

# 前期日程

平成29年度入学試験（前期日程）

## 理科（物理・化学）

（ 医 学 部 ）

—— 解答上の注意事項 ——

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で10ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は **1** から **4** まで4問あります。解答は、必ず解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
6. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1

地球を半径  $R$ 、一様な密度で質量  $M$  の球とし、万有引力定数を  $G$  とする。地球の回転や大気による摩擦はないものとし、以下の問いに答えよ。

(1) 地表での重力加速度の大きさを、 $R$ 、 $M$ 、 $G$  を用いて表せ。

質量  $m$  の人工衛星が地球の中心から半径  $r_1$  で等速円運動をしているとする。

(2) 人工衛星の速度の大きさを求めよ。

(3) 人工衛星の持つ力学的エネルギーを求めよ。ただし、無限遠点を万有引力による位置エネルギーの基準点とする。

図に示すように、軌道半径  $r_1$  で等速円運動している衛星を点 A において進行方向に加速し、元の速度の  $\alpha$  倍にすることで、点 B で半径  $r_2$  の円に接する楕円軌道にのせる。A 点で加速した後、エネルギー保存則と面積速度一定の法則はなりたっている。

(4) 図に示す楕円軌道にのせるために必要な  $\alpha$  を求めよ。

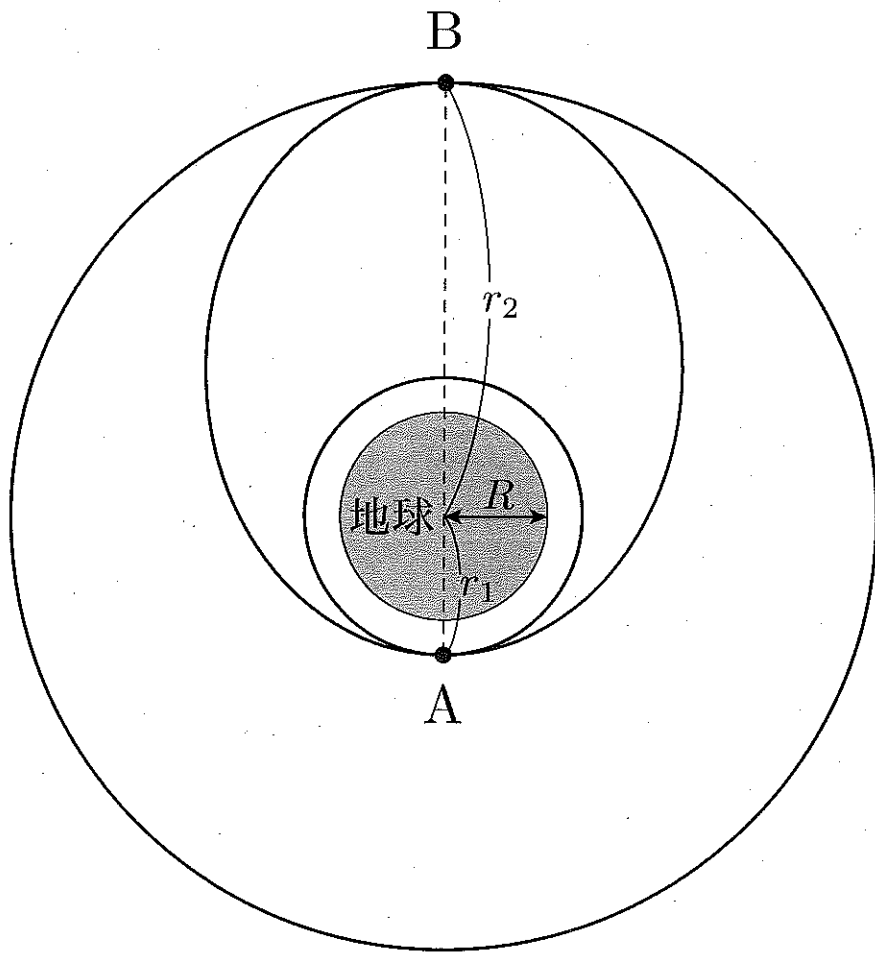
点 A における加速は、衛星がその一部を進行方向と逆向きに押し出すことの反作用によりなされた。このとき、加速は短時間でおこり、押し出された物体は点 A で静止した。

(5) 衛星から押し出された物体の質量を  $\alpha$  と  $m$  を用いて表せ。

衛星が楕円軌道上で点 B に達した時に、再度、衛星を進行方向に加速することで、軌道半径  $r_2$  の等速円運動に移行させる。この等速円運動が赤道上空でおこり、その周期が地球の自転周期と一致するとき、衛星は静止衛星となる。

(6) 静止衛星の軌道半径としてもっとも近い値を以下の (a)~(f) から選べ。ただし、地表の重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、地球の半径  $R$  を  $6400 \text{ km}$  とする。

- (a) 6500 km            (b) 13000 km            (c) 26000 km  
(d) 42000 km            (e) 65000 km            (f) 130000 km



2

図1のように、質量  $m$ 、長さ  $L$ 、断面積  $S$ 、抵抗率  $\rho$  の導体棒  $XY$  の両端に、質量の無視できる変形しない導線を垂直に接続し、導体棒  $XY$  が水平を保って動けるように空中につるした。導体棒  $XY$  には、 $X$  から  $Y$  に向かって電流  $I_1$  が流れている。以下の問いに答えよ。ただし、円周率を  $\pi$  とする。

- (1) 点  $X$  の電位を  $V_X$ 、点  $Y$  の電位を  $V_Y$  とする。電位差  $(V_X - V_Y)$  を求めよ。

鉛直方向に一様な磁場をかけ、その磁場を徐々に強くしていったところ、磁束密度の大きさが  $B$  のときに、導線は図2のように、鉛直方向からの角度が  $\theta$  となって静止した。

- (2) 導体棒  $XY$  に流れている電流が磁場から受ける力の大きさを、 $L$ 、 $I_1$ 、 $B$  を用いて表せ。

- (3) この磁場の向きは鉛直  ア. 上向き  イ. 下向き  である。 の中で正しいものをア、イから選択せよ。

- (4) 導線の張力、導体棒に加わる重力、および導体棒が磁場から受ける力のつり合いから、 $B$  を  $m$ 、 $L$ 、 $I_1$ 、 $\theta$ 、および重力加速度の大きさ  $g$  を用いて表せ。

磁場をかけていない図1の状態に、大きさ  $I_2$  の電流が流れている十分に長い導体棒  $P$  を置いたところ、図3のように導線の鉛直方向からの角度が  $\varphi$  で導体棒  $XY$  は静止した。このとき、2本の導体棒は平行で同じ高さにあり、導体棒間の距離が  $d$  であった。

- (5) 導体棒  $P$  が導体棒  $XY$  の位置に作る磁束密度の大きさを、 $I_2$ 、 $d$ 、および空気の透磁率  $\mu$  を用いて表せ。

- (6) 電流の大きさ  $I_2$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $d$ 、 $\varphi$ 、 $L$ 、 $I_1$ 、 $\mu$  を用いて表せ。

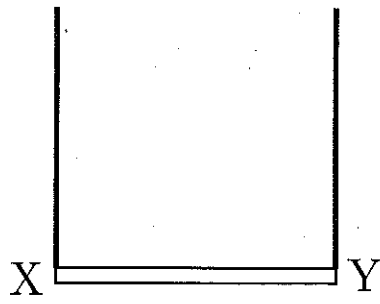


图 1

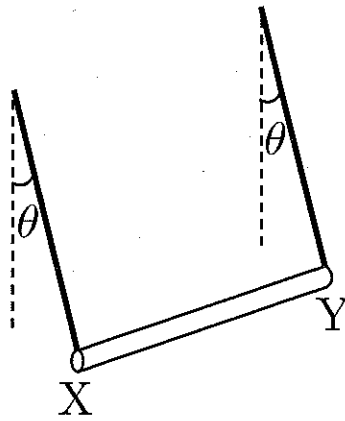


图 2

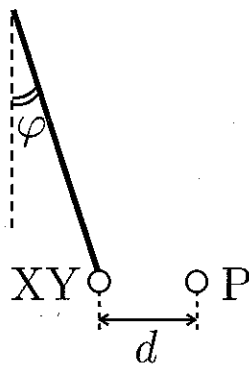


图 3

## 化学

必要があれば、原子量は以下の値を使いなさい。

H	1.0
C	12
N	14
O	16
S	32

3

耐圧容器 A (内容積 3.0 L) と耐圧容器 B (内容積 7.0 L) をコックのついた細管で連結した装置がある (図 1)。コックを閉じた状態で、容器 A に  $1.0 \times 10^5$  Pa のメタン、容器 B には  $5.0 \times 10^5$  Pa の空気 (体積比で酸素 20%、窒素 80%) を  $27^\circ\text{C}$  で封入し、以下の操作を行った。

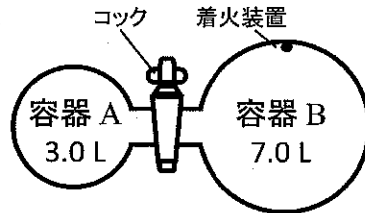


図 1

操作 1  $27^\circ\text{C}$  に保った状態でコックを開き、容器内の圧力と温度が均一になるまで放置して気体を混合させた。

操作 2 操作 1 で完全に混合させた気体に容器内の着火装置で点火し、メタンを完全燃焼させた後、再び容器 A と B を  $27^\circ\text{C}$  に保った。

以下の問いに答えなさい。ただし、気体は理想気体であるとし、気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、 $27^\circ\text{C}$  での水の飽和蒸気圧を  $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$  とする。ここではコックと連結部分の内容積および液体の体積は無視できるものとする。また、液体への気体の溶解は考えないこととする。計算においては計算過程も示しなさい。

- (1) メタンが完全燃焼する際の反応を化学反応式で答えなさい。
- (2) 操作 1 の後のメタンの分圧を求めなさい。
- (3) 操作 2 の後において液体の水は生じているか。生じている場合は液体の水の質量を求めなさい。
- (4) 操作 2 の後の全圧力を求めなさい。
- (5) 操作 2 の後、全気体の体積に対して酸素が占める割合 (%) を求めなさい。
- (6) 図 2 は圧力  $p$  に対する実在気体のメタンおよび理想気体の  $Z (= pV/nRT)$

の関係を示している（ここで、 $V$ ：体積、 $n$ ：物質質量、 $T$ ：温度）。①すべての気体を理想気体として考えた場合と、②メタン以外のすべての気体を理想気体として考えた場合では、操作1の後にける全圧力は、①と②の場合でどちらが大きいかを答えなさい。また、その理由を $Z$ を用いて答えなさい。

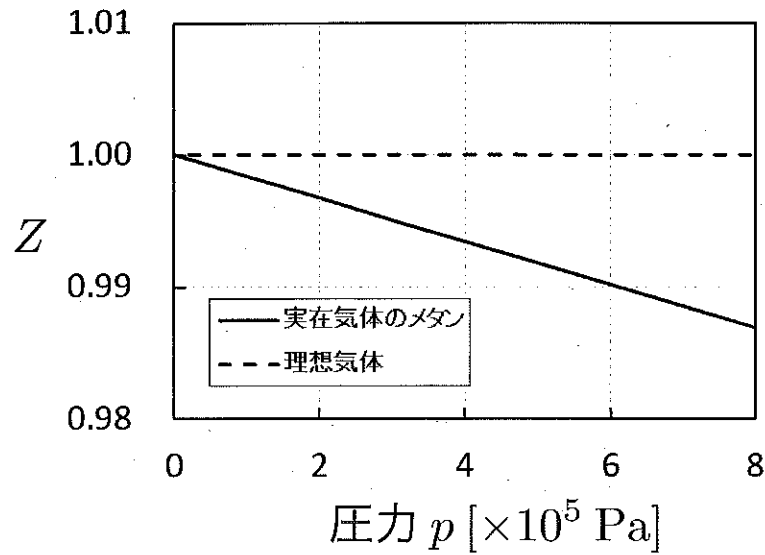


図2

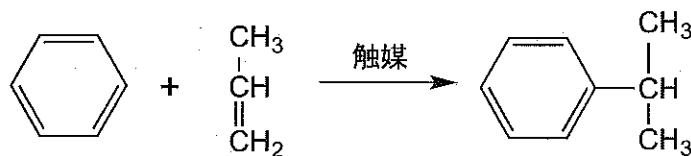


4

化合物 A は炭素、水素、酸素からなる分子量 94 の芳香族化合物である。化合物 A の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物 B が得られた。この化合物 B の水溶液に高温高压下で二酸化炭素を反応させると化合物 C が得られた。さらに、化合物 C の水溶液に希硫酸を加えると化合物 D が得られた。

以下の問いに答えなさい。ただし、計算においては、計算過程も書きなさい。また、構造式と化学反応式は例にならって示しなさい。

(構造式と反応式の例)



- (1) 化合物 A は室温では無色の固体で特有のにおいがした。また、化合物 A の水溶液に塩化鉄 (III) 水溶液を加えると紫色になった。化合物 A の名称と構造式を書きなさい。
- (2) 化合物 B, C, D の名称と構造式を書きなさい。
- (3) 化合物 D と無水酢酸を少量の濃硫酸存在下で反応させると化合物 E が得られた。化学反応式と化合物 E の名称を書きなさい。
- (4) 化合物 D とメタノールを少量の濃硫酸存在下で反応させると化合物 F が得られた。以下の問いに答えなさい。
  - (a) 化学反応式と化合物 F の名称を書きなさい。
  - (b) 2.76 g の化合物 D を反応させると、理論的に得られる量の 66% の化合物 F が得られた。化合物 F は何 g 得られたか、有効数字 2 桁で答えなさい。

(5) 同じ物質量の化合物 A, D, E, F を含むジエチルエーテル溶液に炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、分液ろうとを用いてよく振ると ①気体が発生した。そのまま静置すると、分液ろうと内で ②上層と下層に分離した。

(a) 下線部①で発生した気体は何か。分子式を書きなさい。

(b) 下線部②について、化合物 A, D, E, F のうち上層に含まれるものすべてを記号で答えなさい。