令 和 7 年 度 入 校

（ページ数）
9ページ

試験問題 ― 物　理

受験地本名	番　　号

受 験 心 得

1．この試験問題は、指示があるまで開かないこと。

2．試験問題には、受験地本名と番号を試験係官の指示に従って記入すること。

3．試験時間は、理科の選択科目2科目を合わせて、１４時４５分から１６時４５分までの１２０分間である。

4．携帯電話等は、電源を切り、使用できない状態にすること。

5．受験番号や解答が正しくマークされていない場合や、解答を訂正するときの消しゴムのカスなどで、採点されない場合があるので、注意すること。

6．解答用紙を折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。

7．問題 Ⅰ ～ Ⅲ の解答はマークシートにマークし、Ⅳ ～ Ⅴ の解答は記述式用の解答用紙に記入すること。

8．マークシートには、解答欄以外に次の記入欄があるので、試験係官の指示に従って、それぞれ正確に記入しマークすること。

① 氏名欄、受験番号欄

氏名、受験番号をマークシートの氏名欄、受験番号欄に記入すること。

② 受験地本名欄

受験票の受験番号欄に記載されている受験地本名を、受験地本名欄から選び、正確にマークすること。

（例）受験地本名が札幌の場合

受 験 地 本 名				
札 幌 ●	茨 城 11	静 岡 21	兵 庫 31	愛 媛 41
函 館 02	栃 木 12	富 山 22	奈 良 32	高 知 42

③ 番号欄

受験票の受験番号欄に記載されている４桁の数字を正確にマークすること。

（例）４桁の数字が１０１２の場合

番 号			
0	●	0	0
●	1	●	1
2	2	2	●

④ 科目欄

物理を選び、正確にマークすること。

⑤ 性別欄

性別をマークシートの性別欄に正確にマークすること。

9．マークシートの解答欄について次の注意事項に従い、マークすること。

① 解答は、マークシートの解答番号に対応した解答欄にマークすること。

② 問題の文中の 1 、2 3 などには、符号（－，＋）又は数字（０～９）が入ります。1，2，3，…の１つ１つは、符号又は数字のいずれか１つに対応します。それらを解答用紙の１，２，３，…で示された解答欄にマークすること。

受験心得は、問題冊子の裏表紙にも続きます。必ず、問題冊子を裏返して読むこと。

I 次の問い（問１～６）に答えよ。

レンズＡとレンズＢがある。レンズＡの中心を原点Ｏとし，光軸方向をx軸とする。レンズＢは中心がレンズＡのx軸上右側にあり，その光軸はx軸と一致し，x軸の正の領域（レンズＡの右側）を移動することができる。下の問に答えよ。なお計算の結果は有効数字２桁を確保すること。

解答方法：例えば真空の透磁率$\mu = 1.26\times10^{-6}$ N/A^{2}を解答対象とするなら，有効数字を２桁とするので，$+1.3\times10^{-6}$ N/A^{2}を各解答欄に当てはめる。実数部先頭の欄（下の例だと１の欄）と指数部先頭の欄（下の例だと４の欄）は必ず＋または－を選択し，その他の欄は数字を選択すること。全体をまとめると欄１：＋，欄２：1，欄３：3，欄４：－，欄５：6をそれぞれ選択することになる。

（解答欄例）

$\boxed{1}\boxed{2}.\boxed{3}\times10^{\boxed{4}\boxed{5}}$ N/A^2

解答番号	－	＋	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	－	●	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	－	＋	0	●	2	3	4	5	6	7	8	9
3	－	＋	0	1	2	●	4	5	6	7	8	9
4	●	＋	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	－	＋	0	1	2	3	4	5	●	7	8	9

問１　レンズＡの左側x軸上の原点から距離1.5×10^2 mmの位置に物体を置いたところ，原点から左側距離6.0×10^2 mmの位置にレンズＡによって拡大された正立像がＡの右側から観測された。このレンズＡの焦点距離を求めよ。

$\boxed{1}\boxed{2}.\boxed{3}\times10^{\boxed{4}\boxed{5}}$ mm

問２　問１の状態から物体を移動させて，レンズＡの左側x軸上原点から距離3.0×10^2 mmの位置に置く。レンズＡの右側から観測して実像が生じるx軸上の位置はどこか。

$\boxed{6}\boxed{7}.\boxed{8}\times10^{\boxed{9}\boxed{10}}$ mm

問３　問２において物体の高さを7.0×10^1 mmとすると像の高さはいくらか。正立像の高さは正の値，倒立像の高さは負の値で表すものとする。

$\boxed{11}\boxed{12}.\boxed{13}\times10^{\boxed{14}\boxed{15}}$ mm

問４　レンズＡと物体を一時的に外す。レンズＢの中心を起点とし，x軸上左側距離1.5×10^2 mmの位置に物体を置き直したところ，レンズＢの右側に2.0倍の倒立像が観察された。レンズＢの焦点距離はいくらか。

$\boxed{16}\boxed{17}.\boxed{18}\times10^{\boxed{19}\boxed{20}}$ mm

問５　次に問３の状態に戻してから，レンズＢを移動させてＢの右側から観測したところ，レンズＢの中心を起点とし x 軸上左側距離 1.5×10^2 mm の位置に物体の虚像が観察された。AB の中心間の距離はいくらか。

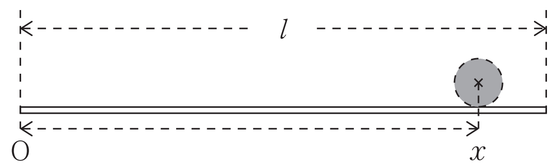
$\boxed{21}\boxed{22}.\boxed{23}\times10^{\boxed{24}\boxed{25}}$ mm

問６　問５においてレンズＢの右側から観察される虚像の高さはいくらか。正立像の高さは正の値，倒立像の高さは負の値で表すものとする。

$\boxed{26}\boxed{27}.\boxed{28}\times10^{\boxed{29}\boxed{30}}$ mm

Ⅱ 次の文章Ⓐ・Ⓑを読んで，問い（問１～５）に答えよ。

Ⓐ　右図のような長さが l で，その長さに比べて厚みは無視できるほど薄い，質量 m の剛体平板がある。水平な状態にしたその板の左端（O 点）から板に沿って長さ x の位置に質量 M の物体（質点）を固定したところ，板と物体を合わせた全体の重心の位置は O から板に沿って距離 $\frac{2}{3}l$ の位置になった。板の質量分布は一様とし，奥行き方向の回転は考えないとして，以下の問に答えなさい。



問１　物体が置かれた位置を表す x はどのように表されるか。最も適当なものを，次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。 $\boxed{31}$

(1)　$x = \frac{2(m+M)}{3M}l$

(2)　$x = \frac{m+4M}{6M}l$

(3)　$x = \frac{5m+8M}{12M}l$

(4)　$x = \frac{-m+8M}{12M}l$

(5)　$x = \frac{-m+2M}{3M}l$

Ⓑ　Ⓐで扱った重心が O から板に沿って距離 $\frac{2}{3}l$ の位置になった剛体平板の両端に，右図のように質量の無視できるほど軽い糸をつなぎ，板が水平になるように吊るして静止させた。O につながれた糸の張力の大きさは T_1，張力の向きは図のように水平方向左向きに対して角 $\theta_1(<\pi/2)$ とし，右端（A 点）につながれた糸の張力の大きさは T_2，その向きは水平方向右向きに対して角 $\theta_2(<\pi/2)$ とする。重力加速度の大きさを g として，以下の問いに答えなさい。

問２　この物体全体にはたらく力の O のまわりの力のモーメントの総和は，図で反時計回りを正として表すとどのようになるか。最も適当なものを，次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。 $\boxed{32}$

(1)　$l\,T_2 \sin\theta_2$

(2)　$-\frac{2}{3}l(m+M)g$

(3)　$\frac{1}{3}l(m+M)g - l\,T_1 \sin\theta_1$

(4)　$\frac{1}{3}l\,T_2 \sin\theta_2 - \frac{2}{3}l\,T_1 \sin\theta_1$

(5)　$l\,T_2 \sin\theta_2 - \frac{2}{3}l(m+M)g$

問 3　平板の A につながれた糸の張力が水平となす角 θ_2 と O につながれた糸の張力が水平となす角 θ_1 の関係はどのようになるか。最も適当なものを，次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。$\boxed{\ 33\ }$

(1)　$\tan\theta_2 = 2\tan\theta_1$

(2)　$\tan\theta_2 = \dfrac{1}{2}\tan\theta_1$

(3)　$\sin\theta_2 = \dfrac{1}{2}\sin\theta_1$

(4)　$\sin\theta_2 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\sin\theta_1$

(5)　$\theta_2 = 2\theta_1$

問 4　O での糸の角 θ_1 が $\theta_1 = \pi/4$ である場合，O につながれた糸の張力の大きさ T_1 はどのように表されるか。最も適当なものを，次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。$\boxed{\ 34\ }$

(1)　$T_1 = \dfrac{1}{3}(m+M)g$

(2)　$T_1 = \dfrac{1}{3\sqrt{2}}(m+M)g$

(3)　$T_1 = \dfrac{\sqrt{2}}{3}(m+M)g$

(4)　$T_1 = \dfrac{2}{3}(m+M)g$

(5)　$T_1 = \dfrac{1}{6}(m+M)g$

問 5　O での糸の角 θ_1 が $\theta_1 = \pi/4$ である場合，A につながれた糸の張力の大きさ T_2 はどのように表されるか。最も適当なものを，次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。$\boxed{\ 35\ }$

(1)　$T_2 = \dfrac{2}{3}(m+M)g$

(2)　$T_2 = \dfrac{\sqrt{5}}{3}(m+M)g$

(3)　$T_2 = \dfrac{4}{3}(m+M)g$

(4)　$T_2 = \dfrac{2\sqrt{5}}{3}(m+M)g$

(5)　$T_2 = \dfrac{4\sqrt{2}}{3}(m+M)g$

Ⅲ 次の文章を読んで，問い（問１～５）に答えよ。

図１のようにコックが付いた注射器がある。この全体の質量は M である。全体の体積を求めるために，ピストンを押し込んだ状態で水を満たしたビーカーに沈めた時，体積 V の水があふれ出した。この質量 M と体積 V は温度や圧力によって変化しない。なお，空気は平均分子量 m の理想気体と考え，気体定数を R，重力加速度の大きさを g，絶対零度は -273.15 ℃とする。また，海面にかかる空気の圧力を p_0，空気の温度を T_0，海水の密度を ρ として以下の問に答えよ。

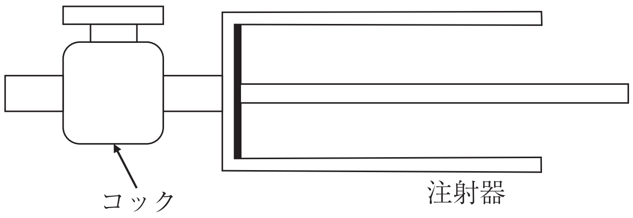


図１

問１　コックを開き注射器内に圧力 p_0，温度 T_0 で体積 v_0 の空気を取り込んだ後コックを閉じた。この注射器を深さ D_1，温度 T_1 の海水中に静かに沈めてしばらく待ったとき，気体の温度は T_1 になった。このとき，注射器に働く浮力はどうなるか。鉛直方向上向きを正の向きとして，最も適当なものを，次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。 $\boxed{36}$

(1)　$\rho(V+v_0)g$

(2)　$\rho\left(\dfrac{T_1}{T_0}\dfrac{p_0}{p_0+\rho D_1 g}v_0\right)g$

(3)　$\rho\left(\dfrac{T_0}{T_1}\dfrac{p_0+\rho D_1 g}{p_0}v_0\right)g$

(4)　$\rho\left(V+\dfrac{T_1}{T_0}\dfrac{p_0}{p_0+\rho D_1 g}v_0\right)g$

(5)　$\rho\left(V+\dfrac{T_0}{T_1}\dfrac{p_0+\rho D_1 g}{p_0}v_0\right)g$

問２　問１のとき，注射器に働く重力はどうなるか。鉛直方向上向きを正の向きとして，最も適当なものを，次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。 $\boxed{37}$

(1)　$-Mg$

(2)　$-\dfrac{m}{\mathrm{R}}\dfrac{p_0 v_0}{T_0}g$

(3)　$-\dfrac{m}{R}\dfrac{T_0}{p_0 v_0}g$

(4)　$-\left(M+\dfrac{m}{R}\dfrac{T_0}{p_0 v_0}\right)g$

(5)　$-\left(M+\dfrac{m}{R}\dfrac{p_0 v_0}{T_0}\right)g$

実際の海水の温度は深さによって複雑に変化する。海面からの深さ D と温度の関係の例を図2に示す。簡単のために，浅い領域Aと深い領域Bに分けて近似をそれぞれ考える。なお，図2中の矢印はそれぞれ近似直線の切片を表す。

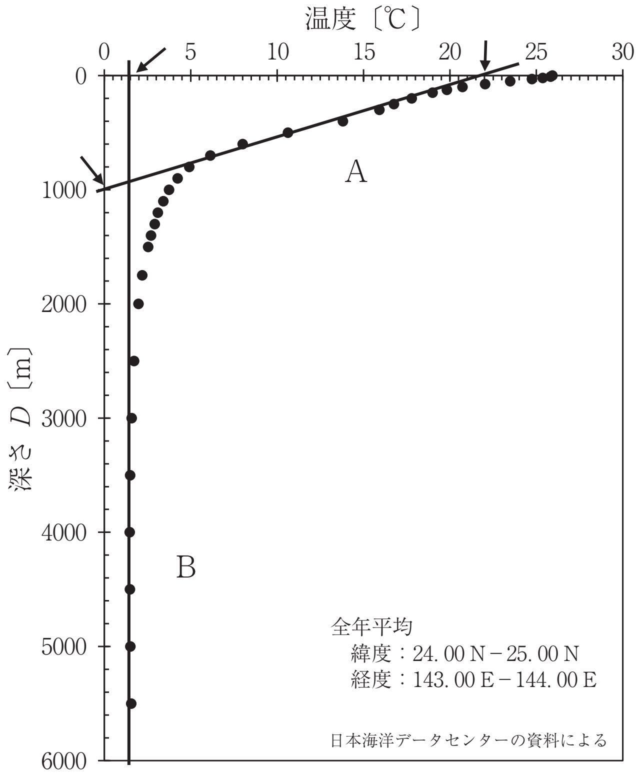


図2

問3　図2に示した2つの太い実線のように，領域Aの絶対温度 T と深さ D の関係を表す近似式を

$$T = aD + b \qquad \text{(i)}$$

領域Bの近似式を

$$T = c \qquad \text{(ii)}$$

とする。図2からデータを読みとり，係数 a と定数 b, c について最も適当な組み合わせを，次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。 38

(1)　$a = -4.550\times10^{1}$ K/m, $b = 1.0000\times10^{3}$ K, $c = 1.50$ K

(2)　$a = -2.200\times10^{-2}$ K/m, $b = 2.2000\times10^{1}$ K, $c = 1.50$ K

(3)　$a = -4.550\times10^{1}$ K/m, $b = 1.0000\times10^{3}$ K, $c = 2.7465\times10^{2}$ K

(4)　$a = -2.200\times10^{-2}$ K/m, $b = 2.7465\times10^{2}$ K, $c = 2.9515\times10^{2}$ K

(5)　$a = -2.200\times10^{-2}$ K/m, $b = 2.9515\times10^{2}$ K, $c = 2.7465\times10^{2}$ K

ここで，問1の注射器の体積と質量を測定したところ，

$V = 9.99000\times10^{-4}$ m^3

$M = 1.03300$ kg

が得られた。また，各定数はそれぞれ

$p_0 = 1.01330\times10^{5}$ Pa

$g = 9.81000$ m/s^2

$m = 2.88000\times10^{-2}$ kg/mol

$R = 8.31446$ J/(mol·K)

とする。なお，海水の密度 ρ は深さによらず 1.03300×10^{3} kg/m^3 で一定，海水の温度は近似式(i)，(ii)に従い，海面上の空気の温度 T_0 は近似式(i)での深さ 0.000 m での温度とする。

問4　問1の注射器で，圧力 p_0，温度 T_0，体積 $v_0 = 5.00000\times10^{-5}$ m^3 の空気を取り込んだとき，ある深さ D_2 で注射器に働く力の総和が0Nとなって静止した。このときの D_2 は領域Aの範囲であり，注射器内の空気の体積は 1.058×10^{-6} m^3 であった。D_2 として最も適当なものを，次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。 39

(1)　1.47×10^{2} m

(2)　2.47×10^{2} m

(3)　3.47×10^{2} m

(4)　4.47×10^{2} m

(5)　5.47×10^{2} m

問5　今度は，圧力 p_0，温度 T_0 の空気を問1の注射器に取り込み，深さ 5.000×10^3 m まで沈めて，注射器内の気体の温度が海水の温度に等しくなるまで待ったところ，注射器に働く力の総和が 0 N となって注射器は静止した。深さ 5.000×10^3 m での注射器内の気体の体積として最も適当なものを，次の(1)〜(5)のうちから一つ選べ。 $\boxed{40}$

(1)　$2.63\times10^{-2}\ \mathrm{m}^3$

(2)　$2.63\times10^{-4}\ \mathrm{m}^3$

(3)　$2.63\times10^{-3}\ \mathrm{m}^3$

(4)　$2.63\times10^{-6}\ \mathrm{m}^3$

(5)　$2.63\times10^{-5}\ \mathrm{m}^3$

$\boxed{\text{IV}}$ 真空中で静電場による力のみを考え，クーロンの法則の比例定数を k とする。無限遠点を電位の基準として以下の問いに答えよ。

問１　一つの正の電気量 q を持つ電荷 Q_A について考える。Q_A からの距離が $r(>0)$ の位置における電場の大きさ $E(r)$ を答えよ。

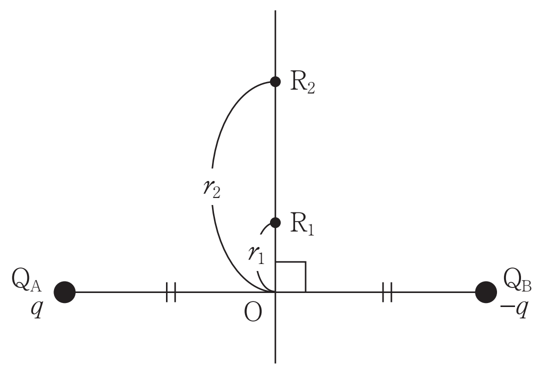
問２　次に Q_A の電気量と絶対値が等しく符号の異なる電気量 $-q$ をもつ電荷 Q_B を考える。Q_B を Q_A からの距離 $r_0(>0)$ の位置から無限遠点まで移動させるのに必要な仕事の大きさ $W(r_0)$ を答えよ。

次に電気量 1 C をもつ電荷 Q_C を考える。

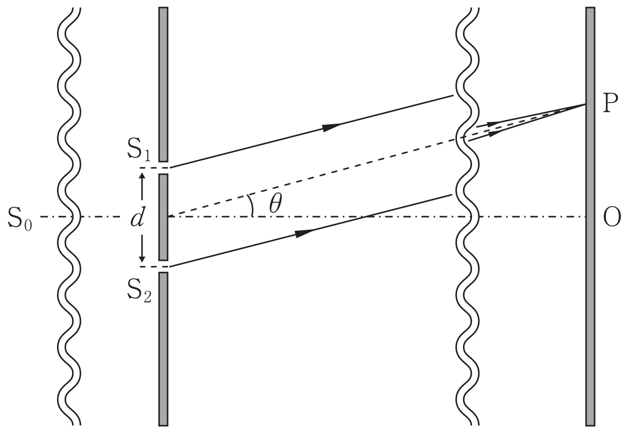
問３　Q_A から Q_C への変位ベクトルを $\overrightarrow{A}\,(\neq\overrightarrow{0})$，$Q_B$ から Q_C への変位ベクトルを $\overrightarrow{B}\,(\neq\overrightarrow{0})$ とする。Q_A と Q_B が Q_C に及ぼす力の総和 $\overrightarrow{F}$ を答えよ。ただし，任意のベクトル $\overrightarrow{X}\,(\neq\overrightarrow{0})$ と同じ向きで，大きさが 1 のベクトルは，$\dfrac{\overrightarrow{X}}{|\overrightarrow{X}|}$ と表される。

問４　Q_A からの距離が $|\overrightarrow{A}|\,(>0)$ で，Q_B からの距離が $|\overrightarrow{B}|\,(>0)$ になる点の電位 V を答えよ。

問５　図のように Q_A，Q_B を結ぶ線分上の中点 O を通る，線分に垂直な直線（垂線）を考える。この直線上で O から見て同じ向きにある O からの距離がそれぞれ r_1，$r_2(r_1<r_2)$ の点 R_1，R_2 を考える。Q_C を R_1 から R_2 に移動させるために必要な仕事 W_C を答えよ。



V 以下の文章中の空欄に入る記号を，問題文中の記号を用いて答えよ。



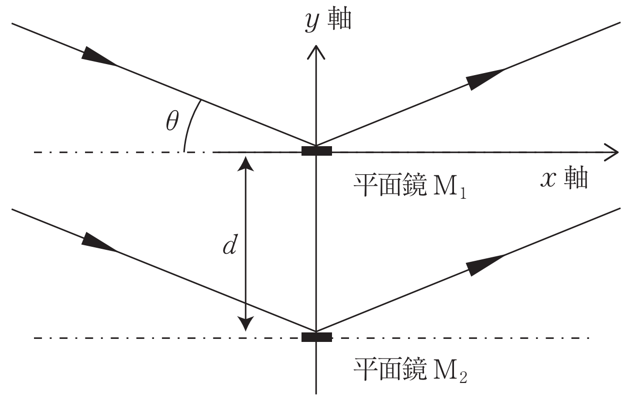
右図のように，2本のスリットS_1，S_2が光源S_0から等距離にある。2本のスリットと平行にスクリーンもあり，光源S_0とスクリーン上の点Oを結ぶ直線とスリットやスクリーンは直交している。光源S_0から2本のスリットがある位置までは十分遠く，スリットには同位相の平面波の光が入り回折して出ていく。S_1，S_2からスクリーン上の点Pまでの距離を，$S_1P = L_1$，$S_2P = L_2$とおくと，S_1，S_2から出て点Pに向かう光の経路の差は$|L_1 - L_2|$と表される。したがって，これらの光が干渉により強め合ってできる明るい線（明線）の位置は，光の波長をλとすると，以下の式で表される条件を満たす。

$$|L_1 - L_2| = m\lambda \quad (m = 0,\ 1,\ 2, \cdots)$$

ここで，S_1，S_2の間隔をdとすると2本のスリットからスクリーンまでの距離がこの間隔dに比べて十分に大きい場合，S_1PとS_2Pはほぼ平行とみなすことができる。この平行方向とS_0Oとのなす角をθとすると，先の条件を表す式は

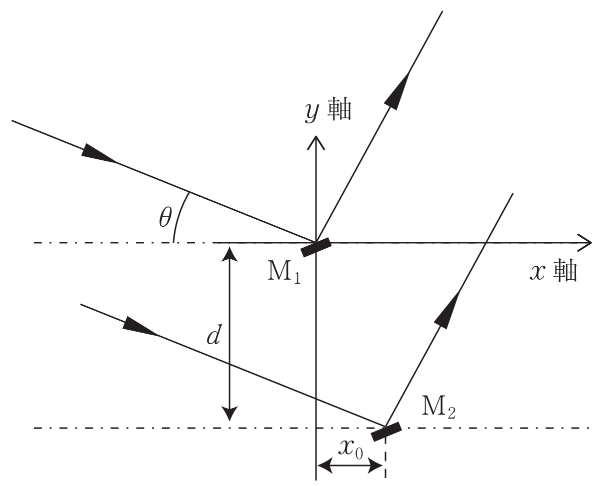
$$|L_1 - L_2| = \boxed{1)\quad} = m\lambda \quad (m = 0,\ 1,\ 2, \cdots)$$

となる。



今度は，2本のスリットS_1，S_2の位置にスリットの代わりとして右図のように平面鏡を2つ置いた。S_1の位置の平面鏡をM_1，S_2の位置の平面鏡をM_2とし，それらの反射面の長さは間隔dに比べて十分小さく，反射面は間隔dの方向と直交している。説明を容易にするため，右図のように反射面と平行方向右向きにx軸正符号の向き，垂直方向上向きにy軸正符号の向きを取る。M_1，M_2から十分遠い位置にある光源からの平面波である光の射線が図のようにx軸に対して角度$\theta (< \pi/2)$で入射し反射する場合を考える。この場合もM_1，M_2で反射して十分遠い位置にあるスクリーン上の点Pで強め合って明線になることがある。その条件を満たす式は，

$$\boxed{2)\quad} = m\lambda \quad (m = 1,\ 2, \cdots)$$



となる。さらに平面鏡M_2の位置をx軸正符号の向きに$x_0 (> 0)$動かし，反射面が2つの平面鏡（の中心）を結ぶ方向と直交するようにした。光源からの平面波である光の射線はx軸に対して角度が$\theta (< \pi/2)$と変化しない場合，M_1，M_2で反射した光の射線は，$\tan r = d/x_0$で定義される角度$r (\theta < r < \pi/2)$を用いると，x軸正符号の向きに対して角度

$$\pi + \boxed{3)\quad}$$

をなすので，これらの反射した光が十分遠い位置にあるスクリーン上の点Pで強め合って明線になる条件は，分数を用いずに表すと，

$$\boxed{4)\quad}\cos(r - \theta) = 2d\sin\theta + \boxed{5)\quad}\cos\theta = m\lambda \quad (m = 1,\ 2, \cdots)$$

となる。

（例）$\boxed{1}\boxed{2}\boxed{3}$ に－83と解答する。

解答番号	解答欄											
	－	＋	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	●	＋	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	－	＋	0	1	2	3	4	5	6	7	●	9
3	－	＋	0	1	2	●	4	5	6	7	8	9

③　分数の形で解答する場合、分数の符号は分子につけ、分母につけてはいけません。

例えば、$\dfrac{\boxed{4}\boxed{5}}{\boxed{6}}$ に $-\dfrac{4}{5}$ と解答したいときは、$\dfrac{-4}{5}$ として解答すること。

また、それ以上約分できない形で解答すること。

例えば、$\dfrac{3}{4}$ と解答するところを、$\dfrac{6}{8}$ のように解答しないこと。

④　小数の形で解答する場合、指定された桁数の一つ下の桁を四捨五入して解答すること。また、必要に応じて、指定された桁まで ⓪ にマークすること。

例えば、$\boxed{7}.\boxed{8}\boxed{9}$ に2.5と解答したいときは、2.50として解答すること。

⑤　根号を含む形で解答する場合、根号の中に現れる自然数が最小となる形で解答すること。

例えば、$\boxed{10}\sqrt{\boxed{11}}$ に $4\sqrt{2}$ と解答するところを、$2\sqrt{8}$ のように解答しないこと。

⑥　根号を含む分数の形で解答する場合、例えば、$\dfrac{\boxed{12}+\boxed{13}\sqrt{\boxed{14}}}{\boxed{15}}$ に $\dfrac{3+2\sqrt{2}}{2}$ と解答するところを、$\dfrac{6+4\sqrt{2}}{4}$ や $\dfrac{6+2\sqrt{8}}{4}$ のように解答しないこと。

⑦　選択肢から選ぶ問題については、適切な解答を1つ選択し、マークすること。

（例）$\boxed{16}$ と表示のある問いに対して(3)と解答する。

解答番号	解答欄											
	－	＋	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	－	＋	0	1	2	●	4	5	6	7	8	9

10. 記述式の解答用紙には、解答欄以外に受験地本名欄、番号欄、氏名欄があるので、試験係官の指示に従って記入すること。
11. 試験問題、解答用紙は全て回収するので、絶対に持ち帰らないこと。