから、 $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \frac{\overline{v^2}}{3}$ である。上面がこの N 個の分子からなる気体から受ける圧力 P を N, m, h, S 、および $\overline{v^2}$ を用いて表すと、 $P =$ となる。この気体を加熱して絶対温度を a 倍にすると、分子の2乗平均速度 ($\sqrt{\overline{v^2}}$) は 倍になるということが、理想気体の状態方程式を用いるとわかる。



図

次に、重力の影響が無視できない場合を考える。ある1個の分子の容器底面に衝突した直後の速度を $\vec{u} = (u_x, u_y, u_z)$ とすると、 $u_z \geq$ のとき、この分子は容器上面との間を往復することができる。このとき、分子が往復して再び底面に衝突するのに要する時間は であり、底面が1個の分子から受ける力の大きさを時間的に平均した値は となる。一方、 $u_z <$ のとき、この分子は容器上面まで到達することはできず、底面とのみ衝突を繰り返す。このときは、底面が1個の分子から受ける力の大きさを時間的に平均した値は となる。上面の圧力を P_h 、底面の圧力を P_0 とし、以上の考察を踏まえて $P_0 - P_h$ を N, m, g, h, S のうち必要なものを用いて表すと、 となる。

【以下余白】

