

物 理

I 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。

図のように、中心軸が鉛直方向に向いた円すい形の容器が設置されている。その頂点をO、中心軸と側面間の角度を θ とする。この容器の内面に沿って矢印の向きに質点が運動する場合を考える。

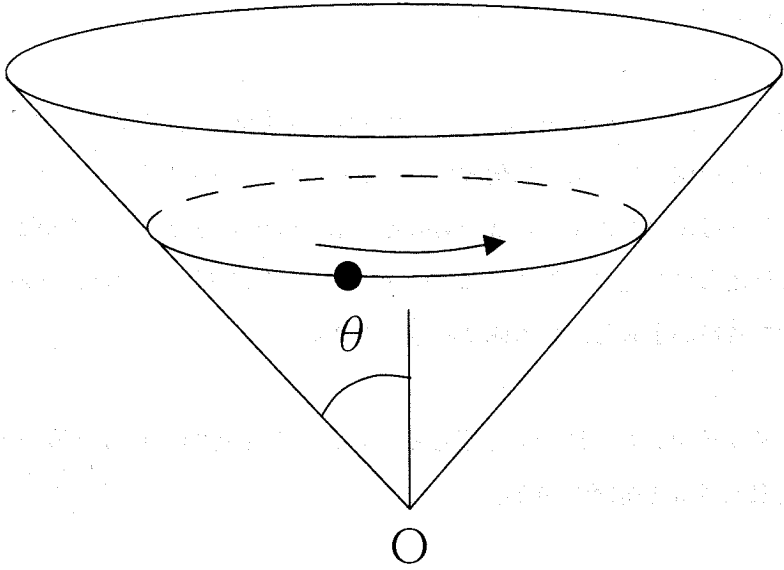
文中に与えられた記号の他に問題の解決に必要な物理量があれば、それを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。

問1 質点が頂点Oからある高さで等速円運動している。このときの角速度をその高さを用いて表しなさい。その導出の過程も書きなさい。ただし、質点と容器内面との摩擦はないものとする。

問2 質点が電荷をもち、一様な磁界が鉛直上向きにかかっているとす。質点がある角速度で等速円運動しているとき、質点の頂点Oからの高さをその角速度を用いて表しなさい。その導出の過程も書きなさい。ただし、前問と同様に質点と容器内面との摩擦はないものとする。

問3 質点が電荷をもち、質点と容器との間に小さな動摩擦力が働く場合を考える。質点が問1と同じ高さで角速度で水平に運動をはじめたとす。じゅうぶん時間がたったのちに質点は頂点Oに移動し静止した。

- ① この間、質点はどのような運動をするのか述べなさい。
- ② 質点が失ったエネルギーを求めなさい。その導出の過程も書きなさい。
- ③ この失ったエネルギーはどうなったのか説明しなさい。



II 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。

起電力 V の電池、容量が等しいコンデンサー 3 個およびスイッチ A から G を抵抗の小さな導線で図のように配線する。最初はすべてのスイッチが開いていて、コンデンサーは電荷を蓄えていないものとする。図中の点 O の電位をゼロとする。

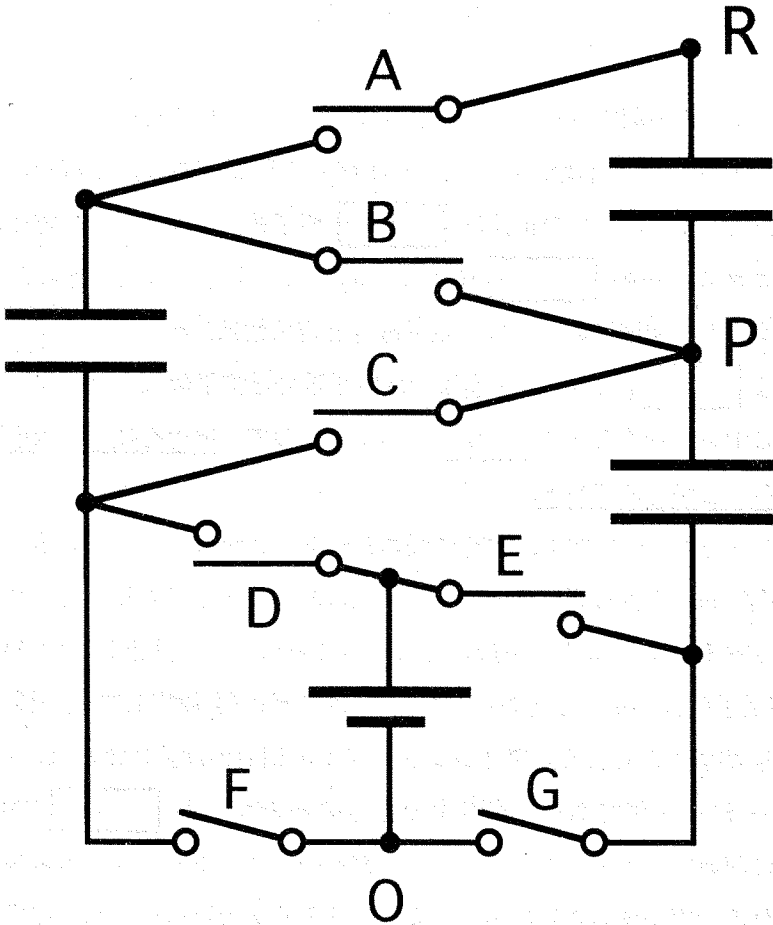
文中に与えられた記号の他に問題の解決に必要な物理量があれば、それを表す記号はすべて各自が定義し、解答欄に明示しなさい。

問 1 スイッチ A, C, D, G を閉じる。じゅうぶん時間がたった後の点 P および点 R の電位を求めなさい。

問 2 次に、スイッチをいったんすべて開いてからスイッチ B, E, F を閉じる。じゅうぶん時間がたった後の点 P および点 R の電位を求めなさい。その導出の過程も書きなさい。

問 3 問 2 において、スイッチを閉じてからじゅうぶん時間がたつまでに回路全体から発生するジュール熱を求めなさい。その導出の過程も書きなさい。

問 4 次に、スイッチをいったんすべて開いてからスイッチ A, C, D, G を閉じる。じゅうぶん時間がたった後の点 P および点 R の電位を求めなさい。その導出の過程も書きなさい。



Ⅲ 次の文章を読んで、問1および問2に答えなさい。

原子核の中には放射線を放出して、より安定な原子核に崩壊するものがある。原子核の主な崩壊には α 崩壊、 β 崩壊、 γ 崩壊の3種類があり、それぞれ α 線、 β 線、 γ 線を放出する。 α 線の正体は 原子核、 β 線の正体は電子、 γ 線の正体は高エネルギーの である。崩壊前の原子核の原子番号と質量数を (Z, A) とすると、崩壊後の原子核の原子番号と質量数は、 α 崩壊では 、 β 崩壊では になる。 γ 崩壊では原子番号と質量数は変化しない。荷電粒子が磁界の中を運動するとき 力が働くので、磁界を使って放射線の種類を同定することが可能である。

β 崩壊では電子だけでなく、同時に反ニュートリノが放出されている。反ニュートリノは電氣的に中性な素粒子で、その質量はあったとしても極めて小さい。ここでは反ニュートリノには質量が無いと考えることにする。静止した原子核 N_1 (質量 m_1)が電子(質量 m_e)と反ニュートリノ(質量ゼロ)を放出して原子核 N_2 (質量 m_2)へ β 崩壊するとしよう。アインシュタインの相対性理論によれば、質量 m とエネルギー E は等価であり、真空中の光速を c とすると の関係がある。崩壊の前後で全エネルギー、すなわち質量のエネルギーと運動エネルギーの和は保存される。原子核の質量は電子や反ニュートリノの質量に比べて非常に大きいので原子核 N_2 の運動エネルギーは無視できる。したがって、電子と反ニュートリノの持つ運動エネルギーをそれぞれ K_e 、 K_ν とすると、 $K_e + K_\nu =$ であり、 $K_\nu = 0$ のときに電子の運動エネルギーが最大になる。この考え方をを用いて、静止した中性子が β 崩壊するとき放出される電子の最大運動エネルギーを計算すると [J]になる。

問1 文中の空欄 から にあてはまるもっとも適切な語句、記号、数字、または式を答えなさい。そのうち、 については有効数字2桁で答えなさい。ただし、電子の質量を 9.1×10^{-31} [kg]、陽子の質量を 1.67262×10^{-27} [kg]、中性子の質量を 1.67493×10^{-27} [kg]、真空中の光速を 3.00×10^8 [m/s]とする。

問 2 下線部について、 α 線、 β 線、 γ 線が磁界を通過するときどのような軌道をとるか、その概略を図示し、理由を簡単に説明しなさい。放射線は答案用紙左側から右側に放出される。磁界は図に示された領域に存在し、答案用紙に対して垂直上向きで一様な強さである。

