

山口大学 前期

平成 26 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ~ 9	4
化 学	10 ~ 19	5
生 物	20 ~ 32	5
地 学	33 ~ 45	6

- 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枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

- 1 図1のように、電車内に固定した原点 O と、水平方向右向きに x 軸、鉛直方向上向きに y 軸をとる。この電車が水平な直線レールの上を、一定の加速度 a_0 [m/s²] で x 軸の正の向きに走っている。このとき、電車内の O 点から、 x 軸と角度 θ をなす斜め上方へ、初速度 v_0 [m/s] で質量 m [kg] の小物体を投げた。物体が最高点に達した時の床からの高さを H [m]、物体が電車の床面に落下した位置と O 点との距離を L [m] とする。なお、物体は電車の天板や側面には衝突しないものとする。また、空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の問いに答えなさい。(配点 25)

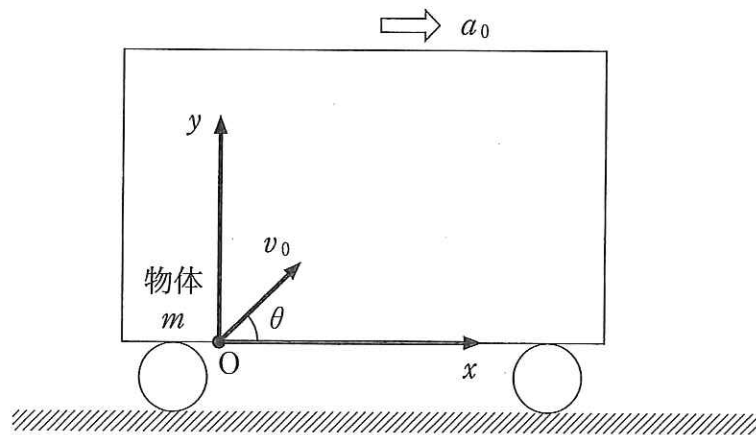


図 1

- 問 1 物体が投げ出されてから最高点に達するまでの時間 t_1 [s] を v_0 , g , θ を用いて表しなさい。
- 問 2 最高点の高さ H を問 1 で求めた t_1 を利用して計算し、 v_0 , g , θ を用いて表しなさい。
- 問 3 最高点の高さ H は力学的エネルギー保存則から求めることもできる。この場合の力学的エネルギー保存則を H , m , v_0 , g , θ を用いて表しなさい。

問 4 物体が投げ出されてから電車の床面に落下するまでの時間 t_2 [s] を v_0 , g , θ を用いて表しなさい。

問 5 電車に乗っている人から見た物体の x 方向の加速度を a [m/s²] として、電車に乗っている人から見た物体の x 方向の運動方程式を示しなさい。また、距離 L を v_0 , a_0 , θ , t_2 を用いて表しなさい。

問 6 投げ出された物体が O 点にふたたび戻る場合がある。この場合の電車の加速度 a_0 を g , θ を用いて表しなさい。

問 7 物体が O 点に戻る場合、電車に乗っている人から見た物体の軌跡を図 2 の (a)~(f) の中から選び、その記号を答えなさい。

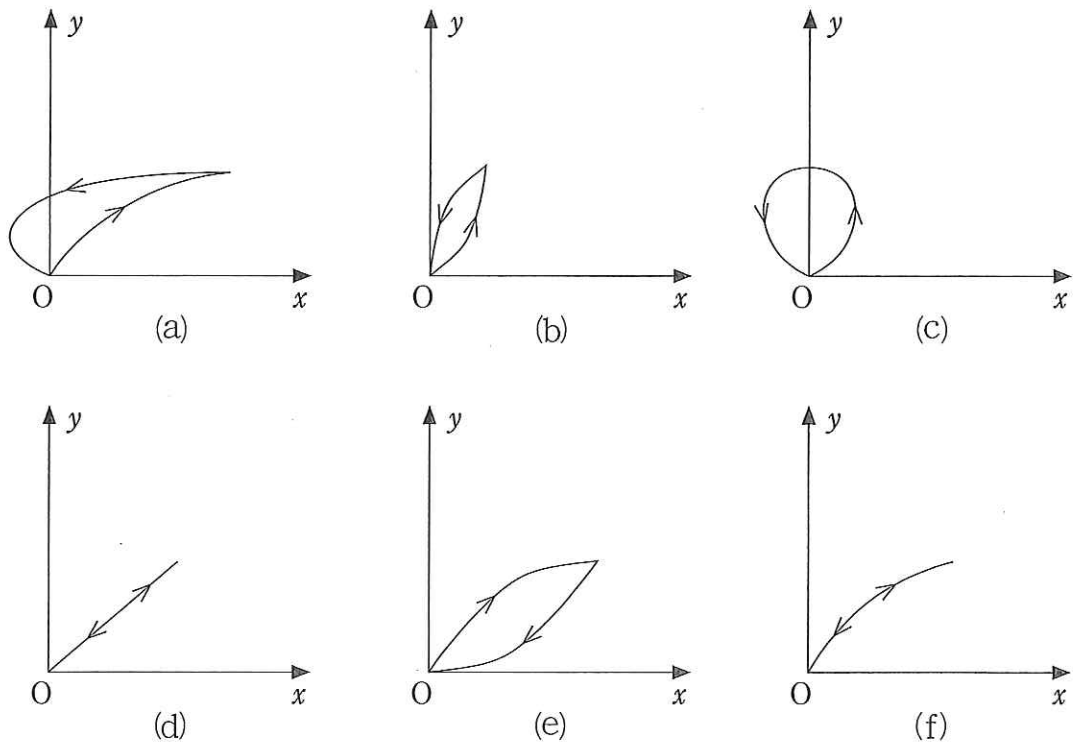
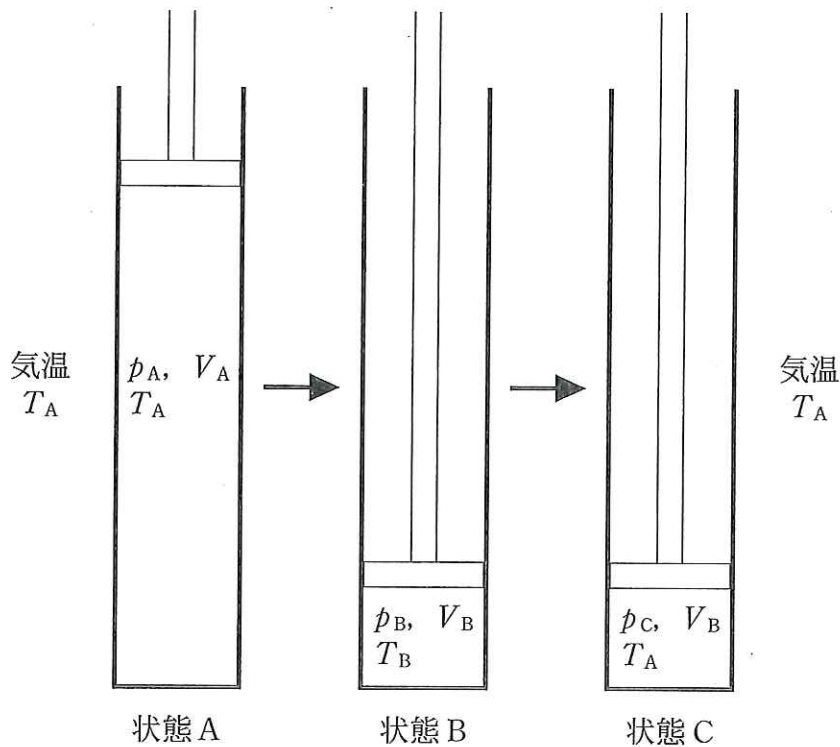


図 2

2 図に示すように、なめらかに動くピストンがついたシリンダー内に物質量 n (mol) の単原子分子の理想気体が入っている。このときの気体の状態を A とし、気体の圧力、体積、温度を、それぞれ p_A (Pa), V_A (m³), T_A (K) とする。気体の温度は外部の気温 T_A と等しいものとする。次に、すばやくピストンを押し、状態 A から状態 B に変化させた。この変化は、断熱変化とみなすことができる。状態 B の気体の圧力、体積、温度は、それぞれ p_B (Pa), V_B (m³), T_B (K) であった。その後、ピストンを固定し、十分時間が経過した後、シリンダー内の気体の温度は、外部の気温 T_A と等しくなった。この状態を C とする。気体定数を R [J/(mol·K)] とする。(配点 25)



問 1 状態 A から状態 B の変化について、以下の問いに答えなさい。

- (1) シリンダー内の気体の物質質量 n を p_A , V_A , T_A , R を用いて表しなさい。
- (2) 状態 A から状態 B の変化における気体の内部エネルギーの変化 $\Delta U(\text{J})$ を T_A , T_B , n , R を用いて表しなさい。
- (3) 断熱変化では、圧力 $p(\text{Pa})$ と体積 $V(\text{m}^3)$ の間に $pV^\gamma = \text{一定}$ の関係が成り立つことが知られている。ここで、 γ は 1 よりも大きい定数である。状態 A から状態 B へ気体を圧縮するとき、体積変化の割合 $\frac{V_B}{V_A}$ を p_A , p_B , γ を用いて表しなさい。
- (4) 前問(3)における体積変化の割合 $\frac{V_B}{V_A}$ を T_A , T_B , γ を用いて表しなさい。
- (5) 状態 A から状態 B の圧縮において、気体の体積は $\frac{1}{5}$ になった。
 $T_A = 300 \text{ K}$ としたとき、圧縮後の気体の温度 T_B を有効数字 3 桁で求めなさい。なお、計算においては、 $\gamma = \frac{5}{3}$, $5^{\frac{2}{3}} = 2.92$ とする。

問 2 状態 B から状態 C の変化について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 状態 C の気体の圧力 $p_C(\text{Pa})$ を p_A , V_A , V_B を用いて表しなさい。
- (2) 状態 B から状態 C の変化において、外部に放出した熱量 $Q(\text{J})$ を T_A , T_B , n , R を用いて表しなさい。

3 以下の説明文を読み、問いに答えなさい。(配点 25)

I. 真空中で面積 $S(\text{m}^2)$ 、間隔 $d(\text{m})$ の 2 枚の帯電していない金属板 A, B からなるコンデンサーを図 1 のように接続した。スイッチを閉じ電圧を加え、十分に時間が経過した後、金属板 A には正電荷 $+Q_1(\text{C})$ が、金属板 B には負電荷 $-Q_1(\text{C})$ が蓄えられた。ここで、間隔 d は十分に狭く、金属板 AB 間には一様な電場が生じるものとする。

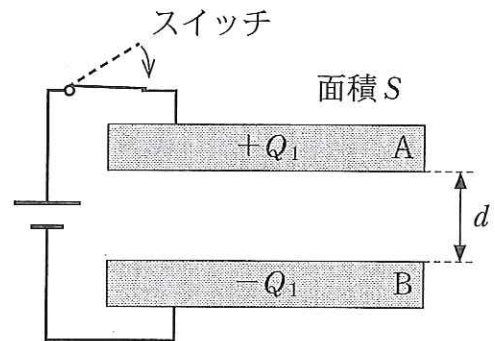


図 1

真空中のクーロンの法則の比例定数を $k_0(\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)$ として、以下の問 1 から問 4 では、 k_0 , Q_1 , S , d のうち必要なものを用いて答えなさい。

問 1 $+1\text{C}$ の電荷から出る電気力線の本数を $4\pi k_0$ とする。金属板 AB 間の電気力線の本数 N を求めなさい。

問 2 金属板 AB 間において 1m^2 あたりの電気力線の本数は、ちょうど電場の強さとなる。金属板 AB 間の電気力線の本数 N と電場の強さ $E_1(\text{V}/\text{m})$ の関係式から、電場の強さ E_1 を求めなさい。

問 3 金属板 AB 間の電位差 $V_1(\text{V})$ を求めなさい。

問 4 金属板 AB からなるコンデンサーの電気容量 $C_1(\text{F})$ を求めなさい。

II. 次に図2に示すように、図1の状態からスイッチを開き、金属板AB間のちょうど中央に面積 S 、厚さ $0.5d$ の帯電していない金属板Mを入れた。十分に時間が経過した後の金属板Aの電荷を $+Q_2$ [C]、金属板Bの電荷を $-Q_2$ [C]とする。また、金属板AB間の電位差を V_2 [V]、金属板Mを入れたコンデンサーの電気容量を C_2 [F]とする。

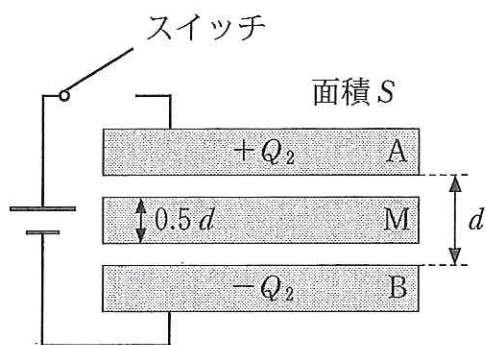


図2

問5 Q_2 , V_2 , C_2 はIの場合の Q_1 , V_1 , C_1 の何倍になったかを表す数値を解答欄に記入しなさい。

次に図2の状態から、図3に示すようにスイッチを閉じた。十分に時間が経過した後の金属板Aの電荷を $+Q_3$ [C]、金属板Bの電荷を $-Q_3$ [C]とする。また、金属板AB間の電位差を V_3 [V]、金属板Mを入れたコンデンサーの電気容量を C_3 [F]とする。

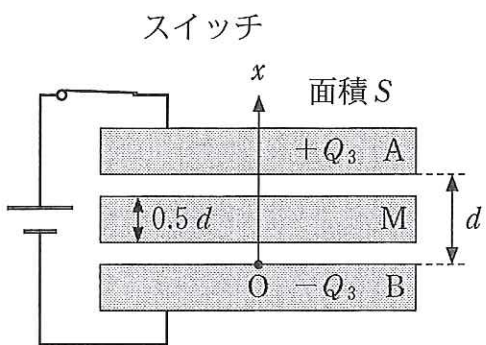


図3

問6 Q_3 , V_3 , C_3 はIの場合の Q_1 , V_1 , C_1 の何倍になったかを表す数値を解答欄に記入しなさい。

問 7 図 3 の金属板 B の表面中央の点 O から上向きに座標軸 x を取り、点 O の電位を 0V とする。点 O から $x = d$ までの電場の強さと電位の変化を最もよく表しているグラフを、それぞれ図 4 の (ア)~(シ) の中から選び、その記号を答えなさい。

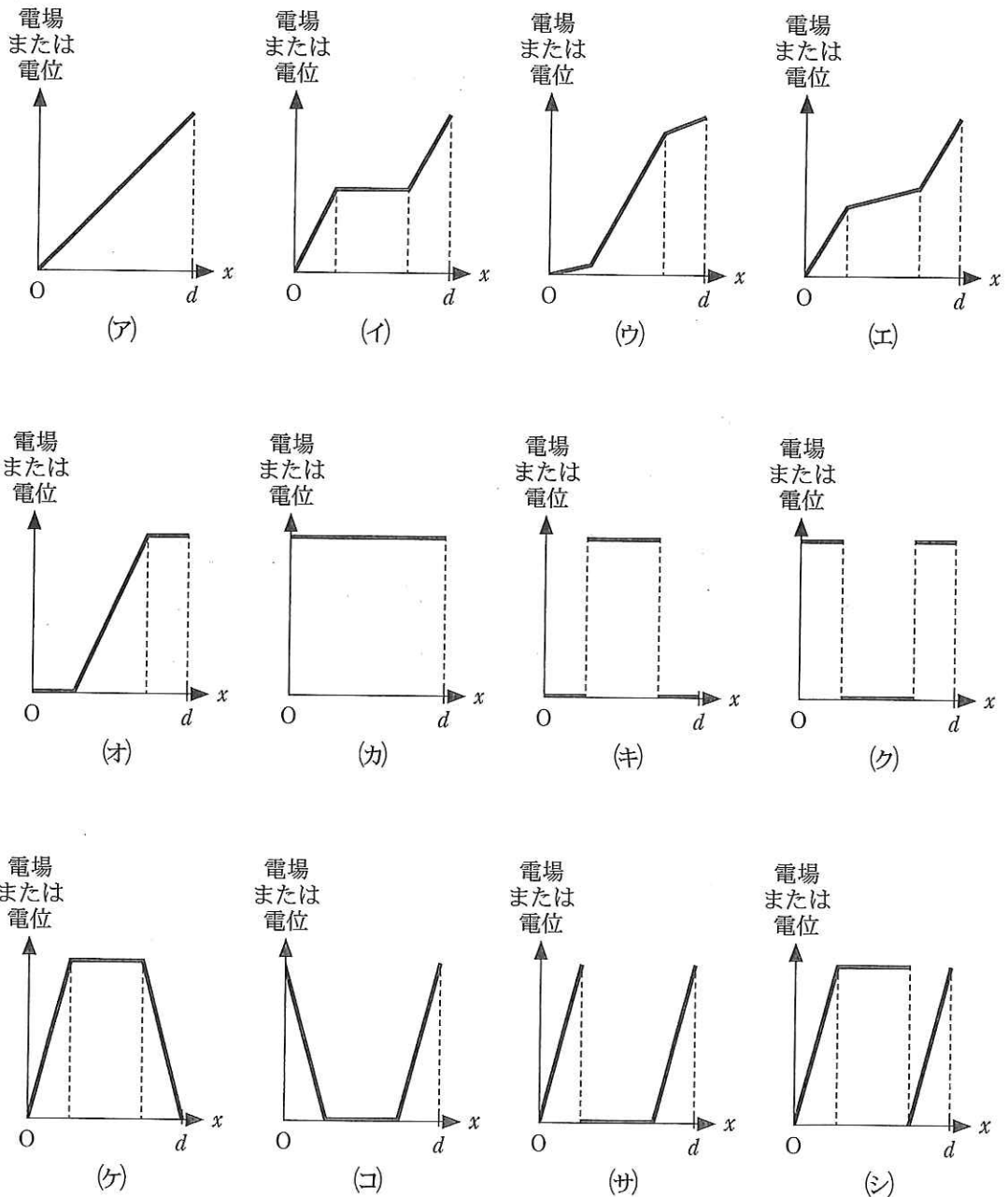


図 4

- 4 図1のように、側面も底面も透明で一定の厚さの亚克力板でできている水槽に水を入れ、水平な机の上に置いた。水槽の側面を見ていて次のことに気がついた。
- (I) 図1の(i)のような方向から見ると、水槽の底面が鏡のように光を反射し、水槽の下にある机は見えない。
- (II) 図1の(ii)のような方向から見ると、水槽の底面は鏡のようには見えず、水槽の下にある机が見える。

以下では、空気に対する水の屈折率を n として、これらの観察結果について考える。ただし、問題を単純にするために、亚克力板による光の屈折や反射は考えず、空気と水が接しているものとして、光の屈折や反射を考える。また、図1の ABCD 平面内を進む光線に限定する。以下の問いに答えなさい。(配点 25)

まず(I)の場合、図2のように向こう側の側面から入射した光が、底面で全反射して目に入るので、底面が鏡のように見える。向こう側の側面での入射角を i_1 、屈折角を r_1 とし、底面での入射角を i_2 とする。

問 1 $\sin r_1$ を n と $\sin i_1$ を用いて表しなさい。

問 2 i_2 が臨界角 i_0 を超えたとき ($i_2 > i_0$)、底面で全反射する。 $\sin i_0$ を n を用いて表しなさい。また、 $\sin i_2$ が満たす不等式を n を用いて表しなさい。

問 3 問2で求めた不等式を、 $\cos r_1$ が満たす不等式に書き換えなさい。

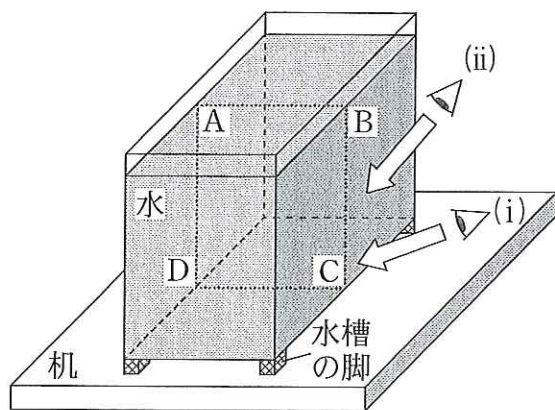


図 1

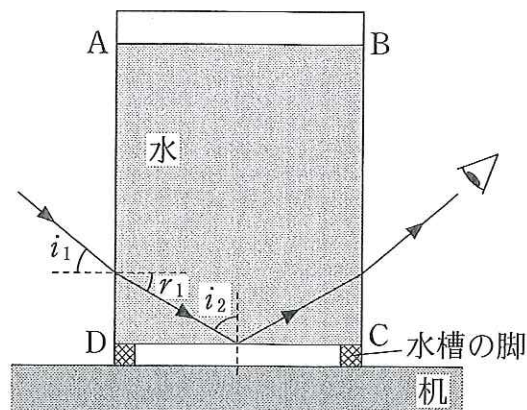


図 2

問 4 問 3 で求めた不等式を, $\sin i_1$ が満たす不等式に書き換えなさい。

次に, (II)のように見える条件を調べるために, 図 3(a)のように机の上の点 P から出て, 底面から水槽の中に入る光の進み方を考える。

問 5 底面の幅に比べて水の深さが深いとき, 図 3(b)に示す(ア)のように側面で全反射を起こす。この場合, 入射角 i_3 について $\sin i_3$ が満たす不等式を n を用いて表しなさい。

問 6 図 3(c)に示す(イ)のように側面から空气中へ出ていく場合, 角度 r_4 について $\sin r_4$ が満たす不等式を n を用いて表しなさい。

問 7 図 3(c)のように側面から出た光が目に入ると, 机の上の点 P が見える。これは光の角度 r_4 が, ある値 θ_0 より大きいときに起こる。空気に対する水の屈折率を $n = 1.33$ とする。下の表を使って, 10° きざみで θ_0 に最も近い角度を答えなさい。

θ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
$\sin \theta$	0.174	0.342	0.500	0.643	0.766	0.866	0.940	0.985
$\sin^2 \theta$	0.030	0.117	0.250	0.413	0.587	0.750	0.883	0.970

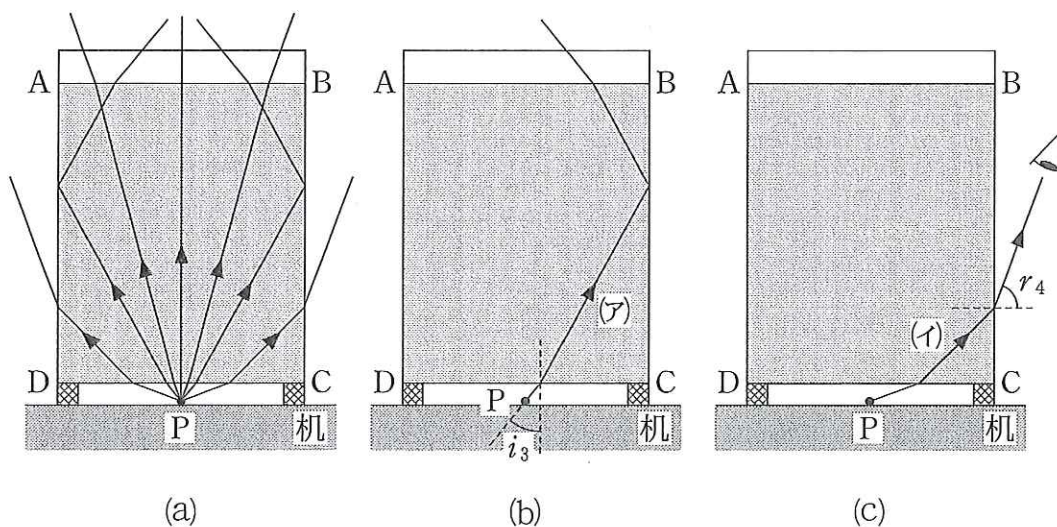


図 3