

平成 27 年度 入学試験問題 (前期日程)

理 科  
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	6 ページまで
化 学	7 ページから	9 ページまで
生 物	10 ページから	12 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

# 物 理

1 以下の文章中の  に最も適切な数値，数式，または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問 1 図 1—I のように，水平な回転円盤上に置いた小物体が，回転の中心  $O$  から距離  $r$  の位置で円盤とともにすべらずに等速円運動をしている。小物体と円盤の間の静止摩擦係数を  $\mu$ ，重力加速度の大きさを  $g$  とし，空気抵抗は無視する。角速度を増していくと，ある角速度を超えたところで小物体はすべり始めた。すべり始めないための限界の角速度の値は， $\mu$ ， $r$ ， $g$  を用いて， ① と表される。

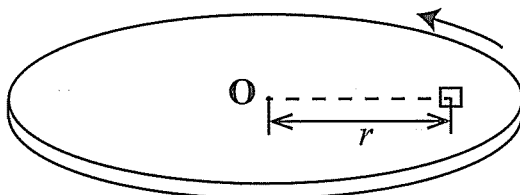


図 1—I

問 2 図 1—II(a)のように，光が空気中からガラスに入射するとき，ガラスの空気に対する屈折率の値は， ② である。次に，空気に対する屈折率がガラスよりも大きいダイヤモンドでできたプリズムが，図 1—II(b)のように真空中に置かれている。下から光を入射したとき，正しい光の道筋は，(ア)~(エ)のうち  ③ である。ただし，ダイヤモンドの空気に対する屈折率は 2.4 である。

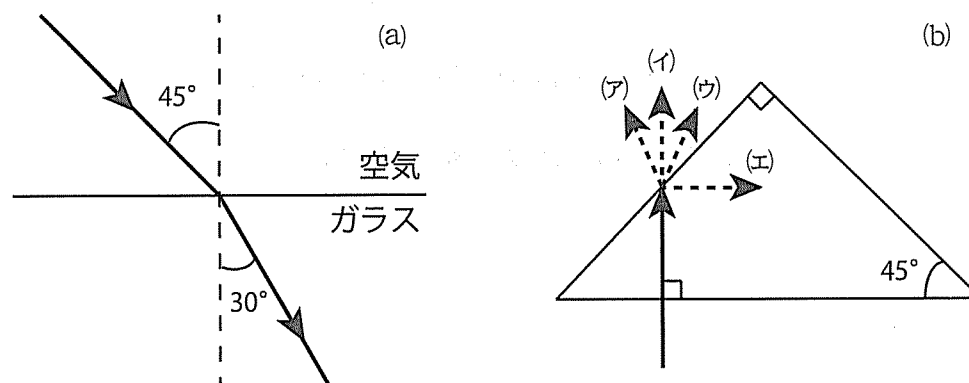


図 1—II

問 3 図 1—III のように、パトカーが振動数  $f_0$  のサイレンを鳴らしながら、直線上を観測者の方向に速さ  $v$  で進む。音速を  $V$  とし、風は吹いていないものとする。

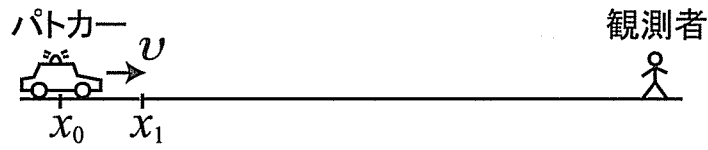


図 1—III

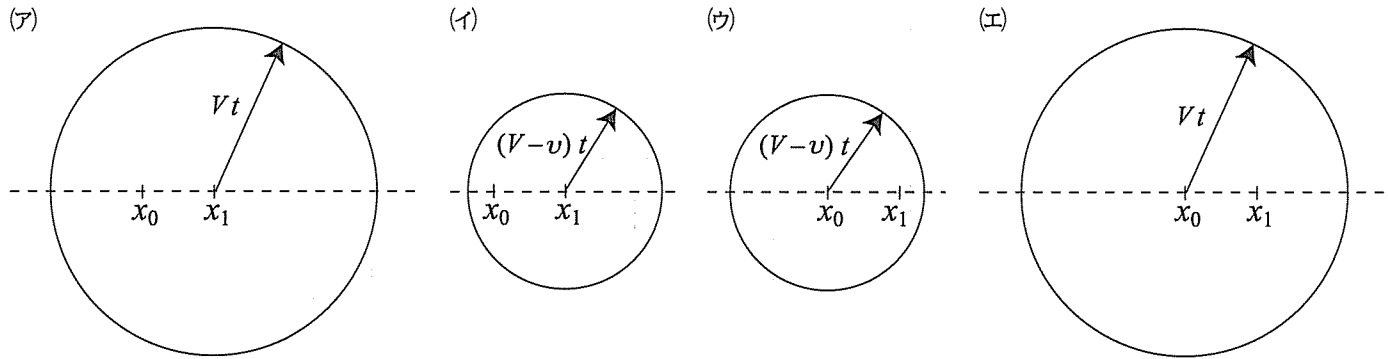


図 1—IV

- (1) 時刻  $t = 0$  に位置  $x_0$  を通過したパトカーは、時刻  $t$  に位置  $x_1$  に達した。位置  $x_0$  で発せられた音波の、時刻  $t$  における波面を地表面で描いたものとして適切なものは、図 1—IV の(ア)~(エ)のうち  である。
- (2) パトカーの進行方向に観測者が速さ  $v_A$  で進む場合、観測者の聞くサイレンの振動数  $f_1$  は  である。

問 4 断面が直径  $d$  の円形で長さ  $l$ 、抵抗率  $\rho$  の導線がある。この導線の抵抗値は、 $l$ 、 $d$ 、 $\rho$  を用いて表すと、 になる。この導線を円筒状に巻いて自己インダクタンス  $L$  のコイルを作った。このコイルと直流電源  $V$  およびスイッチ  $S$  を、図 1—V のように配線して回路を作った。

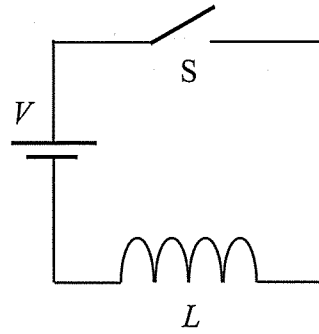


図 1—V

はじめにスイッチ  $S$  は開いているが、時刻  $t = t_0$  でスイッチ  $S$  を閉じた。電流  $I$  とコイルに蓄えられるエネルギー  $U$  はどのように時間変化するか、最も適切なグラフを次の図 1—VI の(ア)~(エ)から選ぶと、 になる。

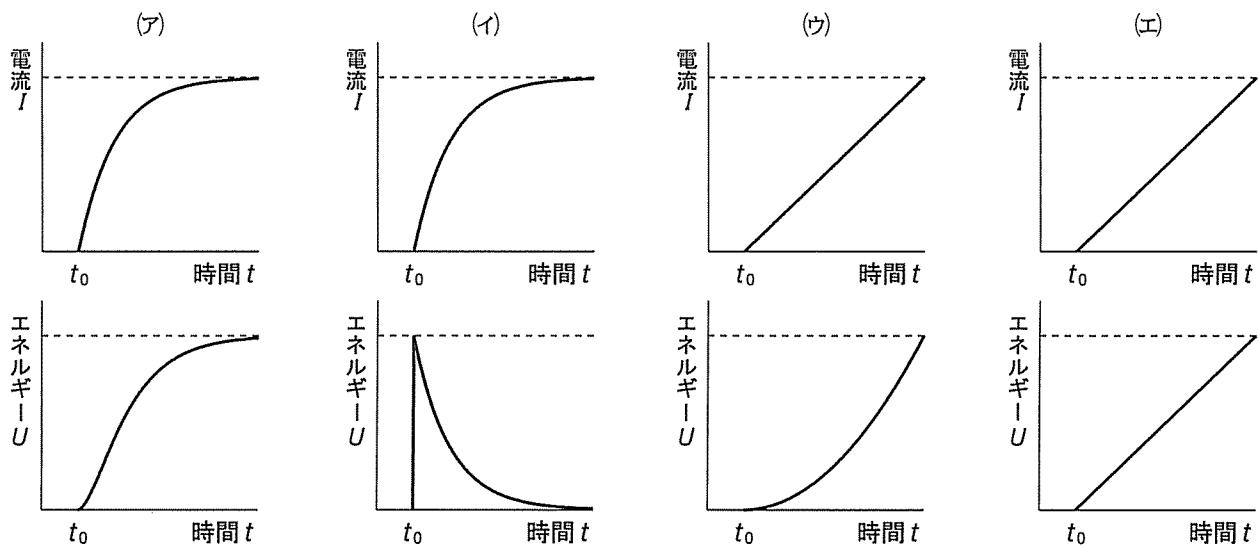


図 1—VI

問 5 図 1—VII は、物質質量  $n$  の単原子分子理想気体の圧力  $p$ —体積  $V$  のグラフである。状態 A は、絶対温度  $T_0$ 、圧力  $p_0$ 、体積  $V_0$  の状態である。気体の状態を  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の経路に従ってゆっくりと変化させた。状態 C から D への変化は等温変化である。気体定数を  $R$  とし、気体の定積モル比熱は  $C_v = \frac{3}{2}R$  である。気体は外部から熱を吸収し、外部へ熱を放出することができるものとする。

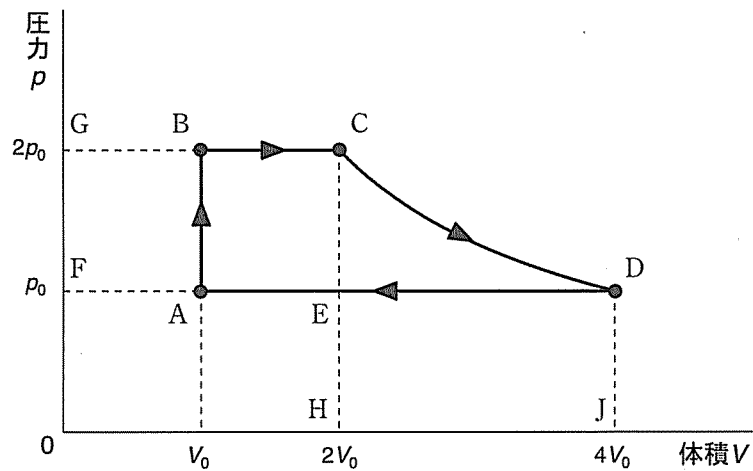


図 1—VII

(1)  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の経路のなかで、気体が熱を放出する過程は、

⑧ (ア)  $A \rightarrow B$ , (イ)  $B \rightarrow C$ , (ウ)  $C \rightarrow D$ , (エ)  $D \rightarrow A$  である。

(2)  $A \rightarrow B$  間の状態変化における気体の内部エネルギーの増加量は、 $n, R, T_0$  を用いて表すと、⑨ である。

(3)  $C \rightarrow D$  間の状態変化において気体が行う仕事の大きさは、 $p$ - $V$  グラフの

(ア)  $CD$  間の  $p$ - $V$  曲線と線分  $DE, EC$  で囲まれる部分の面積  
 ⑩ (イ)  $CD$  間の  $p$ - $V$  曲線と線分  $DJ, JH, HC$  で囲まれる部分の面積  
 (ウ)  $CD$  間の  $p$ - $V$  曲線と線分  $DF, FG, GC$  で囲まれる部分の面積  
 に等しい。

- 2 鉛直下向きに一定の重力がはたらいている実験室の中で、大きさの無視できる質量  $m$  の物体の運動を考える。実験室の床は水平とする。物体は鉛直平面内を運動し、物体に対する空気の抵抗は無視できる。重力加速度の大きさを  $g$  とする。以下の各問に答えよ。(15点)

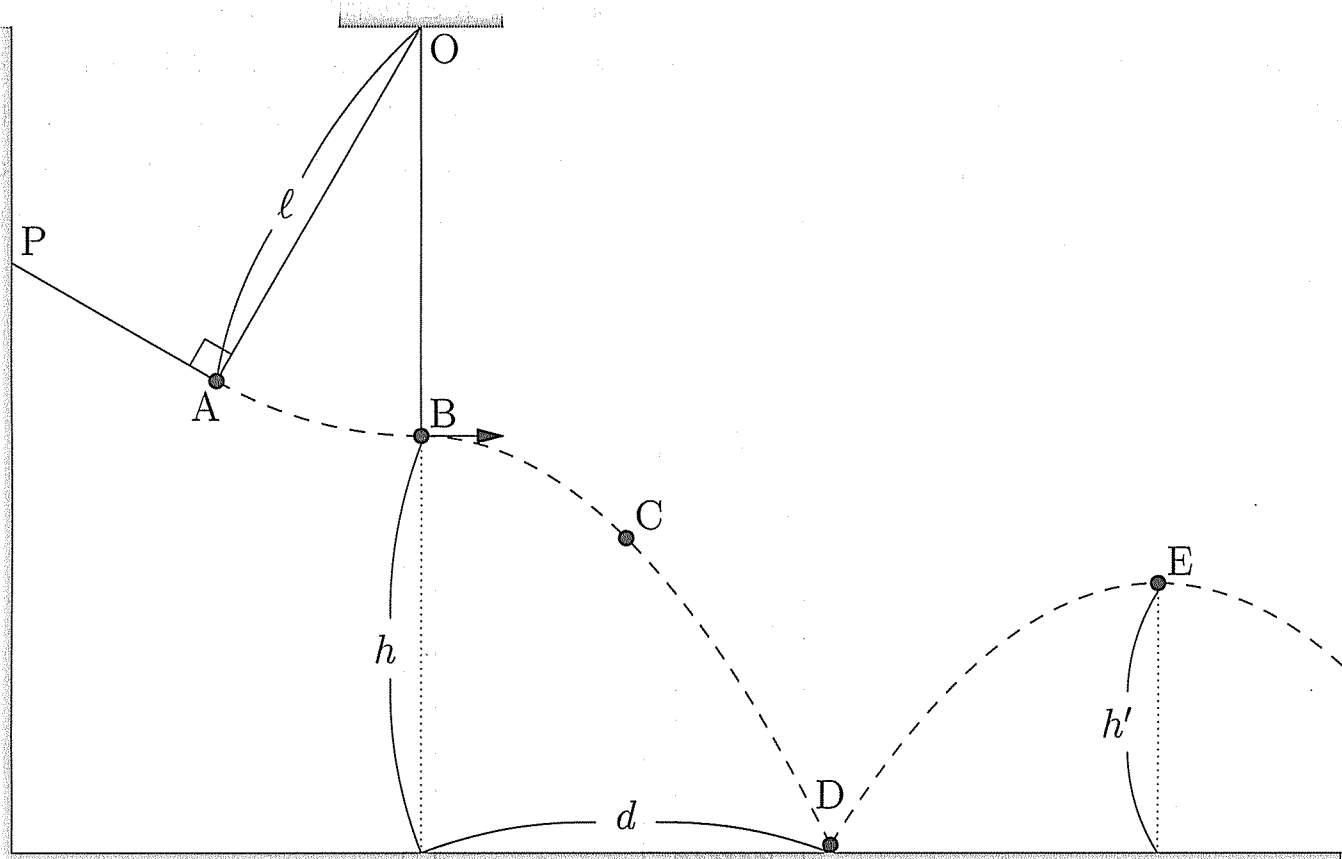


図2—I

図2—Iのように、点Aの位置に物体を2本の軽い伸び縮みしないひもOA, PAでつるした。ひもPAを静かに切り離すと、物体は点Oと物体を結ぶひもの長さ $l$ を半径とした円弧に沿って運動した。物体が点Bを通過する瞬間の速度は水平方向右向きで大きさが $v$ であったとする。

問1 物体が点Bを通過する瞬間に、ひもにはたらく張力の大きさ $T$ を求めよ。

物体が点Bを通過した瞬間にひもが切れ、物体は水平方向右向きに大きさ $v$ の速度で投げ出され、図2—Iの $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ の曲線に沿って運動した。水平方向については、右向きを正とする。点Bの床からの高さを $h$ とする。

問2 床に落下する途中の点Cでの、物体の運動方程式の水平成分と鉛直成分を書け。物体の加速度の水平成分を $a_x$ 、鉛直成分を $a_y$ とせよ。また、解答の際に(ア)鉛直上向き、または(イ)鉛直下向き、のどちらの向きを正にとって運動方程式を書いたのかわかるように、解答用紙の解答欄にある(ア)、(イ)のどちらかを○で囲むこと。

問3 物体が点Bから床の上の点Dに達するまでに水平方向に移動した距離 $d$ を求めよ。

物体が床の上の点Dで床と衝突してはね返った。床はなめらかであるとし、物体と床とのはね返り係数を $e$ とする。物体が床の上の点Dに衝突する直前の速度の鉛直成分の大きさが $V$ であったとする。以下の問いでは $V$ を用いて解答せよ。

問4 床から物体にあたえられた力積の大きさ $F\Delta t$ を求めよ。ただし、時間 $\Delta t$ の間に床から物体に一定の力 $F$ がはたらいたとする。

問5 物体が床からはね返った後、床からの高さ $h'$ の最高点Eに達した。点Eの高さ $h'$ と点Bの高さ $h$ の関係を求めよ。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 図3-Iのように、面積と形状が同じ3枚の金属板A, P, Bを互いに平行に並べ、A, Pは電池とスイッチSW<sub>1</sub>を介して、A, BはスイッチSW<sub>2</sub>を介して、導線で接続した。各金属板の面積はSであり、AとPの間隔はd, PとBの間隔は2dである。AとP, PとBはそれぞれ平行板コンデンサーを構成する。AとPの間は比誘電率 $\epsilon_r$ の誘電体ですきまなく満たされている。金属板の大きさはdと比べて十分に大きく、金属板の端における電場(電界)の乱れは無視できる。金属板が帯電したとき、電荷は金属板の左面, 右面の一方, あるいは両方に存在し、各面で一様に分布する。Pの左面にある電荷を考えると、誘電体の誘電分極による電荷は含めない。電池の起電力をV, PとBを極板とするコンデンサーの電気容量(静電容量)をCとする。2つのスイッチは開かれ、各金属板に電荷はないものとする。PとBの間は真空であり、真空の誘電率を $\epsilon_0$ とする。

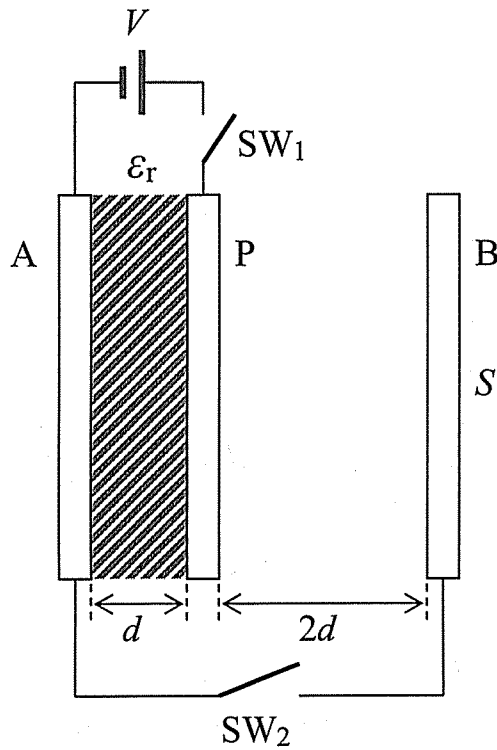


図3-I

問1 Cを $\epsilon_0$ , d, Sを用いて表せ。

スイッチSW<sub>1</sub>を閉じたところ、AとPを接続する導線に電流が流れた後に止まった。このとき、Pには電気量 $Q_0$ が蓄えられた。

問2  $Q_0$ をC, V,  $\epsilon_r$ を用いて表せ。

次にスイッチSW<sub>1</sub>を開いて、スイッチSW<sub>2</sub>を閉じると、AとBを接続する導線に電流が流れた後に止まった。このときPの左面, 右面にある電気量をそれぞれ $Q_L$ ,  $Q_R$ とする。

問3  $Q_L$ ,  $Q_R$ をそれぞれ $Q_0$ ,  $\epsilon_r$ を用いて表せ。

B 図3-IIのように、2本の平行な十分に長いレールに起電力  $V_0$  の電池と抵抗値  $R$  の抵抗を接続する。2本のレールの間隔を  $L$  に保ち、レールを水平面に対してある角度  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) で固定した。2本のレールの間には鉛直上向きの一様な磁束密度  $B$  の磁場(磁界)がかかっている。2本のレールに接するように導体棒を置くことを考える。導体棒はレールに垂直に置くものとし、そのとき導体棒は水平になる。この導体棒は置かれた向きを保ったまま、レール上をなめらかに動ける。電池の内部抵抗、レールと導体棒の抵抗、レールと導体棒の接触による抵抗、回路の自己誘導はすべて無視できる。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

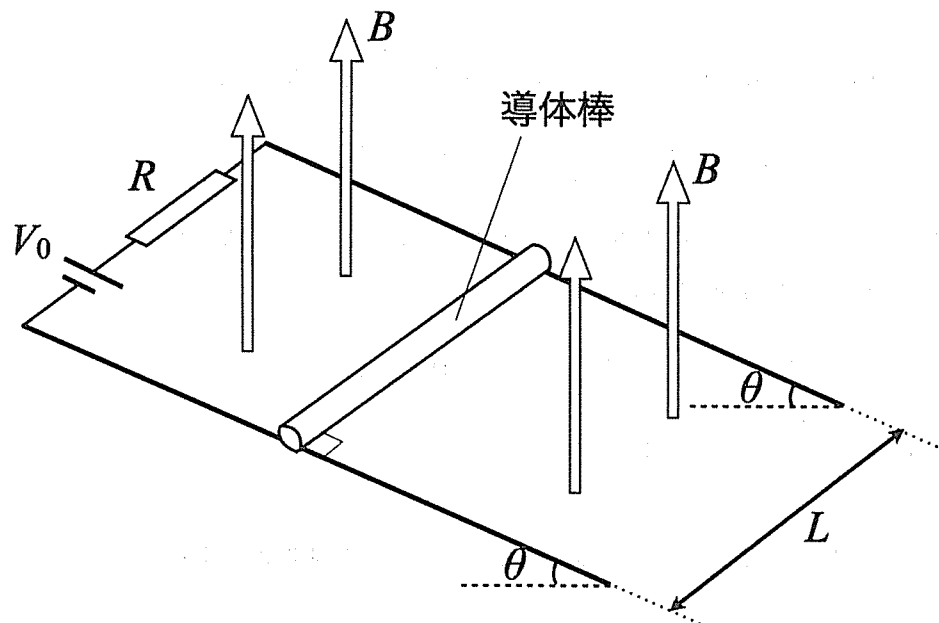


図3-II

質量  $m$  の導体棒を静かに置くと、導体棒はレール上で静止したままであった。

問4 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさを  $B$ ,  $V_0$ ,  $L$ ,  $R$  を用いて表せ。

問5  $\tan \theta$  を  $m$ ,  $g$ ,  $B$ ,  $V_0$ ,  $L$ ,  $R$  で表せ。

質量  $m$  の導体棒をレールから外し、それより重い導体棒を静かに置くと、導体棒はレールにそって下向きに動き始めた。

問6 導体棒の速さがレールにそって下向きに  $v$  になった瞬間に、回路に流れる電流の大きさ  $I$  を  $v$ ,  $\theta$ ,  $B$ ,  $V_0$ ,  $L$ ,  $R$  で表せ。

問7 十分に長い時間が経過すると、最終的に導体棒はどのように運動するか。以下の(ア)~(エ)の中から正しいものを1つ選び、その記号を記入せよ。

- (ア) レールにそって下向きに、加速しながら運動する。
- (イ) レールにそって下向きに、一定の速度で運動する。
- (ウ) レールにそって上向きに、加速しながら運動する。
- (エ) レールにそって上向きに、一定の速度で運動する。