

物 理

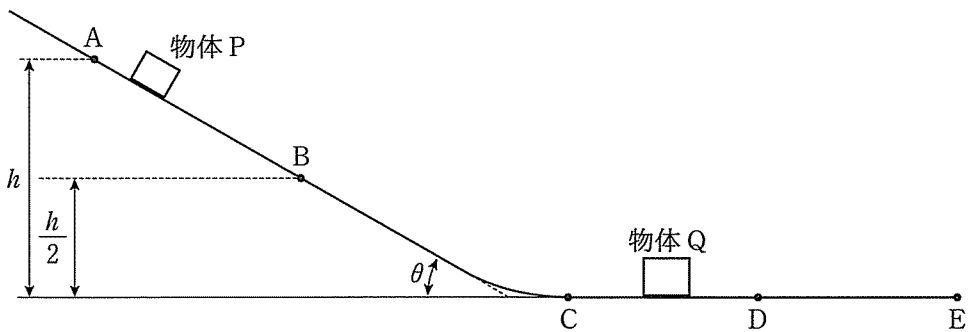
注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は7ページである。
3. 「解答始め」の合図があつたら、まず、黒板に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、解答用紙をミシン目に沿って落ち着いて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に横書きで記入すること。

- 1 図に示すように、水平面から A 点までの高さが h [m]、B 点までの高さが $\frac{h}{2}$ [m]、水平面となす角度が θ の斜面があり、その先に水平面 C-E がなめらかに続いている。C 点と D 点の間には質量 M [kg] の物体 Q が静止している。質量 m [kg] の物体 P を A 点に静かに置いたところ、物体はすべり始め、やがて物体 Q に衝突した。その後、物体 Q は E 点手前まで移動して止まった。

物体 P、物体 Q と斜面 A-C および水平面 C-D との間には摩擦はなく、これらの物体と水平面 D-E との間の動摩擦係数は μ である。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、次の問いに答えよ。ただし、物体 P、物体 Q の大きさは無視できるものとする。

- (1) 物体 P の B 点における速さ v_B [m/s] を求めよ。
- (2) 物体 P の C 点における速さ v_C [m/s] を求めよ。
- (3) 衝突後の物体 Q の D 点からの移動距離 x_Q [m] を求めよ。ただし、物体 P と物体 Q の間の反発係数は 0.50、 $M = 4m$ [kg]、 $\mu = \frac{1}{20}$ とする。

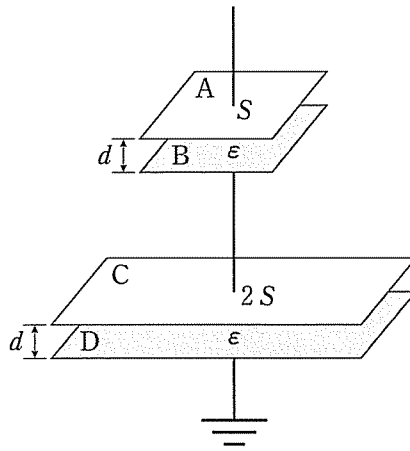


図

問題は次ページに続く。

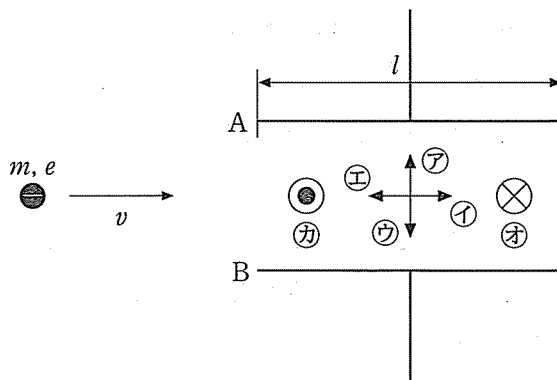
2 面積 $S[\text{m}^2]$ の導体板 A, B と面積 $2S[\text{m}^2]$ の導体板 C, D に図(a)のように導線を接続し、導体板 D からの導線を接地した。導体板 A と B および導体板 C と D はそれぞれ平行に配置されており、その間隔は $d[\text{m}]$ である。空気の誘電率を $\epsilon[\text{F/m}]$ とし、A, B 間および C, D 間の電界は一樣で導体板の端の部分の影響は受けないものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 回路全体の合成容量 $C_0[\text{F}]$ を求めよ。
- (2) 導体板 A に $+Q[\text{C}]$ ($Q > 0$) の電荷を与えたとき、導体板 B, C, D の電荷はそれぞれいくらになるか答えよ。
- (3) (2) のときの導体板 A, B 間の電位差および導体板 A, B 間における電界(電場)の向きと大きさを答えよ。
- (4) (2) のときに回路全体に蓄えられている静電エネルギーを $U_0[\text{J}]$ とする。導体板 D を導体板 C と平行に保ったまま下方に $d[\text{m}]$ だけ移動したとき、回路全体に蓄えられる静電エネルギーは U_0 の何倍になるか答えよ。



図(a)

- (5) (2)の状態、図(b)のように導体板 A, B の中間面に電子を左から水平右向きに速度 v [m/s] で射出した。電子が導体板の右端に達したときの電子の位置は、A, B の中間面から A, B どちらの方向に何 m 離れているか求めよ。ただし、導体板 A, B の幅を l [m], A, B 間の電界を E [V/m], 電子の質量を m [kg], 電荷を $-e$ [C] ($e > 0$) とし、電子に働く重力は無視できるものとする。また、C, D の導体板は射出された電子に影響を与えないものとする。
- (6) (5)の状態に対して、外部から磁束密度 B [T] の一様な磁界(磁場)を加えて、電子が導体板 A, B の中間面内を水平右向きに直線運動をするようにしたい。磁束密度 B [T] の大きさはいくら必要か求めよ。また、磁束密度 B [T] の向きを図(b)の記号から選んでその記号を答えよ。ただし、磁界は導体板 A, B 間の空間のみに加えられるものとする。



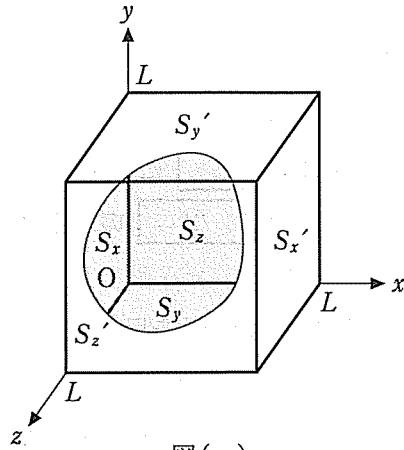
図(b)

3 熱運動する質量 m [kg] の気体分子 N 個を含む一辺の長さが L [m] の立方体の容器を考え、容器内の気体分子の熱運動と容器の内面が受ける圧力との関係について考えてみる。容器の座標を図(a)のようにとり、容器の内面を $S_x, S_x', S_y, S_y', S_z, S_z'$ として、気体分子がこれらの壁で完全弾性衝突するモデルを考える。

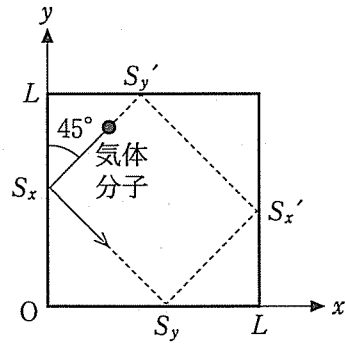
i 番目の気体分子が v_i [m/s] の速さで壁 S_z に平行な面内を運動していて、図(b)のように壁 S_x に角度 45° で衝突するとする。この気体分子は壁 S_x で反射した後、壁 $S_y \rightarrow$ 壁 $S_x' \rightarrow$ 壁 S_y' の順に反射し、再び壁 S_x 上の元の位置に衝突するという運動を繰り返す。

- (1) i 番目の気体分子が最初の衝突で壁 S_x に与える力積を求めよ。
- (2) この気体分子が壁 S_x に衝突してから、次に壁 S_x に衝突するまでに進む距離を求めよ。
- (3) この気体分子が 1 秒間に壁 S_x に与える平均の力の大きさを求めよ。
- (4) 気体分子のうち $\frac{N}{3}$ 個ずつが、それぞれ壁 S_x に平行な面内、壁 S_y に平行な面内、壁 S_z に平行な面内を運動していて、そのすべてが壁に 45° で衝突するとする。分子数 N が十分に多ければ、気体分子が壁に与える平均の力の大きさは常に一定と見なせる。同じ面内を運動している $\frac{N}{3}$ 個の気体分子が壁に与える平均の力の大きさを F [N] とし、 N 個の気体分子全体により壁が受ける圧力の大きさを求めよ。

- (5) 気体分子の速さの2乗を平均した値が $\overline{v^2}$ であるとする。この $\overline{v^2}$ と容器の容積 $V[\text{m}^3]$ ，質量 $m[\text{kg}]$ ，気体分子の数 N を用いて，壁が受ける圧力を表せ。分子同士の衝突は無視してよい。



図(a)



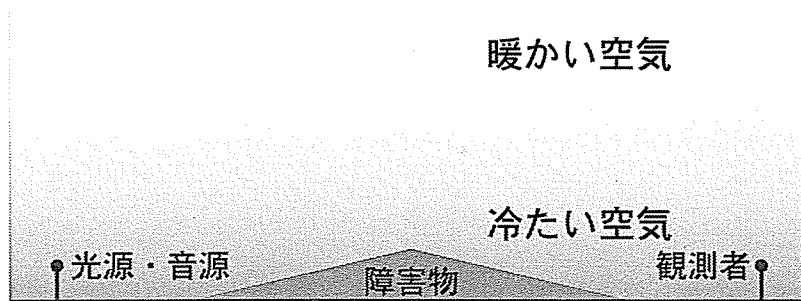
図(b)

4 光も音も波動として扱うことができることを踏まえて、次の問いに答えよ。

- (1) x 軸上で正の方向へ直進する波動を考える。時刻 t に x 軸上のある地点 x において観測される波動を表す物理量 y は、次式で表現できるものとする。

$$y = A \sin(kx - \omega t)$$

- (a) $t = 0$ において見られる波動の形を、答案用紙に記された x 軸、 y 軸を利用して図示せよ。
- (b) 光(電磁波)の伝播の場合、 A は に比例する量である。また、空気中を伝播する音の場合、 y は の変化を表す。①、②それぞれの枠に当てはまる語句を答えよ。
- (2) 波動の伝播速度 v を、(1)の式中に現れた変数を用いて表せ。
- (3) 道路を移動する自動車の中で、道路上にある同一の静止した物体から同時に発生した光と音を観察する状況を考える。車内の観察者には、この音の高さの変化は認識できても、この光の色の変化を認識するのは非常に難しい。
- (a) このように音の高さが変化する現象を何と呼ぶか答えよ。
- (b) 上記のように、音の高さの変化は認識できても色の変化を認識するのが非常に難しい理由を、30文字以上60文字以下で説明せよ。
- (4) 図のように、地表付近から上空に向かって徐々に気温が高くなるような場合、普段直接見ることができない遠方の景色が見えたり、普段聞こえない遠方からの音が聞こえたりする。光と音の共通点を踏まえて、これらの現象が起きる仕組みを、50文字以上96文字以下で説明せよ。



図

