

2019年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
 - 2 問題冊子は「物理」2～7ページ、「化学」8～19ページ、「生物」20～29ページ、「地学」30～35ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」5枚、「生物」4枚、「地学」3枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
 - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
 - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
 - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
 - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
 - 7 **理学部の受験者は、次により解答すること。** なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) **数学科・生物学科・地球学科・理科選択**を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - (2) **物理学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) **化学科**を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - 8 **工学部の受験者は**、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
 - 9 **医学部医学科の受験者は**、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - 10 **生活科学部食品栄養科学科の受験者は**、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
 - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
 - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- | | |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

(空 白)

物 理

第 1 問 (35 点)

図1のように、地球の中心を E とし、球形のカプセルの中心 O が、 E を中心とした等速円運動を行っている。ここで、カプセルの重心は O と一致している。EO 間の距離は r である。地球の質量を M 、万有引力定数を G とし、地球がおよぼす万有引力は、地球の全質量が中心に集まった場合と等しくなることを用いて、以下の問いに答えよ。

問 1 カプセルの中心の速さ、等速円運動の周期、および角速度を求めよ。

図2のように、 E と O を結ぶ直線を x 軸とし、 O を原点とする。 E から O に向かう向きを x 軸の正の向きとする。カプセルの中に、質量の無視できる長さ $2l$ の細い円筒を設置した。ここで、円筒の端は $x = -l$ および $x = l$ であり、円筒の中心軸は、常に x 軸と一致させている。

質量 m の小球を、円筒内の $x = x_0$ ($x_0 > 0$) に静かに置いたところ、 x 軸の正の向きに動き始めた。ここで、小球は円筒の中を、 x 軸にそって、なめらかに動くことができる。小球の質量はカプセルの質量に比べて十分小さく、また、カプセルと小球間に働く万有引力は無視できるとして、以下の問いに答えよ。

問 2 小球が位置 x ($x_0 \leq x \leq l$) にあるとき、小球に働く万有引力の x 成分を求めよ。ただし、 $\frac{x}{r} \ll 1$ と考え、 $|a| \ll 1$ に対する近似式 $\frac{1}{(1+a)^n} = (1+a)^{-n} \approx 1 - na$ を用いよ。

問 3 円筒とともに回転する観測者からみたとき、位置 x にある小球に働く力の x 成分 F を、 x の関数として求めよ。ただし、問 2 の結果を用いよ。また、解答用紙のグラフに、 F を x の関数として描け。

問 4 $x = x_0$ から $x = l$ まで小球が動く間に、 F が小球に対してした仕事を求めよ。

問 5 小球が円筒から出る瞬間の速度の x 成分を求めよ。

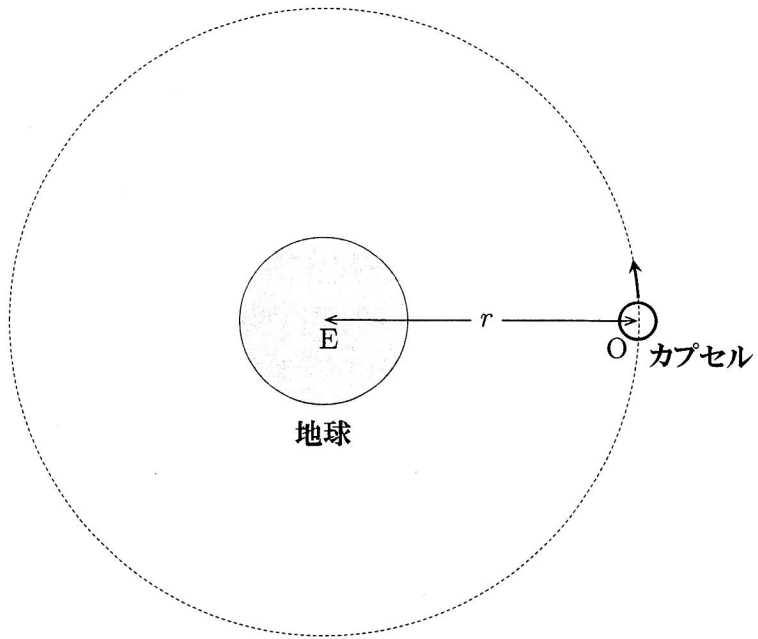


図 1

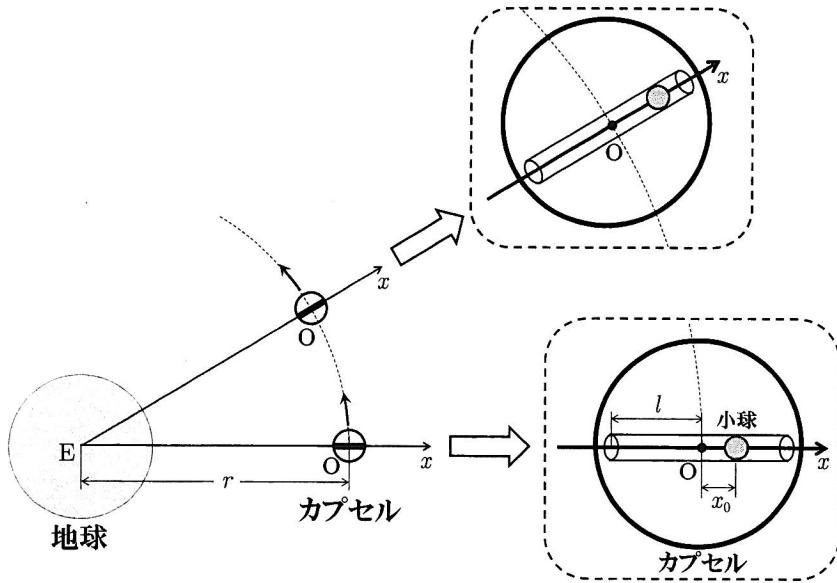


図 2

物 理
第 2 問 (35 点)

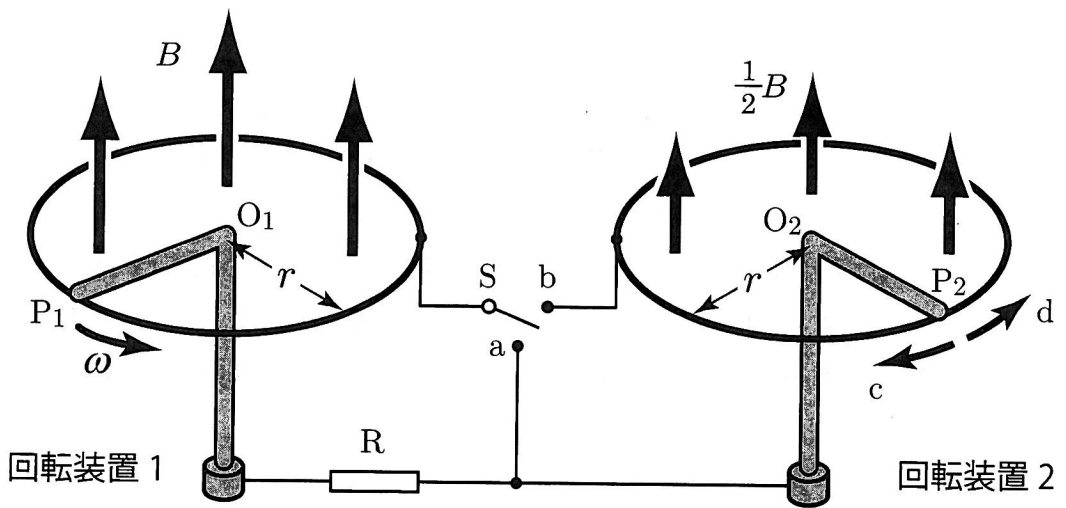
図の回転装置 1 は、半径 r の円形導線と、その中心 O_1 の周りで自由に回転できる長さ r の導体棒 O_1P_1 からなる。 P_1 は円形導線に接していて、 O_1P_1 の回転の角速度は常に一定値 ω に保たれている。 また回転装置 2 は、半径 r の円形導線と、その中心 O_2 の周りで自由に回転できる長さ r の導体棒 O_2P_2 からなり、 P_2 は円形導線に接している。 最初、 O_2P_2 は静止している。 それぞれの回転装置の円形導線は水平面上にある。 回転装置 1 の円形導線の円周内には磁束密度の大きさが B の一様な磁場が鉛直上向きにかけられていて、 回転装置 2 の円形導線の円周内には磁束密度の大きさが $\frac{1}{2}B$ の一様な磁場が鉛直上向きにかけられている。 これらの装置にスイッチ S 、 および抵抗値 R の抵抗 R を、 図のように接続した。 R 以外の電気抵抗、 摩擦、 および誘導電流がつくる磁場は無視する。 以下の問いに答えよ。

まず、 S を a 側に接続する。

- 問 1 O_1P_1 が単位時間あたりに通過する面積を求めよ。
- 問 2 O_1P_1 が単位時間あたりに横切る磁束と誘導起電力の大きさが等しいとして、 O_1P_1 に生じる誘導起電力の大きさを求めよ。 また、 O_1 と P_1 ではどちらの電位が高いかを答えよ。
- 問 3 O_1P_1 に電流が流れるため、 O_1P_1 は磁場から力を受ける。 この力は、 O_1P_1 の中点に集中していると考えてよい。 この力に逆らって O_1P_1 の角速度を ω に保つためには、 O_1P_1 の中点にその運動方向に外力を加え続けなければならない。 この外力の大きさを求めよ。

次に S を b 側に切り替えたところ、 回転装置 2 の O_2P_2 も回転を始めた。 回転装置 1 の O_1P_1 の回転の角速度は常に一定値 ω に保たれている。

- 問 4 O_2P_2 は図の c , d のどちら向きに回転をするかを、 理由とともに答えよ。
- 問 5 O_2P_2 の角速度が ω' となったとき、 R に流れる電流の大きさを求めよ。
- 問 6 十分時間が経過したのち、 O_2P_2 は一定の角速度 ω_2 で回転するようになった。 ω_2 を求めよ。 またこのとき、 R で消費される電力を求めよ。



物 理
第 3 問 (30 点)

原子核の性質に関連する以下の問いに答えよ。

質量数 A 、原子番号 Z の不安定な原子核 X が原子核 Y に α 崩壊した。はじめ原子核 X は静止していた。原子核 X 、 Y 、 α 粒子の質量をそれぞれ M_0 、 M_1 、 m とする。ただし、 $M_0 > M_1 + m$ である。また、真空中の光の速さを c とせよ。

問 1 この α 崩壊で発生する運動エネルギーを求めよ。

問 2 α 粒子の運動エネルギーを求めよ。

問 3 α 崩壊でつくられる運動エネルギー K の α 粒子を金ぱく ($^{197}_{79}\text{Au}$) に大量にあてたところ、 α 粒子の大部分は金ぱくを素通りして直進したが、ごく一部は Au 原子核に散乱された。 α 粒子は Au 原子核に比べ十分に軽く、Au 原子核は α 粒子を散乱するとき動かないものとする。 α 粒子と Au 原子核が最も近づいたときの距離 r を求めよ。ただし、電気素量を e 、電気力に関するクーロンの法則の定数を k_0 とせよ。また、はじめ α 粒子は Au 原子核から十分に離れていたの、そのときの無限遠点を基準にした電気力による位置エネルギーは 0 とみなすものとする。

天然の放射性元素ウラン $^{238}_{92}\text{U}$ 、ウラン $^{235}_{92}\text{U}$ は放射性崩壊する。

問 4 $^{235}_{92}\text{U}$ 原子核が n 回の α 崩壊と k 回の β 崩壊を経て、ラジウム $^{223}_{88}\text{Ra}$ が生じた。 n と k を求めよ。

問 5 $^{235}_{92}\text{U}$ の半減期を 7.5×10^8 年、 $^{238}_{92}\text{U}$ の半減期を 4.5×10^9 年とする。現在、地上における $^{235}_{92}\text{U}$ と $^{238}_{92}\text{U}$ の天然の存在比は 1 : 140 である。 4.5×10^9 年前の存在比を求めよ。

問 6 $^{235}_{92}\text{U}$ 原子核 1 個が、遅い中性子との衝突により核分裂するとき、 2.0×10^8 eV のエネルギーを放出するものとする。毎秒 1.1×10^{-7} kg の $^{235}_{92}\text{U}$ が核分裂するとき、1 秒間に放出されるエネルギーを J (ジュール) 単位で求めよ。ただし、電気素量 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C、アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ /mol とする。

(空 白)

