

G 3 物 理

G 4 化 学

この冊子は、**物理** と **化学** の問題を 1 冊にまとめてあります。

数学科は、物理または化学のどちらかを選択

建築学科と電気電子情報工学科は物理指定

物理の問題は、1 ページより 17 ページまであります。

化学の問題は、18 ページより 32 ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号と志望学科をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたものが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。2 箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシート上部に記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

物 理

1

次の問題の の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。
(同じ番号を何回用いてもよい。答えが数値となる場合は最も近い数値を選ぶこと。)

(35 点)

太陽の周囲には 8 個の惑星があり、それぞれの惑星は太陽の位置を 1 つの焦点とする楕円軌道上を同じ方向に回転運動している。しかし、それらの軌道はきわめて円に近く、ほぼ同一の平面内にある。したがって、近似的に 8 個の惑星は、太陽を含む一つの平面内で、太陽を中心とする等速円運動をしているとみなすことができる。また、太陽の質量 M [kg] は惑星の質量と比べて非常に大きいので、太陽は静止していると考え、太陽の中心を座標の原点にとる。万有引力定数を G [Nm²/kg²] とする。

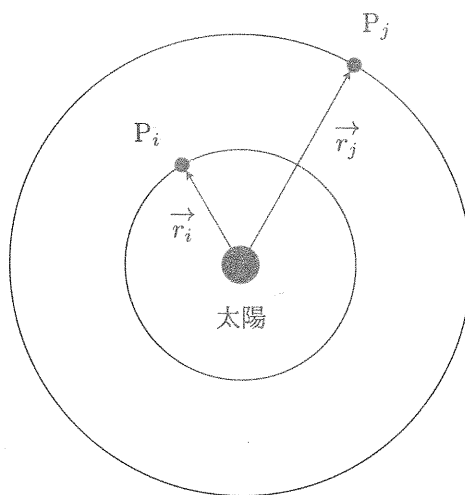


図 1-1

- (1) 太陽から近い順に惑星に番号をつけ、 i 番目 ($i = 1 \sim 8$) の惑星を P_i であ
らわし、その位置ベクトルを $\vec{r}_i$ (座標の各成分の単位は $[m]$ である)、質量を
 $m_i [kg]$ とする (図 1-1 参照)。このとき、太陽からこの惑星にはたらく力 $\vec{F}_i$ (力
の各成分の単位は $[N]$ である) は、位置ベクトルの大きさを $r_i (= |\vec{r}_i|)$ とす
ると

$$\vec{F}_i = (\boxed{\text{(P)}}) \times m_i M G \vec{r}_i$$

である。

別の j 番目 ($j \neq i$) の惑星を P_j とし、その位置ベクトルを $\vec{r}_j$ 、質量を $m_j [kg]$
とする (図 1-1 参照)。大きさが 2 惑星間の距離で P_j の位置から P_i の位置へ
向かうベクトル $\vec{r}_{ji}$ は、 $\vec{r}_{ji} = \boxed{\text{(イ)}}$ だから、2 惑星間にはたらく力 $\vec{f}_{ji}$ も
ベクトル $\vec{r}_{ji}$ を使ってあらわすことができる。例えば、 P_i 、 P_j をそれぞれ地球
($i = 3$)、木星 ($j = 5$) とすると、太陽からそれぞれの惑星までの距離の比はお
およそ $\frac{r_5}{r_3} \approx 5$ 、太陽と木星の質量比はおおよそ $\frac{M}{m_5} \approx 1000$ である。このと
き、地球にはたらく木星からの力の大きさ f_{53} と、太陽からの力の大きさ F_3 と
の比 $\frac{f_{53}}{F_3}$ の最大値はおおよそ $\frac{1}{\boxed{\text{(ウ)}}}$ である。

一般に、惑星間の力の大きさは太陽からの力の大きさに比べて小さいので、
惑星の運動はほぼ太陽からの力のみで決まる。よって、惑星 P_i 、 P_j の運動方
程式はそれぞれ

$$m_i \vec{a}_i = \vec{F}_i, \quad m_j \vec{a}_j = \vec{F}_j$$

となる。ここで $\vec{a}_i$ 、 $\vec{a}_j$ はそれぞれの惑星の加速度であり、その各成分の単位
は $[m/s^2]$ である。

(ア) の解答群

③ $\frac{1}{r_i^4}$

① $\frac{1}{r_i^3}$

② $\frac{1}{r_i^2}$

③ $\frac{1}{r_i}$

④ $-\frac{1}{r_i}$

⑤ $-\frac{1}{r_i^2}$

⑥ $-\frac{1}{r_i^3}$

⑦ $-\frac{1}{r_i^4}$

(イ) の解答群

③ $\vec{r}_i - \vec{r}_j$

① $\frac{1}{2}(\vec{r}_i - \vec{r}_j)$

② $\vec{r}_j - \vec{r}_i$

③ $\frac{1}{2}(\vec{r}_j - \vec{r}_i)$

④ $\vec{r}_i + \vec{r}_j$

⑤ $\frac{1}{2}(\vec{r}_i + \vec{r}_j)$

⑥ $\frac{\vec{r}_i - \vec{r}_j}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|}$

⑦ $\frac{\vec{r}_j - \vec{r}_i}{|\vec{r}_j - \vec{r}_i|}$

(ウ) の解答群

③ 1000

① 4000

② 5000

③ 10000

④ 16000

⑤ 25000

⑥ 64000

⑦ 125000

左のページは白紙です。

- (2) 2つの異なる惑星 P_i, P_j の位置ベクトルはそれぞれ $\vec{r}_i, \vec{r}_j$ である。惑星の運動は位置ベクトルが時間とともに変化していくことで記述される。このとき、各惑星は小問 (1) で議論したそれぞれの運動方程式

$$m_i \vec{a}_i = \vec{F}_i, \quad m_j \vec{a}_j = \vec{F}_j$$

にしたがって等速円運動をする。

さて、時間 t [s] を惑星の公転周期を単位としてはかるために、各惑星の“惑星年” τ を定義しよう (τ は次元をもたない)。惑星 P_i, P_j の公転周期がそれぞれ T_i, T_j [s] のとき、それぞれの惑星年 τ_i, τ_j は

$$\tau_i = \frac{t}{T_i}, \quad \tau_j = \frac{t}{T_j}$$

である。例えば、地球 ($i = 3$) の場合、 $\tau_3 = 1$ は $t = 365 \text{ 日} = 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}$ に対応する。惑星は等速円運動をしているので、2つの惑星は同じ惑星年の間隔 $\Delta\tau$ では同じ中心角だけそれぞれの円周上を運動する (同じ中心角だけ運動するのにかかる実際の時間 Δt [s] は各惑星ごとに異なっている)。したがって、 $i < j$ として、初めに太陽、 P_i, P_j がこの順で一直線上に並んでいたとすると、それ以後の2惑星の位置ベクトルのあいだには、同じ $\Delta\tau$ 後ではつねに

$$\vec{r}_j = \alpha \vec{r}_i$$

の関係が成り立つことになる。ここで、 α は比例定数である (α は惑星の番号 ij で決まる定数であるが、以後の議論で番号 ij を変えることはないので、 α には番号をつけないことにする)。

上で述べたように、太陽と2惑星が初めに一直線上にあるときを惑星年の原点とし ($\tau_i = \tau_j = 0$)、それ以後の惑星の運動を考えよう。初めに、惑星 P_i, P_j のそれぞれの惑星年が同じ値 ($\tau = \tau_i = \tau_j > 0$) のときのそれぞれの速度 $\vec{v}_i, \vec{v}_j$ を比較したい (速度の各成分の単位は [m/s] である)。このときの惑星の速度は、惑星年 τ からの微小なずれ (間隔) $\Delta\tau$ のあいだに変化した位置ベクトルの量 $\Delta\vec{r}$ を使って、 $\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta\tau}$ の $\Delta\tau \rightarrow 0$ の極限としてあたえられる。このときの $\Delta\tau$ は2惑星に共通の値であり、 Δt は $\Delta\vec{r}$ の変化に要する実際の微小時間で

ある。したがって、惑星 P_i の速度は $\Delta\tau$ を使うと

$$\vec{v}_i = \boxed{\text{(工)}} \times \frac{\Delta\vec{r}_i}{\Delta\tau}, \quad \Delta\tau \rightarrow 0$$

とあらわすことができる。同様に、 P_j の同じ惑星年での速度 $\vec{v}_j$ も得られるので、 $\vec{v}_i$ 、 $\vec{v}_j$ は比例定数 α と公転周期の比

$$\beta = \frac{T_j}{T_i}$$

を用いると

$$\vec{v}_j = \boxed{\text{(才)}} \vec{v}_i$$

と関係付けられる (β も惑星の番号 ij で決まる定数であるが、 α の場合と同じ理由で番号はつけない)。

次に、同一惑星年 τ における P_i 、 P_j のそれぞれの加速度 $\vec{a}_i$ 、 $\vec{a}_j$ の関係を見つけたそう。惑星の加速度は、惑星年 τ からの微小なずれ $\Delta\tau$ のあいだに変化した速度ベクトルの量 $\Delta\vec{v}$ を使って、 $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ の $\Delta\tau \rightarrow 0$ の極限としてあたえられる。よって、2つの加速度のあいだに成り立つ関係式は

$$\vec{a}_j = \boxed{\text{(力)}} \vec{a}_i$$

となる。

一方、この2惑星にはたらく太陽からの万有引力のあいだには、同じ惑星年で

$$\vec{F}_j = \boxed{\text{(キ)}} \times \frac{m_j}{m_i} \vec{F}_i$$

の関係式が成り立つ。したがって、これらの関係式と惑星 P_i 、 P_j の運動方程式を用いると、 α と β のあいだには

$$\beta = \boxed{\text{(ク)}}$$

の関係が成り立たなければならない。これは「惑星の公転周期と軌道半径の関係」をあらわすケプラーの第3法則に他ならない。

ここで考察したように、ケプラーの第3法則には万有引力の「力の大きさは $\boxed{\text{(ケ)}}$ 」という特性が関係している。これと同じ特性を持つ他の力の例としては $\boxed{\text{(コ)}}$ などが挙げられる。

(エ) の解答群

- ① T_i^2 ② T_i ③ 1 ④ $\frac{1}{T_i}$ ⑤ $\frac{1}{T_i^2}$

(オ), (カ) の解答群

- ① 1 ② $\alpha\beta$ ③ $\alpha^2\beta$ ④ $\alpha\beta^2$ ⑤ $\frac{1}{\alpha^2}$
- ⑥ $\frac{1}{\beta^2}$ ⑦ $\frac{\beta}{\alpha}$ ⑧ $\frac{\alpha}{\beta}$ ⑨ $\frac{\beta}{\alpha^2}$ ⑩ $\frac{\alpha}{\beta^2}$

(キ), (ク) の解答群

- ① $\alpha^{\frac{1}{2}}$ ② α ③ $\alpha^{\frac{3}{2}}$ ④ α^2 ⑤ $\alpha^{\frac{5}{2}}$
- ⑥ $\alpha^{-\frac{1}{2}}$ ⑦ α^{-1} ⑧ $\alpha^{-\frac{3}{2}}$ ⑨ α^{-2} ⑩ $\alpha^{-\frac{5}{2}}$

(ケ) の解答群

- ① 距離 r に反比例する ② 距離 r の 2 乗に反比例する
- ③ 距離 r の 3 乗に反比例する ④ 距離 r に比例する
- ⑤ 距離 r の 2 乗に比例する ⑥ 距離 r の 3 乗に比例する

(コ) の解答群

- ① ばねの弾性力 ② クーロン力 ③ 慣性力
- ④ 摩擦力

左のページは白紙です。

- (3) ケプラーの第2法則は「惑星と太陽を結ぶ線分が単位時間に掃く面積(面積速度という)はそれぞれの惑星について一定である」ということを述べている。惑星は太陽を中心とした半径 r [m] の円周上で等速円運動をしていると仮定しているので、惑星の面積速度 ΔL [m²/s] を半径 r とその惑星の公転周期 T であらわすと、 $\Delta L = \boxed{\text{(サ)}}$ となる。

同様に、2つの異なる惑星 P_i , P_j のそれぞれの面積速度 ΔL_i , ΔL_j の比 $\frac{\Delta L_j}{\Delta L_i}$ は、小問(2)の比例定数 α を使うと

$$\frac{\Delta L_j}{\Delta L_i} = \boxed{\text{(シ)}}$$

となる。これは、異なる惑星の面積速度のあいだの関係をあたえている。

(サ)の解答群

- ① $\pi r^2 T$ ② $\frac{r^2 T}{\pi}$ ③ $2\pi r^2 T$ ④ $\frac{r^2 T}{2\pi}$
 ⑤ $\frac{\pi r^2}{T}$ ⑥ $\frac{r^2}{\pi T}$ ⑦ $\frac{2\pi r^2}{T}$ ⑧ $\frac{r^2}{2\pi T}$

(シ)の解答群

- ① $\alpha^{\frac{1}{2}}$ ② α ③ $\alpha^{\frac{3}{2}}$ ④ α^2 ⑤ $\alpha^{\frac{5}{2}}$
 ⑥ $\alpha^{-\frac{1}{2}}$ ⑦ α^{-1} ⑧ $\alpha^{-\frac{3}{2}}$ ⑨ α^{-2} ⑩ $\alpha^{-\frac{5}{2}}$

右のページは白紙です。

2

次の問題の の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。
(同じ番号を何回用いてもよい。)

(35 点)

- (1) 図 2-1 に示すように、空気中に一辺の長さが a [m] の正方形の金属極板 2 枚を間隔 d [m] で並べた平行板コンデンサーがある。このコンデンサーの極板間に、同じ正方形で厚さ d の誘電体をゆっくりと挿入した。このとき、誘電体に働く力について考える。ここで、 d は a よりじゅうぶん小さく、極板や誘電体の端における電場の乱れは無視できるものとする。また、誘電体の誘電率を ϵ_1 [F/m] とし、空気の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 [F/m] と同じであるとする。以下では、 $\left| \frac{z}{y} \right| \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $\frac{1}{y+z} - \frac{1}{y} \approx -\frac{z}{y^2}$ を用いてよい。

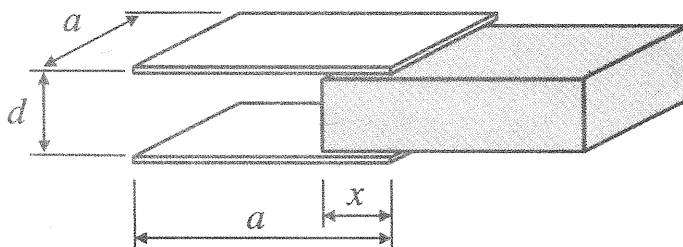


図 2-1

極板と誘電体が x [m] だけ重なるようにしたとき、コンデンサーの電気容量は (ア) [F] である。まず、2 枚の極板にそれぞれ $\pm Q$ [C] の電荷を与えた場合について考える。誘電体をこの位置から左側に微小距離 Δx [m] だけゆっくりと挿入すると、極板と誘電体の重なりが x [m] のときと比べて、静電エネルギーは (イ) $\times \Delta x$ [J] だけ変化する。このとき、コンデンサーの極板間の電場が誘電体に及ぼす力の大きさは (ウ) [N]、力の向きは誘電体を (エ) 方向である。

次に、再び極板と誘電体が $x[\text{m}]$ だけ重なるようにした。今度はコンデンサーの両端に起電力 $E[\text{V}]$ の電池をつなぐ。誘電体をこの位置から左側に微小距離 $\Delta x[\text{m}]$ だけゆっくりと挿入すると、極板と誘電体の重なりが $x[\text{m}]$ のときと比べて、電荷と静電エネルギーはそれぞれ、 $\boxed{\text{(オ)}} \times \Delta x [\text{C}]$ 、 $\boxed{\text{(カ)}} \times \Delta x [\text{J}]$ だけ変化する。このとき、電池がした仕事は $\boxed{\text{(キ)}} \times \Delta x [\text{J}]$ である。よって、コンデンサーの極板間の電場が誘電体に及ぼす力の大きさは $\boxed{\text{(ク)}} [\text{N}]$ 、力の向きは誘電体を $\boxed{\text{(ケ)}}$ 方向である。

(ア) の解答群

$$\textcircled{0} \quad \frac{2d\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}}{a}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{d\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}}{a}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{d\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}}{2a}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{2a\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}}{d}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{a\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}}{d}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{a\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}}{2d}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{2a\{\varepsilon_1x + \varepsilon_0(a-x)\}}{d}$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{a\{\varepsilon_1x + \varepsilon_0(a-x)\}}{d}$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{a\{\varepsilon_1x + \varepsilon_0(a-x)\}}{2d}$$

(イ), (ウ) の解答群

$$\textcircled{0} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{2a\{\varepsilon_1x + \varepsilon_0(a-x)\}^2}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{a\{\varepsilon_1x + \varepsilon_0(a-x)\}^2}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{2a\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}^2}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{a\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}^2}$$

$$\textcircled{4} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{2a\{\varepsilon_1x + \varepsilon_0(a-x)\}^2}$$

$$\textcircled{5} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{a\{\varepsilon_1x + \varepsilon_0(a-x)\}^2}$$

$$\textcircled{6} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{2a\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}^2}$$

$$\textcircled{7} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)dQ^2}{a\{\varepsilon_0x + \varepsilon_1(a-x)\}^2}$$

(エ), (ケ) の解答群

① 押し出す

① 引き込む

(オ), (カ), (キ), (ク) の解答群

$$\textcircled{0} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE}{d} \qquad \textcircled{1} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE}{2d} \qquad \textcircled{2} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE}{d}$$

$$\textcircled{3} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE}{2d} \qquad \textcircled{4} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE^2}{d} \qquad \textcircled{5} \quad \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE^2}{2d}$$

$$\textcircled{6} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE^2}{d} \qquad \textcircled{7} \quad -\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)aE^2}{2d}$$

(2) 図 2-2 に示すように、2 個の平行板コンデンサー A, B, 抵抗, 電池が 2 個のスイッチ S_1, S_2 を介して接続されている。コンデンサー A, B の極板間は空気で満たされ、電気容量はともに C [F] である。ここで、空気の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 [F/m] と同じであると仮定する。また、抵抗の抵抗値は R [Ω]、電池の起電力は E [V] である。はじめ、スイッチ S_1, S_2 は開いており、コンデンサー A, B には電荷がないものとする。

スイッチ S_1, S_2 を閉じてしばらく時間が経過した後、コンデンサー A の極板間に誘電率 ϵ_1 [F/m] の誘電体をゆっくりと挿入した。コンデンサー A の極板間が誘電体で満たされるまでの間に静電エネルギーは (コ) [J] だけ変化する。その間、電池がした仕事は (サ) [J] である。また、そのとき抵抗で消費されたジュール熱はしばらく小さく無視できるとすると、コンデンサーが誘電体に及ぼす力がする仕事は (シ) [J] である。

さらに、スイッチ S_2 を開いた後、コンデンサー A の極板間から誘電体をゆっくりと抜き取った。このとき、コンデンサー A に蓄えられる静電エネルギーは (ス) [J] から (セ) [J] に (ソ) する。この差は (タ) に等しい。

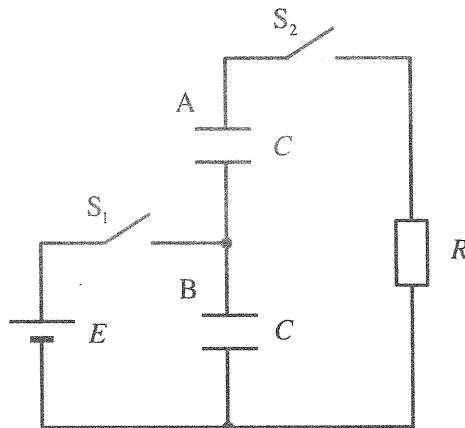


図 2-2

(コ), (サ), (シ) の解答群

$$\textcircled{0} \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} CE^2 \quad \textcircled{1} \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_1} CE^2 \quad \textcircled{2} -\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0} CE^2$$

$$\textcircled{3} -\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_1} CE^2 \quad \textcircled{4} \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{2\varepsilon_0} CE^2 \quad \textcircled{5} \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{2\varepsilon_1} CE^2$$

$$\textcircled{6} -\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{2\varepsilon_0} CE^2 \quad \textcircled{7} -\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{2\varepsilon_1} CE^2$$

(ス), (セ) の解答群

$$\textcircled{0} \frac{\varepsilon_0^2}{2\varepsilon_1^2} CE^2 \quad \textcircled{1} \frac{\varepsilon_0^2}{\varepsilon_1^2} CE^2 \quad \textcircled{2} \frac{\varepsilon_1^2}{2\varepsilon_0^2} CE^2$$

$$\textcircled{3} \frac{\varepsilon_1^2}{\varepsilon_0^2} CE^2 \quad \textcircled{4} \frac{\varepsilon_0}{2\varepsilon_1} CE^2 \quad \textcircled{5} \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_1} CE^2$$

$$\textcircled{6} \frac{\varepsilon_1}{2\varepsilon_0} CE^2 \quad \textcircled{7} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_0} CE^2$$

(ソ) の解答群

$\textcircled{0}$ 減少する $\textcircled{1}$ 増加する

(タ) の解答群

$\textcircled{0}$ 電池がした仕事 $\textcircled{1}$ 電池に対してなされた仕事

$\textcircled{2}$ 誘電体の抜き取りに必要な仕事 $\textcircled{3}$ 抵抗で消費したジュール熱

3

次の問題の の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの解答群の中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。
(同じ番号を何回用いてもよい。) (30 点)

図 3-1 に示すように、真空中に、中央に細いスリット S のある平板 AB, それに平行なスクリーン A'B', それらに垂直な平板 BB' がいずれも紙面に垂直に置かれている。平板 AB とスクリーン A'B' の長さをともに d [m] とし、それらの間隔を L [m] とする。ここで、 L は d に比べてじゅうぶん大きいとする。また、平板 BB' は鏡面であり光を反射する。ただし、反射において位相は変化しないものとする。以下では、 $|a| \ll 1$ のときに成り立つ近似式 $\sqrt{1+a} \cong 1 + \frac{a}{2}$ を用いてよい。

- (1) 図 3-1 の左側からスリット S に波長 λ [m] の単色光を照射したところ、スクリーン A'B' 上に明暗のしま模様が現れた。このしま模様は、スリット S から直接スクリーンに届く光と BB' で反射してからスクリーンに届く光の干渉によって生じたものである。スクリーン上の点 C からは、BB' で反射して届く光により、あたかも AB の延長上の位置にスリットがあるように見える。スクリーンの端の点 B' から点 C までの距離を x [m] ($0 < x < d$) として、スリット S から点 C までの距離 ℓ_0 [m] を求めると、 $\ell_0 = L +$ (ア) である。同様にして、BB' で反射して点 C に届く光の光路長 ℓ_1 [m] は $\ell_1 = L +$ (イ) である。これらが互いに強め合う条件は $\ell_1 - \ell_0 =$ (ウ) であり、明線の間隔は (エ) [m] と求められる。

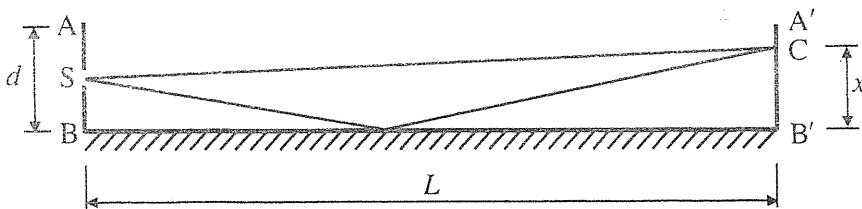


図 3-1

(ア), (イ) の解答群

① $\frac{(x-d)^2}{L}$ ② $\frac{(x+d)^2}{L}$ ③ $\frac{(x-d)^2}{2L}$ ④ $\frac{(x+d)^2}{2L}$
⑤ $\frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{L}$ ⑥ $\frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{L}$ ⑦ $\frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2L}$ ⑧ $\frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{2L}$

(ウ) の解答群

① 0 ② $m\lambda$ (m は整数)
③ $\left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$ (m は整数) ④ $\left(m+\frac{1}{3}\right)\lambda$ (m は整数)
⑤ $\left(m+\frac{1}{4}\right)\lambda$ (m は整数)

(エ) の解答群

① $\frac{\lambda d}{L}$ ② $\frac{2\lambda d}{L}$ ③ $\frac{\lambda d}{2L}$ ④ $\frac{\lambda L}{d}$
⑤ $\frac{2\lambda L}{d}$ ⑥ $\frac{\lambda L}{2d}$

(2) 次に、AA' の位置にも図 3-2 に示すように鏡面をおいた。さらにスクリーン A'B' を取り除き、そこから L だけ離れた位置に、あらたに平板 AB よりじゅうぶん大きなスクリーン OP をおいた。このときスクリーン上では、スリット S を出て AA' と BB' で何度も反射（多重反射と呼ぶ）してから届く複数の光が干渉する。スクリーン上の点 Q からは、それらの多重反射して届く光により、あたかも AB の延長上に複数のスリットが並んでいるように見える。ここで、図 3-2 のようにスクリーン上に座標軸を取り、その原点 O は BB' の延長線上にあるとする。点 Q の座標を x' [m]（ただし $x' > 0$ ）とする。

スリット S を出て n 回（ $n \geq 1$ ）反射した光は、スクリーン上の

$$\boxed{\text{(オ)}} < x' < \boxed{\text{(カ)}}$$

の範囲に届く。また、 $n+1$ 回反射した光は

$$\boxed{\text{(キ)}} < x' < \boxed{\text{(ク)}}$$

の範囲に届く。したがって、両者が干渉する x' の範囲は $\boxed{\text{(キ)}} < x' < \boxed{\text{(カ)}}$

である。ここで、 n 回反射して点 Q に届く光の光路長を ℓ_n [m] とすると、

$\ell_n = 2L + \boxed{\text{(ケ)}}$ である。点 Q に届く光が互いに強め合う条件は

$\ell_{n+1} - \ell_n = \boxed{\text{(ウ)}}$ であるので、これらの光によって生じる明線の間隔は

$\boxed{\text{(コ)}}$ [m] と求められる。

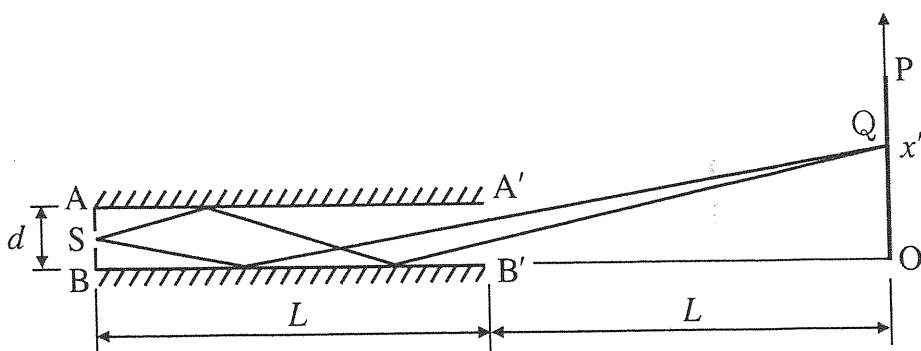


図 3-2

(オ), (カ), (キ), (ク) の解答群

③ $(n-2)d$ ① $\left(n - \frac{3}{2}\right)d$ ② $(n-1)d$

③ $\left(n - \frac{1}{2}\right)d$ ④ nd ⑤ $\left(n + \frac{1}{2}\right)d$

⑥ $(n+1)d$ ⑦ $\left(n + \frac{3}{2}\right)d$ ⑧ $(n+2)d$

⑨ $\left(n + \frac{5}{2}\right)d$

(ケ) の解答群

① $\frac{\{x' + (n-2)d\}^2}{4L}$ ① $\frac{\{x' + \left(n - \frac{3}{2}\right)d\}^2}{4L}$ ② $\frac{\{x' + (n-1)d\}^2}{4L}$

③ $\frac{\{x' + \left(n - \frac{1}{2}\right)d\}^2}{4L}$ ④ $\frac{(x' + nd)^2}{4L}$ ⑤ $\frac{\{x' + \left(n + \frac{1}{2}\right)d\}^2}{4L}$

⑥ $\frac{\{x' + (n+1)d\}^2}{4L}$ ⑦ $\frac{\{x' + \left(n + \frac{3}{2}\right)d\}^2}{4L}$ ⑧ $\frac{\{x' + (n+2)d\}^2}{4L}$

⑨ $\frac{\{x' + \left(n + \frac{5}{2}\right)d\}^2}{4L}$

(コ) の解答群

① $\frac{\lambda d}{L}$ ① $\frac{2\lambda d}{L}$ ② $\frac{\lambda d}{2L}$ ③ $\frac{\lambda L}{d}$

④ $\frac{2\lambda L}{d}$ ⑤ $\frac{\lambda L}{2d}$