

平成29年度入学試験問題

理 科

物理・化学・生物・地学

注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理4枚，化学5枚，生物4枚，地学4枚，下書き用紙は4枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
物 理	1～9	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。
化 学	10～20	
生 物	21～33	
地 学	34～42	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等により解答できない場合は，手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，選択する科目の解答用紙と下書き用紙を切り取り，選択する科目すべての解答用紙に，それぞれ2箇所受験番号を記入しなさい。選択しない科目の解答用紙には受験番号を記入する必要はありません。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙は，試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして机の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

# 物 理

## 「解答上の注意」

問題に単位の指定がない場合、用いられる記号は SI (国際単位系) 単位に従っているものとする。各問いに対する解答は { } 内に記号が示されている場合は、その記号のうち必要なものを用いて記せ。示されていない場合は、各問いの指示に従って解答せよ。

## 第 1 問

図 1 のように、点 O を中心とする半径  $r$  の半球形の器が水平に固定されている。器のふちには、質量  $M$  の小球 A と質量  $m$  の小球 B をそれぞれ両端につけた糸が、小球 A を器の中に入れてかけてある。ただし、 $M > m$  とする。なお、図 1 は小球 A と器の底を通る断面を示しており、小球 A の位置を示す角度  $\theta$  は、図のように点 O の鉛直下方からの値とする。器は、ふちも内面もなめらかで、厚さは無視できるものとする。また、糸は伸縮がなく、質量は無視でき、器の直径よりも長いものとする。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。

$\theta = 30^\circ$  のとき、二つの小球がつり合い、静止した。

問 1 小球 A にはたらくすべての力のベクトルを矢印で回答欄の図に示せ。

問 2 器の内面から小球 A にはたらく垂直抗力の大きさを  $N$  として、小球 A にはたらく力のつり合いの式を鉛直方向、水平方向にわけて示せ。

$$\{M, m, g, N, r\}$$

また、垂直抗力の大きさ  $N$  を求めよ。  $\{M, g, r\}$

次に、小球 B を質量  $\frac{M}{2}$  の小球 C に付け替えて、小球 A を器のふちの内側 ( $\theta = 90^\circ$ ) から静かに放すと、小球 A は器の底 ( $\theta = 0^\circ$ ) を通過して半球面を角度  $\theta$  が負の側に登って一旦静止した。

問3 小球 A を放した直後における糸の張力の大きさ  $T$  を求めよ。{ $M, g, r$ }

問4 小球 A が器の底を通過するときの速さ  $V$  を求めよ。{ $M, g, r$ }

なお、このときの小球 A の速さ  $V$  と小球 C の速さ  $v$  は次の関係にある。

$$v = V \cos 45^\circ$$

問5 小球 A を放してから角度  $\theta$  ( $< 90^\circ$ ) で一旦静止するまでに、小球 C が上昇する距離  $h$  を求めよ。{ $M, g, r, \theta$ }

また、小球 A が静止した位置の角度  $\theta$  の値を求めよ。

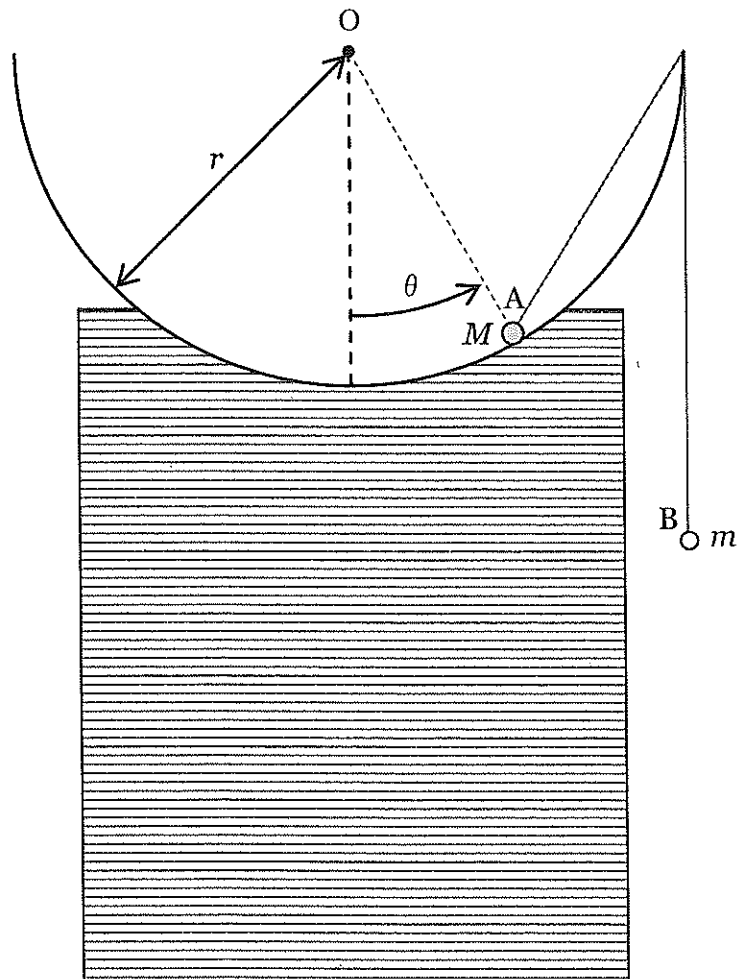


図1

## 第2問

図2のように、真空中で、極板面積  $S$ 、極板間距離  $d$  の平行板コンデンサーがスイッチ  $SW$  を介して電圧  $V$  の電源に接続されている。以下の問いに答えよ。ただし、真空の誘電率を  $\varepsilon_0$  とし、極板周辺部の影響は無視する。

問1 極板に蓄えられている電荷  $Q$  と、極板間の電場の強さ  $E$  を求めよ。

$$\{S, d, V, \varepsilon_0\}$$

次に、極板間に導体を挿入することを考える。

問2 このとき起こる現象について述べた次の文において、①から⑤の ( ) 内の字句からより適切な方を選び解答欄の字句を丸で囲め。

電場の中に導体を入れると、(①：静電遮蔽<sup>しやへい</sup>，静電誘導) 現象により導体表面に電荷が現れる。この電荷の符号は、正に帯電した極板に近い側は (②：正，負)，負に帯電した極板に近い側は (③：正，負) である。この電荷は導体内部の電場が (④：0，最大) となって導体全体が (⑤：等電位，電位の基準) となるように表面に分布する。

スイッチ  $SW$  を開いたのち、図3のように、厚さ  $\frac{2d}{3}$ 、面積  $\frac{S}{2}$  の導体板を極板と平行に挿入した。ただし、導体板周辺部の影響も無視する。

問3 導体板挿入後の極板間の電圧  $V_a$  は、挿入前の電圧  $V$  の何倍になったかを求めよ。また、極板-導体板間の電場の強さ  $E_1$ 、導体板がない部分の極板間の電場の強さ  $E_2$  は、それぞれ挿入前の極板間の電場の強さ  $E$  の何倍になったかを求めよ。

導体板を取り出したのち、図4に示すような断面を持つ柱状の導体Aを極板と平行に挿入する。

問4 導体Aをゆっくり挿入するとき、導体に外部から力を加える必要がある。その力の向きは図4に示す(a)、(b)のどちらか。解答欄の正しい方を丸で囲み、その理由を説明せよ。なお、重力は無視する。

問5 図5のように、導体Aを極板の中央まで挿入した。問2、問3などを考慮して、導体挿入後の極板間の電場のようすを表す電気力線を描け。なお、解答用紙には挿入前の状態の電気力線を細い点線で示している。この状態からの変化がわかるように描くこと。

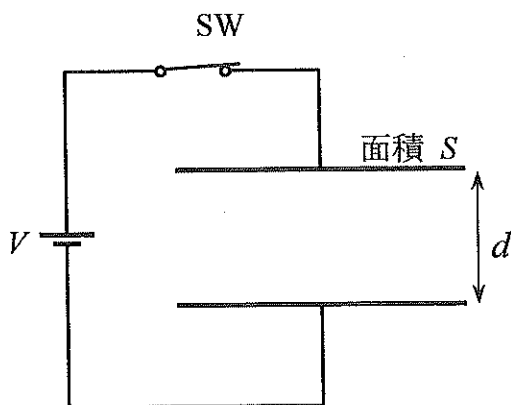


図2

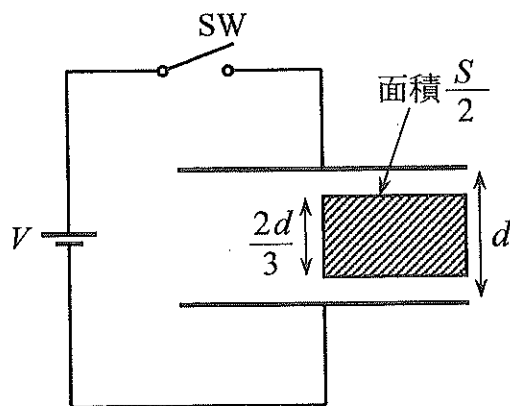


図3

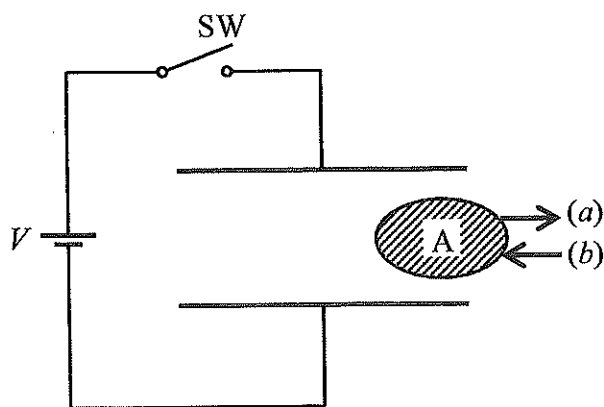


図4

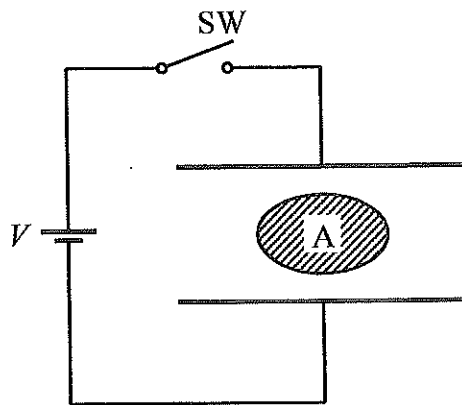


図5

### 第3問

内部エネルギーが絶対温度に比例する理想気体について、以下の問いに答えよ。

問1 図6のように、真空と仕切りを隔てて容器に入れられた理想気体を考える。仕切りを取り除くことで、理想気体を真空中へ断熱膨張させる。この過程を断熱自由膨張と呼ぶこととする。このとき理想気体の温度がどうなるか、以下から選び記号で答えよ。ただし、断熱自由膨張において、理想気体は外部に仕事をしない。

{ア. 上昇する, イ. 変化しない, ウ. 下降する}

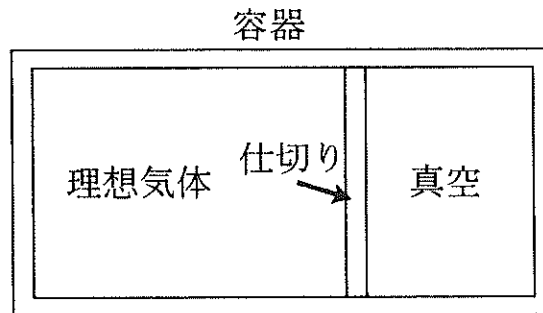


図6

問2 断熱自由膨張は可逆過程か不可逆過程か、以下から選び記号で答えよ。

{ア. 可逆過程, イ. 不可逆過程}

理想気体 1.0 mol に対して図7の  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  の過程を考える。この過程において、①  $A \rightarrow B$  は断熱自由膨張過程、②  $B \rightarrow C$  は等圧圧縮過程、③  $C \rightarrow A$  は等積過程である。ただし、②と③の過程は断熱ではない。Aにおける体積と圧力を  $V_A, P_A$ 、Bにおける体積と圧力を  $V_B, P_B$  とする。また、定積モル比熱を  $C_V$ 、定圧モル比熱を  $C_P$ 、気体定数を  $R$  とする。このとき、以下の問いに答えよ。

問3 等圧圧縮過程②において理想気体に加えられた熱量  $Q$  となされた仕事  $W$  を求めよ。

$$\{C_V, C_P, V_A, P_A, V_B, P_B, R\}$$

問4 等圧圧縮過程②において温度はどうなるか、以下から選んで記号で答えよ。

{ア. 上昇する, イ. 変化しない, ウ. 下降する}

問5 等積過程③において理想気体に加えられた熱量  $Q$  となされた仕事  $W$  を求めよ。

$$\{C_V, C_P, V_A, P_A, V_B, P_B, R\}$$

問6 図7の全過程における加えられた熱量となされた仕事の総和を計算し、熱力学第1法則を用いて、関係式  $C_P = C_V + R$  を導け。その際、導出過程も記述せよ。

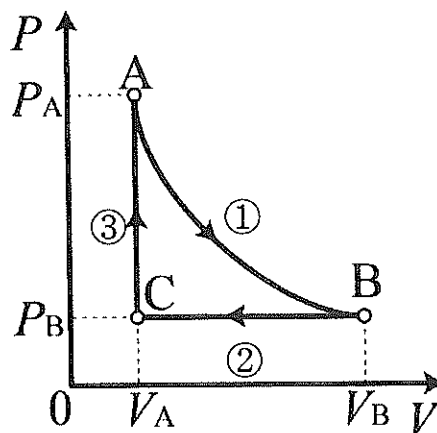


図7

## 第4問

図8のように、管の中にあるスピーカーから振動数  $f$  の音波が左右に出ている。管の右端は硬い平面の壁で閉じており、左端には音波の反射が生じない吸音材がついている。管の左から右へ  $x$  軸をとり、スピーカーの位置を  $x = 0$ 、右壁の位置を  $x = L$  とする。管内の空気を伝わる音の速さを  $V$  とする。以下の問いに答えよ。

問1 次の文の ( ) の中に入れるべき字句として最も適切なものを答えよ。なお、①と②では語群 {自由, 固定, 同, 逆} から、③と④ではアークの記号から選び答えよ。

右端の硬い壁での反射は ( ① ) 端反射となるため、右壁において反射波は入射波と ( ② ) 位相となる。ある時刻  $t$  において、スピーカーから出て右壁へ入射する音波について空気の変位が  $x$  の関数として図9の破線のようになるとき、反射波の変位は図10の ( ③ ) のグラフの実線のようになる。また、このときの入射波と反射波の合成波の変位は図10の ( ④ ) のグラフの実線のようになる。なお、図10において破線は入射波を表している。

問2 音波がスピーカーを出た後、右壁で反射して位置  $x$  に到達するまでにかかる時間を求めよ。{ $x, L, V$ }

位置  $x$ 、時刻  $t$  において、スピーカーから出て右に伝わる音波では空気の変位が  $y_1 = A \sin 2\pi f \left( t - \frac{x}{V} \right)$ 、左に伝わる音波では空気の変位が  $y_2 = A \sin 2\pi f \left( t + \frac{x}{V} \right)$  と表されるものとする。 $A$  は定数である。

問3 音波  $y_1$  が  $x = L$  で反射した後に左に進む反射波の変位を  $y_3$  とする。 $y_3$  を三角関数を用いた式で表せ。なお、スピーカーは反射波に影響しないものとする。

{ $L, f, V, A, t, x$ }



問4 次の文の ( ) の中に入れるべき数式または字句として最も適切なものを答えよ。なお、⑤と⑧では語群 {進行波, 定常波} のうちから解答欄の正しい方を丸で囲み, ⑥⑦⑨⑩では  $\{L, V, t, x\}$  のうちから必要なものを用いた数式を記せ。必要であれば, 公式  $\sin B - \sin C = 2 \cos \frac{B+C}{2} \cdot \sin \frac{B-C}{2}$  を用いて良い。

$0 < x < L$ での合成波は ( ⑤ ) となり, 変位は次式で表される。

$$y_1 + y_3 = 2A \cos 2\pi f( \text{⑥} ) \cdot \sin 2\pi f( \text{⑦} )$$

一方で,  $x < 0$ での合成波は ( ⑧ ) となり, 変位は次式で表される。

$$y_2 + y_3 = 2A \cos 2\pi f( \text{⑨} ) \cdot \sin 2\pi f( \text{⑩} )$$

問5 合成波による空気の密度変化が最大となる位置が  $0 < x < L$ の範囲に存在するとき, そのうちの右壁に最も近い位置の  $x$  座標を求めよ。  $\{L, f, V\}$

問6  $x < 0$ において, 合成波の振幅が最大となる場合の振動数  $f$ を求め, 自然数  $n$  ( $=1, 2, 3, \dots$ ) を含む式で表せ。  $\{L, V, n\}$



図8

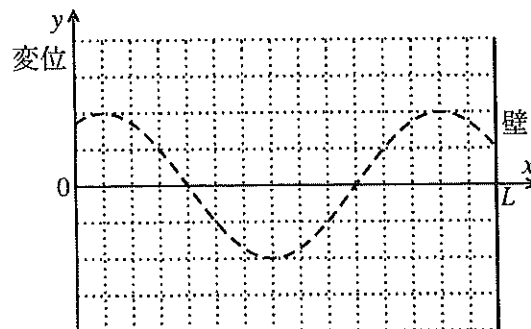


図9

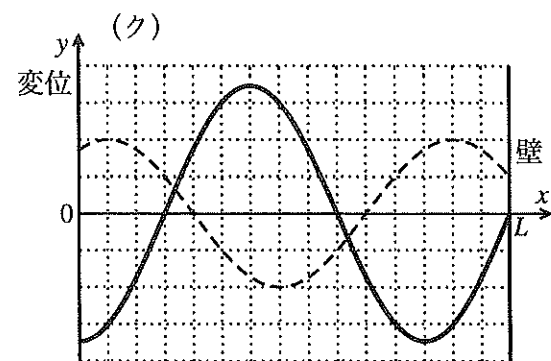
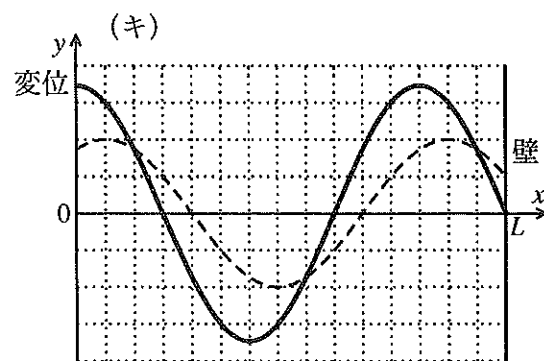
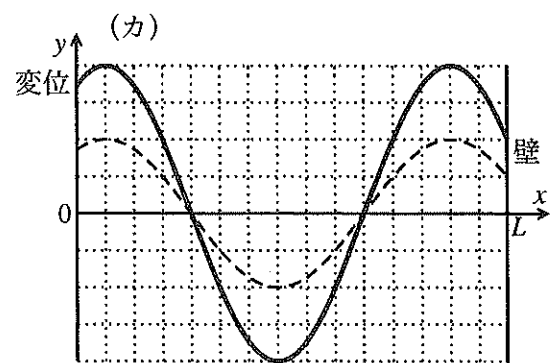
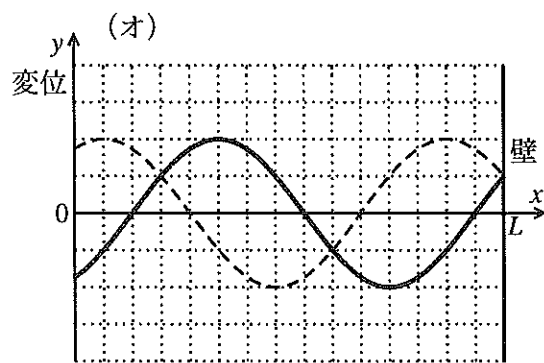
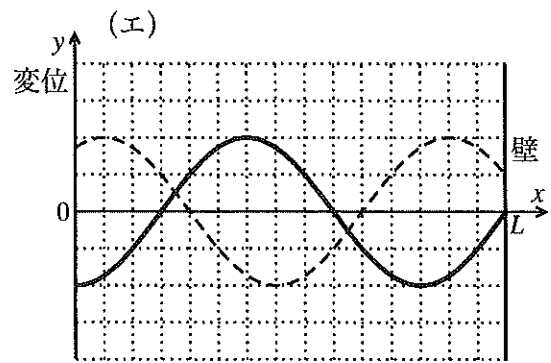
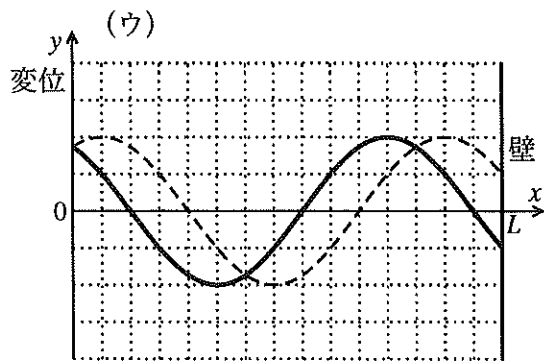
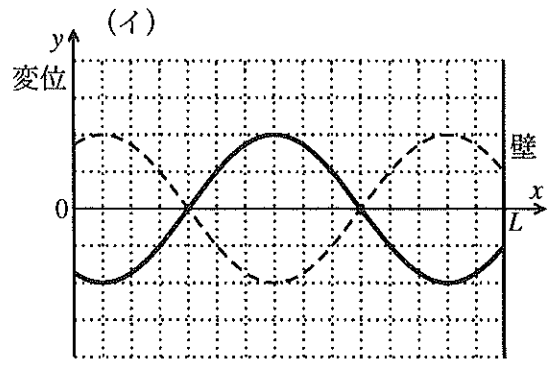
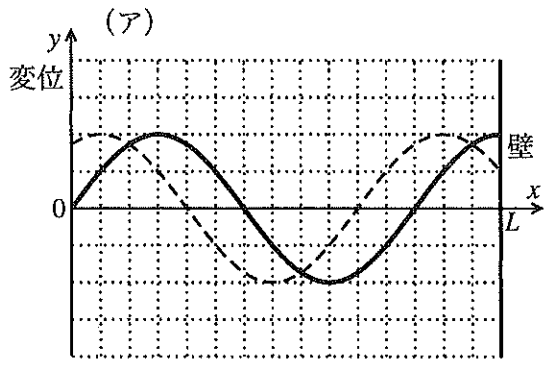


図 10